УДК 66.047.57.001.24 Группа Г47; Г02

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

АППАРАТЫ С ВРАЩАЮЩИМИСЯ БАРАБАНАМИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

ОСТ 26-260.451-92

Метод теплового расчета сушилок.

ОКСТУ 3610; 5603

Дата введения 01.01.93

Настоящий стандарт устанавливает метод теплового расчета барабанных сушилок с наружным диаметром барабана $D_н$ = 1000-2800 мм, предназначенных для сушки различных материалов: угля, руды, шлака, фрезерного торфа, глины, песка, химических удобрений и др.

I. ПРИНЯТЫЕ ТЕРМИНЫ

I.I. Массовая доля i -го составляющего в материале (газе) - отношение массы i -го составляющего, содержащегося в материале (газе), к общей массе материала (газа).

I.2. Массовое отношение i -го составляющего в материале (газе) - отношение массы i -го составляющего, содержащегося в материале (газе), к массе остальной части материала (газа).

I.3. Молярная доля i -го компонента в газе - отношение количества вещества i -го компонента, содержащегося в газе, к общему количеству вещества газа.

I.4. Массовое отношение влаги в газе - массовое отношение (см.п.I.2) водяного пара в газе.

I.5. Относительный массовый выход i -го компонента газа при сгорании топлива - отношение массы i -го компонента, содержащегося в топочном газе к массе продуктов сгорания топлива.

Издание официальное

gost.e-ecolog.ru

I.6. Относительный массовый расход сухого газа на испарение влаги – отношение массового расхода сухого газа к массовой производительности сушилки по влаге.

I.7. Кажущаяся плотность материала – частное от деления массы материала на объем его частиц, включая объем пор.

I.8. Объемная (насыпная) масса материала – частное от деления массы материала на объем, занимаемый его частицами.

2. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ

2.I. Массовую долю воды в пыли $w_п$, вынесенной из сушилки, рекомендуется принимать по опытным данным. В случае, если она неизвестна, рекомендуется принимать:

$$w_п = 0{,}5 \; w_2 ,$$

где w_2 – массовая доля влаги в материале после сушки.

2.2. Массовая доля водяного пара в сухих газах или воздухе – отношение массы водяного пара, отнесенной к I кг массы сухих газов (воздуха), кг/кг:

d_0 – для наружного воздуха;

d_1 – для воздуха (газов) на входе в сушилку;

d_2 – то же на выходе из сушилки.

2.3. Относительный массовый выход водяного пара при сгорании топлива $x_п$ определяется по формуле:

а) для жидкого и твердого топлива

$$x_п = \left(\mu_н + \frac{z_0}{z_п}\,\mu_0\right) x_н + x_w ,$$

где $\mu_н$ и μ_0 – относительная атомная масса соответственно водорода (Н) и кислорода (О). Рекомендуется принимать $\mu_н = I$ и $\mu_0 = I6$;

$z_п = 2$ и $z_0 = I$ – число атомов соответственно водорода и кислорода в молекуле воды;

$x_н$ и x_w – массовая доля соответственно горючей части водорода и воды в топливе;

б) для газообразного топлива

$$x_n = \sum \frac{z_{н;}\,(\mu_н + \frac{z_o}{z_н}\mu_o)}{z_{н;}\,\mu_н + z_i\,\mu_i}\,x_i\,,$$

где μ_i – относительная атомная масса элемента, соединенного с водородом в i -м компоненте топлива.

Рекомендуется принимать следующие значения μ_i :

для углерода (в углеводородах) 12

для серы (в сероводороде) 32

Для компонента водород (H_2) $\mu_i = 0$;

$z_{н;}$ и z_i – число атомов соответственно водорода и соединенного с ним элемента в i -м компоненте топлива;

x_i – массовая доля i -го компонента в топливе.

2.4. Теоретическое отношение L_o массы сухого воздуха, необходимого для полного сгорания топлива, к массе топлива определяется по формуле:

а) для жидкого или твердого топлива

$$L_o = \sum \frac{\mu_o\,z_{o;}\,x_i}{\mu_i\,z_i\,(x_o)_в} - \frac{x_o}{(x_o)_в}\,,$$

где μ_o и μ_i – относительная атомная масса соответственно кислорода и i -го составляющего топлива. Рекомендуется принимать:

для кислорода $\mu_o = 16$,

для водорода $\mu_н = 1$, для углерода $\mu_c = 12$,

для серы $\mu_s = 32$;

$z_{o;}$ и z_i – число атомов соответственно кислорода и i -го составляющего топлива в продуктах полного сгорания топлива: в воде (H_2O) $z_o = 1$ и $z_н = 2$, в углекислом газе (CO_2) $z_o = 2$ и $z_c = 1$; в сернистом ангидриде (SO_2) $z_o = 2$ и $z_s = 1$;

x_o, $(x_o)_в$ и x_i – массовая доля соответственно кислорода в топливе, кислорода в воздухе и i -го составляющего

в топливе. Рекомендуется принимать $(x_{\text{в}})_{\text{в}} = 0{,}235$;

б) для газообразного топлива -

$$L_{\text{в}} = \sum \left(z_{i1} \frac{z_{\text{в}1}}{z_1} + z_{i2} \frac{z_{\text{в}2}}{z_2} - z_{i\text{в}} \right) \frac{\mu_{\text{в}}}{\mu_i} \frac{x_i}{(x_{\text{в}})_{\text{в}}} - \frac{x_{\text{в}}}{(x_{\text{в}})_{\text{в}}},$$

где z_{i1}, z_{i2}, $z_{i\text{в}}$ - число атомов соответственно I-го горючего элемента, 2-го горючего элемента и кислорода в молекуле i-го компонента топлива;

$z_{\text{в}1}$ и $z_{\text{в}2}$ - число атомов кислорода в молекуле продукта полного сгорания соответственно I и 2-го горючего элемента;

z_1 и z_2 - число атомов соответственно I и 2-го горючего элемента в молекуле продукта полного сгорания;

μ_i и $\mu_{\text{в}}$ - соответственно относительная молекулярная масса i-го компонента топлива и относительная атомная масса кислорода;

x_i, $x_{\text{в}}$ и $(x_{\text{в}})_{\text{в}}$ - массовая доля соответственно i-го компонента в топливе, свободного кислорода в топливе и кислорода в воздухе. Рекомендуется принимать $(x_{\text{в}})_{\text{в}} = 0{,}235$.

2.5. Высшая удельная теплота сгорания $Q_{\text{в}}$, Дж/кг, определяется по формуле:

а) для жидкого или твердого топлива

$$Q_{\text{в}} = \sum x_i Q_i - x_{\text{в}} Q_{\text{в}},$$

где x_i и $x_{\text{в}}$ - массовая доля соответственно i-го горючего составляющего и кислорода в топливе;

Q_i - удельная теплота сгорания i-го составляющего топлива, Дж/кг. Рекомендуется принимать следующие значения Q_i, Дж/кг:

для водорода (H) ..... $125{,}7 \cdot 10^6$

для углерода (C) ..... $33{,}9 \cdot 10^6$

для серы (S) ..... $10{,}89 \cdot 10^6$

$Q_{\text{в}}$ - удельная энергия связи кислорода (O) в топливе, Дж/кг.

Рекомендуется принимать $Q_в$ = 10,89.10^6 Дж/кг;

б) для сухого газообразного топлива

$$Q_в = \sum x_i Q_i + r x_п ,$$

где x_i - массовая доля i-го компонента в топливе;

Q_i - низшая удельная теплота сгорания i-го компонента, Дж/кг. Рекомендуется принимать следующие значения Q_i, Дж/кг:

для метана (CH_4) ..... 50,0.10^6

для этана (C_2H_6) ..... 48,2.10^6

для пропана (C_3H_8) ..... 46,4.10^6

для бутана (C_4H_{10}) ..... 45,7.10^6

для пентана (C_5H_{12}) ..... 45,3.10^6

для этилена (C_2H_4) ..... 47,6.10^6

для пропилена (C_3H_6) ..... 46,1.10^6

для изобутилена (C_4H_8) ..... 45,4.10^6

для сероводорода (H_2S) ..... 15,3.10^6

для водорода (H_2) ..... 119,5.10^6

для окиси углерода (CO) ..... 10,1.10^6

r - удельная теплота образования воды, Дж/кг. Рекомендуется принимать r = 2,5.10^6 Дж/кг;

$x_п$ - относительный массовый выход водяного пара при полном сгорании топлива.

