Введение

Местная вытяжная вентиляция играет наиболее активную роль в комплексе инженерных средств нормализации санитарно-гигиенических условий труда в производственных помещениях. На предприятиях, связанных с переработкой сыпучих материалов, эту роль выполняют аспирационные системы (АС), обеспечивающие локализацию пыли в местах её образования. Общеобменная вентиляция до настоящего времени играла вспомогательную роль – обеспечивала компенсацию воздуха, удаляемого АС. Исследованиями кафедры МОПЭ БелГТАСМ показано, что общеобменная вентиляция является составной частью комплекса систем обеспыливания (аспирация, системы борьбы с вторичным пылеобразованием – гидросмыв или сухая вакуумная пылеуборка, общеобменная вентиляция).

Несмотря на длительную историю развития, аспирация получила фундаментальную научно–техническую основу лишь в последние десятилетия. Этому способствовало развитие вентиляторостроения и совершенствование техники очистки воздуха от пыли. Росла и потребность аспирации со стороны быстро развивающихся отраслей металлургической строительной индустрии. Возник ряд научных школ направленных на решение возникающих экологических проблем. В области аспирации стали известными уральская (Бутиков С.Е. [1], Гервасьев A.M. [2], Глушков Л.А. [3], Камышенко М.Т. [4], Олифер В.Д. [5] и др.), криворожская (Афанасьев И.И. [6], Бошняков Е.Н. [7], Нейков О.Д. [8…10], Логачев И.Н. [9…12], Минко В.А. [11, 13,…, 15], Серенко А.С. [16, 17], Шелекетин A.В. [17, 18] и американская (Хемеон В. [19], Принг Р. [20]) школы, создавшие современные основы конструирования и методики расчета локализаций пылевыделений с помощью аспирации. Разработанные на их основе технические решения в области проектирования систем аспирации закреплены в ряде нормативных [21…24] и научно–методических материалов [25…28].

Настоящие методические материалы обобщают накопленные знания в области проектирования аспирационных систем и систем централизованной вакуумной пылеуборки (ЦПУ). Применение последних расширяется особенно в производстве, где гидросмыв недопустим по технологическим и строительным соображениям. Предназначенные для подготовки инженеров–экологов методические материалы дополняют курс «Промышленная вентиляция» и предусматривают развитие практических навыков у студентов старших курсов специальности 17.05.09. Эти материалы нацелены на то, чтобы студенты умели:

* определить необходимую производительность местных отсосов АС и насадков ЦПУ;
* выбрать рациональные и надёжные системы трубопроводов с минимальными потерями энергии;
* рассчитать пылевую нагрузку и выбрать эффективные системы очистки запыленного воздуха;
* определить необходимую мощность аспирационной установки и выбрать соответствующие тягодутьевые средства
* и знали:
* физическую основу расчета производительности местных отсосов АС;
* принципиальное отличие гидравлического расчета систем ЦПУ и сети воздуховодов АС;
* конструктивное оформление укрытий перегрузочных узлов и насадков ЦПУ;
* принципы обеспечения надежности работы АС и ЦПУ;
* принципы подбора вентилятора и особенности его работы на конкретную систему трубопроводов.

Методические указания ориентированы на решение двух практических задач: «Расчет и выбор аспирационного оборудования (практическое задание №1), «Расчет и выбор оборудования вакуумной системы уборки пыли и просыпи (практическое задание №2)».

Апробация этих задач осуществлена в осеннем семестре 1994 года на практических занятиях групп АГ-41 и АГ-42, студентам которых составители выражают признательность за выявленные ими неточности и технические погрешности. Внимательное изучение материалов студентами Титовым В.А., Сероштаном Г.Н., Ереминой Г.В. дали нам основание внести изменения в содержание и редакцию методических указаний.

1. Расчет и выбор аспирационного оборудования

Цель работы: определение необходимой производительности аспирационной установки, обслуживающей систему аспирационных укрытий мест загрузки ленточных конвейеров, выбор системы воздуховодов, пылеуловителя и вентилятора.

Задание включает:

А. Расчет производительности местных отсосов (объемов аспирации).

Б. Расчет дисперсного состава и концентрации пыли в аспирируемом воздухе.

В. Выбор пылеуловителя.

