

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра машин и аппаратов химических и пищевых производств

МЕТОДИКА ПОДБОРА И РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ (АСПИРАЦИОННОЙ) СЕТИ С УСТАНОВЛЕННЫМ ЦИКЛОНОМ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Оренбург
2019

УДК 664 (03)
ББК 36я7
М 54

Рецензент - кандидат технических наук, доцент В.П. Попов

Авторы: С.В. Антимонов, Е.В. Ганин, С.Ю. Соловых, А.В. Колотвин

М 54 Методика подбора и расчета основных элементов вентиляционной (аспирационной) сети с установленным циклоном: методические указания / С.В. Антимонов, Е.В. Ганин, С.Ю. Соловых, А.В. Колотвин; Оренбургский гос. ун-т.— Оренбург: ОГУ, 2019. – 23 с.

Методические указания предназначены для выполнения контрольных работ и самостоятельного изучения по дисциплине «Процессы и аппараты защиты окружающей среды» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование очной и заочной форм обучения.

УДК 664 (03)
ББК 36я7

© Антимонов С.В.,
Ганин Е.В.,
Соловых С.Ю.,
Колотвин А.В., 2019
© ОГУ, 2019

Содержание

1 Основные понятия.....	5
2 Методика подбора и расчета основных элементов вентиляционной (аспирационной) сети.....	7
2.1 Определение суммарного расхода воздуха от вентиляционной установки (сети)	7
2.2 Предварительный подбор вентилятора к сети	8
2.3 Предварительный подбор циклона к сети	10
2.4 Подбор диаметров воздухопроводов.....	12
3 Задание на самостоятельное выполнение контрольной работы	15
Список использованных источников	18
Приложение А.....	19

Введение

Большинство предприятий пищевой промышленности в своей производственной деятельности используют в своей технологии сыпучие дисперсные материалы (зерно, мука, отруби и т.д.). Технология пищевых предприятий предусматривает их транспортировку, перемещение, непосредственное использование в технологическом процессе в качестве сырья и выпуск готового продукта сыпучем виде. Все перечисленные операции сопровождаются образованием и выделением пыли, что ухудшает гигиеническое состояние воздуха и окружающей атмосферы. Кроме того, в определенных условиях и определенные концентрации пыли в воздухе могут привести к возникновению взрывов и пожаров на предприятии, что может привести к порче имущества, а в ряде случаев человеческим жертвам.

Для поддержания воздуха на уровне санитарно-гигиенических норм в помещениях предприятий и снижения на них взрывоопасности, а также улучшения качества получаемого продукта в системе хлебопродуктов нашла широкая применения вентиляция.

Целью данных методических указаний является помочь провести подбор и прикидочные расчеты основных элементов вентиляционной системы в сжатые сроки.

1 Основные понятия

Вентиляция в помещениях может быть общей, местной и смешанной.

Общеобменная вентиляция предназначена для поддержания нормальных гигиенических условий воздушной среды во всем помещении цеха или предприятия [1].

Местная вытяжная вентиляция служит удалению вредных веществ непосредственно от мест их образования. Ее также называют локализирующей вентиляцией. Благодаря применению систем локализирующей вентиляции можно предотвратить или значительно уменьшить проникновение вредных веществ в рабочую зону помещений. Эти системы, удаляя сравнительно небольшие объемы воздуха, позволяют достичь значительного эффекта [1].

Пыль одна из основных вредных веществ пищевых предприятий, на которых перерабатывается или применяется в технологическом процессе сыпучие дисперсные продукты. Пыли выделяются как на стадии транспортировки, так и на стадии технологического процесса.

Общеобменная вентиляция, как правило, не дает эффекта при удалении данной вредности. Это объясняется тем, что пыль в отличие от паров, газов, тепла не ассимилируется воздухом, а находится во взвешенном состоянии.