2.6. Коэффициент полезного действия топки $\eta_т$ может быть принят следующим:

при слоевом сжигании топлива ..... 0,94 ÷ 0,95

при камерном сжигании твердого топлива ... 0,96 ÷ 0,97

при камерном сжигании газа или мазута ... 0,98 ÷ 0,99

2.7. Теплоемкость абсолютно сухого материала Со принимается по опытным данным. При отсутствии опытных данных значение Со, Дж/(кг.К), может быть принято:

для неорганических материалов ..... 750 ÷ 1050

для органических материалов ..... 920 ÷ 1590

2.8. Объем смеси газов и водяного пара, отнесенный к 1 кг массы сухих газов, определяется по формуле:

$$U_0 = 4,64 \cdot 10^{-4} \cdot (275 + t) \cdot (A \cdot 622 + d \cdot 10^3),$$

где A – коэффициент, учитывающий изменение газовой постоянной.

Величина коэффициента A зависит только от избытка воздуха:

Коэффициент избытка воздуха $\alpha_в$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	∞
Коэффициент A	0,931	0,950	0,963	0,973	0,981	0,986	1,00

t и d берутся соответственно для начальных ($t_н$, $d_н$), конечных ($t_к$, $d_к$) или средних ($t_{ср}$, $d_{ср}$) параметров газа.

2.9. Максимально допускаемая скорость газа на выходе из сушилки с лопастной или секторной насадкой определяется по табл.1.

Таблица 1

Кажущаяся плотность материала $\rho_м$, кг/м^3	Максимально допускаемая скорость газа в сушилке $v_г$, м/с, при среднем диаметре частиц (усредненном по массе) $\delta_{м.ср}$, мм		
	менее 0,3	0,3 ÷ 2,0	свыше 2,0
600	0,5	0,5 ÷ I,0	I,0 ÷ 3,0
I500	2,0	2,0 ÷ 5,0	5,0 ÷ 8,0
2000	3,0	3,0 ÷ 7,5	8,0
2500	4,0	4,0 ÷ I0,0	I0,0
Св. 2500	5,0	5,0 ÷ I2,0	I3,0

2.I0. Со стороны поступления материала в начале барабана должна устанавливаться приемно-винтовая насадка, далее - основная.

По согласованию с заводом-изготовителем (особый заказ) допускается изменение порядка расположения основных насадок, а также применение насадок других типов.

Допускается также по согласованию с заводом-изготовителем вместо приемно-винтовой насадки установка лопастной насадки. При этом должны быть соблюдены следующие условия:

а) в начале барабана на длине, равной 0,2 $D_н$ (где $D_н$ - наружный диаметр барабана), насадка не устанавливается;

б) угол естественного откоса обрабатываемого материала должен быть не более 70^0;

в) угол наклона барабана в сторону выхода из него материала должен быть не менее 3^0;

г) высота переднего защитного кольца должна быть не менее 0,25 $D_н$.

2.II. Оптимальные значения параметров, характеризующих эффективность работы основной насадки сушилок с корпусом по ОСТ 26.260.437 рекомендуется принимать по табл.2.

2.I2. Необходимые исходные данные, рекомендуемые порядок и форма расчета - в соответствии с табл.3.

Рекомендуемый тепловой режим сушки материалов приведен в справочном приложении I.

Пример расчета сушилки приведен в справочном приложении 2.

Таблица 2

Тип насадки	Наружный диаметр барабана, $D_н$, мм	Угол поворота барабана при полном сходе материала, β, °	Коэффициент заполнения барабана материалом φ	Средняя высота падения частиц $h_{ср}$, м	Площадь поперечного сечения материала на одной лопасти при выходе из "завала" $F_{нл}$, м²	Суммарная длина отрезков в поперечном сечении барабана, соответствующих	
						поверхности соприкосновения газа с материалом, расположенным на лопастях, $S_н$, м	"оголенной" поверхности $S_{ог}$, м
Лопастная	1000	140	0,15	0,617	0,0348	1,19	4,16
	1200			0,741	0,0502	1,43	4,99
	1600			1,080	0,0396	3,11	8,33
	2000			1,045	0,0596	3,43	9,10
	2200		0,18	1,345	0,0695	3,90	11,00
	2500			1,545	0,0745	4,48	12,60
	2800			1,590	0,0680	4,62	14,10
Секторная	1000	120	0,25	0,159	0,0093	2,70	7,90
	1200			0,191	0,0135	3,23	9,50
	1600			0,245	0,0238	4,31	12,70
	2000		0,21	0,344	0,0137	4,92	15,40
	2200		0,25	0,398	0,0382	6,05	17,40
	2500			0,452	0,0494	6,86	19,80
	2800			0,439	0,0532	7,78	22,50

Таблица 3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
Исходные данные		
I. Материал	-	
2. Кажущаяся плотность материала, кг/м^3	$\rho_м$	
3. Объемная (насыпная) масса материала, кг/м^3	$\rho_н$	
4. Массовая доля влаги в материале до сушки	ω_1	
5. То же, после сушки	ω_2	
6. Массовая производительность сушилки по высушенному материалу, кг/с	G_2	
7. Взаимное направление движения газа и материала в сушилке (прямоточное или противоточное)	-	
8. Температура материала до сушки, ^oC	ϑ_1	
9. То же, после сушки, ^oC	ϑ_2	
I0. Температура пыли на выходе из сушилки, ^oC	$\vartheta_п$	
II. Температура газа на входе в сушилку, ^oC	t_1	
I2. То же, на выходе из сушилки, ^oC	t_2	
I3. Массовая доля -2 фракции материала	x_1	
I4. Угол естественного откоса материала, град.	ψ	
I5. Температура наружного воздуха, ^oC	t_0	

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
I6. Массовое отношение влаги в наружном воздухе, кг/кг	d_0	
I7. Энтальпия наружного воздуха на массу его сухой части, Дж/кг	i_0	
I8. Массовая доля составляющего в топливе:		
а) жидком или твердом		
водород H	x_H	
углерод C	x_C	
азот N	x_N	
кислород O	x_O	
сера S	x_S	
зола (A)	x_A	
вода (W)	x_W	
б) газообразном[x)]		
метан CH_4	x_{CH_4}	
этан C_2H_6	$x_{C_2H_6}$	
пропан C_3H_8	$x_{C_3H_8}$	
бутан C_4H_{10}	$x_{C_4H_{10}}$	
пентан C_5H_{12}	$x_{C_5H_{12}}$	
этилен C_2H_4	$x_{C_2H_4}$	
пропилен C_3H_6	$x_{C_3H_6}$	

x) Если состав газообразного топлива задан молярными долями компонентов, то массовая доля i-го компонента определяется по формуле $x_i = \frac{y_i \mu_i}{\sum y_i \mu_i}$, где x_i, y_i, μ_i – соответственно массовая доля, молярная доля и относительная молекулярная масса i-го компонента.

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
изобутилен C_4H_8	$x_{C_4H_8}$	
сероводород H_2S	x_{H_2S}	
водород H_2	x_{H_2}	
окись углерода CO	x_{CO}	
19. Отношение массы летучих к массе сухой части топлива	x_A	
20. Температура топлива, °C	$t_т$	
21. Отношение массы водяного пара, применяемого для распыливания топлива, к массе топлива (при газообразном топливе – массовое отношение влаги в топливе), кг/кг	$d_т$	
22. Энтальпия водяного пара, применяемого для распыливания топлива (при газообразном топливе – удельная энтальпия водяного пара в топливе), Дж/кг	$i_п$	
Расчетные данные		
23. Массовая доля влаги в пыли	$W_п$ (см.п.2.1 настоящего стандарта)	
24. Массовая доля уносимого из сушилки материала (в зависимости от скорости газов и размера частиц материала)	$x_{ун} = (3 \div 10) \cdot 10^{-2}$	

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
25. Массовая производительность сушилки по влаге, кг/с	$W = G_2 \frac{W_1 - W_2 + x_{уд}(W_1 + W_2)}{1 - W_1}$	
26. Относительный массовый выход водяного пара при сгорании топлива	$x_п$ (см.п.2.3 настоящего стандарта)	
27. Масса сухого воздуха, необходимого для полного сгорания топлива, отнесенная к I кг массы топлива, кг/кг	L_0 (см.п.2.4 настоящего стандарта)	
28. Высшая теплота сгорания топлива, Дж/кг	$Q_в$ (см.п.2.5 настоящего стандарта)	
29. Низшая теплота сгорания топлива, Дж/кг	$Q_н = Q_в - x_в r$, где $r = 2.5.10^6$ Дж/кг – теплота парообразования	
30. Теплоемкость золы твердого или жидкого топлива, Дж/(кг.К)	$C_З = 711 + 0,5 t_т$	
31. Теплоемкость горючей части топлива, Дж/(кг.К)	$C_г = 837 + 3.76(0,13 x_в) \times (130 + t_т)$	
32. Теплоемкость топлива, Дж/(кг.К)	$C_т = x_A C_З + (1 - x_w - x_A) C_г + x_w C_w$ где $C_w = 4187$ Дж/(кг.К) – теплоемкость воды	
33. Энтальпия водяного пара, находящегося в точном газе, Дж/кг	$i_п = 2.49.10^6 + 1968.t$	