Г. Гидравлический расчет аспирационной системы.

Д. Выбор вентилятора и электродвигателя к нему.

Исходные данные

(Численные значения исходных величин определяются номером варианта N. В скобках указаны значения для варианта N = 25).

1. Расход транспортируемого материала

Gм=143,5 – 4,3N, (Gм=36 кг/с)



2. Плотность частиц сыпучего материала

=2700 + 40N, (=3700 кг/м3).



3. Исходная влажность материала

= 4,5 – 0,1 N, (%)



4. Геометрические параметры перегрузочного желоба, (рис 1):

h1=0,5+0,02N, ()



h2=1+0,02N,



h3=1–0,02N,



5. Типы укрытий места загрузки ленточного конвейера:

0 – укрытия с одинарными стенками (для четных N),

Д – укрытия с двойными стенками (для нечетных N),

Ширина ленты конвейера B, мм;

1200 (для N=1…5); 1000 (для N= 6…10); 800 (для N= 11…15),

650 (для N = 16…20); 500 (для N= 21…26).

Sж – площадь поперечного сечения желоба.



Рис. 1. Аспирация перегрузочного узла: 1 – верхний конвейер; 2 – верхнее укрытие; 3 – перегрузочный желоб; 4 – нижнее укрытие; 5 – аспирационная воронка; 6 – боковые наружные стенки; 7 – боковые внутренние стенки; 8 – жесткая внутренняя перегородка; 9 – лента конвейера; 10 – торцовые наружные стенки; 11 – торцовая внутренняя стенка; 12 – нижний конвейер

Таблица 1. Геометрические размеры нижнего укрытия, м

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ширина ленты конвейера В, м | L0 | b | H | L | c | b1 | h |
| 0,50 | 1,5 | 0,60 | 0,40 | 0,60 | 0,25 | 0,40 | 0,12 |
| 0,65 | 1,9 | 0,80 | 0,50 | 0,80 | 0,30 | 0,50 | 0,16 |
| 0,80 | 2,2 | 0,95 | 0,60 | 0,95 | 0,35 | 0,60 | 0,20 |
| 1,00 | 2,7 | 1,20 | 0,75 | 1,2 | 0,40 | 0,75 | 0,25 |
| 1,20 | 3,3 | 1,40 | 0,90 | 1,45 | 0,45 | 0,90 | 0,30 |

Таблица 2. Гранулометрический состав транспортируемого материала

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер j фракции, | j=1 | j=2 | j=3 | j=4 | j=5 | j=6 | j=7 | j=8 | j=9 |
| Размер отверстий смежных сит, мм | 20  10 | 10 5 | 5 2,5 | 2,5 1,25 ' | 1,25 0,63 | 0,63 0,4 | 0,4  0,2 | 0,2  0,1 | 0,1 0 |
| Средний диаметр фракции dj, мм | 15 | 7,5 | 3,75 | 1,88. | 0,99 | 0,515 | 0,3 | 0,15 | 0,05 |

\* z =100(1 – 0,15 ).



При N =25

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| mj, % | 2 | 31 | 25 | 24 | 8 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| mj dj \*\* | 30 | 232,5 | 93,75 | 45,12. | 7,92 | 1,03 | 0,9 | 0,45 | 0,1 |
| Интегральная сумма mj | 100 | 98 | 67 | 42 | 18 | 10 | 8 | 5 | 2 |

Таблица 3. Длина участков аспирационной сети

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Длина участков аспирационной сети | Схема 1 | | Схема 2 |
| для нечетных N | для N=25, м | для четных N |
| l1 | 22,5–0,5N | 10 | 19–0,4N |
| l2 | 17,5–0,5N | 5 | 14–0,4N |
| l3 | 14–0,4N | 4 | 13–0,4N |
| l4 | 18–0,4N | 8 | 15–0,4N |
| l5 | 25–0,4N | 15 | 20–0,4N |
| l6 | 18–0,4N | 8 | 22–0,4N |
| l7 | 16–0,4N | 6 | 16–0,4N |
| l8 | 25–0,4N | 15 | 14–0,4N |
| l9 | 13–0,4N | 3 | 17–0,4N |



Рис. 2. Аксонометрические схемы аспирационной системы перегрузочных узлов: 1 – перегрузочный узел; 2 – аспирационные патрубки (местные отсосы); 3 – пылеуловитель (циклон); 4 – вентилятор

2. Расчет производительности местных отсосов

В основу расчета необходимого объема воздуха, удаляемого из укрытия, положено уравнение воздушного баланса:

(1)



Расход воздуха, поступающего в укрытие через неплотность (Qн; м3/с), зависит от площади неплотностей (Fн, м2) и оптимальной величины разрежения в укрытии (Ру, Па):

(2)



где – плотность окружающего воздуха (при t0 =20 °С; =1,213 кг/м3).



