

Липецкий государственный технический университет

Физико-технологический факультет

Кафедра промышленной теплоэнергетики

# СИСТЕМЫ АСПИРАЦИИ И ПНЕВМОТРАНСПОР ТА

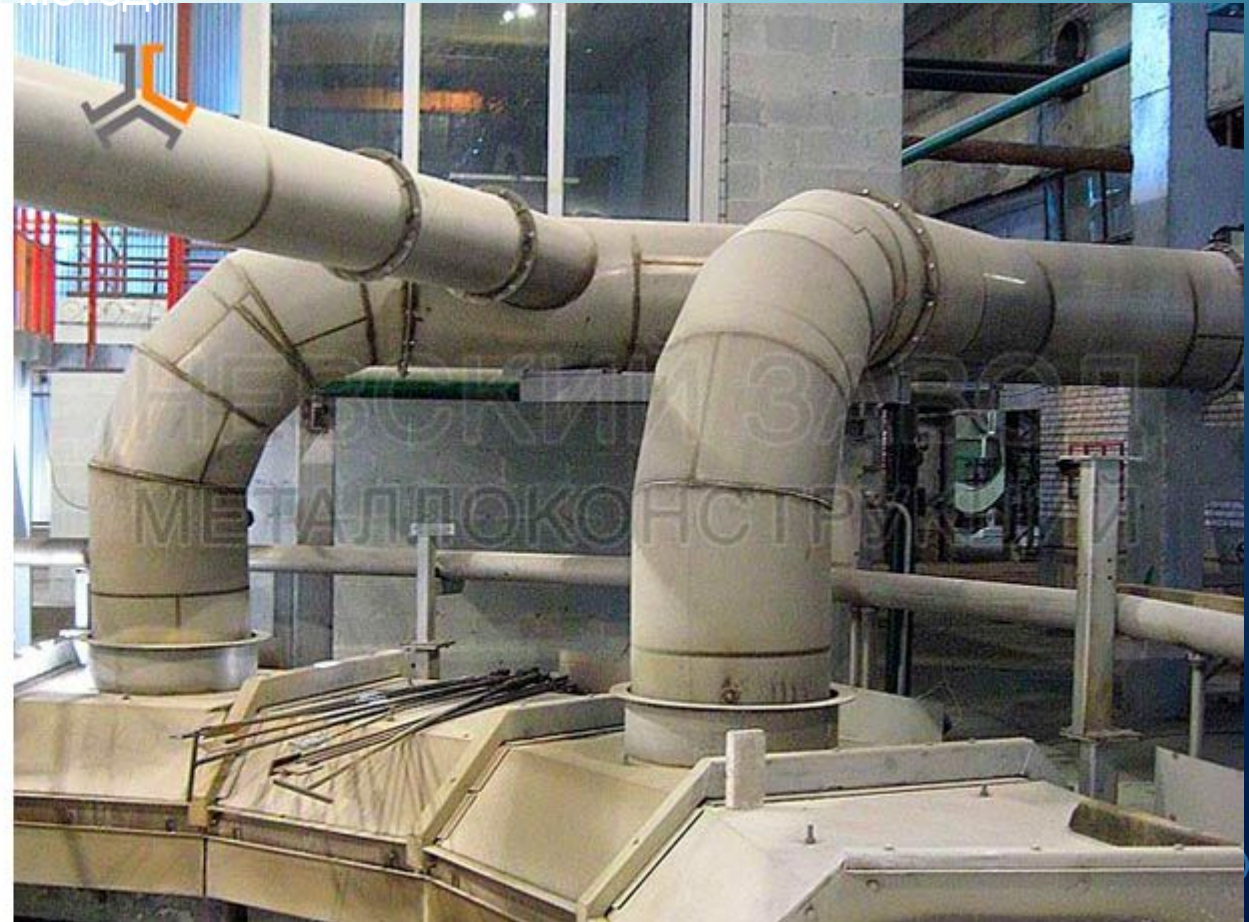
Разработал студент гр.М-ТЭ-18-1

Фетисова А.С.