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
34. Коэффициент полезного действия топки	$\eta_т$ (см.п.2.6 настоящего стандарта)	
35. Коэффициент избытка воздуха в газе на входе в сушилку	$\alpha_в = \frac{\eta_т Q_в + C_т t_т}{L_в (C_{сг} t_1 + d_в i_п - i_в)} - \frac{(1 - x_в - x_л) C_{сг} t_1 - x_п i_в - d_т (i_п - i_в)}{L_в (C_{сг} t_1 + d_в i_п - i_в)}$, где $C_{сг}$ – теплоемкость сухого топочного газа, Дж/(кг.К). Допускается принимать $C_{сг}$ как теплоемкость воздуха (по справочным данным)	
36. Относительный массовый выход сухого газа при сгорании топлива, кг/кг	$e_{сг} = 1 + \alpha_в L_в - x_п - x_л$	
37. Массовая доля водяного пара в сухих газах, кг/кг (см.п.2.2 настоящего стандарта)	$d_1 = \frac{\alpha_в L_в d_в + x_п}{e_{сг}}$	
38. Количество теплоты, необходимой для испарения 1 кг влаги из материала, Дж/кг	$q_в = c_п - c_м \vartheta_1$, где $c_п$ – см.поз.33, $c_м$ – см.поз.32; ϑ – начальная температура материала, °С	
39. Теплоемкость абсолютно сухого материала, Дж/(кг.К)	$c_в$ (см.п.2.7 настоящего стандарта)	

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
40. Теплоемкость высушенного материала, Дж/(кг.К)	$C''_м = (1-w_2)c_0 + w_2 c_w$, где c_w – см.поз.32	
41. Количество теплоты, необходимой для нагревания материала, отнесенное к I кг массы испаренной влаги, Дж/кг	$q_м = \frac{G_2 C''_м [(\vartheta_2 - \vartheta_1) + x_{уп}(\vartheta_п - \vartheta_1)]}{W}$	
42. Количество теплоты, теряемой в окружающую среду, отнесенное к I кг массы испаренной влаги, Дж/кг	$q_c = (85 \div 170) \cdot 10^3$	
43. Теплоемкость влажного газа при начальных параметрах газа, Дж/(кг.К)	$C'_{вл\,г} = C'_{сг} + d_1 C'_п$, где $C'_{сг}$ и $C'_п$ – теплоемкость соответственно сухого газа и водяного пара при температуре на входе в сушилку, Дж/(кг.К). Рекомендуется принимать значение $C'_{сг}$, как для сухого воздуха	
44. То же, на выходе из сушилки, Дж/(кг.К)	$C''_{вл\,г} = C''_{сг} + d_1 C''_п$, где $C''_{сг}$ и $C''_п$ – теплоемкость соответственно сухого газа и водяного пара при температуре на выходе из сушилки, Дж/(кг.К). Рекомендуется принимать значение $C''_{сг}$ как для сухого воздуха	

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
45. Расход сухого газа на испарение I кг массы влаги, кг/кг	$q_{cr} = \frac{q_o + q_н + q_c}{c_{вл\,г} t_1 - c''_{вл\,г} t_2}$	
46. Приращение относительного массового расхода сухого газа за счет неорганизованных присосов воздуха в сушилку, кг/кг	$l_{пр} = 0{,}2\, q_{cr}$	
47. Количество теплоты, теряемой с отработавшим газом, отнесенное к I кг массы испаренной влаги, Дж/кг	$q_г = q_{cr}[c''_{вл\,г} t_2 - (c_{вл\,в})_o t_o] + l_{пр}[c''_{cr} t_2 - (c_{св})_o t_o]$, где $(c_{вл\,в})_o$ и $(c_{с.в})_o$ - удельная теплоемкость соответственно влажного и сухого воздуха при температуре t_o (по справочным данным), Дж/(кг.К)	
48. Расход теплоты на испарение I кг массы влаги с учетом всех тепловых потерь, Дж/кг	$q = \frac{q_o + q_н + q_г + q_c}{\eta_т}$	
49. Массовый расход топлива топке сушилки, кг/с	$B_т = \frac{q\,W}{Q_н}$	
50. То же (проверочный расчет), кг/с	$B'_т = \frac{q_{cr}\,W}{l_{cr}} \approx B_т$	

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
51. Массовое отношение влаги в газе на выходе из сушилки, кг/кг	$d_к = \frac{1}{q_{сг} + e_{пр}} + d_1$	
52. Среднее массовое отношение влаги в газе в сушилке, кг/кг	$d_{ср} = \frac{d_1 + d_2}{2}$	
53. Средняя разность температур между газом и материалом в сушилке, °С, при движении газа и материала:		
а) прямоточном	$\Delta t_{ср} = \frac{(t_1 - \vartheta_1) - (t_2 - \vartheta_2)}{2{,}3 \lg \frac{t_1 - \vartheta_1}{t_2 - \vartheta_2}}$	
б) противоточном	$\Delta t_{ср} = \frac{(t_1 - \vartheta_2) - (t_2 - \vartheta_1)}{2{,}3 \lg \frac{t_1 - \vartheta_2}{t_2 - \vartheta_1}}$	
54. Средняя температура газа в сушилке, °С	$t_{ср} = \frac{\vartheta_1 + \vartheta_2}{2} + \Delta t_{ср}$	
55. Коэффициент, учитывающий изменение газовой постоянной	А (см.п.2.8 настоящего стандарта)	
56. Объем смеси газов и водяного пара на массу сухих газов, $м^3/кг$	$\upsilon_{о.ср}$ (см.п.2.8. Здесь $\upsilon_{о\ ср}$ рассчитывается при средних значениях $t_{ср}$ и $d_{ср}$)	
57. Средняя плотность влажного газа, $кг/м^3$	$\rho_{вл.ср} = \frac{1{,}0 + d_{ср}}{\upsilon_{о\ ср}}$	

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
58. Объем газов, проходящих через сушилку, $м^3/с$	$V_{г.ср} = (q_{ог} + e_{пр})\vartheta_{ср} W$	
59. Средний диаметр частиц (усредненный по массе) материала, м	$\delta_{м.ср} = \sum_{i=1}^{n} \delta_i x_i$, где δ_i и x_i – соответственно максимальный диаметр и массовая доля частиц i – й фракции (δ_i в м)	
60. Максимально допускаемая скорость газа на выходе из сушилки, м/с	$\vartheta_г^*$ (см.п.2.9 настоящего стандарта)	
61. Объемный расход сухого газа на выходе из сушилки, $м^3/с$	$V_г^* = (q_{ог} + e_{пр})\vartheta_г^* W$, где $\vartheta_г^*$ – см.п.2.8 настоящего стандарта. Здесь $\vartheta_г^*$ подсчитывается при параметрах газа на выходе из сушилки	
62. Тип насадки на выходе материала из сушилки	(см. ОСТ 26.260.437)	
63. Угловая скорость барабана, рад/с	ω	
64. Коэффициент заполнения барабана материалом	φ (см.п.2.11 настоящего стандарта)	
65. Необходимая площадь поперечного сечения барабана, $м^2$	$F_б = \frac{V_г^*}{(1-\varphi)\vartheta_г^*}$	

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
66. Необходимый внутренний диаметр барабана, м	$D'_{вн} = \sqrt{\frac{4F'_к}{\pi}}$	
67. Принятый внутренний диаметр барабана, м	$D_{вн} \approx D'_{вн}$ (по ОСТ 26.260.437)	
68. Наружный диаметр барабана, м	$D_н$ (по ОСТ 26.260.437)	
69. Общее число лопастей основной насадки	z (по ОСТ 26.260.437)	
70. Средняя высота падения частиц материала, м	$h_{ср}$ (см.п.2.II настоящего стандарта)	
71. Средняя скорость падения частиц с лопастей, м/с	$v_{п.ср} = \sqrt{\frac{g\, h_{ср}}{2}}$, где g - ускорение свободного падения в пункте расположения сушилки, м/с^2	
72. Средняя скорость газа вдоль оси барабана, м/с	$v_{ср\,г} = \frac{4\, V_{г\,ср}}{(1-\varphi)\,\pi\, D^2_{вн}}$	
73. Средняя скорость движения газа относительно падающих частиц материала, м/с	$v_г = \sqrt{v^2_{ср\,г} + v^2_{п\,ср}}$	
74. Среднее время падения частиц материала, с	$\tau_п = \sqrt{\frac{2h_{ср}}{g}}$, где g - см.поз.71	

