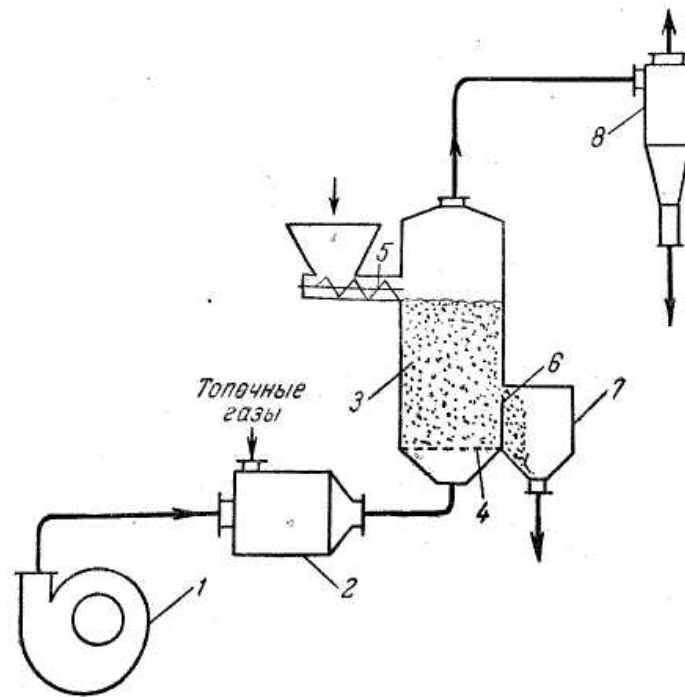


Исходный продукт питателем 4 подается в пневматическую форсунку, установленную в сушилке. Распыл осуществляется форсункой при помощи сжатого воздуха, предварительно нагретого в теплообменнике 5. Продукт напыляется на инертный теплоноситель (крошка фторопласта или другой материал), предварительно загруженный в сушилку и приведенный в псевдооживленное состояние топочными газами, получаемыми в камере сгорания природного газа 1.

Высушенный продукт отделяется от гранул в результате соударений и вместе с теплоносителем поступает в рукавный фильтр 8, где отделяется от теплоносителя и через двойной пылевой затвор 9 выводится с установки. После очистки в фильтрах отработанный теплоноситель выбрасывается в атмосферу.

Для регенерации фильтровальных рукавов применяется обратная продувка воздухом под давлением 0,04-5-0,06 МПа, подаваемым компрессором 7 через ресивер 6.

					КП ПАХТ ХТЗ-991 КС 00.00.00 ПЗ	8
		N				



1 – вентилятор; 2 – камера смешения; 3 – сушильная камера; 4 – газораспределительная решетка; 5 – питатель; 6 – порог; 7 – сборник; 8 – циклон.

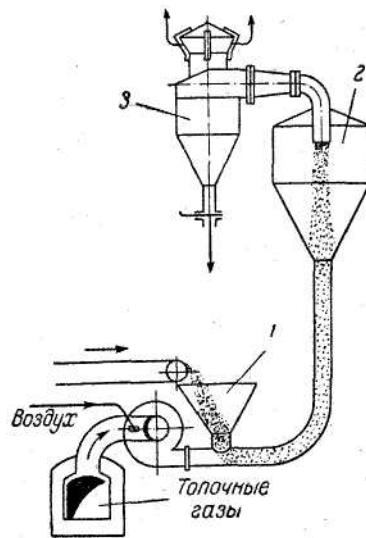
Рисунок 2.1 – Сушилка с кипящим слоем

В кипящем слое происходит быстрое выравнивание температур твердых частиц и сушильного агента и достигается весьма интенсивный тепло- и массообмен между твердой и газовой фазами, в результате этого сушка заканчивается в течение нескольких минут.

При сушке в кипящем слое в качестве сушильных агентов применяют топочные газы и воздух, сушку проводят в аппаратах непрерывного и периодического действия, причем непрерывная сушка производится в одноступенчатых и многоступенчатых сушилках. В последнем случае достигается повышенная степень использования тепла сушильного агента.

На рисунке 2.2 показана схема периодически действующей сушилки с кипящим слоем, пригодной для сушки крупнокристаллических и тонкоизмельченных (порошкообразных) материалов. Образование кипящего слоя материала в такой сушилке осуществляется путем периодического кратковременного ввода сушильного агента (толчками-импульсами) в неподвижный слой высушиваемого материала.

Разновидностью сушилок с кипящим слоем являются аэрофонтанные сушилки (см. рисунок 2.3).