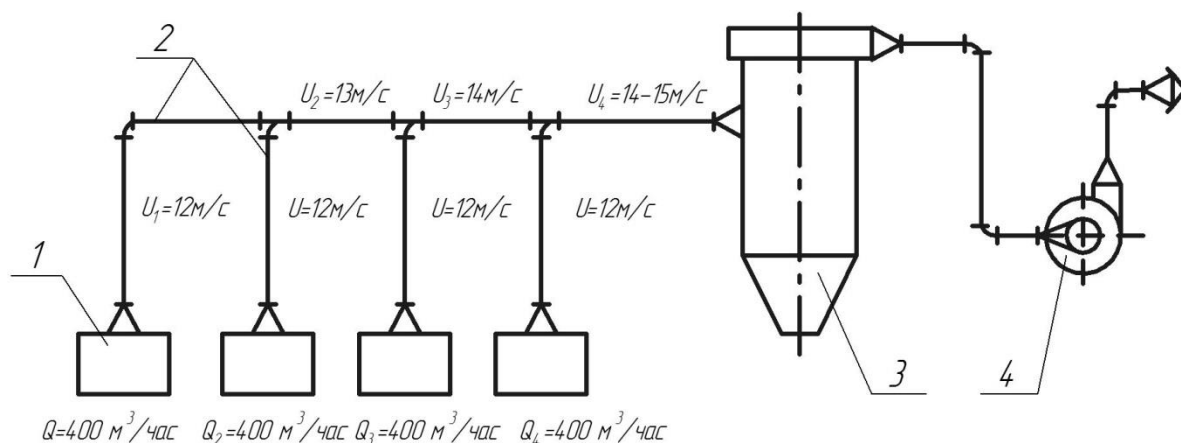
Основной способ борьбы с пылью – устройство местной (локализирующей) вентиляции. Удаление запыленного воздуха от источника его выделения принято называть **аспирацией**. Аспирация тесно связана с технологией производства.

Аспирируют оборудование при помощи местных отсосов запыленного воздуха. При отсосе воздуха в кожухах машин создается вакуум, который препятствует выделению пыли в помещение.

Вентиляционная (аспирационная) сеть (установка) состоит из **пяти основных элементов** [1]:

- 1) объект аспирации (обеспыливания)- машины и аппараты (транспортное и технологическое оборудование), бункера, силоса и т.д.;
- 2) система воздухопроводов – прямые участки воздухопроводов и фасонные части (колена, отводы, тройники, конфузоры и диффузоры);
- 3) пылеотделитель устройство для очистки воздуха от пыли (циклоны, фильтры, фильтры-циклоны);
- 4) вентилятор - воздуходувная машина для перемещения воздуха или газов;
- 5) контрольно-измерительные приборы и вспомогательная аппаратура – микроманометры, заслонки, смотровые люки, шлюзовые затворы и т.д.

Перечисленные выше элементы, объединенные, в одну систему называют вентиляционной системой (сетью).



1- аспирируемое оборудование; 2- воздухопроводы (прямыки и фасонные части); 3- фильтр (фильтр - циклон); 4 -вентилятор

Рисунок 1 - Схема вентиляционной сети

2 Методика подбора и расчета основных элементов вентиляционной (аспирационной) сети

2.1 Определение суммарного расхода воздуха от вентиляционной установки (сети)

Общий расход воздуха находят как сумму расходов воздуха всего аспирируемого оборудования

$$Q_{сети} = Q_{общ} = \sum_{i=1}^n Q_i, \text{ м}^3/\text{час}, \quad (1)$$

где Q_i - расход воздуха от i –ой машины (точке отсоса), $\text{м}^3/\text{час}$ или $\text{м}^3/\text{мин}$;

n – количество точек отсоса входящих в аспирационную установку (сеть).

С учетом 5% подсоса воздуха в воздуховодах запишем выражение (1) в следующем виде

$$Q_{сети} = Q_{общ} = 1,05(Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n) \quad (2)$$

В формуле (2) :1,05 – подсос воздуха в воздуховодах принимают ориентировочно 5 % от полезного расхода $\sum_{i=1}^n Q_i$. Величина Q_i - расход воздуха от i – ой машины (точки отсоса) принимается из справочной литературы согласно нормативам, установленным для каждого вида оборудования индивидуально [1,2].

Например, Необходимо рассчитать суммарный расход воздуха от четырех насыпных лотков ленточного транспортера (рисунок 1), входящих в одну вентиляционную сеть

Расход воздуха от одного насыпного лотка принимаем, согласно справочным нормативам $Q_i = 240 \text{ м}^3/\text{час}$, тогда из формулы (2)

$$Q_{\text{общ}} = 1,05(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) = 1,05(240+240+240+240) = 1008 \text{ м}^3/\text{час}$$

2.2 Предварительный подбор вентилятора к сети

Предварительно вентилятор к сети подбирают по расходу воздуха и ориентировочному давлению вентилятора.