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
75. Величина, обратная среднему диаметру частиц (усредненному по площади поверхности), $м^{-1}$	$\sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{\delta_i}$, где x_i и δ_i – см. поз.59	
76. Средний диаметр частиц (усредненный по площади их поверхности), м	$\delta_{п.ср} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \frac{x}{\delta_i}}$	
77. Площадь поперечного сечения материала на одной лопасти при ее выходе из "завала", $м^2$	$F_{мл}$ (см.п.2.II настоящего стандарта)	
78. Угол поворота барабана с момента выхода лопасти из "завала" до момента полного ссыпания материала с лопасти, рад.	β (см.п.2.II настоящего стандарта)	
79. Площадь поверхности частиц материала, отнесенная к 1 м длины барабана сушилки	$F_L = \frac{6\rho_м \tau_п \omega F_{мл}}{\beta \delta_{п.ср} \rho_м}$	
80. Суммарная длина отрезков в поперечном сечении барабана, соответствующих поверхности соприкосновения газа с материалом, лежащим на лопастях и в "завале", м	$S_м$ (см.п.2.II настоящего стандарта)	

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
81. Средняя высота скатывания частиц с лопастей, м	$h = \frac{S_н}{2} \sin \psi$	
82. Скорость скатывания частиц в конце лопасти, м/с	$v_{ск} = \sqrt{2gh\left(1 - \frac{\xi}{tg\psi}\right)}$, где g – см.поз.71; ξ – коэффициент трения скольжения материала (принимается по справочным данным)	
83. Начальная ширина струи материала, падающего с лопасти, м	$B_{стр} = \frac{\omega \cdot F_{мл}}{\beta \, v_{ск}}$	
84. Средняя площадь сечения струи материала, падающего с лопасти, в поперечном сечении барабана, $м^2$	$F_{стр} = h_{стр} B_{стр} + h^2_{ср} t_g \left[3{,}75 + 0{,}316 \left(\rho_{вл.ср} v_{ср\,г}\right)^2\right]$	
85. Объемная (по внутреннему объему барабана) площадь поверхности частиц материала, падающих с лопастей, $м^{-1}$	$F'_v = \frac{2 \beta z F_ч}{\pi^2 D^2_{вн}}$	
86. Коэффициент теплоотдачи от газа к поверхности падающих частиц материала, Вт/($м^2$.К)	$\alpha' = 0{,}62 \frac{\lambda}{\nu^{0{,}5}} \left(\frac{v_г}{\delta_{нер}}\right)^{0{,}5}$, где λ и ν – соответственно теплопроводность, Вт/(м.К) и кинематическая вязкость, $м^2/с$, газа при средних значениях параметров. Допускается принимать зна-	

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
	чения λ и ν как для воздуха (по справочным данным)	
87. Объемный (по внутреннему объему барабана) коэффициент теплоотдачи от газа к падающим частицам материала, Вт/(м^3.К)	$\alpha'_v = 5{,}1\left(\frac{F_e}{F_{стр}}\right)^{-0{,}8}\alpha' F'_v$	
88. Средняя длина скатывания частиц материала с лопастей, м	$l_{ск} = \frac{2\,S_м}{z}$	
89. Число Рейнольдса	$Re = \frac{l_{ск}\,v_г}{\nu}$, где ν – см.поз.86	
90. Коэффициент теплоотдачи от газа к поверхности материала на лопастях и в "завале", Вт/(м^2.К)	$\alpha'' = \frac{0{,}347(Re)^{0{,}66}\lambda}{l_{ск}}$, где λ – см.поз.86	
91. Объемная (по внутреннему объему барабана) площадь поверхности материала на лопастях и в "завале", омываемая газом, м$^{-1}$	$F''_v = \frac{4\,S_м}{\pi D^2_{вн}}$	
92. Объемный (по внутреннему объему барабана) коэффициент теплоотдачи от газа к материалу на лопастях и в "завале", Вт/(м^3.К)	$\alpha''_v = \alpha'' F''_v$	

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
93. Суммарная длина отрезков в поперечном сечении барабана, соответствующих "оголенной" поверхности (не занятой материалом) внутренних устройств, и	S_{or} (см.п.2.II настоящего стандарта)	
94. Объемная (по внутреннему объему барабана) площадь "оголенной" поверхности, $м^{-1}$	$F_v'' = \frac{4 S_{or}}{\pi D_{вн}^2}$	
95. Коэффициент теплоотдачи от газа к "оголенной" поверхности внутренних устройств, $Вт/(м^2 \cdot К)$	$\alpha'' = 5,1 + 3,5 \rho_{вл.ср} v_{ср\,г}$	
96. Объемный (по внутреннему объему барабана) коэффициент теплоотдачи от газа к "оголенным" поверхностям внутренних устройств, $Вт/(м^3 \cdot К)$	$\alpha_v'' = \frac{\alpha'' F_v'' (t_{ср} - \frac{\vartheta_1 + \vartheta_2}{2})}{\Delta t_{ср}}$	
97. Полный объемный (по внутреннему объему барабана) коэффициент теплоотдачи от газа к материалу, $Вт/(м^3 \cdot К)$	$\alpha_v = \alpha_v' + \alpha_v'' + \alpha_v'''$	
98. Тепловая мощность сушилки, расходуемая на нагревание материала и испарение влаги, Вт	$Q = W (q_o + q_н)$	
99. Необходимый внутренний объем барабана, $м^3$	$V_б' = 1,2 \frac{Q}{\alpha_v \Delta t_{ср}}$	

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
100. Необходимая длина корпуса, м	$L'_б = \frac{4 V_б}{\pi D_{вн}^2}$	
101. Принятая длина корпуса, м	L (по ОСТ 26.260.43[illegible])	
102. Принятый корпус сушилки	(по ОСТ 26.260.43[illegible])	
103. Площадь наружной поверхности барабана, $м^2$	$F_{б.н} = \pi (D_н + 2\delta_{из})(L - l_{загр} - l_{выгр})$, где $l_{загр}$ и $l_{выгр}$ – длина соответственно загрузочной и выгрузочной частей, м	
104. Средняя разность температур между веществом (газ и материал) внутри барабана и окружающей средой, °С	$\Delta t_{окр} = \frac{\alpha' \frac{t_1 + t_2}{2} + \alpha'' \frac{\vartheta_1 + \vartheta_2}{2}}{\alpha' + \alpha''} - t_0$	
105. Коэффициент теплопередачи через корпус сушилки, Вт/($м^2$.К)	$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \sum \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}}$, где α_1 – теплоотдача от газа к внутренней поверхности барабана, Вт/($м^2$.К); α_2 – теплоотдача от наружной поверхности барабана с изоляцией к окружающей среде, Вт/($м^2$.К);	

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
	$\delta_{из}$ – толщина изоляции барабана, м. Для воздушной изоляции рекомендуется принимать $\delta_{из}$ = 0,05 м; $\lambda_{из}$ – теплопроводность изоляции барабана, Вт/(м.К). Для воздушной изоляции $\lambda_{из}$ = 0,098 Вт/(м.К) Значения α_1 и α_2 вычисляются по формуле: $\alpha = 4,4 + 3,0 \rho_г v_г$, где $\rho_г$ – плотность газа у внутренней (при расчете α_1) или наружной (при расчете α_2) поверхности стенок сушилки, кг/м^3; $v_г$ – скорость газа у внутренней (при расчете α_1) или наружной (при расчете α_2) поверхности стенок сушилки, м/с	
106. Частное от деления количества теплоты, теряемой в окружающую среду, на массу испаренной влаги, Дж/кг (проверочный расчет)	$q_{\text{в}}' = \frac{k F_{б.н} \Delta t_{окр}}{W} \leq q_{\text{к}}$	

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
107. Угол наклона барабана, град.	$\alpha = 2 \div 4$	
108. Время прохождения материала через лопастную насадку, с, при взаимном движении материала и газа:		
прямоточном	$\tau_1 = \frac{13,8\,(l_1 + l_2)}{\omega^{0,65} D_{вн} \left(3,8 \operatorname{tg}\alpha + \frac{1,9\,\rho_{вн\,ср}}{\delta_{н\,ср}\,\rho_н\,q}\,v_{ср\,г}^{1,7}\right)}$, где l_1 и l_2 – длина соответственно приемно-винтовой и лопастной насадки, м. Значения l_1 и l_2 принимаются по ОСТ 26.260.[illegible] с учетом п.2.10 настоящего стандарта; q – см.поз.71	
противоточном	$\tau_1 = \frac{13,8\,(l_1 + l_2)}{\omega^{0,65} D_{вн} \left(3,8 \operatorname{tg}\alpha - \frac{1,9\,\rho_{вн\,ср}}{\delta_{н\,ср}\,\rho_н\,q}\,v_{ср\,г}^{1,7}\right)}$	
109. То же, через секторную насадку, с, при взаимном движении материала и газа:		
прямоточном	$\tau_2 = \frac{12,35\,l_3}{\omega^{0,7} D_{вн} \left(1,95 \operatorname{tg}\alpha + \frac{0,33\,\rho_{вн\,ср}}{\delta_{н\,ср}\,\rho_н\,q}\,v_{ср\,г}^{1,6}\right)}$,	

