

Кафедра теплоэнергетики железнодорожного транспорта

А.В.Костин, В.Н.Чернышов

## **РАСЧЁТ БАРАБАННОЙ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

Рекомендовано редакционно-издательским советом  
университета в качестве методических указаний  
к курсовой работе  
по дисциплине

«Теплотехнологические установки и нормирование топливно-  
энергетических ресурсов на железнодорожном транспорте»  
для студентов специальности 140104 «Промышленная  
теплоэнергетика»

Москва-2006

УДК 621.565

К72

Костин А.В., Чернышов В.Н. Расчёт барабанной сушильной установки:

Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Теплотехнологические установки и нормирование топливно-энергетических ресурсов на железнодорожном транспорте».- М.: МИИТ, 2002.- 20 с.

Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Теплотехнологические установки и нормирование топливно-энергетических ресурсов на железнодорожном транспорте» соответствуют примерной программе и учебному плану для специальности 1007.00 «Промышленная теплоэнергетика», специализация 1007.14 «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта». Указания предназначены для углубления и закрепления знаний в области теплотехнических расчётов теплотехнологических установок используемых на предприятиях железнодорожного транспорта.

Указания имеют своей целью помочь студентам в закреплении навыков самостоятельного решения теплотехнических прикладных задач.

## Введение

Сила тяги, развиваемая локомотивом, зависит от его сцепного веса и коэффициента сцепления движущихся колёс с рельсами. Для достижения необходимой силы тяги, в особенности при больших скоростях и массах поезда, на подъёмах и при погодных условиях, вызывающих увлажнение поверхности рельсов, коэффициент сцепления увеличивают путём подачи на рельсы перед катящимися колёсами сухого кварцевого песка из песочниц локомотива. Для обеспечения достаточной сыпучести песка и предотвращения его слеживаемости, прилипания к стенкам труб и закупорки горловин корпуса песочниц песок должен иметь определённый размер зёрен (0,1-2 мм.) и влажность, не превышающую 0,5%. Для достижения указанных характеристик, песок должен быть высушен и просеян. Сушка песка может осуществляться в пескосушильных установках. В локомотивных депо, как правило, применяются барабанные конвективные пескосушильные установки.

Содержание курсовой работы включает в себя тепловой расчёт и определение основных показателей барабанной конвективной пескосушильной установки.

### Энтальпия и влагосодержание продуктов сгорания топлива

Для выполнения теплового расчёта барабанных сушилок прежде всего необходимо определить энтальпию и влагосодержание продуктов сгорания топлива. Расчёт конвективных сушилок, работающих на смеси продуктов сгорания топлива с воздухом, ведут на 1 кг. сухих газов, с тем, чтобы можно было для расчётов пользоваться h-d диаграммой для воздуха, построенной для высоких температур.

Теоретическое количество абсолютно сухого воздуха для сжигания 1 кг газообразного топлива, кг.воздуха/кг.топлива

$$L_0 = 1.38 (0.0179 CO + 0.248 \cdot H_2' + 0.44 \cdot H_2S' + \sum \frac{m+n/4}{12 \cdot m+n} C_m H_n' - O_2') \quad (1)$$

где  $CO'$ ,  $H_2'$  и др. – элементарный состав газообразного топлива в % по массе.

Пересчет объемного состава на массовый производится по соотношению:

$$g_i = r_i \cdot (\mu / \mu_i) \quad (2)$$

где  $\mu_i$  и  $\mu$  – соответственно, молярная масса  $i$ -го компонента топлива и молярная масса топлива;  $g_i$  и  $r_i$  – соответственно массовая и объемная доли  $i$ -го компонента в топливе.

$$\mu = \sum \mu_i \cdot r_i \quad (3)$$

Низшая теплота сгорания сухого газообразного топлива, кДж/кг.сухого газа

$$\begin{aligned} Q'_{n'} = & 22,4 \cdot (22,328 \cdot CH_4' + 21,202 \cdot C_2H_6' + 20,708 \cdot C_3H_8' + 20,424 \cdot C_4H_{10}' \\ & + 20,26 \cdot C_5H_{12}' + 21,056 \cdot C_2H_4' + 20,453 \cdot C_3H_6' + 20,24 \cdot C_4H_8' + 17,98 \cdot C_6H_6' \\ & + 6,86 \cdot H_2S' + 53,55 \cdot H_2' + 4,51 \cdot CO') \end{aligned} \quad (4)$$