1 – бункер; 2-камера (рюмка); 3-циклон.

Рисунок 2.3 – Аэрофонтанная сушилка

Влажный материал поступает из загрузочного бункера 1, подхватывается смесью воздуха с топочными газами и поступает в камеру, или рюмку, 2. В камере материал интенсивно циркулирует до тех пор, пока высушенные частицы, как более легкие, уносятся газами в циклон 3. Здесь газы отделяются от высушенного материала, который удаляется через днище циклона.

На основании приведенных сведений для высушивания салициловой кислоты принимаем схему сушки, изображенную на рисунке 2.1.

4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

4.1 Исходные данные к расчету

Для расчета используем следующие данные, указанные в задании на проектирование.

Таблица 4.1 – Исходные данные для проектирования

Расход сырья	G_M	1500 кг/ч
Начальная влажность материала (масс)	ω_H	18%
Конечная влажность материала (масс)	ω_K	1%
Плотность кристаллов	$\rho_{\text{ч}}$	1480 кг/м ³
Теплоемкость кристаллов	c_M	1.16 кДж/(кг К)
Начальная температура материала	t_H	20 °С
Конечная температура материала	t_K	40 °С
Температура воздуха на входе в сушилку	$t_{\text{ВХ}}$	115 °С
Температура воздуха на выходе из сушилки	$t_{\text{ВЫХ}}$	50 °С
Диаметр частиц материала	$d_{\text{ч}}$	1 мм

Расчет сушилки ведем для летних условий работы. Согласно заданию на проектирование, место работы установки – город Саратов. Для этого города параметры наружного воздуха [3, табл. XL]

средняя температура $t_0 = 23,1$ °С

средняя влажность $\varphi_0 = 53\%$

4.3 Определение расхода воздуха, скорости газов и диаметра сушилки

Все расчетные формулы и зависимости взяты из [4]. Определим расход влаги, удаляемой из высушиваемого материала

$$W := G_M \cdot \frac{\omega_H - \omega_K}{1 - \omega_H} = 1500 \times \frac{0,18 - 0,01}{1 - 0,18} = 311 \text{ кг/ч}$$

Уравнение внутреннего теплового баланса идеальной сушилки [4, ф-ла X.11]

$$\Delta := c_{\text{вл}} \cdot t_H + q_{\text{доп}} - (q_T + q_M + q_{\text{п}})$$

где Δ – разность между удельным приходом и расходом тепла непосредственно в сушильной камере;

$c_{\text{вл}}$ – теплоемкость влаги во влажном материале при температуре t_H , принимаем испаряемую влагу – воду, тогда $c_M = 4,2 \text{ кДж/(кг К)}$ [3, табл. XXXIX];

$q_{\text{доп}}$ – удельный дополнительный подвод тепла в сушилку, при работе по нормальному сушильному варианту $q_{\text{доп}} = 0 \text{ кДж/кг}$;

q_T – удельный расход тепла в сушилке с транспортными средствами, для проектируемой сушилки $q_T = 0 \text{ кДж/кг}$;

$q_{\text{п}}$ – удельные потери тепла в окружающую среду, принимаем 0,93% от тепла, затрачиваемого на испарение 1 кг влаги, $q_{\text{п}} = \varepsilon \cdot r \times 1 \text{ кг} = 0,0093 \times 2440 \times 1 \text{ кг} = 22,6 \text{ кДж/кг}$, где $r = 2440 \text{ кДж/кг}$ – теплота испарения воды при t_H [3, табл. LIV];

q_M – удельный расход тепла в сушилке с высушиваемым материалом

$$q_M := \frac{G_M \cdot c_M \cdot (t_K - t_H)}{W} = \frac{1500 \times 1,16 \times (40 - 20)}{311} = 112 \text{ кДж/кг}$$

Соответственно

$$\Delta = 4,2 \times 20 + 0 - (0 + 112 + 22,6) = -50,5 \text{ кДж/кг влаги}$$

По диаграмме I-x по известным параметрам наружного воздуха ($t_0 = 23,1 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\varphi_0 = 53\%$) находим влагосодержание x_0 и энтальпию I_0 воздуха, поступающего в калорифер для подогрева и затем в сушилку

$$x_0 = 0,009$$

$$I_0 = 45 \text{ кДж/кг}$$

Средняя плотность воздуха

$$\rho_{\text{ср}} := \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_{\text{ср}}}$$