Для укрытия места загрузки конвейера неплотности сосредоточены в зоне контакта наружных стенок с движущейся лентой конвейера (см. рис. 1):

(3)



где: П – периметр укрытия в плане, м; L0 – длина укрытия, м; b – ширина укрытия, м; – высота условной щели в зоне контакта, м.



Таблица 4. Величина разрежения в укрытии (Ру) и ширина щели ()



|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид транспортируемого материала | Медианный диаметр , мм | Укрытие типа «0» | | Укрытие типа «Д» | |
| Ру, Па | , м | Ру, Па | , м |
| Кусковый |  | 11 | 0,03 | 7 | 0,03 |
| Зернистый |  | 9 | 0,015 | 6 | 0,015 |
| Порошкообразный | dм < 0,2 | – | – | 5 | 0,015 |

Расход воздуха, поступающего в укрытие по желобу, м3/с [10, 13, 25]

(4)



где S – площадь поперечного сечения желоба, м2; – скорость потока перегружаемого материала при выходе из желоба (конечная скорость падения частиц), определяется последовательно расчетом:



а) скорости в начале желоба, м/с (в конце первого участка, см. рис. 1)

, G=9,81 м/с2 (5)



б) скорости в конце второго участка, м/с

(6)



в) скорости в конце третьего участка, м/с

(7)



– коэффициент скольжения компонентов («коэффициент эжекции») u – скорость воздуха в желобе, м/с.



Коэффициент скольжения компонентов зависит от числа Бутакова–Нейкова\*

(8)



и критерия Эйлера

(9)



где d – средний диаметр частиц перегружаемого материала, мм,

(10)



(если окажется, что , следует принимать в качестве расчетного среднего диаметра ; – сумма коэффициентов местных сопротивлений (к.м.c.) желоба и укрытий



(11)



ζвх – к.м.с, входа воздуха в верхнее укрытие, отнесенный к динамическому напору воздуха в конце желоба .



; (12)



Fв – площадь неплотностей верхнего укрытия, м2;

\* Числа Бутакова–Нейкова и Эйлера являются сутью параметров М и N широко используемых в нормативных [21] и учебно-методических материалах [25, 28., 30].

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| B, м | 0,5 | 0,65 | 0,8 | 1,0 | 1,2 |
| Fb, м2 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,45 | 0,6 |

– к.м.с. желоба (=1,5 для вертикальных желобов, = 90°; =2,5 при наличии наклонного участка, т.е. 90°) [21, 22]; –к.м.с. жесткой перегородки (для укрытия типа «Д»; в укрытии типа «0» жесткая перегородка отсутствует, в этом случае пер =0) [25];



Таблица 5. Значения для укрытия типа «Д»



|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| h/H | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| 1,0 | 193 | 44,5 | 17,8 | 8,12 | 4,02 |
| 0,8 | 124 | 28,5 | 11,4 | 6,19 | 2,57 |
| 0,6 | 69,5 | 16,0 | 6,41 | 2,92 | 1,45 |
| 0,4 | 30,9 | 7,12 | 2,84 | 1,30 | 0,64 |
| 0,2 | 7,72 | 1,78 | 0,71 | 0,32 | 0,16 |
| 0,1 | 1,93 | 0,45 | 0,18 | 0,08 | 0,04 |

Ψ – коэффициент лобового сопротивления частицы [9]

(13)



β – объёмная концентрация частиц в желобе, м3/м3

(14)



– отношение скорости потока частиц в начале желоба к конечной скорости потока.