**Пневмотранспорт** — техника транспортировки сыпучих и штучных (пневматическая почта) грузов под действием сжатой или разреженной газовой смеси (чаще воздушной).

Вариантами пневматической транспортировки сыпучих материалов являются:

1. Плотная транспортировка, при которой фаза сыпучего материала передается импульсным методом
2. Разреженная — подразумевает непрерывный метод.



## Достоинства

улучшение санитарно-гигиенических условий труда;

легкость и дешевизна обслуживания и ремонта;

возможность перемещения материала при любых местных условиях;

высокая степень автоматизации;

возможность совмещения транспортирования с технологическими операциями — сушкой, охлаждением и обеспыливанием.

## Недостатки

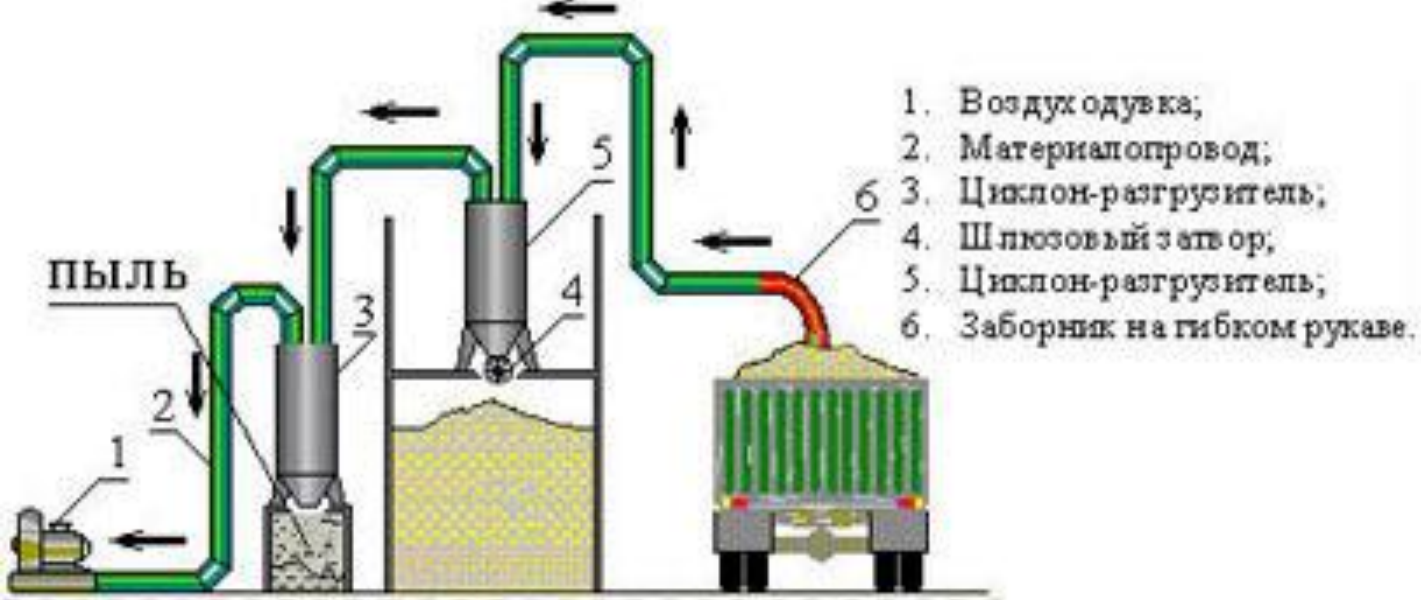
сравнительно высокий удельный расход электроэнергии на единицу массы транспортируемого продукта;

невозможность транспортировать влажные и слипающиеся материалы;

сложность изготовления и эксплуатации оборудования для очистки транспортирующего и отработанного воздуха

повышенный износ отдельных элементов установки, особенно при перемещении кускового материала, обладающего абразивными свойствами.