Расход воздуха в сети перемещаемый вентилятором определяют с учетом общего расхода воздуха и подсосов в сети, в зависимости от типа выбранного пылеотделителя т.е.

$$Q_v = Q_{\text{общ}} + Q_{\text{подс}}, \text{ м}^3/\text{час} \quad (3)$$

где $Q_{\text{подс}}$ – подсос в батарейном циклоне со шлюзовым затвором принимают $150 \text{ м}^3/\text{час}$; подсос воздуха через клапаны, которые отключают аспирацию, принимают $100 \text{ м}^3/\text{час}$ на каждый клапан.

Например, Q_v для четырех насыпных лотков ленточного транспортера, входящих в одну вентиляционную сеть, в которой в качестве пылеотделителя используется фильтр, будет следующее

$$Q_v = Q_{\text{общ}} + Q_{\text{подс}} = 1008 + 0,1 \cdot 1008 = 1108,8 \text{ м}^3/\text{час}$$

При использовании в качестве пылеотделителя батарейном циклоне со шлюзовым затвором

$$Q_v = Q_{\text{общ}} + Q_{\text{подс}} = 1108,8 + 150 = 1258,8 \text{ м}^3/\text{час}$$

Ориентировочное давление вентилятора равно ориентировочному сопротивлению сети, принимают от 1600 до 1800 Па.

По найденному расходу Q_g , м³/час и ориентировочному сопротивлению сети $H_g^{op} = 1600 - 1800$ Па из справочной литературы предварительно подбирают вентилятор с максимальным КПД и наименьшим номером. Вентиляторы ВЦП развивают давление до 2000 Па. Если же в сети потребуется большее давление, то принимают вентиляторы ЦП7-40, которые развивают давление 4000 Па. На очищенном воздухе можно использовать вентиляторы общего назначения Ц7-40 или Ц9-57, если они дают более высокий КПД. Чем пылевые вентиляторы [1].

Например, по расходу воздуха $Q_g = 1258,8$ м³/час и ориентировочному давлению $H_g^{op} = 1500$ Па по рабочей характеристике вентилятора ВЦП –3 подбираем вентилятор с КПД η_g не менее $0,9 \eta_{\text{max}}$ (указан на характеристике вентилятора).

Для данного вентилятора ВЦП-3, из рисунка 2 видно $\eta_g = 0,5$. Данные для определения рабочих характеристик вентилятора взять из рисунка А.1 «Аэродинамические характеристики вентилятора типа ВЦП» приложения А.