При найденных числах Bu и Eu коэффициент скольжения компонентов определяется для равномерно ускоренного потока частиц по формуле:

(15)



Решение уравнения (15)\* можно найти методом последовательных приближений, полагая в качестве первого приближения

(16)



Если окажется, что φ1<n, величина φ определяется решением квадратного уравнения (получаемого из (15), опуская знаки абсолютной величины и раскрывая скобки):

, (17)



где

(18)



(19)



(20)



Порядок расчета рассмотрим на примере.

1. На основании заданного гранулометрического состава строим интегральный график распределения частиц по крупности (воспользовавшись предварительно найденной интегральной суммой mi) и находим медианный диаметр (рис. 3) dм = 3,4 мм > 3 мм, т.е. имеем случай перегрузки кускового материала и, следовательно, =0,03 м; Pу =7 Па (табл. 4). В соответствии с формулой (10) средний диаметр частиц .



2. По формуле (3) определяем площадь неплотностей нижнего укрытия (имея в виду, что L0 =1,5 м; b =0,6 м, при В =0,5 м (см. табл. 1)

Fн =2 (1,5 + 0,6) 0,03 = 0,126 м2

3. По формуле (2) определяем расход воздуха, поступающего через неплотности укрытия



Существуют другие формулы для определения коэффициента в т.ч. для потока мелких частиц, на скорости движения которых сказывается сопротивление воздуха [13, 14].



Рис. 3. Интегральный график распределения частиц по крупности

4. По формулам (5)… (7) находим скорости потока частиц в желобе:

м/с



м/с



м/с



следовательно

n = 4,43 / 5,87 =0,754.

5. По формуле (11) определяем сумму к.м.с. желоба с учетом сопротивления укрытий. При Fв =0,2 м2 по формуле (12) имеем



При h/H = 0,12/0,4 = 0,3,



по табл. 5 находим ζnep =6,5;

6. По формуле (14) находим объемную концентрацию частиц в желобе



7. По формуле (13) определяем коэффициент лобового сопротивления  
частиц в желобе



8. По формулам (8) и (9) находим соответственно число Бутакова–Нейкова и число Эйлера:



9. Определяем коэффициент «эжекции» в соответствии с формулой (16):



И, следовательно, можно пользоваться формулой (17) с учетом (18)… (20):



10. По формуле (4) определяем расход воздуха, поступающего в нижнее укрытие первого перегрузочного узла:



С целью сокращения вычислений положим для второго, третьего и четвертого перегрузочных узлов расход

к2=0,9; к3=0,8; к4=0,7



Результата вычислений заносим в первую строку табл. 7, полагая, что все перегрузочные узлы оборудованы одним и тем же укрытием, расход воздуха, поступающего через неплотности i – го перегрузочного узла, Qнi = Qн =0,278 м3/с. Результат заносим во вторую строку табл. 7, а сумму расходов Qжi + Qнi – в третью. Сумма расходов , – представляет собой общую производительность аспирационной установки (расход воздуха, поступающего в пылеуловитель – Qn) и заносится в восьмой столбец этой строки.



Расчет дисперсного состава и концентрации пыли в аспирируемом воздухе

Плотность пыли



Расход воздуха, поступающего в убытие по желобу – Qжi (через неплотности для укрытия типа «О» – Qнi = QH), удаляемого из укрытия – Qai (см. табл. 7).

Геометрические параметры укрытия (см. рис. 1), м:

длина – L0; ширина – b; высота – Н.

Площадь поперечного сечения, м:

а) аспирационного патрубка Fвх= bc.;

б) укрытия между наружными стенками (для убытия типа «О»)

F2=bH;

в) укрытия между внутренними стенками (для укрытия типа «Д»)

F1=b1H;

где b – расстояние между наружными стенками, м; b1 – расстояние между внутренними стенками, м; Н – высота укрытия, м; с – длина входного сечения аспирационного патрубка, м.

В нашем случае, при В = 500 мм, для укрытия с двойными стенками (укрытие типа «Д») b =0,6 м; b1 =0,4 м; С =0,25 м; H =0,4 м;

Fвx =0,25 0,6 =0,15 м2; F1 =0,4 0,4 =0,16 м2.



Удаление аспирационной воронки от желоба: а) для укрытия типа «0» Lу =L; б) для укрытия типа «Д» Lу = L –0,2. В нашем случае Lу =0,6 – 0,2 =0,4 м.