где ρ_0 – плотность воздуха при нормальных условиях (0 °С, 760 мм. рт. ст.),
 $\rho_0 = 1,293 \text{ кг/м}^3$ [3, табл. IV];

T_0 – температура нормальных условий, $T_0 = 273 \text{ К}$;

Соответственно

$$\rho_{\text{ср}} = 1,293 \times \frac{273}{273 + 82,5} = 0,993 \text{ кг/м}^3$$

Плотность паров

$$\rho_{\text{п}} := \rho_{\text{п0}} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_{\text{ср}}}$$

где $\rho_{\text{п0}}$ – плотность воздуха при нормальных условиях (0 °С, 760 мм. рт. ст.),
 $\rho_{\text{п0}} = 0,803 \text{ кг/м}^3$ [3, табл. IV];

$$\rho_{\text{п}} = 0,803 \times \frac{273}{273 + 82,5} = 0,617 \text{ кг/м}^3$$

Средняя объемная производительность по воздуху

$$V := \frac{L}{\rho_{\text{ср}}} + \frac{x_{\text{ср}} \cdot L}{\rho_{\text{п}}} = \frac{10700}{0,993} + \frac{0,024 \times 10700}{0,617} = 3,1 \text{ м}^3/\text{с}$$

Скорость начала псевдооживления

$$\omega_{\text{пс}} := \frac{\text{Re} \cdot \mu_{\text{ср}}}{\rho_{\text{ср}} \cdot d_3}$$

где Re – критерий Рейнольдса;

$\mu_{\text{ср}}$ – средняя вязкость воздуха;

d_3 – эквивалентный диаметр частиц, $d_3 = d_4 = 1 \text{ мм}$.

Вязкость воздуха при $t_{\text{ср}}$ определим по формуле [3, ф-ла 1.12]

$$\mu_{\text{ср}} = \mu_0 \frac{T_0 + C}{T_1 + C} \left(\frac{T_1}{T_0} \right)^{3/2}$$

где μ_0 – вязкость газа при 0 °С и атмосферном давлении;

$T_1 = T_0 + t_{\text{ср}} = 273 + 82,5 = 355,5 \text{ К}$ – температура воздуха; C – константа.

Диаметр сушилки

$$d := \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \times 3.1}{3.14 \times 0.644}} = 2.482 \text{ м}$$

Принимаем

$$d = 2.5 \text{ м}$$

Тогда действительная скорость воздуха

$$\omega := \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \times 3.1}{3.14 \times 2.5^2} = 0.634 \text{ м/с}$$

Действительное число псевдооживления

$$K_{\omega} := \frac{\omega}{\omega_{\text{ПС}}} = \frac{0.634}{0.3} = 2.168$$

4.4 Определение высоты кипящего слоя

Принимаем диаметр отверстий распределительной решетки [4, стр. 171]

$$d_0 := 2.5 \text{ мм}$$

Высота гидродинамической стабилизации слоя

$$H_{\text{СТ}} := 20 \cdot d_0 = 20 \times 2.5 = 50,0 \text{ мм}$$

Высота слоя материала

$$H := 4H_{\text{СТ}} = 4 \times 50,0 = 200,0 \text{ мм}$$

Высота сепарационного пространства

$$H_c := 5 \cdot H = 5 \times 200,0 = 1000 \text{ мм}$$

Определим число отверстий в распределительной решетке. Принимаем долю свободного сечения решетки [4, стр. 171]

$$F_c = 0.03$$

Тогда число отверстий

$$n := \frac{d^2 \cdot F_c}{d_0^2} = \frac{2.5^2 \times 0.03}{0.0025^2} = 30000$$

Принимаем размещение отверстий по вершинам равностороннего треугольника. Тогда сторона треугольника

					КП ПАХТ ХТЗ-991 КС 00.00.00 ПЗ	
						20
		N				

Критерий Архимеда

$$Ar := \frac{gd_3^3(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{ср}}) \cdot \rho_{\text{ср}}}{\mu_{\text{ср}}^2} = \frac{9,81 \times 0,001^3 \times (1480 - 0,993) \times 0,993}{(2,10 \times 10^{-5})^2} = 3,2 \times 10^4$$

Порозность слоя

$$\varepsilon = \frac{18 \times 32,9 + 0,036 \times 32,9^2}{3,2 \times 10^4} = 0,482$$

Гидравлическое сопротивление псевдооживленного слоя

$$\Delta P_{\text{пс}} = 1480 \times (1 - 0,482) \times 9,81 \times 1 = 1505 \text{ Па}$$