- с низким остаточным давлением (до 0,01 МПа),
- средним (до 0,03 МПа)
- высоким (до 0,09 МПа).

Рис.1. Всасывающая пневмотранспортная установка.

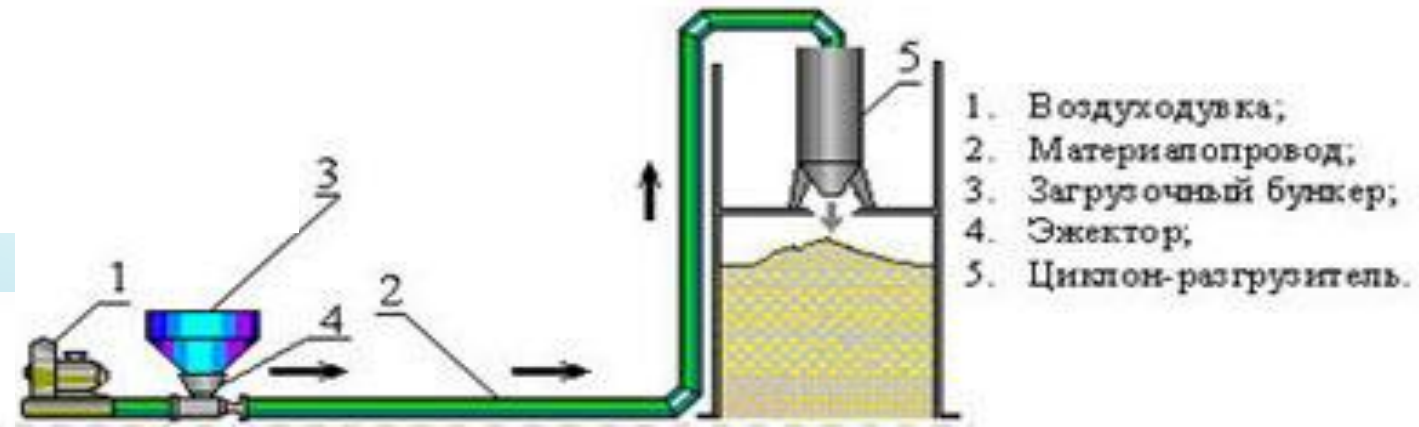


Рис. 2. Нагнетательная пневмотранспортная установка.

- низкого давления (до 0,11 МПа),
- установки среднего (до 0,2 МПа)
- высокого (до 0,9 МПа) давления