Продолжение табл.3

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
	где $l_э$ - длина секторной насадки, м. Значение $l_э$ принимается по ОСТ 26.260437 с учетом п.2.10 настоящего стандарта; q - см.поз.71	
противоточном	$\tau_2 = \frac{12,35\, l_э}{\omega^{0,7} D_{вн}(1,55 tg\alpha - \frac{0,33 \rho_{в.ср}}{\delta_{н\,ср}\rho_н q} U_{ср\,г}^{1,8})}$	
110. Внутренний объем барабана, $м^3$	$V_{б.н} = \frac{\pi D_{вн}^2 L}{4}$	
111. Масса материала, находящегося в сушилке, кг	$m = (\tau_1 + \tau_2)(\frac{W}{2} + G_2)$	
112. Средний коэффициент заполнения барабана	$\varphi' = \frac{m}{\rho_н V_{б.н}} = (0,8 - 1,1)\varphi$ При $\varphi' < 0,8\varphi$ или $\varphi' > 1,1\varphi$ расчет повторяют, начиная с поз.107, при измененном значении α	

Приложение I
Справочное

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ РЕЖИМЫ СУШКИ

Наименование материала	Массовая доля воды в материале, %		Диаметр частиц материала, δ, мм	Температура газа, °С	
	начальная w_1	конечная w_2		начальная t_1	конечная t_2
Аммоний сернокислый	3,5	0,4	4	85	40
Глина	I4÷22	5,0	I,5	600÷700	80÷I00
Глина огнеупорная	9,0	0,7	I,5	800÷I000	70÷80
Ком свекловичный	84,0	I2,0	-	7÷50	90
Земля инфузорная	40,0	I5,0	2,5	600	90
Зерно (пшеница)	I6÷I8	I2,0	I,5	250÷350	60÷70
Известняк	I0÷I5	I,5	7,5	800÷I000	80
Каолин	27,0	0,7	-	800÷I000	70
Кек цинковый	35,0	3÷5	2,0	700	90
Колчедан флотационный	I0÷I2	0,5÷2,3	-	450÷550	70÷90
Концентрат пиритовый	I3÷I6	0÷I,0	0,5	600÷700	90
Концентрат флотационный	I8,0	2,0	0,3	600÷700	I00÷I20
Концентрат цирконовый	9÷I6	0÷I,0	0,5	700	I00
Концентраты сульфитные	I2,0	3,0	200	500÷600	I00
Лигнит	53÷60	28÷35	25	800÷900	80÷I00
Мезга кукурузная	68,0	I2,0	I,5	300	I00
Мергель	8÷I5	0,5÷I,5	I0	I000	80÷I20
Опилки	40÷50	I5,0	I,5	350	-
Отдубина	65,0	30,0	7,5	350	70

Продолжение

Наименование материала	Массовая доля воды в материале, %		Диаметр частиц материала, δ, мм	Температура газа, °С	
	начальная ω_1	конечная ω_2		начальная t_1	конечная t_2
Песок речной	4÷8	0,05	0÷I,75	900	90
Песок сахарный	3÷I4	0	-	I00	40
Руда марганцевая	I4,0	2,0	2÷5	I20	60
Руда железная	6,0	0,5	0÷50	900	90
Руда фосфоритная	I3÷I5	I,0÷2,5	0÷4	800	80
Селитра аммиачная	3÷5	0,2÷0,5	-	I00÷I20	60
Селитра натриевая	4	0,I	0÷I	200	60
Сланец	38	I2,0	0÷ 40	600÷800	90
Соль анилиновая	6	I,0	-	200	85
Соль поваренная	4÷I0	0,2	-	250÷500	70
Суперфосфат гранулированный	22	6,0	0÷30	750	80
Суспензия угольная	50	I,0	0÷2	750÷900	I20
Уголь бурый	30÷55	7,5÷I5	0÷25	900	I00
Уголь каменный	I0÷25	2÷6	0÷I2	900	I00
Уголь гранулированный противогазовый	20	3	I,8	450	I00÷I20
Уголь кизеловский (промпродукт)	I4	3,5	0÷I2	750	90
Уголь подмосковный	30	I0÷I5	0÷I0	850	90
Торф фрезерный	50	20	0÷I0	500	80
Шлак доменный	2I	0,3	-	500÷900	90

ПРИМЕР РАСЧЕТА БАРАБАННОЙ ГАЗОВОЙ СУШИЛКИ

1. Исходные данные и расчет сушилки представлены в таблице.

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
	Исходные данные	
1. Материал	-	Бурый уголь
2. Кажущаяся плотность материала, кг/м^3	$\rho_м$	1400
3. Объемная (насыпная) масса материала, кг/м^3	$\rho_н$	650
4. Массовая доля воды в материале до сушки	ω_1	0,52
5. То же, после сушки	ω_2	0,44
6. Массовая производительность сушилки по высушенному материалу, кг/с	G_2	16,65
7. Взаимное направление движения газа и материала в сушилке	-	Прямоточное
8. Температура материала до сушки, °С	ϑ_1	5
9. То же, после сушки, °С	ϑ_2	60
10. Температура пыли на выходе из сушилки, °С	$\vartheta_п$	65
11. Температура газа на входе в сушилку, °С	t_1	800

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
I2. То же, на выходе из сушилки, ^{0}C	t_2	II0
I3. Массовая доля фракции материала с диаметром частиц, мм:		
до I25	x_1	0,025
60 ÷ 90	x_4	0,005
35 ÷ 60	x_5	0,0I0
20 ÷ 35	x_4	0,080
I0 ÷ 20	x_5	0,II0
5 ÷ I0	x_6	0,I50
2,5÷ 5	x_7	0,240
I,5÷2,5	x_8	0,086
0,75÷I,5	x_9	0,045
0,375÷0,75	x_{10}	0,08I
0,I75÷0,375	x_{11}	0,07I
0,050÷0,I75	x_{12}	0,040
до 0,050	x_{13}	0,057
I4. Угол естественного откоса материала, град.	φ	45
I5. Температура наружного воздуха, ^{0}C	t_0	I5

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
I6. Массовое отношение влаги в наружном воздухе, кг/кг	d_o	0,008
I7. Энтальпия наружного воздуха на массу его сухой части, Дж/кг	i_o	35600
I8. Массовая доля составляющего в жидком или твердом топливе:		
водород H	x_H	0,0240
углерод C	x_C	0,2466
азот N	x_N	0,002I
кислород O	x_O	0,0975
сера S	x_S	0,0052
зола (A)	x_A	0,I846
вода (W)	x_W	0,4400
I9. Отношение массы летучих к массе сухой части топлива	x_A	0,63
20. Температура топлива, ^{0}C	$t_т$	I5
2I. Отношение массы водяного пара, применяемого для распыливания топлива (при газообразном топливе – массовое отношение влаги в топливе), кг/кг	$d_т$	–

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
22. Энтальпия водяного пара, применяемого для распыливания топлива (при газообразном топливе – удельная энтальпия водяного пара, содержащегося в топливе), Дж/кг		–
	Расчетные данные	
23. Массовая доля влаги в пыли	$w_п$ (п.2.I ОСТ 26.260.45I)	0,5.0,44 = 0,22
24. Массовая доля уносимого из сушилки материала	$x_{ун} = (3 \div 10).10^{-2}$	$3.10^{-2} = 0,03$
25. Массовая производительность сушилки по влаге, кг/с	$W = G_к \frac{w_1 - w_к + x_{ун}(w_1 - w_п)}{1 - w_1}$	$16,65 \cdot \frac{0,52-0,44+0,03(0,52-0,22)}{1-0,52} = 3,08$
26. Относительный массовый выход водяного пара при сгорании топлива	$x_п$ (по п.2.3 ОСТ 26.260.45I)	$(1 + \frac{I}{2}).16).0,024+0,440=0,656$

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
27. Масса сухого воздуха, необходимого для полного сгорания топлива, отнесенного к I кг массы топлива, кг/кг	L_0 (по п.2.4 ОСТ 26.260.451)	$\frac{16.1.0,0240}{1.2.0,235} + \frac{16.2.0,2466}{12.1.0,235} + \frac{16.2.0,0052}{32.1.0,235} - \frac{0,0975}{0,235} = 3,223$
28. Высшая теплота сгорания топлива, Дж/кг	$Q_в$ (по п.2.5 ОСТ 26.260.451)	$0,0240.125,7.10^6+0,2466.33,0.10^6+ + 0,0052.10,89.10^6-0,0975.10,89 \times 10^6 = 10,37.10^6$
29. Низшая теплота сгорания топлива, Дж/кг	$Q_н = Q_в - x_н r$, где $r = 2,5.10^6$ Дж/кг – теплота парообразования	$10,37.10^6-0,656.2,5.10^6 = 8,73.10^6$
30. Теплоемкость золы твердого или жидкого топлива, Дж/(кг.К)	$c_з = 711 + 0,5\,t_т$	$711 + 0,5.15 = 718$