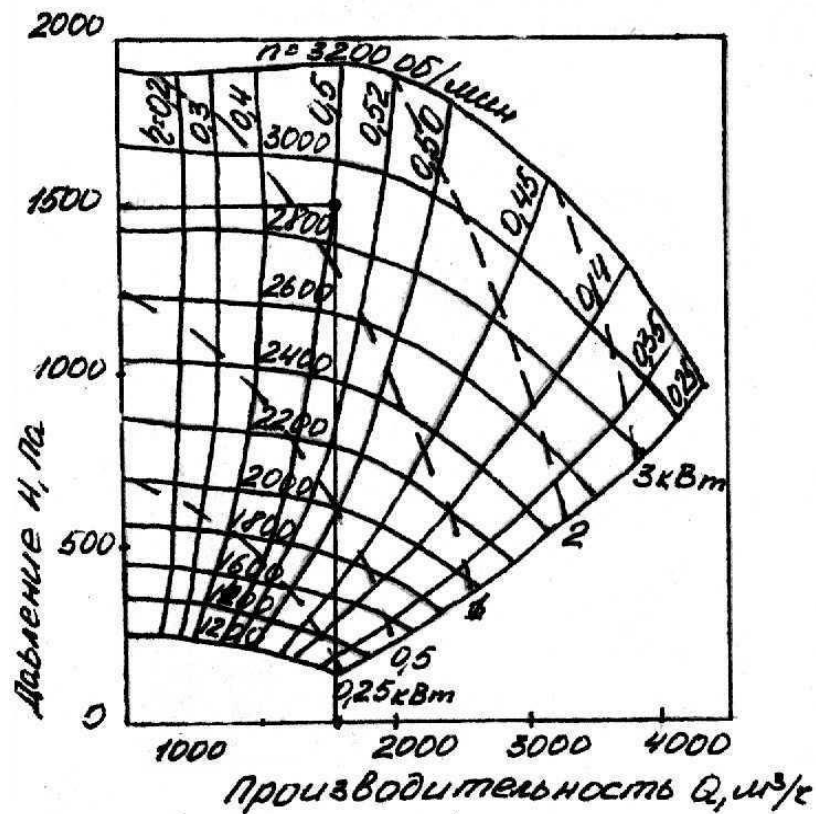


Рисунок 2 - Рабочие характеристики вентилятора ВЦП-3 (Пример!)

2.3 Предварительный подбор циклона к сети

По найденному расходу воздуха в сети с учетом 5% подсоса воздуха в воздухопроводах, подбирают или рассчитывают размеры пылеотделителей.

Например, подобрать к аспирационной сети с общим расходом воздуха $Q_{\text{сети}} = 960 \text{ м}^3/\text{час}$ батарейный циклон ЦБШ. С учетом 5% подсоса в воздухопроводах расход воздуха будет равен

$$Q_{\text{сети}} = 1,05 \cdot 960 = 1008 \text{ м}^3/\text{час}$$

По данному расходу из справочной литературы по вентиляционным установкам [2,3] (Таблица размеров батарейных циклонов) выбираем - ЦБШ, состоящий из циклона диаметром 200 мм.

Размеры входного отверстия находим также по этой таблицы [2,3] (длина входного отверстия – В = 240 мм, ширина входного отверстия – Г= 90 мм (Рисунок 3), или таблица 2, приложения – S = Дх2Е.). Тогда площадь входного отверстия равна

$$S_{\text{вх}} = 0,24 \cdot 0,09 = 0,0216 \text{ м}^2$$

Входную скорость в циклон определяем по формуле

$$v_{\text{вх}} = \frac{Q_{\text{сети}}}{S_{\text{вх}}} = \frac{1008}{3600 \cdot 0,0216} = 12,96 \text{ м/с}$$

Принимаем стандартное значение входной скорости в циклон 15 м/с.

Сопротивление циклонов рассчитывается по следующей формуле

$$H_{\text{ц}} = \zeta_{\text{ц}} \frac{v_{\text{вх}}^2}{2}, \text{ Па}, \quad (4)$$

где ζ - коэффициент сопротивление циклона, безразмерная величина принимаем равную - 5;

ρ - плотность воздуха, кг/м³, плотность стандартного воздуха примем - $\rho = 1,2$ кг/м³;

$v_{\text{вх}}$ -входная скорость в циклон, м/с.