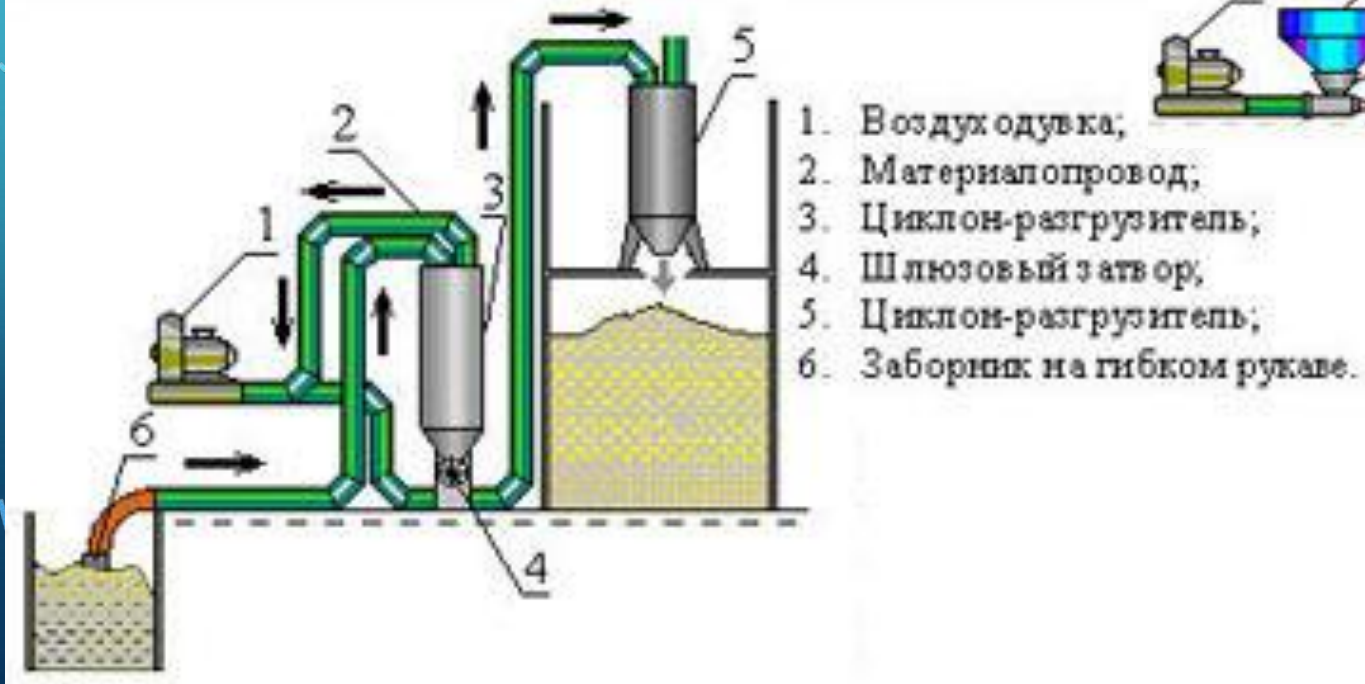


Рис. 3. Комбинированная пневмотранспортная установка.

**Аспирацией** называют улавливание пыли, образующейся в результате различных технологических процессов. Главной задачей систем аспирации является очистка воздуха в рабочей зоне производственных помещений, а также охраны атмосферного воздуха от загрязнения отходами. С целью улавливания и предотвращения распространения пыли в помещениях, а также защиты окружающей среды от пылевых выбросов применяют аспирационные системы.

Аспирация отличается от вентиляции тем, что в вентиляции работа системы сосредоточена на управлении потоками воздуха как таковыми, а в аспирации воздух используется лишь в качестве носителя, а работа системы сосредоточена на удалении мелких сухих частиц.

В системах пневмотранспорта производится транспортировка измельченных материалов, зернистых, сыпучих грузов. Системы аспирации же предназначены для перемещения пыли, пылевой взвеси, мелких частиц, примесей содержащихся в воздухе, их удалению их из рабочей зоны.

# ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ И ПНЕВМОТРАНСПОРТА НЕОБХОДИМО УЧИТЫВАТЬ ИХ ОСОБЕННОСТИ:

1. В системах аспирации устанавливают пылевые вентиляторы, если через вентилятор идет поток воздуха с примесями, т.е. вентилятор установлен до циклона или сепаратора пыли. В обратном случае достаточно вентилятора общеобменного исполнения высокого давления (при обосновании может быть установлен вентилятор среднего давления).

2. Из-за высокого уровня шума пылевых вентиляторов, их устанавливают снаружи здания.

3. Особенности пылевых вентиляторов:

- Толщина металла корпуса вентилятора 3-5 мм;
- Мощный электродвигатель, установленный на раме;

3. При транспортировке древесных отходов, обладающих высокой степенью горючести, необходимо обеспечить расстояние от стены до циклона не меньше 10 метров.

4. Требования к воздуховодам систем аспирации и пневмотранспорта:

- разрешено использование воздуховодов только круглого сечения;

толщина стали не менее 1 мм;

используются сварные воздуховоды класса плотности П;

для соединения воздуховодов применяют только фланцевое соединение;

угол ответвлений воздуховодов (тройники, врезки) не более 45°; радиус отводов следует брать равным 2D.