Высшая теплота сгорания сухого газообразного топлива, кДж/кг.топлива

$$Q''_n = Q'_{n'} + 2512 \cdot \sum [0,09 \cdot n / (12 \cdot m + n)] \cdot C_m H_n' \quad (5)$$

Коэффициент избытка воздуха  $\alpha$  определяется из теплового баланса для 1 кг.топлива перед поступлением газов в сушильную камеру, где заданной является температура газов  $t_r$  за топочной камерой

$$Q''_n \cdot \eta + c_m \cdot t_m + \alpha \cdot L_0 \cdot h_0 = G_{c.r.} \cdot c_{c.r.} \cdot t_r + G_n \cdot h_n \quad (6)$$

где  $\eta = 0,82-0,95$  – КПД топочной камеры;  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха;  $h_0$  – энтальпия наружного воздуха (определяется по h-d диаграмме влажного воздуха), кДж/кг;  $c_m$  и  $t_m$  – соответственно, теплоёмкость топлива, кДж/(кг·К) и его температура (принять температуру топлива 20-25°С);  $G_{cv}$ ,  $c_{cv}$ ,  $t_f$  – соответственно, количество (кг/кг.топлива), теплоёмкость (принять равной массовой теплоёмкости воздуха при  $t_f$ ), кДж/(кг·К) и температура сухих продуктов сгорания (°С);  $G_n$ ,  $h_n$  – соответственно, количество (кг/кг.топлива) и энтальпия (кДж/кг) водяного пара при температуре  $t_f$ .

$$c_m = \sum c_i \cdot g_i \quad (7)$$

Количество сухих газов (кг/кг топлива) образовавшихся при сжигании 1 кг. топлива

$$G_{cv} = 1 + \alpha \cdot L_0 - \sum \frac{0,09 \cdot n}{12 \cdot m + n} \cdot C_m H_n' \quad (8)$$

Количество водяного пара (кг/кг топлива)

$$G_n = \sum \frac{0,09 \cdot n}{12 \cdot m + n} \cdot C_m H_n' + \frac{\alpha \cdot L_0 \cdot d_0}{1000} \quad (9)$$

где  $d_0$  – влагосодержание наружного воздуха, г/кг.сухого воздуха, (определяется по h-d диаграмме влажного воздуха).

Из соотношения 6, учитывая соотношения 8 и 9, получаем

$$\alpha = \frac{Q_n^p \cdot \eta + c_m \cdot t_m - (1 - \sum \frac{0,09 \cdot n}{12 \cdot m + n} \cdot C_m H_n') \cdot c_{cv} \cdot t_f - (\sum \frac{0,09 \cdot n}{12 \cdot m + n} \cdot C_m H_n') \cdot h_n}{L_0 \cdot (c_{cv} \cdot t_f + \frac{h_n \cdot d_0}{1000} - h_0)} \quad (10)$$

Влагосодержание продуктов сгорания топлива (г/кг.сухого газа)

$$d = 1000 (G_n/G_{c,2}) \quad (11)$$

Энтальпия продуктов сгорания топлива, кДж/кг

$$h = \frac{Q_c^p \cdot \eta + c_m \cdot t_m + \alpha \cdot L_0 \cdot h_0}{G_{c,2}} \quad (12)$$

Если продукты сгорания топлива имеют высокую температуру, при которой они не могут быть использованы в сушильной установке, то их смешивают с холодным воздухом до достижения температуры смеси (сушильного агента)  $t_{cr}$ .

### Тепловой расчёт сушильной установки

Тепловой расчёт сушильной установки сводится к решению двух задач: определение необходимого количества теплоты и определение размеров аппарата, при которых будут обеспечены заданная производительность и заданные конечные параметры теплоносителя.