$$H_{\text{ц}} = 5 \cdot \frac{1,2 \cdot (12,96)^2}{2} = 335,92 \text{ Па}$$

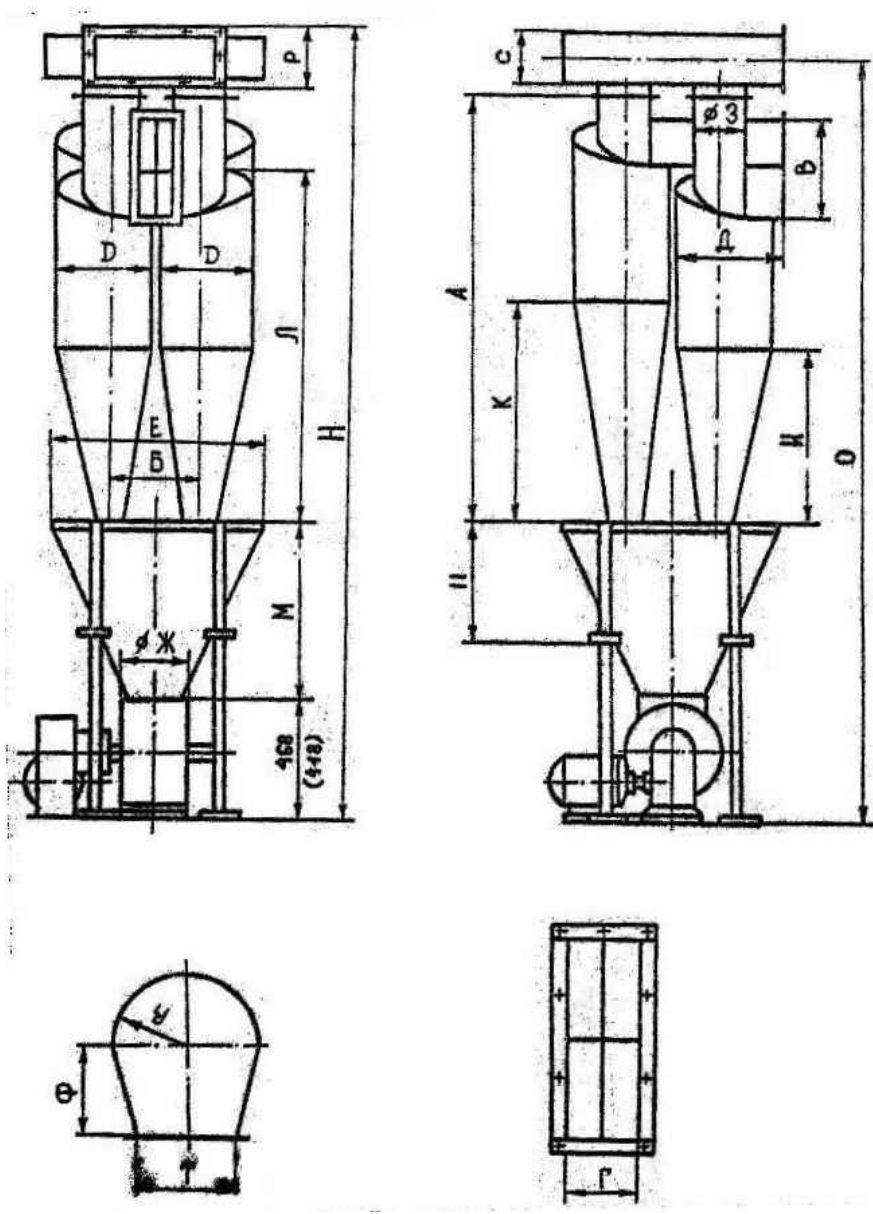


Рисунок 3 - Батарейный циклон 4БЦШ

2.4 Подбор диаметров воздухопроводов

При проектировании трассы воздухопроводы проводят по кратчайшему пути с наименьшим количеством отводов, параллельно и перпендикулярно стенам и балкам избегая косых и длинных воздухопроводов.

При вычерчивании воздухопроводов их диаметры D (мм) рассчитывают предварительно по формуле

$$D = 19 \sqrt{\frac{Q_i}{v}}, \text{ мм}, \quad (9)$$

где Q_i – расход воздуха (м³/час) находят сложением расходов аспирируемых машин, объединенных тройниками;

v - скорость движения воздуха (м/с); на первом участке принимаем скорость воздуха надежно транспортную $v_1=12$ м/с.

Например, диаметр воздухопроводов на первом участке аспирационной сети (расчет проведем для сети приведенной в примере) будет равен

$$D = 19 \sqrt{\frac{240}{12}} = 84,93 \text{ мм}$$

Принимаем наиболее близкий стандартный диаметр 100 мм.

На втором участке увеличиваем скорость воздуха до $v_2=13$ м/с и диаметр воздухопровода будет равен

$$D = 19 \sqrt{\frac{480}{13}} = 115,44 \text{ мм}$$

Принимаем для второго участка наиболее близкий стандартный диаметр 125 мм

Рассчитаем диаметр для третьего участка, скорость на третьем участке примем $v_3=14$ м/с

$$D = 19 \sqrt{\frac{720}{14}} = 136,23 \text{ мм}$$

Принимаем для третьего участка наиболее близкий стандартный диаметр 140 мм

Для четвертого участка на входе в пылеотделитель принимаем входную скорость 14-15 м/с. Для нашего примера скорость $v_{вх} = v_4 = 15$ м/с, тогда диаметр воздухопровода будет равен