5. Распределители воздуха устанавливают над рабочей зоной, нельзя размещать их над каналами воздуховода и технологическим оборудованием.

6. Необходимо обеспечить минимальное расстояние для потока воздуха от воздухораспределителя до зоны дыхания.

7. Струи приточного воздуха должны проходить таким образом, чтобы не сбивать факел местных отсосов.

8. Заполнение бункера фильтрующего оборудования (циклона) должно происходить не меньше чем за 3 суток, оптимально за 6-7 суток. С учетом этих рекомендаций и объемов производства, рассчитывается ёмкость бункера.

# Пример расчёта систем пневмотранспорта

Технологические исходные данные:

- назначение пневмотранспортной установки – подача щепы от сортировки щепы через бункер и барабанный питатель по трубопроводу на склад щепы с разгрузкой через циклон;

- количество щепы по балансу сырья составляет 23600 м<sup>3</sup> /год плотной древесины;

- средняя объёмная масса плотной древесины 600 кг/м<sup>3</sup> ;

-- число часов работы технологического оборудования 4200 ч/год; - расчет ветви для «стандартного» воздуха

( $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  ;  $\gamma_{\text{в}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$  );

-- трубопровод из сварных воздуховодов;

-- повороты транспортного трубопровода  $R/d = 5$ ;

-- вид тягодутьевой машины ВВД; - для очистки воздуха применяется циклон типа К.

- Расчетная производительность пневмотранспортной установки определяется по формуле

$$G_{\text{м}} = 1,15 V_{\text{отх}} \gamma_{\text{м}} / n = 1,15 \cdot 23600 \cdot 600 / 4200 = 3880 \text{ кг/час}$$

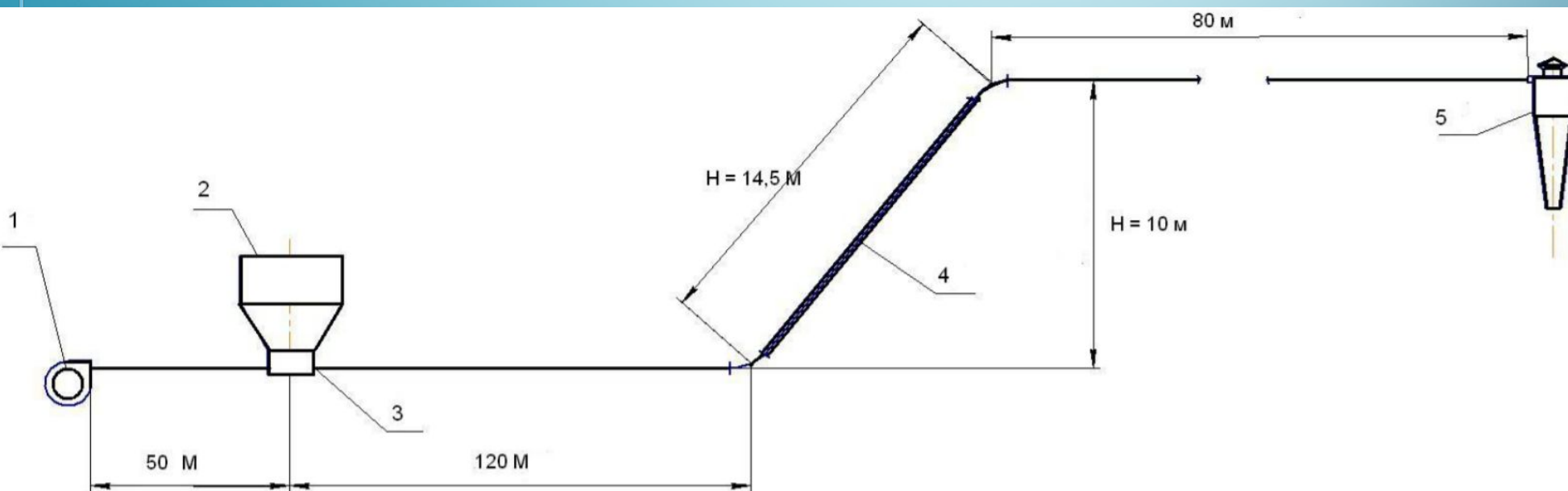


Схема пневмотранспортной установки:

1 – воздуходувная машина;

2 – бункер щепы;

3 – барабанный питатель;

4 – трубопровод;

5 – циклон.