Суммарный расход теплоты на 1 кг. испарённой влаги, кДж/кг, определяется по тепловому балансу сушильной камеры установки, работающей на смеси топочных газов с воздухом

$$q_c = \frac{Q_s^p \cdot B}{W} \cdot \eta = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \quad (13)$$

Полезный расход теплоты на испарение влаги

$$q_1 = h_{n2} - c_2 \cdot t_2 \quad (14)$$

где  $h_{n2} = 2493 + 1,97 t_2$  – энтальпия пара, находящегося в сушильном агенте на выходе из сушильной камеры, кДж/кг;  $c_2$  – теплоёмкость сухого сушильного агента на выходе из установки (принять равной массовой теплоёмкости воздуха при температуре  $t_2$ ), кДж/(кг·К);  $t_2$  – температура отработавшей смеси продуктов сгорания с воздухом, °С.

Расход теплоты на нагрев песка в установке

$$q_3 = \frac{G_2 \cdot c_m}{W} \cdot (t'' - t') \quad (15)$$

где  $G_2 = G_1 - W$ ;  $G_1$  – расход высушиваемого песка, кг/с;  $W$  – количество испарённой из песка во время сушки влаги, кг/с;  $t'$  и  $t''$  – соответственно температура поступающего в сушильную установку песка и высушенного песка, °С;  $c_m$  – теплоёмкость песка, кДж/(кг·К).

$$W = G_1 (w_1 - w_2) / (100 - w_2) \quad (16)$$

где  $w_1$  и  $w_2$  – соответственно, начальная и конечная влажность песка, %.

Потери теплоты в окружающую среду принимаем по опытным данным на 1 кг. испарённой влаги:  $q_4 = 40$  кДж/кг.

Потери теплоты с сушильным агентом (смесью продуктов сгорания и воздуха)

$$q_2 = \ell_{c,v} \cdot c_{av} \cdot (t_2 - t_0) \quad (17)$$

где теплоёмкость сушильного агента на выходе из установки  $c_{av} = c_2 + 0,00197 d$ ;  $\ell_{c,v}$  – расход сушильного агента на 1 кг испарённой влаги, кг/кг влаги.

$$\ell_{c,v} = \frac{q_1 + q_3 + q_4}{c_{c,v} \cdot t_{c,v} - c_2 \cdot t_2} \quad (18)$$

Расход топлива, кг/с

$$B = q_c W / (Q^p_a \eta) \quad (19)$$

Удельный расход топлива, кг топлива/кг влаги

$$b = B/W \quad (20)$$

Количество теплоты, переданной от газов высушиваемому топливу, кВт

$$Q = W (q_1 + q_3 + q_4) \quad (21)$$

Определение размеров сушилки

Тип внутреннего устройства барабана сушилки принять в соответствии с рис. 1.

Теплота к песку в барабане передаётся: конвективным и лучистым теплообменом от газов к падающему с лопаток песку,  $Q_1$ ; конвективным и лучистым теплообменом от газов к песку, находящемуся на лопатках и в завале,  $Q_2$ ; теплопроводностью от нагретых лопаток и обечайки барабана,  $Q_3$ .

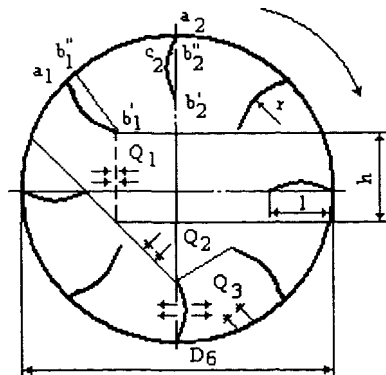


Рис 1 Внутреннее устройство барабана сушилки



При расчете барабанной сушилки необходимо определить так называемый объёмный коэффициент теплоотдачи  $\alpha_v$ , Вт/(м<sup>3</sup>·К).