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
31. Теплоемкость горючей части топлива, Дж/(кг.К)	$c_r = 837 + 3{,}76\,(0{,}13 + x_A) \cdot (130 + t_r)$	$837+3{,}76(0{,}13+0{,}63).(130+15)=$ $= 1251$
32. Теплоемкость топлива, Дж/(кг.К)	$c_r = x_A c_з + (1 - x_ш - x_A) c_r + x_ш c_ш$, где $c_ш = 4187$ Дж/(кг.К) – теплоемкость воды	$0{,}1846.718+(1-0{,}44-0{,}1846).1251 +$ $+ 0{,}44.4187 = 2440$
33. Энтальпия водяного пара, находящегося в топочном газе, Дж/кг	$i_п = 2{,}49\ 10^6 + 1968\ t$	$2{,}49.10^6+1968.800 = 4{,}07.10^6$
34. Коэффициент полезного действия топки	$\eta_т$ (по п.2.6 ОСТ 26.260.457-92)	0,94 (сжигание – слоевое)
35. Коэффициент избытка воздуха в газе на входе в сушилку	$\alpha_в = \frac{\eta_т Q_в + c_т t_т}{L_0 (c_{cr} t_1 + d_0 i_п - i_0)} - \frac{(1 - x_п - x_A) c_{cr} t_1}{L_0 (c_{cr} t_1 + d_0 i_п - i_0)} - \frac{x_п i_н - d_т (i_п - i_п)}{L_0 (c_{cr} t_1 + d_0 i_п - i_0)}$,	$\frac{0{,}94.10{,}37.10^6+2440.15}{3{,}223(1050.800+0{,}008.0{,}7.10^6-35600)} -$ $- \frac{(1-0{,}656-0{,}1846).1050.800}{3{,}223(1050.800+0{,}008.4{,}07.10^6-35600)} -$ $- \frac{0{,}656.4{,}07.10^6-0}{3{,}223(1050.800+0{,}008.4{,}07.10^6-35600)} =$ $= 2{,}43$

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
	где C_{cr} – теплоемкость сухого топочного газа, Дж/(кг.К). Допускается принимать C_{cr}, как теплоемкость воздуха (по справочным данным)	
36. Относительный массовый выход сухого газа при сгорании топлива, кг/кг	$C_{cr} = 1 + \alpha_1 L_0 - x_n - x_A$	I+2,43.3,223-0,656-0,I846 = 7,99
37. Массовая доля водяного пара в сухих газах, кг/кг (см.п.2.2 ОСТ 26.260.451)	$d_1 = \frac{\alpha_1 L_0 d_0 + x_n}{l_{cr}}$	$\frac{2,43.3,223.0,008+0,656}{7,99} = 0,090$
38. Количество теплоты, необходимой для испарения I кг влаги из материала, Дж/кг	$q_1 = i_n - C_w \vartheta_1$, где i_n – см.поз.33, C_w – см.поз.32; ϑ_1 – начальная температура материала, °С	$4,07.10^6 - 4187.5 = 4,05.10^6$

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
39. Теплоемкость абсолютно сухого материала, Дж/(кг.К)	c_0 (по п.2.7 ОСТ 26.260.454)	1275
40. Теплоемкость высушенного материала, Дж/(кг.К)	$c_м'' = (1-w_к)c_0 + w_к c_ж$, где $c_ж$ – см.поз.32	(1–0,44).1275+0,44.4187= 2560
41. Количество теплоты, необходимой для нагревания материала, отнесенное к 1 кг массы испаренной влаги, Дж/кг	$q_м = \frac{G_к c_м''(\vartheta_к - \vartheta_н) x_{ун}(\vartheta_м - \vartheta_к)}{W}$	$\frac{16,65.2560(60-5)}{3,08} + \frac{16,65.2560.0,3(65-5)}{3,08} = 0,7 \cdot 10^6$
42. Количество теплоты, теряемой в окружающую среду, отнесенное к 1 кг испаренной влаги, Дж/кг	$q_с = (86+170).10^3$	85000
43. Теплоемкость влажного газа при начальных параметрах газа, Дж/(кг.К)	$c'_{вл.г} = c'_{сг} + d_н c'_п$, где $c'_{сг}$ и $c'_п$ – теплоемкость соответственно сухого газа и водяного пара при температуре на входе в сушил-	1075+0,090.2080 = 1260

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
	ку, Дж/(кг.К). Рекомендуется принимать значение $c'_{сг}$ как для сухого воздуха	
44. То же, на выходе из сушилки, Дж/(кг.К)	$c''_{см.г} = c''_{сг} + d_2 c''_п$, где $c''_{сг}$ и $c''_п$ - теплоемкость соответственно сухого газа и водяного пара при температуре на выходе из сушилки, Дж/(кг.К). Рекомендуется принимать значение $c''_{сг}$ как для сухого воздуха	I050+0,090.I880 = I220
45. Относительный массовый расход сухого газа на испарение I кг массы влаги, кг/кг	$q_{сг} = \frac{q_0 + q_м + q_t}{c_{см.г} t_1 - c''_{см.г} t_2}$	$\frac{4,05.10^6+0,79.10^6+85000}{1260.800 - 1220.110} = 5,64$.

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
46. Приращение относительного массового расхода сухого газа за счет неорганизованных присосов воздуха в сушилку, кг/кг	$\ell_{пр} = 0{,}2\, g_{сг}$	0,2.5,64 = I,I3
47. Количество теплоты, теряемой с отработавшим газом, отнесенное к I кг испаренной влаги, Дж/кг	$q_г = g_{сг}\left[C^{-}_{вл.г} t_2 - (C_{вл.г})_0 t_0\right] + \ell_{пр}\left[C^{-}_{сг} t_2 - (C_{св})_0 t_0\right]$, где $(C_{вл.в})_0$ и $(C_{св})_0$ - удельная теплоемкость соответственно влажного и сухого воздуха при температуре t_0 (по справочным данным), Дж/(кг.К)	5,64(I220.II0-I020.I5) + + I,I3.(I050.II0-I005.I5) = = 0,785.I0^6
48. Расход теплоты на испарение I кг массы влаги с учетом всех тепловых потерь, Дж/кг	$q = \dfrac{q_0 + q_п + q_г + q_с}{\eta_г}$	$\dfrac{4{,}05.10^6 + 0{,}79.10^6 + 0{,}782.10^6}{0{,}94} + \dfrac{0{,}085.10^6}{0{,}94} = 6{,}07.10^6$

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
49. Массовый расход топлива в топке сушилки, кг/с	$B_т = \frac{q_т W}{Q_н}$	$\frac{6{,}07 \cdot 10^6 \cdot 3{,}08}{8{,}73 \cdot 10^6} = 2{,}14$
50. То же (проверочный расчет), кг/с	$B'_т = \frac{q_{ст} W}{l_{ст}}$	$\frac{5{,}64 \cdot 3{,}08}{7{,}99} = 2{,}17 \approx 2{,}14$
51. Массовое отношение влаги в газе на выходе из сушилки, кг/кг	$d_2 = \frac{1}{q_{ст} + l_{пр}} + d_1$	$\frac{1}{5{,}64 + 1{,}13} + 0{,}090 = 0{,}238$
52. Среднее массовое отношение влаги в газе в сушилке, кг/кг	$d_{ср} = \frac{d_1 + d_2}{2}$	$\frac{0{,}090 + 0{,}238}{2} = 0{,}164$
53. Средняя разность температур между газом и материалом в сушилке, ^{0}С, при прямоточном движении газа и материала	$\Delta t_{ср} = \frac{(t_1 - \vartheta_1) - (t_2 - \vartheta_2)}{2{,}3 \lg \frac{t_1 - \vartheta_1}{t_2 - \vartheta_2}}$	$\frac{(800-5)-(110-60)}{2{,}3 \lg \frac{800-5}{110-60}} = 270$
54. Средняя температура газа в сушилке, ^{0}С	$t_{ср} = \frac{\vartheta_1 + \vartheta_2}{2} + \Delta t_{ср}$	$\frac{5 + 60}{2} + 270 = 303$