## Расчёт

1. Принимаем концентрацию аэросмеси  $\mu = 1,0$ .
2. Находим объемный расход воздуха

$$Q = \frac{G_M}{\mu \rho_B} = \frac{3880}{1,0 \cdot 1,2} = 3230 \text{ м}^3/\text{час.}$$

3. Определяем оптимальную скорость воздуха по формуле

$$V_{opt} = 1,1 \left( 4\mu \frac{V_B}{V_M} + 0,01\rho_M + b \right) =$$
$$= 1,1(4 \cdot 1,0 \times 1,43 + 0,01 \cdot 600 + 11) = 22,7 \text{ м/с.}$$

4. Определяем диаметр транспортного трубопровода по

$$d_T = 1,88 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{Q}{V_{opt}}} = 1,88 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{3230}{22,7}} = 0,224 \text{ м.}$$

Принимаем ближайший меньший из стандартного ряда диаметр воздуховодов –  $d = 0,225 \text{ м}$

## Рекомендуемая концентрация аэросмеси

Транспортируемый материал	Скорость воздуха $V_{opt}$ , м/с	Концентрация смеси, $\mu$
Легкая древесная сухая пыль	6-8	0,05-0,10
Опилки	14-16	0,2-0,6
Стружка	17-18	0,2-0,7
Сортированная технологическая щепа разм. 25 x 25 x 5 мм	20-28	1-6
Несортированная топливная щепа	25-30	1-3
Спичечная соломка	18-20	-

## Значения эмпирических величин параметров движения аэросмеси

Транспортируемый материал	Параметр b	Параметр $v_B/v_M$
Опилки	7	11,1
	8	1,18
Стружка	9	1,18
	10	1,25
Сортированная технологическая щепа	11	1,43
Несортированная щепа. дробленка	13	1,67



5. Определяем расчетную скорость воздуха в транспортном воздуховоде

$$V_B = 3,54 \cdot 10^{-4} \frac{Q}{d^2} = 3,54 \cdot 10^{-4} \frac{3230}{0,225^2} = 22,6 \text{ м/с};$$

Диаметр воздуховода для чистого воздуха до загрузки щепой примем на два калибра больше, т.е 0,280 м, а скорость воздуха в нем будет равна 14,6 м/с.

6. Определяем потери давления в установке, как сумму потерь давления на отдельных участках
- $$\Sigma \Delta P = \Delta P_{\text{тр. гор}} + \Delta P_{\text{тр. верт}} + \Delta P_{\text{пов}} + \Delta P_{\text{м.с}} + \Delta P_{\text{разг}} + \Delta P_{\text{выгр.}}$$

а) определяем потери давления на участке от вентилятора до барабанного питателя

$$\Delta P_{\text{тр.гор.1}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\lambda}{d} l_{\text{гор}} \rho_B V_{\text{гор}}^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,063}{0,280} \cdot 5,0 \cdot 1,2 \cdot 14,6^2 = 142,8 \text{ Па}$$

б) определяем потери давления на участке горизонтальном участке от барабанного питателя до циклона

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{тр.гор}} &= \frac{1}{2} \cdot \frac{\lambda}{d} l_{\text{гор}} \rho_B V_{\text{гор}}^2 (1 + K\mu) = \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{0,082}{0,225} \cdot 92,0 \cdot 1,2 \cdot 22,6^2 (1 + 0,7 \cdot 1,0) = 10275 \text{ Па} \end{aligned}$$

Величину  $K$  принимаем по табл. для технологической щепы

$$K = 0,7$$

Задаёмся концентрацией  $\mu = 0,4$ , тогда, сделав перерасчет, получим:

Объемный расход воздуха  $Q = 8080 \text{ м}^3/\text{час}$ , оптимальную скорость воздуха для щепы  $21,3 \text{ м/сек}$ , диаметр транспортного воздуховода

$d_T = 0,366 \text{ м}$ , (принимаем ближайший меньший стандартный диаметр равный  $0,355 \text{ м}$ ), расчетную скорость щепы  $V_B = 22,7 \text{ м/сек}$ , потери давления на участке от вентилятора до барабанного питателя также составят  $\Delta P_{\text{тр. гор.1}} = 142,8 \text{ Па}$ , потери давления на участке от барабанного питателя до циклона  $\Delta P_{\text{тр. гор.2}} = 4016 \text{ Па}$ .

Потери давления на вертикальном участке трассы

$$\Delta P_{\text{тр. верт.}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,047}{0,355} 10 \cdot 1,2 \cdot 22,3^2 (1 + 0,8 \cdot 0,4) + 0,4 \cdot 1,2 \cdot 9,8 \cdot 10 =$$

$$= 568,2 \text{ Па}$$

определяем потери давления при поворотах  $\Delta P_{\text{пов}}$

$$\Sigma \xi_o = 0,47 \cdot 60/90 + 0,67 \cdot 60/90 = 0,75.$$

$$P_{\text{дин}} = \rho \frac{V^2}{2} = 1,2 \cdot 22,3^2 / 2 = 298,37$$

$$\Delta P_{\text{пов}} = \Sigma \xi_o P_{\text{дин}} (1 + K\mu) = 0,75 \cdot 298,37 (1 + 0,8 \cdot 0,4) = 295,4 \text{ Па}.$$

- определяем потери давления на местные сопротивления

$$\Delta P_{\text{м.с.}} = \xi_{\text{м.с.}} P_{\text{дин}} (1 + K\mu) = 0,45 \cdot 298,37 (1 + 0,8 \cdot 0,4) = 177,2 \text{ Па},$$

где  $\xi_{\text{м.с.}} = 0,45$  для барабанного питателя взято по данным [3], как для входа в трубопровод из вертикального сборника.

### Значения коэффициента $K$

Материал	Значения $K$ при диаметре трубы, мм		
	<300	300	>300
Опилки	0,70	0,82	0,96
Стружка	0,65	0,78	0,80
Технологическая щепа	0,60	0,70	0,80

### Значения условного коэффициента

местного сопротивления  $\xi_o$ , усл

отводов с углом поворота  $90^\circ$  и радиусом поворота  $R = 5d$

$\mu$	Коэффициент $\xi_o$ , усл при изменении направления потока					
	С горизонтального на вертикальное восходящее			С вертикального восходящего на горизонтальное		
	Опилки	стружка	щепа	Опилки	стружка	щепа
0,5	0,48	0,48	0,49	0,71	0,71	0,67
1,0	0,60	0,61	0,62	0,95	0,95	0,91
2,0	0,72	0,74	0,77	1,23	1,22	1,18
3,0	0,79	0,82	0,85	1,37	1,37	1,32
4,0	0,83	0,85	0,90	1,45	1,45	1,42
5,0	0,86	0,89	0,94	1,51	1,52	1,48

- определяем потери давления на разгон щепы

$$\Delta P_{\text{разг.}} = 2 \cdot 1,43 \cdot 298,37 = 853,3 \text{ Па}$$

Для очистки воздуха по условию задачи принят циклон типа К18 имеющий коэффициент местного сопротивления  $\xi_{\text{ц}} = 5$  [1]

$\xi_{\text{ц}}$  – значение коэффициента местного сопротивления циклона:

Потери давления при выгрузке определяются по формуле

$$\Delta P_{\text{выгр.}} = \Delta P_{\text{ц}} = \xi_{\text{ц}} \cdot \rho_{\text{в}} \frac{V_{\text{нагр}}^2}{2} = 5 \cdot 1,2 \cdot 14,2^2 / 2 = 605 \text{ Па}$$

Тип циклона		$\xi_{\text{ц}}$
Ц	-	4
К	-	5
УЦ-38	-	7,5Д ( диаметра циклона).