Анализируя теплообмен в барабане, можно записать выражение для объёмного коэффициента теплоотдачи

$$\alpha_v = \alpha'_v + \alpha''_v + \alpha'''_v \quad (22)$$

Для песка, падающего с лопаток

$$\alpha'_v = a \alpha'_k F'_{nv} + \alpha'_{nv} F^o \quad (23)$$

где  $a$  – коэффициент, учитывающий все особенности передачи теплоты при падении частиц песка с лопаток, определяется по диаграмме рис.2;  $\alpha'_k$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $F'_{nv}$  – суммарная поверхность частиц, падающих с лопаток, отнесённая к 1 м<sup>3</sup> барабана, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>;  $\alpha'_{nv}$  – коэффициент теплоотдачи излучением, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $F^o$  – внешняя поверхность струи падающего с лопаток песка, отнесённая к 1 м<sup>3</sup> барабана, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

Лучистая составляющая в процессе теплообмена газов и падающего песка незначительна, и в дальнейших расчётах её можно не учитывать.

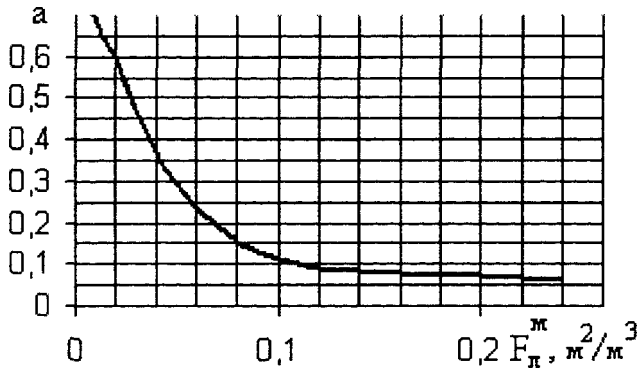


Рис 2. Диаграмма для определения коэффициента  $a$

Коэффициент теплоотдачи определяется по эмпирическому соотношению (при температуре песка в интервале 30-80°C)

$$\alpha'_k = 0,72 \cdot (\lambda \nu^{0,5}) \cdot (\dot{W}^2 + 4,93 \cdot h)^{0,25} / (\delta_{cp})^{0,5} \quad (24)$$

где;  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности сушильного агента, Вт/(м·К);  $\nu$ -коэффициент кинематической вязкости сушильного агента, м<sup>2</sup>/с  $\delta_{cp}$  – средний размер частиц песка, м;  $\dot{W}$  – средняя скорость сушильного агента, м/с;  $h$  – средняя высота падения частиц песка, м.

$\lambda$  и  $\nu$  принимаются по соответствующим параметрам для воздуха при средней температуре частиц  $t_{cp} = 0,5 \cdot (t' + t'')$

$$\dot{W} = V_{cp} / [(1-\xi) 0,785 \cdot D_0^2 \delta] \quad (25)$$

где  $V_{cp}$  – средний объёмный расход влажных газов в сушильной установке, м<sup>3</sup>/с;  $\xi$  – степень заполнения песком барабана;  $D_0$  – диаметр барабана, м.

$$V_{cp} = B \cdot \nu_{cp} \cdot G_{cv} \quad (26)$$

где  $\nu_{cp} = 2,23$  м<sup>3</sup> - средний удельный объём газов, отнесённых к 1 кг сухих газов.

При расчёте необходимо задаться предварительным значением степени заполнения песком барабана  $\xi = 0,015-0,03$

$$F'_{\nu} = 57,5 (1-m) D_0 n \Pi / (2,45 \cdot \delta_{cp} \cdot 1000) \quad (27)$$

где  $m = (\rho_{\nu} - \rho_{п}) / \rho_{\nu}$  - коэффициент порозности;  $\rho_{\nu}$  и  $\rho_{п}$  – истинная и насыпная плотность песка, кг/м<sup>3</sup>;  $n$  – число оборотов барабана сушилки (при расчете принимать  $n \geq 3$ );  $\Pi$  – параметр, характеризующий конструкцию внутреннего устройства барабана.