Средняя скорость воздуха внутри укрытия, м/с:

а) для укрытия типа «Д»

(21)



б) для укрытия типа «0»

=(Qж +0,5QH)/F2. (22)



Скорость входа воздуха в аспирационную воронку, м/с:

= Qа/Fвх (23)



Диаметр наиболее крупной частицы в аспирируемом воздухе, мкм:

(24)



По формуле (21) или по формуле (22) определяем скорость воздуха в укрытии и результат заносим в строку 4 табл. 7.



По формуле (23) определяем скорость входа воздуха в аспирационную воронку и результат заносим в строку 5 табл. 7.



По формуле (24) определяем заносим результат в строку 6 табл. 7.



Таблица 6. Массовое содержание частиц пыли, зависящее от [25]



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер фракции j | Размер фракции, мкм | Массовая доля частиц j-й фракции (, %) при , мкм | | | | | | |
|  |  | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 |
| I | 0…5 | 18 | 16,5 | 15,5 | 14 | 11 | 9 | 7 |
| 2 | 5… 10 | 11 | 10 | 9,5 | 9 | 6 | 6 | 6 |
| 3 | 10… 20 | 16 | 15 | 14 | 14 | 13 | 9 | 7 |
| 4 | 20… 40 | 23 | 22 | 21 | 15 | 15 | 12 | 12 |
| 5 | 40…60 | 17 | 16,5 | 16 | 15 | 15 | 14 | 11 |
| 6 | > 60 | 15 | 20 | 24 | 33 | 40 | 50 | 57 |

Значения соответствующие расчетной величине (или ближайшему значению) выписываем из столбца таблицы 6 и результаты (в долях) заносим в строки 11…16 столбцов 4…7 табл. 7. Можно использовать и линейную интерполяцию значений таблицы, но следует иметь в виду, что в результате получим, как правило, и потому нужно скорректировать максимальное значение (чтобы обеспечить ).



Определение концентрации пыли

Расход материала – , кг/с (36),



Плотность частиц материала – , кг/м3 (3700).



Исходная влажность материала –, % (2).



Процентное содержание в перегружаемом материале частиц мельче – , % (при =149…137 мкм, =2 + 1,5=3,5%. Расход пыли, перегружаемой с материалом – , г/с (103,536=1260).



Объемы аспирации – , м3/с (). Скорость входа в аспирационную воронку – , м/с ().



Максимальная концентрация пыли в воздухе, удаляемом местным отсосом из i-го укрытия (, г/м3),



, (25)



Фактическая концентрация пыли в аспирируемом воздухе

, (26)



где – поправочный коэффициент, определяемый по формуле



, (27)



в которой

, (28)



, (29)



для укрытий типа «Д», для укрытий типа «О»; в нашем случае (при кг/м3)



,



,



Или при W=W0=2%



(30)



1. В соответствии с формулой (25) вычисляем .и заносим результаты в 7 строку сводной табл. 7 (заданный расход пыли делим на соответствующее числовое значение строки 3, а результаты заносим в 7 строку; для удобства в примечании, т.е. в столбце 8, проставляем значение ).



2. В соответствии с формулами (27…29) при установленной влажности строим расчетное соотношение типа (30) для определения поправочного коэффициента , значения которого заносим в строку 8 сводной табл. 7.



Пример. По формуле (27) найдем поправочный коэффициент пси и м/с:



,



Тогда

г/м3



Если запыленность воздуха окажется значительной (> 6 г/м3), необходимо предусмотреть инженерные способы по уменьшению концентрации пыли, например: гидроорошение перегружаемого материала, уменьшение скорости входа воздуха в аспирационную воронку, устройство осадительных элементов в укрытии [29, 30] или применение местных отсосов – сепараторов [31]. Если путем гидроорошения удается увеличить влажность до 6% то будем иметь:



,



(31)



При =3,007, , =2,931 г./м3 и в качестве расчетного соотношения для используем соотношение (31).



3. По формуле (26) определяем фактическую концентрацию пыли в I-м местном отсосе и результат заносим в строку 9 табл. 7 (значения строки 7 умножаются на соответствующие i-му отсосу – значения строки 8).

