

УДК 66.021.4

В. В. Алексеев, И. И. Поникаров

РАСЧЕТ И ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕВОГО ПЫЛЕГАЗОРАЗДЕЛИТЕЛЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ МОЮЩИХ СРЕДСТВ

Ключевые слова: вихревой пылегазоразделитель, параметры крутки, входная, основная и дополнительная зоны пылеулавливания.

Повышение эффективности пылеулавливания и возвращения части пыли синтетических моющих средств возможны за счет более эффективного оборудования: отечественных высокоэффективных циклонов НИИОГАЗ, а также за счет применения вихревого пылегазоразделителя. Предложена методика расчета входной зоны, основной и дополнительной винтовых зон и пылеулавливания для вихревого пылегазоразделителя.

Key words: vortex dust and gas distributor. The parameters of the twist, input, basic and additional.

Dust capture efficiency and return of the dust of detergents possible by choosing more efficient cyclones in NIIOGAS, as well as through the use of a vortex dust gas distributor. The design procedure of the entrance area basic and additional screw bands degusting for vortex dust and gas distributor.

Производство синтетических моющих средств (СМС) на Казанском ОАО <<Нэфис Косметикс>> осуществляется методом высушивания композиции в распылительной противоточной башне горячим воздухом. Процесс производства состоит из ряда стадий, в том числе, стадии очистки пылегазовых выбросов (в аспирационных системах).

Повышение эффективности пылеулавливания и возвращение части пыли СМС возможно за счет применения более эффективного циклонного оборудования: отечественных высокоэффективных циклонов НИИОГАЗ, или вихревого пылегазоразделителя [1].

Ниже описывается методика расчета вихревого пылегазоразделителя (ВПГР) для пылеулавливания в производстве СМС.

Исходными данными для расчета вихревого пылегазоразделителя являются: действительный объемный расход газов G_V , м³/с; плотность ρ , кг/м³ и динамическая вязкость газов μ , Па·с, при рабочих условиях; дисперсный состав пыли и средний медианный размер частиц d_m , мкм; начальная концентрация пыли $C_H = C_O$, г/м³; плотность частиц пыли ρ_T , кг/м³; требуемая эффективность пылеулавливания газов η_T и допустимые затраты энергии на организацию процесса пылеулавливания ΔP , Па.

Расчет входной зоны пылеулавливания

Конструктивно входная зона пылеулавливания представляла собой канал кольцевого сечения с размерами выхлопной трубы d и аппарата D [1]. Для создания начальной закрутки потока могут быть использованы, как наиболее предпочтительные и простые тангенциальные закручивающие устройства (ТЗУ) с входным

патрубком круглого (внутренним диаметром d_O) или прямоугольного (шириной a и высотой b) поперечного сечения.

Далее предлагается следующая последовательность расчета вихревого пылегазоразделителя.

Определяется площадь входного патрубка $F_{ВХ}$, м² по уравнению:

$$F_{ВХ} = G_V / V_{ВХ}, \quad (1)$$

где $V_{ВХ} = 15 \div 25$ м/с – скорость движения пылегазовой смеси на входе.

Для выбранной формы поперечного сечения входного патрубка ТЗУ (круглой или прямоугольной формы), определялись значения конструктивных параметров $d_O = \sqrt{4 \cdot F_{ВХ} / \pi}$ или a и b . Размеры патрубка a и b выбирается по рекомендации для расчета циклонного оборудования [2].

$$\bar{a} = a/D = 0,15 \div 0,3, \quad \bar{b} = \frac{b}{D} = (1,8 \div 4,2) \bar{a}. \quad (2)$$

Определяется внутренний диаметр аппарата D , м по выражению:

$$D = \sqrt{4 \cdot G_V / \left[\pi \cdot V_D \cdot (1 - \bar{d}^2) \right]}, \quad (3)$$

где $\bar{d} = d/D = 0,4 \div 0,6$ – относительный наружный диаметр выходной трубы аппарата; $V_D = 2,0 \div 4,0$ м/с [3] – среднерасходная скорость движения газов в кольцевом канале.

Вычислим относительный радиус входного момента количества движения $\bar{R}_{ВХ}$:

$$\bar{R}_{ВХ} = 1 - \bar{a}; \quad \bar{R}_{ВХ} = 1 - \bar{d}_O, \quad (4)$$

где $\bar{d}_O = d/D$ – относительный диаметр входного патрубка.