От конструкции внутреннего устройства зависят средняя высота падения частиц песка  $h$ , число лопаток и количество захватываемого лопатками песка. Для вычисления параметра  $\Pi$  необходимо знать поверхность песка на лопатках (эта величина пропорциональна сумме отрезков  $\sum b_i' b_i''$ ), поверхность деталей внутреннего устройства и обечайки барабана, не закрытых песком (эта величина пропорциональна сумме отрезков  $\sum b_i' a_i$ ,  $\sum a_i b_i''$ ,  $\sum a_i c_i$ ), а также площадь песка в поперечном сечении сушилки. Эти величины находятся графоаналитическим методом. Для некоторых сложных устройств конструктивные параметры приводятся в таблицах. Для принимаемого в курсовой работе барабана сушилки с углом наклона  $\omega = 3^\circ$  параметр  $\Pi$  принимается в соответствии с заданием.

Вторая составляющая объёмного коэффициента теплоотдачи  $\alpha''_v$  характеризует передачу теплоты через внешнюю поверхность слоя песка, находящегося на лопатках и в завале

$$\alpha''_v = \alpha''_k \cdot F''_{v,k} + \alpha''_{\text{изл}} \cdot F''_{v,\text{изл}} \quad (28)$$

где  $\alpha''_k$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $F''_{v,k}$  – суммарная поверхность песка на завале и в лопатках, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>;  $\alpha''_{\text{изл}}$  – коэффициент теплоотдачи излучением, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

Лучистая составляющая, как и в первом случае, незначительна, и в дальнейших расчётах её можно не учитывать.

Коэффициент теплоотдачи  $\alpha''_k$  определяется по эмпирической формуле  $Nu = 0,347 \cdot Re^{0,66}$ .

За определяющий размер в этой формуле принимается величина средней длины скатывания частиц  $l$ . Для рассматриваемой конструкции можно принять  $l = 0,75$  м. Физические константы принимаются по соответствующим параметрам воздуха при средней температуре газов  $t_{cp} = 0,5 (t_{c1} + t_{c2})$

Для принятой конструкции внутреннего устройства барабана

$$F''_v = 2,37/D_0 \quad (29)$$

Наиболее сложна при определении третья составляющая объёмного коэффициента теплоотдачи, учитывающая теплоту, получаемую песком от более нагретых деталей внутреннего устройства и обечайки барабана. Пренебрегая лучистой составляющей, можно записать

$$\alpha'''_v = \alpha'''_k \cdot F_{\text{гол}} [t_c - 0,5 \cdot (t' + t'')] / \Delta t \quad (30)$$

где  $\alpha'''_k$  - коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $F_{\text{гол}}$  - оголённая поверхность деталей внутреннего устройства и обечайки барабана, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>;  $\Delta t$  - температурный напор °С.

По формуле Юргеса

$$\alpha'''_k = 5,0 + 3,0 \cdot (\rho \cdot \dot{W}) \quad (31)$$

где  $\rho$  - плотность сушильного агента, кг/м<sup>3</sup> принимается по соответствующим параметрам для воздуха при средней температуре газов  $t_{cp} = 0,5 (t_c + t_2)$ .

Для прямоточного движения в барабане сушилки песка и сушильного агента

$$\Delta t = \frac{(t_c - t') - (t_2 - t'')}{\ln \frac{(t_c - t')}{(t_2 - t'')}} \quad (32)$$

для противоточного движения

$$\Delta t = \frac{(t_c - t'') - (t_2 - t')}{\ln \frac{(t_c - t'')}{(t_2 - t')}} \quad (33)$$

Для принятой конструкции внутреннего устройства барабана

$$F_{\text{вн}} = 8,9/D_{\delta} \quad (34)$$

После определения объёмного коэффициента теплоотдачи  $\alpha_v$ , находится объём барабана сушилки, м<sup>3</sup>

$$V_{\delta} = 1,2 \cdot Q \cdot 1000 / (\alpha_v \cdot \Delta t) \quad (35)$$

Входящий в соотношение 35 коэффициент 1,2 учитывает увеличение объёма барабана за счёт применения в его начале упрощённой насадки из периферических лопаток для избежания её замазывания песком.