Определение концентрации и дисперсного состава пыли перед пылеуловителем

Для выбора пылеулавливающей установки аспирационной системы, обслуживающей все местные отсосы, необходимо найти усредненные параметры воздуха перед пылеуловителем. Для их определения используются очевидные балансовые соотношения законов сохранения массы, транспортируемой по воздуховодам пыли (полагая, что осаждение пыли на стенках воздуховодов пренебрежимо мало):

(32)



Для концентрации пыли в воздухе, поступающем в пылеуловитель, имеем очевидное соотношение:

, (33)



Имея в виду, что расход пыли j-и фракции в i – м местном отсосе

, (34)



массовое содержание этой фракции перед пылеуловителем

, (35)



Очевидно, что

(36)



1. Перемножая в соответствии с формулой (32) значения строки 9 и строки 3 табл. 7, находим расход пыли в i – м отсосе, а его значения заносим в строку 10. Сумму этих расходов проставим в столбце 8.



Рис. 4. Распределение частиц пыли по крупности перед входом в пылеуловитель

Таблица 7. Результаты расчетов объемов аспирируемого воздуха, дисперсного состава и концентрации пыли в местных отсосах и перед пылеуловителем

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | Условные обозначения | Размерность | Для i-го отсоса | | | | Примечание |
| i=1 | i=2 | i=З | i=4 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 |  | м3/с | 0,173 | 0,156 | 0,138 | 0,121 |  |
| 2 |  | м3/с | 0,278 | 0,278 | 0,278 | 0,278 |  |
| 3 |  | м3/с | 0,451 | 0,434 | 0,416 | 0,399 | м3/с |
| 4 |  | м/с | 1,081 | 0,975 | 0,863 | 0,756 | м2 |
| 5 |  | м/с | 3,007 | 2,893 | 2,773 | 2,660 | м2 |
| 6 |  | мкм | 149 | 145 | 141 | 137 | L=0,4; H=0,4 |
| 7 |  | г/м3 | 2794 | 2903 | 3029 | 3158 | г/с при W=6% |
| 8 |  | б/р | 1,049 | 0,951 | 0,855 | 0,769 |  |
| 9 |  | г/м3 | 2,931 | 2.76 Г | 2,590 | 2,429 |  |
| 10 |  | г/с | 1,322 | 1,198 | 1,077 | 0,969 |  |
| 11 |  | б/р | 0,14 | 0,14 | 0,155 | 0,155 |  |
| 12. |  | – «– | 0,09 | 0,09 | 0,095 | 0,095 |  |
| 13 |  | – «– | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |  |
| 14 |  | – «– | 0,15 | 0,15 | 0,21 | 0,21 |  |
| 15 |  | – «– | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,16 |  |
| 16 |  | – «– | 0,33 | 0,33 | 0,24 | 0,24 |  |
| 17 |  | г/с | 0,185 | 0,168 | 0,167 | 0,150 | 0,670 0,147 |
| 18 |  | – «– | 0,119 | 0,108 | 0,102 | 0,092 | 0,421 0,092 |
| 19 |  | – «– | 0,185 | 0,168 | 0,151 | 0,136 | 0,640 0,140 |
| 20 |  | – «– | 0,198 | 0,180 | 0,226 | 0,203 | 0,607 0,177 |
| 21 |  | – «– | 0,198 | 0,180 | 0,172 | 0,155 | 0,705 0,154 |
| 22 |  | – «– | 0,436 | 0,395 | 0,25Ь | 0,233 |  |

2. Умножая значения строки 10 на соответствующие значения строк 11…16, получим в соответствии с формулой (34) величину расхода пыли j-ой фракции в i-м местном отсосе. Значения этих величин заносим на строках 17…22. Построчная сумма этих величин, проставляемая в столбце 8, представляет расход j-ой фракции перед пылеуловителем, а отношение этих сумм к общему расходу пыли в соответствии с формулой (35) является массовой долей j-ой фракции пыли, поступающей в пылеуловитель. Значения проставляются в столбце 8 табл. 7.



3. На основании вычисленных в результате построения интегрального графика распределения пылевых частиц по крупности (рис. 4) находим размер пылевых частиц, мельче которых в исходной пыли содержится 15,9% от общей массы частиц (мкм), медианный диаметр (мкм) и дисперсию распределения частиц по крупности: .