Минимально допустимое гидравлическое сопротивление решетки

$$\Delta P_{\text{рmin}} := \Delta P_{\text{пс}} \cdot \frac{K_{\omega}^2(\varepsilon - \varepsilon_0)}{(K_{\omega}^2 - 1) \cdot (1 - \varepsilon_0)}$$

где ε_0 – порозность неподвижного слоя, $\varepsilon_0 = 0,4$ [4, стр. 172]. Соответственно

$$\Delta P_{\text{рmin}} = 1505 \times \frac{2,168^2 \times (0,482 - 0,4)}{(2,168^2 - 1) \times (1 - 0,4)} = 260 \text{ Па}$$

Действительное гидравлическое сопротивление решетки

$$\Delta P_{\text{р}} := \xi \cdot \left(\frac{\omega}{F_c} \right)^2 \cdot \frac{\rho_{\text{ср}}}{2}$$

где ξ – коэффициент сопротивления решетки, $\xi = 1,5$ [4, стр. 172].

$$\Delta P_{\text{р}} = 1,5 \times \left(\frac{0,634^2}{0,03} \right)^2 \frac{0,993}{2} = 333 \text{ Па}$$

Общее гидравлическое сопротивление установки

$$\Delta P = 1505 + 333 = 1538 \text{ Па}$$

Принимаем давление на выходе из аппарата

$$P_{\text{вых}} = 0,11 \text{ МПа}$$

Тогда давление воздуха на входе в сушилку

$$P_{\text{вх}} = P_{\text{вых}} + \Delta P = 0,11 \text{ МПа} + 0,0015 = 0,1115 \text{ МПа}$$

$\Delta p_{вс}$ – потери давления во всасывающей линии; принимаем забор непосредственно из атмосферы, $\Delta p_{вс} = 0$ МПа;

$\Delta p_{н}$ – потери давления в нагнетательной линии; воздух проходит через калорифер, гидравлическое сопротивление которого примем 10% от p_2 :
 $\Delta p_{н} = 0,1115 \times 0,1 = 0,0112$ МПа;

ω – скорость воздуха на входе в сушилку, $\omega = 0,634$ м/сек;

$p_{ст.н.}$ и $p_{ст.вс.}$ – статические давления непосредственно нагнетания и всаса, принимаем расположение калорифера и вентилятора на одной отметке, тогда $p_{ст.н.} = p_{ст.вс.} = 0$ МПа;

ρ – плотность воздуха при рабочих условиях, согласно предыдущим расчетам $\rho = 0,993$ кг/м³.

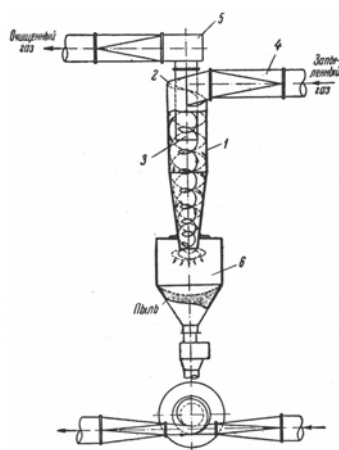
Определим перепад давления

$$\Delta p = (0,1115 \times 10^6 - 0,1013 \times 10^6) + (0 \times 10^6 + 0,0112 \times 10^6) + \frac{0,634^2 \times 0,993}{2} = 21400 \text{ Па}$$

По объемной производительности (3,11 м³/с) и по избыточному давлению (21400 Па) по справочным данным [4, табл. I.9] подбираем газодувку ТВ-200-1,12 производительностью 3.33 м³/с и $p_{гн} = 23000$ Па.

5.2 Расчет очистительного устройства

Принимаем к установке циклон типа ЦН-15, изображенный на рис 5.2.



1 – корпус; 2 – крышка; 3 – выхлопная труба; 4 – входной патрубок; 5 – улитка; 6 – пылесборник.

Рисунок 5.2 – Циклон конструкции НИИОГАЗ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной курсовой работе была спроектирована сушильная установка для высушивания кристаллов салициловой кислоты. В ходе курсовой работы были проведены технологический расчет и выбор вспомогательного оборудования.

Кроме того, в ходе расчетов были определены размеры некоторых элементов аппарата, в частности, высота и диаметр сушилки.

Рассчитанная сушильная установка удовлетворяет техническому заданию и может быть использован в производстве.

					КП ПАХТ ХТЗ-991 КС 00.00.00 ПЗ	26
		N				