Длина барабана сушилки, м

$$L_{\delta} = V_{\delta} / (0,785 \cdot D_{\delta}^2) \quad (36)$$

Количество влаги, испаряющейся в единице объёма сушилки, кг/(м<sup>3</sup>·с)

$$W_v = W / V_{\delta} \quad (37)$$

Для проверки принятой в расчёте степени заполнения объёма барабана сушилки песком  $\zeta$  необходимо определить время прохождения песка через сушилку

$$\tau = \frac{12 \cdot L_{\delta}}{(h / D_{\delta}) \cdot n^{0,7} \cdot [7 \cdot \lg \omega + \frac{0,0514 (\rho \cdot \bar{W})^{1,73}}{\delta_{cp} \cdot 1000}]} \quad (38)$$

Уточнённое значение степени заполнения объёма барабана сушилки песком

$$\xi = \tau \cdot 0,5 \cdot (2 \cdot G_1 - W) / (0,83 \cdot \rho_{cp} \cdot V_0) \quad (39)$$

где  $\rho_{cp}$  – средняя плотность песка в сушилке, кг/м<sup>3</sup>.

Если полученное значение  $\xi$  отличается не более, чем на 5% от ранее принятого, то можно считать, что назначенное число оборотов барабана сушилки  $n$  выбрано правильно. В противном случае необходимо перезадаваться числом оборотов и (или) предварительной степенью заполнения объема барабана и произвести новый расчёт.

### **Построение процесса сушки в h-d диаграмме для воздуха**

По заданным параметрам  $t_0$  и  $\phi_0$  на диаграмму (рис.3) наносится точка А, характеризующая состояние наружного воздуха. По заданному параметру  $t_1$  и одному из расчётных параметров  $d$  или  $h$  наносится точка К, характеризующая состояние продуктов сгорания на выходе из топки. По температуре смеси продуктов сгорания  $t_{cr}$  на линии смешения топочных газов с наружным воздухом АК наносится точка М, характеризующая состояние смеси.

Теоретический процесс сушки (линия МС) происходит при постоянной энтальпии сушильного агента  $h_1 = \text{const}$  до пересечения с изотермой  $t_2$  (температурой сушильного агента на выходе из сушилки) в точке С.

В действительном процессе имеют место потери ( $q_3 + q_4$ ), поэтому уравнение действительного процесса сушки имеет вид

$$h_2 = h_1 - (q_3 + q_4) / \ell_{cv} \quad (40)$$

Изменение энтальпии в действительном процессе сушки определяется на диаграмме отрезком СЕ. Действительный процесс сушки (отрезок М-С') заканчивается при той же температуре сушильного агента  $t_2$ .

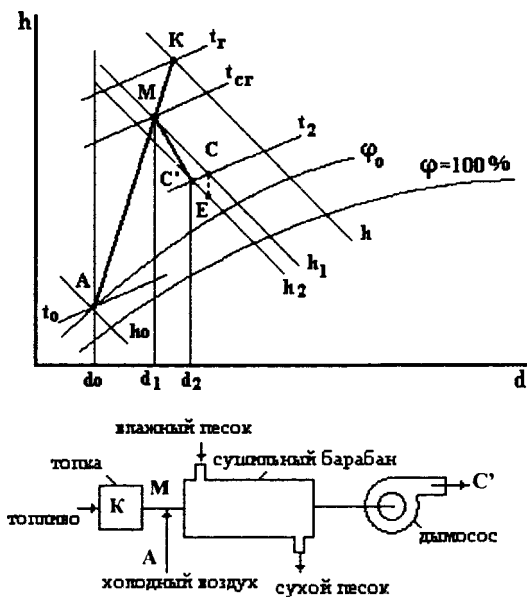


Рис.3 Схема сушильной установки с однократным использованием продуктов сгорания топлива и процесс сушки на  $h$ - $d$  диаграмме.

При выполнении курсовой работы построить (схематично)  $h$ - $d$  диаграмму на листе А4 с указанием числовых значений параметров процесса сушки.

### Литература

1. Лебедев П.Д. Расчёт и проектирование сушильных установок. М.: Госэнергоиздат, 1963. 318 с.
2. Транспортная теплотехника: Учебник для вузов ж.-д. Транспорта/ А.Э.Симсон, И.Д.Михайлов, В.Д.Сахаревич, В.И.Перелёт. – М.: Транспорт, 1988.- 319 с.