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
55. Коэффициент, учитывающий изменение газовой постоянной	A (по п.2.8 ОСТ 26.260.451)	0,972
56. Объем смеси газов и водяного пара на массу сухих газов, $м^3/кг$	$V_{0\,ср} = 4{,}64 \cdot 10^{-6}(273 + t_{ср}) \cdot (A \cdot 622 + t_{ср} \cdot 10^3)$ (по п.2.8 ОСТ 26.260.451)	$4{,}64 \cdot 10^{-6}(273+303)(0{,}972 \cdot 622 + 0{,}164 \cdot 10^3) = 2{,}06$
57. Средняя плотность влажного газа, $кг/м^3$	$\rho_{вл\,ср} = \frac{10 + d_{ср}}{V_{0\,ср}}$	$\frac{10 + 0{,}192}{2{,}13} = 0{,}56$
58. Объем газов, проходящих через сушилку, $м^3/с$	$V_{г\,ср} = (q_{сг} + l_{пр}) V_{0\,ср} W$	$(5{,}64+1{,}13) \cdot 2{,}06 \cdot 3{,}08 = 43{,}0$
59. Средний диаметр частиц (усредненный по массе) материала, м	$\delta_{м\,ср} = \sum_{i=1}^{n} \delta_i x_i$, где δ_i и x_i – соответственно максимальный диаметр и массовая доля частиц i-й фракции (δ_i в м)	10^{-3} (125.0,025 + 90.0,005) + + 10^{-3}(60.0,010 + 35.0,080 + + 20.0,110) + 10^{-3}(10.0,150 + + 5.0,240 + 2,5.0,086) + + 10^{-3}(1,5.0,045+0,75.0,081+ + 0,375.0,071)+ 10^{-3};0 175.0,040+ + 0,050.0,057) = $12{,}25 \cdot 10^{-3}$

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
60. Максимально допускаемая скорость газа на выходе из сушилки, м/с	$v_г''$ (по п.2.9 ОСТ 26.260.451)	7,0
61. Объемный расход сухого газа на выходе из сушилки, $м^3/с$	$V_г'' = (g_{ст} + t_{пр}) v_г'' W$ Здесь $v_г''$ подсчитывается при параметрах газа на выходе из сушилки (по п.2.8 ОСТ 26.260.451)	(5,64+1,13).1,50.3,08 = 31,3 $v_г'' = 4,64.10^{-6}$ (273+110) . x (0,972.622+0,238.10^3) = 1,50
62. Тип насадки на выходе материала из сушилки	- (по ОСТ 26.260.437)	Секторная
63. Угловая скорость барабана, рад/с	ω	0,628
64. Коэффициент заполнения барабана материалом	φ (по п.2.11 ОСТ 26.260.451)	0,25
65. Необходимая площадь поперечного сечения барабана, $м^2$	$F_б' = \frac{V_г''}{(1-\varphi) v_г''}$	$\frac{31,3}{(1-0,25).7,0} = 6,0$

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
66. Необходимый внутренний диаметр барабана, м	$D'_{вн} = \sqrt{\frac{4F'_s}{\pi}}$	$\sqrt{\frac{4,6}{3,14}} = 2,76$
67. Принятый внутренний диаметр барабана, м	$D_{вн} \approx D'_{вн}$ (по ОСТ 26.260.437)	$2,768 \approx 2,76$
68. Наружный диаметр барабана, м	$D_н$ (по ОСТ 26.260.437)	2,8
69. Общее число лопастей основной насадки	z (по ОСТ 26.260.437)	24
70. Средняя высота падения частиц материала с лопастей, м	$h_{ср}$ (по п.2.II ОСТ 26.260.451)	0,439
71. Средняя скорость падения частиц с лопастей, м/с	$v_{п\,ср} = \sqrt{\frac{g\,h_{ср}}{2}}$, где g - ускорение свободного падения в пункте расположения сушилки, $м/с^2$	$\sqrt{\frac{9,81.0,439}{2}} = 1,47$

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
72. Средняя скорость газа вдоль оси барабана, м/с	$U_{ср\,г} = \frac{4\,V_{г\,ср}}{(1-\varphi)\pi D_{бн}^2}$	$\frac{4.43,0}{(1-0,25).3,14.2,768^2} = 9,56$
73. Средняя скорость движения газа относительно падающих частиц материала, м/с	$U_г = \sqrt{U_{ср\,г}^2 + U_{п\,ср}^2}$	$\sqrt{9,56^2 + 1,47^2} = 9,7$
74. Среднее время падения частиц материала, с	$\tau_п = \sqrt{\frac{2h_{ср}}{g}}$, где g – см.поз.71	$\sqrt{\frac{2.0,439}{9,81}} = 0,3$
75. Величина, обратная среднему диаметру частиц (усредненному по площади поверхности), $м^{-1}$	$\sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{\delta_i}$, где x_i и δ_i – см.поз.59	$\frac{0,025}{0,125} + \frac{0,005}{0,090} + \frac{0,010}{0,060} + \frac{0,080}{0,035} + \frac{0,110}{0,020} + \frac{0,150}{0,010} + \frac{0,240}{0,005} + \frac{0,086}{0,0025} + \frac{0,045}{0,0015} + \frac{0,081}{0,00075} + \frac{0,071}{0,000375} + \frac{0,040}{0,000175} + \frac{0,057}{0,00005} = 1802$

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
76. Средний диаметр частиц (усредненный по площади их поверхности), м	$\delta_{n\,ср} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{\delta_i}}$	$\frac{I}{I802} = 0{,}000555$
77. Площадь поперечного сечения материала на одной лопасти при ее выходе из "завала", $м^2$	$F_{мл}$ (по п.2.II ОСТ 26.260.451)	0,0532
78. Угол поворота барабана с момента выхода лопасти из "завала" до момента полного ссыпания материала с лопасти, град.	β (по п.2.II ОСТ 26.260.451)	$\frac{2\varphi}{3} = 2{,}I$
79. Площадь поверхности частиц материала, отнесенная к I м длины барабана сушилки, м	$F_t = \frac{6\rho_м \varphi_м \omega F_{мл}}{\beta\, \delta_{n\,ср}\, \rho_м}$	$\frac{6.650.0{,}3.0{,}628.0{,}0532}{2{,}I.0{,}000555.I400} = 24{,}0$

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
80. Суммарная длина отрезков в поперечном сечении барабана, соответствующих поверхности соприкосновения газа с материалом, летящим на лопастях и в "завале", м	S_n (по п.2.II ОСТ 26.260.457)	7,78
81. Средняя высота скатывания частиц с лопастей, м	$h = \frac{S_n}{2} \sin\Psi$	$\frac{7,78}{24} \cdot 0,707 = 0,229$
82. Скорость скатывания частиц в конце лопасти, м/с	$v_{ск} = \sqrt{2gh\left(1 - \frac{\xi}{tg\varphi}\right)}$, где g – см.поз.71; ξ – коэффициент трения скольжения материала (принимается по справочным данным)	$\sqrt{2.9,81.0,229\left(1 - \frac{0,25}{1}\right)} = 1,84$
83. Начальная ширина струи материала, падающего с лопасти, м	$B_{стр} = \frac{\omega F_{пл}}{\beta v_{ск}}$	$\frac{0,628.0,0532}{2,1.1,84} = 0,00865$
84. Средняя плотность сечения струи материала, падающего с лопасти, в поперечном сечении барабана, м^2	$F_{стр} = h_{ср} B_{стр} + h^2_{ср} tg[3,75 + 0,316(\rho_{вл\,ср} v_{ср\,г})^2]$	$0,439.0,00865 + 0,439^2 . tg[3,75 + 0,316(0,56.9,56)^2] = 0,048$

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
85. Объемная (по внутреннему объему барабана) площадь поверхности частиц материала, падающих с лопастей, $м^{-1}$	$F'_v = \frac{2 \beta z F_t}{\pi^2 D_{вн}^2}$	$\frac{2.2,1.24.24,0}{3,14^2.2,768^2} = 32,2$
86. Коэффициент теплоотдачи от газа к поверхности падающих частиц материала, $Вт/(м^2.К)$	$\alpha' = 0,62 \frac{\lambda}{\nu^{0,5}} \left(\frac{v_г}{\delta_{нар}} \right)^{0,5}$, где λ и ν – соответственно теплопроводность, $Вт/(м.К)$ и кинематическая вязкость, $м^2/с$, газа при средних значениях параметров. Допускается принимать значения λ и ν как для воздуха (по справочным данным)	$0,62 . \frac{0,0462}{(48,7.10^{-6})^{0,5}} \times \times \left(\frac{9,7}{0,000555} \right)^{0,5} = 541$
87. Объемный (по внутреннему объему барабана) коэффициент теплоотдачи от газа к падающим частицам материала, $Вт/(м^3.К)$	$\alpha'_v = 5,1 \left(\frac{F_t}{F_{сеч}} \right)^{-0,8} \alpha' F'_v$	$5,1 . \left(\frac{24,0}{0,048} \right)^{-0,8} .541.32,2 = 616$

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
88. Средняя длина скатывания частиц материала с лопастей, м	$l_{ск} = \frac{2\,S_м}{z}$	$\frac{2.7,78}{24} = 0,648$
89. Число Рейнольдса	$Re = \frac{l_{ск}\ U_г}{\nu}$, где ν – см.поз.86	$\frac{0,648.9,7}{48,7.10^{-6}} = 129068$
90. Коэффициент теплоотдачи от газа к поверхности материала на лопастях и в "завале", Вт/(м^2.К)	$\alpha' = \frac{0,347\,(Re)^{0,66}\lambda}{l_{ск}}$, где λ – см.поз.86	$\frac{0,347.129068^{0,66} \cdot 0,0462}{0,648} = 58,4$
91. Объемная (по внутреннему объему барабана) площадь поверхности материала на лопастях и в "завале", омываемая газом, м$^{-1}$	$F'_v = \frac{4\,S_м}{\pi\,D^2_{вн}}$	$\frac{4.7,78}{\pi\ .2,768^2} = 1,3$