Где  $V_{\text{нагр}}$  – скорость воздуха во входном патрубке циклона К18 при объеме очищаемого воздуха 8080 м<sup>3</sup>/час или 2.25 м<sup>3</sup>/сек составляет 14,2 м/с.

Общая потеря давления

$$\Sigma \Delta P = 142,8 + 4016 + 568,2 + 295,4 + 177,2 + 853,3 + 605 = 6658 \text{ Па.}$$

Расчетную потерю давления и расход воздуха увеличим на 5% для компенсации неучтенных потерь давления. Таким образом,

$$\Sigma \Delta P_{\text{расч.}} = 6658 \cdot 1,05 = 6991 \text{ Па.}$$

$$Q_{\text{расч.}} = 8080 \cdot 1,05 = 8484 \text{ м}^3/\text{час или } 2,36 \text{ м}^3/\text{сек}$$

Один вентилятор ВВД не обеспечит необходимый напор.

Следовательно. подбираются два вентилятора установленных последовательно, подача каждого из которых должна быть равна  $Q_{\text{в}} = 8500 \text{ м}^3/\text{час}$  при напоре  $P_{\text{в}} = 3500 \text{ Па}$ .

Согласно технических характеристик требуемыми параметрами обладает вентилятор ВВД №8 с числом оборотов рабочего колеса

$$n = 1550 \text{ мин}^{-1}, \eta_{\text{в}} = 0,55.$$

\*ВВД-вентилятор высокого давления

## Определяем мощность электродвигателя вентилятора

$$N = \frac{Q \cdot H \cdot K \cdot K_1}{1000 \cdot \eta_e \cdot \eta_{np}} = \frac{2,36 \cdot 3500 \cdot 1,1 \cdot 1,1}{1000 \cdot 0,55 \cdot 0,95} = 19,1 \text{ кВт}.$$

По справочнику [ 3] выбирается электродвигатель АИР180S4 мощностью 22 кВт, частотой вращения 1500 мин<sup>-1</sup>.

Таблица Л.1. Двигатели асинхронные серии АО2

Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин			
	3000	1500	1000	750
3,0	31-2	32-4	41-6	42-8
4,0	32-2	41-4	42-6	51-8
5,5	41-2	42-4	51-6	52-8
7,5	42-2	51-4	52-6	61-8
10,0	51-2	52-4	61-6	62-8
13,0	52-2	61-4	<b>62-6</b>	71-8
17,0	62-2	62-4	<b>71-6</b>	72-8
22,0	71-2	71-4	72-6	81-8
30,0	72-2	72-4	81-6	82-8

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Кузнецов В.С. Пневматический транспорт на деревообрабатывающих предприятиях. Аспирационные установки: Учебное пособие. - Братск: ГОУ ВПО «БрГТУ», 2004.- 152 с.
- 2. Таубер Е.А., Калитиевский Р.Е., Громцев Е.К. Внутриводской транспорт. – М.: Лесная пром-сть, 1978. – 239 с.
- 3. Воронин Ю.Б. Пневмотранспорт измельченной древесины. - М.; Лесная пром-сть, 1977.- 208 с.
- 4. Воронин Ю.Б. Специальные виды транспорта на деревообрабатывающих предприятиях. Пневматический транспорт: Учебное пособие. - Братск: БрИИ, 1991. – 81с
- 5. Александров А.Н., Козориз Г.Ф. Пневмотранспорт и пылеулавливающие сооружения на деревообрабатывающих предприятиях: Справочник –М.: Лесная пром-сть, 1988.- 248 с.
- 6. Иевлев Н.А. Эксплуатация систем пневмотранспотрта на деревообрабатываю