Проверяется соблюдение условия безударного входа потока в кольцевой канал аппарата:

$$\bar{a} \leq (1-\bar{d})/2 \text{ или } \bar{d}_0 \leq (1-\bar{d})/2 \quad (5)$$

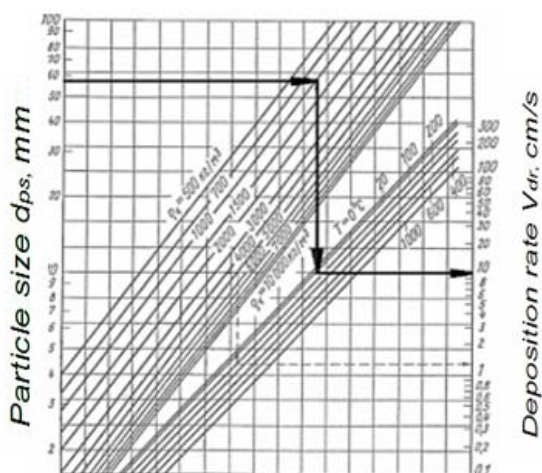
Вычисляется высота входного патрубка b прямоугольного сечения $b = F_{\text{вх}}/a$.

Определяется интегральный параметр крутки потока на входе $\theta_{\text{вх}}$:

$$\theta_{\text{вх}} = \overline{R_{\text{вх}}}/K_T = \left[\pi \cdot (1-d^2) \cdot (1-\bar{a}) \right] / (4 \cdot \bar{a} \cdot \bar{b}). \quad (6)$$

Вычисляется значение конструктивного фактора разделения $K_{\text{р.к.}}$:

$$K_{\text{р.к.}} = 4 \cdot V_{\text{вх}}^2 / (g \cdot (d+D)). \quad (7)$$



ис. 1 - Номограмма для определения скорости осаждения частиц пыли в воздухе [4]

По номограмме (рис.1) определяется скорость гравитационного осаждения $V_{\text{ос}}$, м/с частиц крупной фракции I размером d_1 , мкм.

Вычисляется скорость центробежного осаждения тех же самых частиц крупной фракции I:

$$V_{\text{ц.ос}} = V_{\text{ос}} \cdot K_{\text{р.к.}}. \quad (8)$$

Рассчитывается значение относительной высоты входной зоны пылеулавливания $\bar{h}_{\text{вх}} = h_{\text{вх}}/D$:

$$\bar{h}_{\text{вх}} = -\left[\overline{D_{\text{Э}}} \cdot V_D / (4 \cdot V_{\text{ц.ос.}}) \right] \cdot \ln(C_1/C_0), \quad (9)$$

где $\overline{D_{\text{Э}}} = D_{\text{Э}}/D = 4 \cdot F_k / (\Pi \cdot D)$, $F_k = (\pi/4) \cdot (D^2 - d^2)$, $\Pi = \pi \cdot D$; $D_{\text{Э}}$ - эквивалентный диаметр кольца, м; Π - периметр осаждения, м; C_1 - концентрация пыли на выходе из зоны пылеулавливания, г/м³ (задается проектировщиком).

Расчет основной и дополнительной винтовых зон пылеулавливания

Конструктивно основная винтовая зона пылеулавливания представляла собой канал кольцевого сечения с шагом винтового закручивающего устройства (ВЗУ) S_1 .

Определяется средний угол закрутки $\varphi_{\text{ср1}}$ по выражению:

$$\varphi_{\text{ср1}} = \arctg \left[\theta_{\text{вх}} \cdot \frac{1+\bar{d}}{1+d^2} \right], \quad (10)$$

где $\theta_{\text{вх}} = A_1 \cdot \theta_{\text{вх}}$ - интегральный параметр крутки потока; $1,1 \leq A_1 \leq 1,4$ - коэффициент коррекции.

Вычисляется шаг винтового закручивающего устройства S_1 :

$$S_1 = \pi \cdot (D+d) / (2 \cdot \tg \varphi_{\text{ср1}}). \quad (11)$$

Определяются углы закрутки на диаметр d и $D_{\text{в1}}$: $\varphi_d = \arctg[\pi \cdot d/S_1]$ и

$$\varphi_{D_{\text{в1}}} = \arctg[\pi \cdot D_{\text{в1}}/S_1]. \quad (12) \text{ и } (13)$$

Вычисляются скорость движения газа в ВЗУ:

$$V_{\text{в1}} = V_{\text{вх}} \cdot F_{\text{вх}}/F_{\text{в1}}, \quad (14)$$

где $F_{\text{в1}} = S_1 \cdot \sin \varphi_{\text{ср1}} \cdot (D-d)/2$ - площадь сечения винтового канала.