Приложения

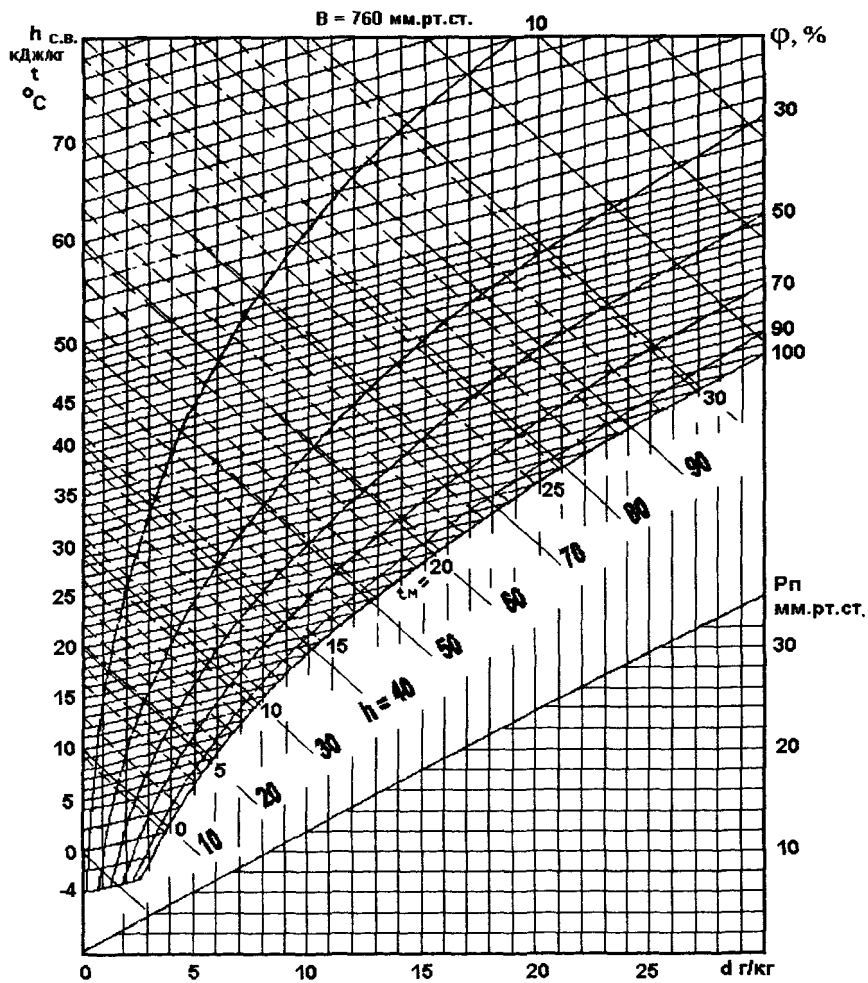


Рис П.1 h-d диаграмма влажного воздуха



Таблица П.1 Теплофизические параметры сухого воздуха при  
 $P_a = 0,101 \text{ МПа}$