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
92. Объемный (по внутреннему объему барабана) коэффициент теплоотдачи от газа к материалу на лопастях и в "завале", Вт/(м^3.К)	$\alpha_v^{\cdot} = \alpha^{\cdot} F_v^{\cdot}$	58,4.I,3 = 75,9
93. Суммарная длина отрезков в поперечном сечении барабана, соответствующих "оголенной" поверхности (не занятой материалом) внутренних устройств, м	s_{or} (по п.2.II ОСТ 26.2[illegible])	22,5
94. Объемная (по внутреннему объему барабана) площадь "оголенной" поверхности, м$^{-I}$	$F_v^{\cdot} = \frac{4\, s_{or}}{\pi D_{вн}^2}$	$\frac{4.22,5}{\pi \ldots 2,768^2} = 3,76$
95. Коэффициент теплоотдачи от газа к "оголенной" поверхности внутренних устройств, Вт/(м^2.К)	$\alpha^{\cdot} = 5,1 + 3,5 \rho_{вл\,ср} v_{ср.г}$	5,I+3,5.0,56.9,56 = 23,8

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
96. Объемный (по внутреннему объему барабана) коэффициент теплоотдачи от газа к "оголенным" поверхностям внутренних устройств, Вт/(м^3.К)	$\alpha''_v = \frac{\alpha'' F''_v (t_{cp} \frac{\vartheta_1 + \vartheta_2}{2})}{\Delta t_{cp}}$	$\frac{23,8.3,76.(306 - \frac{5+60}{2})}{270} = 90,8$
97. Полный объемный (по внутреннему объему барабана) коэффициент теплоотдачи от газа к материалу, Вт/(м^3.К)	$\alpha_v = \alpha'_v + \alpha''_v + \alpha''_v$	616,0+75,9+90,8 = 783
98. Тепловая мощность сушилки, расходуемая на нагревание материала и испарение, Вт	$Q = W (q_1 + q_м)$	$3,08(4,05.10^6+0,79.10^6) = 14,9.10^6$
99. Необходимый внутренний объем барабана, м^3	$V'_б = 1,2 \frac{Q}{\alpha_v \Delta t_{cp}}$	$1,2 \frac{14,9.10^6}{783.270} = 84,6$
100. Необходимая длина корпуса, м	$L'_б = \frac{4 V'_б}{\pi D^2_{вн}}$	$\frac{4.84,6}{\pi .2,768^2} = 14,4$

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
I0I. Принятая длина корпуса, м	L (по ОСТ 26-2.60437)	I6
I02. Принятый корпус сушилки	-	Корпус сушилки 2,8-I6-7 ОСТ 26-2.60437
I03. Площадь наружной поверхности барабана, $м^2$	$F_{б.н} = \pi(D_н + 2\delta_{изл})(L - l_{загр} - l_{выгр})$, где $l_{загр}$ и $l_{выгр}$ – длина соответственно загрузочной и выгрузочной частей, м	$\pi \cdot (2,8+2 \cdot 0,05)(I6-0,5-0,3) =$ $= I34$
I04. Средняя разность температур между веществом (газ и материал) внутри барабана и окружающей средой, ^0C	$\Delta t_{сер} = \dfrac{\alpha' \dfrac{t_1+t_2}{2} + \alpha'' \dfrac{\vartheta_1+\vartheta_2}{2}}{\alpha' + \alpha''} - t_в$	$\dfrac{23,8 \cdot \dfrac{800+II0}{2} + 58,4 \cdot \dfrac{5+60}{2}}{23,8 + 58,4} - I5 =$ $I40,0$

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
I05. Коэффициент теплопередачи через корпус сушилки, Вт/(м^2.К)	$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \sum \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}}$	$\frac{I}{\frac{I}{20,5} + \frac{I}{I3,0} + \frac{0,05}{0,098}} = I,57$
	$\alpha_1 = 4,4 + 3,0\rho_{вл\,ср} \cdot v_{ср.г}$	$4,4+3,0.0, 56.9,56 = 20,5$
	$\alpha_2 = 4,4 + 3,0\rho_{г.2} \cdot v_{г_2}$	$4,4 + 3,0.0,798.3,59 = I3,0$
I06. Частное от деления количества теплоты, теряемой в окружающую среду, на массу испаренной влаги, Дж/кг (проверочный расчет)	$q'_c = \frac{K F_{бм} \Delta t_{окр}}{W} \leq q_c$	$\frac{I,57.I34.I37,7}{3,08} = 9888 < 85000$
I07. Угол наклона барабана, град.	$\varphi = 2 \div 4$	$2^0 40'$
I08. Время прохождения материала через лопастную насадку, с, при прямоточном движении материала и газа	$\tau_1 = \frac{I3,8(l_1 + l_2)}{\omega^{0,65} D_{вн}\left(3,8 t_g \varphi + \frac{1,9\rho_{вл\,ср}}{\delta_{м\,ср}\rho_м g} v_{ср.г}^{1,7}\right)}$	$\frac{I3,8.(I,5+2,0)}{0,628^{0,65}.2,768\left(3,8.0,0466 + \frac{I,9.0,56.9,56^{I,7}}{0,0I225.I400.9,8I}\right)} = 63$

Продолжение

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
	где l_1 и l_2 – длина соответственно приемно-винтовой и лопастной насадок, м. Значения l_1 и l_2 принимаются по ОСТ 26.260.437 с учетом п.2.10 ОСТ 26.260.451 g – см.поз.71	
109. То же, через секторную насадку, с, при движении : прямоточном	$\tau_2 = \dfrac{12.35\ l_3}{\omega^{0,7} D_{вн}\left(1,95\,tg\,\varkappa + \dfrac{0,33\,\rho_{вн\,ср}}{\delta_{н\,ср}\,\rho_н\,g}\,v_{срг}^{1,6}\right)}$ где l_3 – длина секторной насадки, м. Значение l_3 принимается по ОСТ 26.260.437 с учетом п.2.10 ОСТ 26.260.451	$\dfrac{12,35\ .\ 12,5}{0\ 628^{0,7}.2,768(1,95.0,0466 + \dfrac{0,33.0,56.9,56^{1,6}}{0,01225.1400.9,81})} = 898$

Наименование величины	Обозначение величины и расчетная формула	Числовое значение
	q – см.поз.7I	
II0. Внутренний объем барабана, $м^3$	$V_{г_{бн}} = \frac{\pi D_{б.н}^2 L}{4}$	$\frac{\pi \cdot 2{,}768^2 \cdot I6}{4} = 96$
III. Масса материала, находящегося в сушилке, кг	$m = (G_1 + G_2)\left(\frac{W}{2} + G_2\right)$	$(63+898) \cdot \left(\frac{3{,}08}{2} + I6{,}65\right) = I6390$
II2. Средний коэффициент заполнения барабана	$\varphi' = \frac{m}{\rho_н V_{б_{бн}}} =$ $= (0{,}8 \div I{,}I) \cdot \varphi$ При $\varphi' < 0{,}8\varphi$ или $\varphi' > I{,}I\varphi$ расчет повторяют, начиная с поз.I07, при измененном значении φ	$\frac{I6390}{650 \cdot 96} = 0{,}26$

2. Результаты расчета

Должен быть принят корпус сушилки 2,8-I6-7 ОСТ 26.260.487.

Угловая скорость барабана 0,628 рад/с (6 об/мин). Угол наклона барабана $2^0 40'$

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. УТВЕРЖДЕН Департаментом химического машиностроения 29.07.92
2. ИСПОЛНИТЕЛИ

   В.В.Иванов (руководитель темы); Г.В.Беднягин, канд. техн. наук; В.И.Мазяр

3. ЗАРЕГИСТРИРОВАН НИИхиммашем за № 26.260.457-92 от 30.07.92
4. СВЕДЕНИЯ О СРОКАХ И ПЕРИОДИЧНОСТИ ПРОВЕРКИ СТАНДАРТА:

   Срок первой проверки- 1995 г.,
   периодичность проверки- 5 лет

5. ВЗАМЕН ОСТ 26-01-450-85
6. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на которые дана ссылка	Номер пункта, подпункта, перечисления, приложения
ОСТ 26.260.437 -92	2.11; 2.12 табл. 3; приложение 2

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ОСТ 26-260.451-92

Изм.	Номер страниц				Номер	Подпись	Дата	Срок введения изменения
	измененных	замененных	новых	аннулированных				

gost.e-ecolog.ru