Рассчитываются тангенциальная $V_{\text{фв1}}$, м/с и

осевая $V_{\text{хв1}}$, м/с составляющие скорости

движения газа в канале:

$$V_{\text{фв1}} = V_{\text{в1}} \cdot \sin \varphi_{\text{ср1}} \text{ и } V_{\text{хв1}} = V_{\text{в1}} \cdot \cos \varphi_{\text{ср1}}. \quad (15) \text{ и } (16)$$

Находится скорость центробежного осаждения частиц фракции II размером d_{II} по скорости гравитационного осаждения $V_{\text{ос1}}$ (см. номограмму рис. 1) и фактору разделения $K_{\text{р.к1}}$:

$$V_{\text{ц.ос}} = V_{\text{ос}} \cdot K_{\text{р.к1}}, \quad (17)$$

где $K_{\text{р.к1}} = 4 \cdot V_{\text{фв1}}^2 / [g \cdot (D+d)]$.

Определяется относительная высота основной винтовой зоны $\bar{h}_{\text{в1}} = h_{\text{в1}}/D$:

$$\bar{h}_{\text{в1}} = -\left[\overline{D_{\text{Эв1}}} \cdot V_{\text{в1}} / (4 \cdot V_{\text{ц.ос.1}}) \right] \cdot \ln(C_2/C_1), \quad (18)$$

где $\overline{D_{\text{Эв1}}} = \overline{D_{\text{Э}}} \cdot \cos \varphi_{\text{ср1}}$; $V_{\text{в1}} = V_D / \cos \varphi_{\text{ср1}}$; C_1 и C_2 - концентрации на входе в зону и выходе из нее, г/м³.

Расчет дополнительной винтовой зоны пылеулавливания производится аналогично расчету основной. Вычисляются значения параметров:

средний угол закрутки $\varphi_{\text{ср2}}$, шаг S_2 , углы φ_{d2} и

$\varphi_{D_{\text{вв}}}$, площадь сечения канала $F_{\text{в2}}$, скорости $V_{\text{ос2}}$, $V_{\text{ц.ос.2}}$ для частиц мелкой фракции III размером

d_{III} и фактор $K_{\text{р.к2}}$. Однако вместо диаметра D необходимо использовать диаметр цилиндрической

вставки D_1 , а при расчете скорости движения газа $V_{\text{в2}}$ должна учитываться доля газа $\epsilon = 0,8 \div 0,9$,

поступающего в зону пылеулавливания. При расчете высоты зоны $h_{\text{в2}}$ использовались значения

концентрации на входе в зону C_1 и на выходе из нее C_2 , г/м³.

Общая эффективность пылеулавливания

аппарата η определяется эффективностями

пылеулавливания во входной η_1 , основной η_2 и дополнительной η_3 зонах:

$$\eta = 1 - \prod_{i=1}^3 (1 - \eta_i), \quad (19)$$

где $\eta_i = (C_{i-1} - C_i) / C_{i-1}$ - степень очистки пылегазовой смеси в i -ой зоне; i - количество последовательно организованных зон пылеулавливания ($i=3$).

Техническое перевооружение производства СМС позволило в 2001 г. внедрить систему управления частью технологических процессов: дозирование компонентов, процесс приготовления и осушки композиции, повысить тем самым эффективность и рентабельность производства. Однако последующая реконструкция систем аспирации позволит снизить выбросы порошков СМС в окружающую среду и повысить

экологичность производства за счет замены существующих циклонов на ВПГР [5, 6].

Литература

1. А.Н. Филимонов, П.В. Алексеев, И.И. Поникаров, В.В. Алексеев, *II Междун. науч.-техн. конф.*, Воронеж, ч. II, 2004, 287-289.
2. В.В. Алексеев, И.И. Поникаров, П.В. Алексеев, *Вест. Казан. технол. ун-та*, **17**, 2, 132-134, (2014).
3. Очистка промышленных газов от пыли/ В.Н. Ужов и [др.] - М.: Химия, 1981.-392 с.
4. Гордон, Г.М. Пылеулавливание и очистка газов в цветной металлургии / Г.М. Гордон, И.Л. Пейсахов.- М. Металлургия, 1977.-456 с.
5. В.В. Алексеев, И.И. Поникаров, П.В. Алексеев, *Вест. Казан. технол. ун-та*, **16**, 20, 220-223, (2013).
6. В.В. Алексеев, И.И. Поникаров, *Вест. Казан. технол. ун-та*, **17**, 4, 220-222, (2014).

© **В. В. Алексеев** – канд. техн. наук, доц. каф. машин и аппаратов химических производств КНИТУ, valexeevtt@mail.ru; **И. И. Поникаров** – д-р техн. наук, проф. той же кафедры, советник ректората КНИТУ.

© **V. V. Alekseev** – Candidate of Technical Sciences, the associate professor of machines and devices of chemical productions of KNRTU, valexeevtt@mail.ru; **I. I. Ponikarov** – the Doctor of Technical Sciences, Professor of the same chair, the adviser of administration.