$$D = 19 \sqrt{\frac{960}{15}} = 152 \text{ мм}$$

Принимаем для четвертого участка наиболее близкий стандартный диаметр 160 мм

3 Задание на самостоятельное выполнение контрольной работы

Таблица 1– Элеватор, хлебоприемный пункт

Вариант №	Оборудование	Расход воздуха от одной точки отсоса (единицы), м ³ /час	Марка циклона
1	Бункер	400	ЦОЛ
2	Насыпной лоток подсилосного конвейера (проходной, ширина ленты 650 мм)	800	ЦОЛ
3	Насыпной лоток подсилосного конвейера (непроходной, ширина ленты 650 мм)	600	ЦОЛ
4	Насыпной лоток подсилосного конвейера (проходной с автоматическим отключением, ширина ленты 650 мм)	1200	ЦОЛ
5	Насыпной лоток подсилосного конвейера (непроходной с автоматическим отключением, ширина ленты 650 мм)	600	БЦШ (У21ББЦ)*

Продолжение таблицы 1

Вариант №	Оборудование	Расход воздуха от одной точки отсоса (единицы), м ³ /час	Марка циклона
6	Сбрасывающая коробка ленточного конвейера производительностью 100 т/ч	650	БЦШ
7	Башмак нории НЦГ-I-175	1400	БЦШ
8	Головка нории НЦГ-I-175	900	БЦШ
9	Автоматические весы вместимостью ковша, 50 кг	180	БЦШ
10	Триер А-УТК (УТО)-6	720	БЦШ
Примечание – *-Новая модификация циклона У21ББЦ			

Таблица 2 – Комбикормовый завод

Вариант №	Оборудование	Расход воздуха от одной точки отсоса (единицы), м ³ /час	Марка циклона
1	Цепной конвейер производительностью 50 т/ч	500	ЦОЛ
2	Шлюзовой питатель	120	ЦОЛ
3	Башмак нории НЦГ- I-20	240	ЦОЛ
4	Головка нории НЦГ-I-20	480	ЦОЛ
5	Просеивающая машина	400	ЦОЛ
6	Смеситель А9-СКГ	300	БЦШ
7	Весовой дозатор	1080	БЦШ
8	Скребковый конвейер	420	БЦШ
9	Магнитная колонка БКМ	180	БЦШ
10	Молотковая дробилка ДДР	1200	БЦШ

Таблица 3 – Мелькомбинат

Вариант №	Оборудование	Расход воздуха от одной точки отсоса (единицы), м ³ /час	Марка циклона
1	Триер А9-УТК (УТО)	720	УЦ
2	Сепаратор А1-БИС-12* (сепарирующий канал)	900	УЦ
3	Аспиратор РЗ-БАБ* (сепарирующий канал)	480	УЦ
4	Автоматические весы АВ-50-3Э	300	УЦ
5	Обоечная машина РЗ-БМО	300	2УЦ
6	Шлюзовой питатель РЗ-БШМ	120	2УЦ
7	Винтовой конвейер РЗ-БКШ-160	180	2УЦ
8	Сушилка для отходов	120	2УЦ
9	Пневмосепаратор РЗ-БСД	3240*	2УЦ
10	Разгрузитель У2-БРО	540	2УЦ
Примечание – *- Расчет проводить для одного в сети			

Список использованных источников

1 Вальдберг, А.Ю. Технология пылеулавливания / А. Ю. Вальдберг, Л.М. Исянов, Э.Я. Тарат. - Л.: Машиностроение: Ленингр. отд-ние, 1985. - 192 с.

2 Веселов, С.А. Проектирование вентиляционных установок предприятий по хранению и переработке зерна. / С.А. Веселов - Москва: Колос, 1974. - 288 с.

3 Веселов, С.А. Практикум по вентиляционным установкам / С.А. Веселов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Колос, 1982. - 255 с.

4 Справочник по аспирационным и пневмотранспортным установкам / Н. П. Володин, М. Г. Касторных, А. И. Кривошеин. - М. : Колос, 1984. - 288 с.

Приложение А

(справочное)

Расчет расхода воздуха на аспирацию

В тех случаях, когда на оборудование нет норматива расхода воздуха его можно, определить из расчетных формул. Необходимо отметить, что эти нормы должны быть теоретически обоснованы, то есть выбор расчетных формул зависит от целей аспирации.