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/кг К}$	$\lambda 10^2, \text{Вт/(мК)}$	$a 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\nu 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	Pr
0	1,293	1,005	2,44	18,8	13,28	0,707
10	1,247	1,005	2,51	20,0	14,16	0,705
20	1,205	1,005	2,59	21,4	15,06	0,703
30	1,165	1,005	2,67	22,9	16,00	0,701
40	1,128	1,005	2,76	24,3	16,96	0,699
50	1,098	1,005	2,83	25,7	17,95	0,698
60	1,060	1,005	2,90	27,2	18,97	0,696
70	1,029	1,009	2,96	28,6	20,02	0,694
80	1,000	1,009	3,05	30,2	21,09	0,692
90	0,972	1,009	3,13	31,9	22,10	0,690
100	0,946	1,009	3,21	33,6	23,13	0,688
140	0,854	1,013	3,49	40,3	27,8	0,684
160	0,815	1,017	3,64	43,9	30,09	0,682
200	0,746	1,026	3,93	51,4	34,85	0,680
250	0,674	1,038	4,27	61,0	40,61	0,677
300	0,615	1,047	4,60	71,6	48,33	0,674
350	0,566	1,059	4,91	81,9	55,46	0,676
400	0,524	1,068	5,21	93,1	63,09	0,678
500	0,456	1,093	5,74	115,3	79,38	0,687
600	0,404	1,114	6,22	138,3	96,89	0,699
700	0,362	1,135	6,71	163,4	115,4	0,706
800	0,329	1,156	7,18	188,8	134,8	0,713
900	0,301	1,172	7,63	216,2	155,1	0,717
1000	0,277	1,185	8,07	245,9	177,1	0,719
1100	0,257	1,197	8,50	276,2	199,3	0,722
1200	0,239	1,210	9,15	316,5	233,7	0,724

Таблица П.2 Теплотехнические характеристики газов

Наименование газа	Обозначение	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Низшая теплота сгорания $Q^p$ , кДж/кг	Теплоёмкость $c$ , (кДж/кгК)
Водород	H <sub>2</sub>	0,09	119956	14,42
Азот	N <sub>2</sub>	1,257	-	1,04
Кислород	O <sub>2</sub>	1,428	-	0,92
Окись углерода	CO	1,250	10106	1,04
Углекислота	CO <sub>2</sub>	1,964	-	0,83
Сернистый газ	SO <sub>2</sub>	2,858	-	0,62
Сероводород	H <sub>2</sub> S	1,520	15381	1,55
Метан	CH <sub>4</sub>	0,714	50015	2,23
Этан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,342	47493	1,25
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1,967	46382	1,67
Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2,593	45747	1,70
Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	3,218	45385	1,703

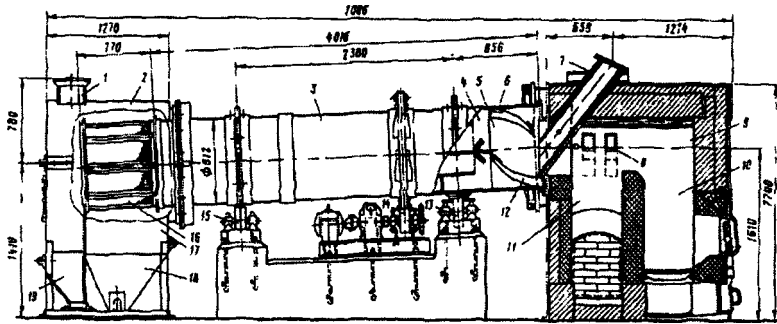


Рис.П1. Общий вид барабанной сушилки СОБУ-1 с топкой

1 - патрубок дымовытяжной трубы; 2, 17 - верхняя и бункерная часть разгрузочной камеры; 3 - сушильный барабан; 4 - сушильная часть барабана; 5 - приёмная часть барабана; 6 - крепление лопастей; 7 - патрубок для загрузки сырого песка; 8 - каналы для подачи наружного воздуха; 9 - топка; 10 - камера сгорания; 11 - смесительная камера; 12 - лопасти приёмной части барабана; 13, 15 - опоры, 14 - приводной механизм; 16 - сито разгрузочной камеры; 18 - карман для сухого просеянного песка; 19 - карман для приёма отсева песка.

## Содержание

Введение. ....	3
Энтальпия и влагосодержание продуктов сгорания топлива. ....	3
Тепловой расчёт сушильной установки. ....	6
Построение процесса сушки в h-d диаграмме для воздуха. ....	14
Литература. ....	15
Приложения. ....	16

### Учебно-методическое издание

Костин Александр Владимирович

Чернышов Виктор Николаевич

Расчёт барабанной сушильной установки

Методические указания к курсовой работе

---

Подписано к печати **04.10.2006** Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub> Тираж 100 экз.

Усл.печ.л. 1,25      Заказ **434.**      Изд. № **184-06.**

---

127944, Москва, ул.Образцова, 15

Типография МИИТ