Расчет расхода воздуха на аспирацию оборудования с санитарно-гигиеническими целями

Для оборудования, в котором основной целью аспирации является обеспыливание помещений с санитарно-гигиеническими целями, расход воздуха Q , ($\text{м}^3/\text{час}$) рассчитывают по формуле

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 - Q_4,$$

где Q_1 - количество воздуха, поступающего в аспирируемое оборудование с продуктом через самотечную трубу или питающее отверстие, $\text{м}^3/\text{час}$;

Q_2 - количество воздуха вытесняемого продуктом из аспирируемого оборудования, $\text{м}^3/\text{час}$;

Q_3 - количество воздуха, подсасываемое через неплотности корпуса аспирируемого оборудования для поддержания вакуума, $\text{м}^3/\text{час}$;

Q_4 - количество воздуха удаляемого из оборудования его рабочими органами, например, ковшами нории из головки, или за счет вакуума в самотечной трубе, $\text{м}^3/\text{час}$; в большинстве случаев $Q_4 = 0$.

Расходы воздуха можно определить по следующим формулам

$$Q_1 = 3600(1 - \varphi)S_c v_c; Q_2 = S_{из} v_{из}; Q_3 = \frac{G}{\rho_n},$$

где φ – коэффициент заполнения поперечного сечения самотечной трубы продуктами, в большинстве случаев $\varphi = 0,5$;

S_c - площадь поперечного сечения самотечной трубы или питающего отверстия в корпусе машины;

v_c - скорость движения воздуха в конце самотечной трубы

$$v_c = \sqrt{2ql(\sin \alpha - \cos \alpha)};$$

l - длина самотечной трубы;

α - угол наклона трубы (для зерна $\alpha \geq 45^\circ$, для муки и продуктов размола $\alpha \geq 60^\circ$);

f - коэффициент трения продукта о поверхность трубы, для стальных труб при движении зерна $f = 0,37$;

G - производительность заполнения продуктом аспирируемого оборудования;

ρ_n - плотность насыпи продукта для зерна $\rho_n = 730 \text{ кг/м}^3$, для муки и продуктов размола $\rho_n = 500 \text{ кг/м}^3$;

$S_{щ}$ - площадь поперечных сечений неплотностей корпуса (щелей), $v_{щ} = \sqrt{\frac{2H_{\text{вак}}}{\rho \xi_{\text{вак}}}}$;

$\sum \varepsilon$ - сумма параметров швов разъемных соединений корпуса аспирируемого оборудования, $S_{щ} = \delta \sum \varepsilon$;

δ - зазор швов разъемных соединений корпус, который не превышает 1-2 мм;

v - скорость воздуха через щели;

$H_{\text{вак}} \geq 30 \text{ Па}$ - вакуум внутри корпуса машины;

ρ - плотность воздуха;

$\xi_{\text{вх}} = 2$ - коэффициент сопротивления неплотностей.

Расчет расхода воздуха на аспирацию для создания взрывобезопасности

Для оборудования, основное назначение аспирации которого состоит в удалении пыли и создании условий взрывобезопасности. Расход воздуха рассчитывают по формуле

$$Q = \frac{K_{\text{в}} A}{a_{\text{min}}},$$

где $K_{\text{в}}$ – коэффициент взрывобезопасности;

A – количество пыли;

a_{min} – минимальный нижний предел взрывоопасной концентрации ПЫЛИ.

Количество пыли рассчитывается по формуле

$$A = \frac{1000(\delta_1 - \delta_2)}{\delta_n},$$

δ_1 и δ_2 - зольность зерна до и после обработки;

δ_n - зольность пыли.

Величину a_{min} можно взять из справочной литературы.

Расход воздуха на аспирацию для удаления тепла

Рассчитывают расход воздуха по формуле

$$Q = \frac{a J}{\rho(i_2 - i_1)},$$

где a – коэффициент, показывающий, какая часть общего количества тепла должна удаляться воздухом при аспирации;

J - количество, тепла выделяемое оборудованием в единицу времени;

i_1 и i_2 - первоначальное и конечное теплосодержание воздуха при входе и выходе из машины (находят по $i - d$ диаграмме).

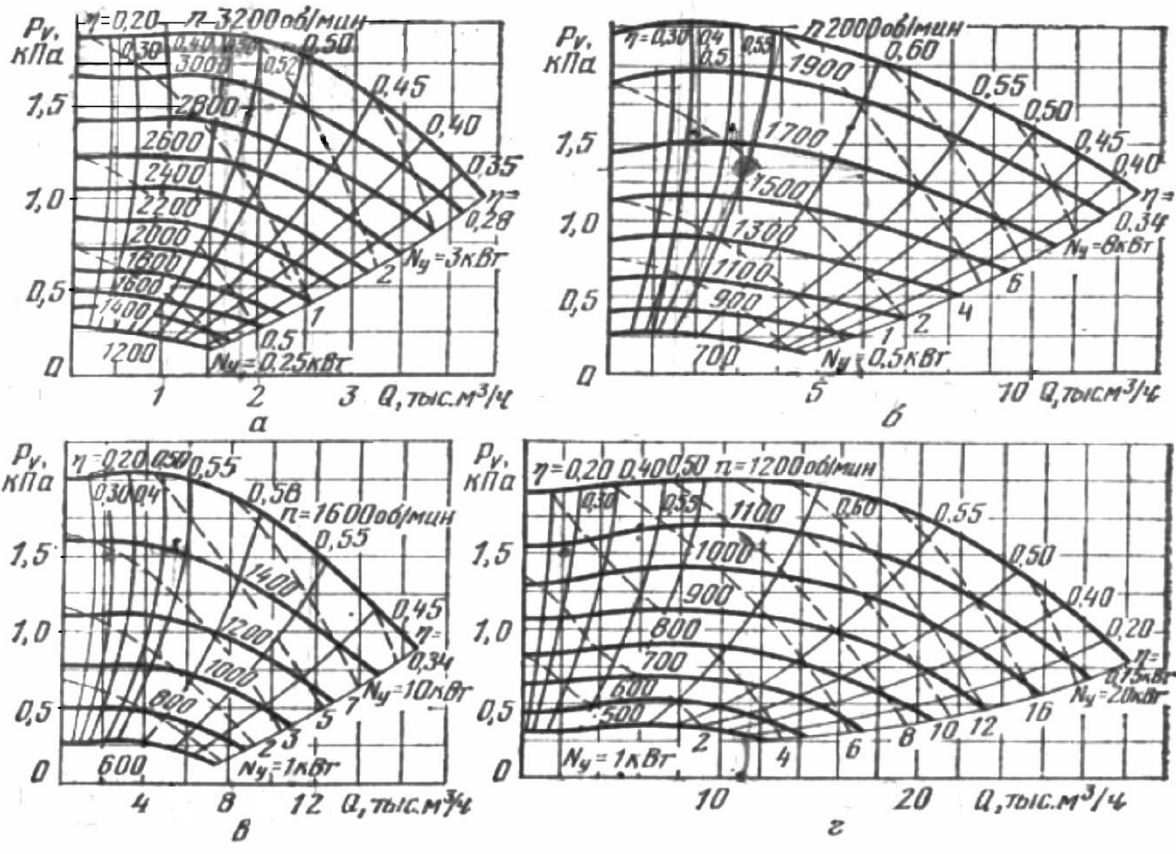
Температуру конечного воздуха принимают меньше допустимой из условий перегрева и порчи перерабатываемых продуктов.

Таблица А.1– Типоразмер циклона в зависимости от расхода воздуха Q , м³/ч

Типоразмер	Расход воздуха Q , м ³ /ч
ЦОЛ -1	1000
-1,5	1500
-3	3000
-4,5	4500
-6	6000
-9	9000
-12	12000
-18	18000

Таблица А.2 –Типоразмер циклона в зависимости от расхода воздуха Q , м³/ч и размеры входного патрубка, мм

Типоразмер	Q , м ³ /ч	Д, мм	Е, мм
4БЦШ-200	1060...1190	115	40
-225	1350...1520	130	45
-250	1670...1880	145	50
-275	2030...2280	160	55
-300	2420...2720	175	60
-350	3220...3630	200	70
-400	4240...4770	230	80
-450	5390...6060	260	90
-500	6680...7520	290	100
-550	8100...9120	320	110



а - ВЦП-3; б - ВЦП-5; в - ВЦП-8; г - ВЦП-16

Рисунок А.1 – Аэродинамические характеристики вентилятора типа ВЦП