Наиболее широкое распространение при очистке аспирационных выбросов от пыли получили инерционные сухие пылеуловители – циклоны типа ЦН; инерционные мокрые пылеуловители – циклоны – пробыватели СИОТ, коагуляционные мокрые пылеуловители КМП и КЦМП, ротоклоны; контактные фильтры – рукавные и зернистые.

Для перегрузок ненагретых сухих сыпучих материалов применяются как правило циклоны НИОГАЗ при концентрации пыли до 3 г/м3 и мкм либо рукавные фильтры при больших концентрациях пыли и меньшей её крупности. На предприятиях с замкнутыми циклами водоснабжения используются инерционные мокрые пылеуловители.



Расход очищаемого воздуха – , м3/с (1,7),



Концентрация пыли в воздухе перед пылеуловителем – , г/м3 (2,68).



Дисперсний состав пыли в воздухе перед пылеуловителем – (см. табл. 7).



Медианный диаметр пылевых частиц – , мкм (35,0).



Дисперсия распределения частиц по крупности – (0,64),



Плотность пылевых частиц – , кг/м3 (3700).



При выборе в качестве пылеуловителя циклонов типа ЦН используются следующие параметры (табл. 8).

аспирационный конвейер воздуховод гидравлический

Таблица 8. Гидравлическое сопротивление и эффективность циклонов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Щ-11 | Щ-15 | ЦН-15у | ОД-24 |
| , мкм – диаметр частиц, улавливаемых на 50% в циклоне с диаметром м при скорости воздуха , динамической вязкости воздуха Па с и плотности частиц кг/м3 | 3,65 | 4,5 | 6,0 | 8,5 |
| , м/с – оптимальная скорость воздуха в поперечном сечении циклона | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 4,5 |
| Дисперсия парциальных коэффициентов очистки – | 0,352 | 0,325 | 0,352 | 0,308 |
| Коэффициент местных сопротивлений циклона, отнесенный к динамическому напору воздуха в поперечном сечении циклона, ζц: |  |  |  |  |
| для одного циклона | 245 | 155 | 165 | 75 |
| для группы из 2-х циклонов | 284 | 180 | 191 | 87 |
| для группы из 4-х циклонов | 304 | 192 | 205 | 93 |

Допустимая концентрация пыли в воздухе, выбрасывании в атмосферу, г/м3 [32]

при м3/c (37)



при м3/c (38)



Где коэффициент, учитывающий фиброгенную активность пыли, определяется в зависимости от величины предельно допустимой концентрации (ПДК) пыли в воздухе рабочей зоны:



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ПДК мг/ м3 | <2 | 2…4 | 4…6 | 6> |
|  | 0,3 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |

Требуемая степень очистки воздуха от пыли, %

(39)



Расчетная степень очистки воздуха от пыли, %

(40)



где – степень очистки воздуха от пыли j-й фракции, % (пофракционная эффективность – принимается по справочным данным [15, 25]).



Дисперсный состав многих промышленных пыли (при 1< <60 мкм) как и пофракционная степень их очистки и инерционных пылеуловителю подчиняется логарифмически нормальному закону распределения, и общая степень очистки определяется по формуле [33]:



, (41)



в которой

, (42)



где – диаметр частиц, улавливаемых на 50% в циклоне диаметром Дц при средней скорости воздуха в его поперечном сечении ,



, (43)



– динамический коэффициент вязкости воздуха (при t=20 °С, =18,09–10–6 Па–с).



Интеграл (41) не разрешается в квадратурах, и его значения определяются численными методами. В табл. 9 приведены значения функции найденные этими методами и заимствованные из монографии [33].



Нетрудно установить, что

, , (44)



Где

, (45)



это интеграл вероятности, табличные значения которого приведены во многих математических справочниках (см., напр., [34]).

Порядок расчета рассмотрим на конкретном гримере.

1. Допустимая концентрация пыли в воздухе после его очистки в соответствии с формулой (37) при ПДК в рабочей зоне 10 мг/м3()



, г/м3



2. Требуемая степень очистки воздуха от пыли по формуле (39) составляет



Такая эффективность очистки для наших условий ( мкм и кг/м3) может быть обеспечена группой из 4-х циклонов ЦН-11



3. Определим необходимую площадь поперечного сечения одного циклона:

м2



4. Определяем расчетный диаметр циклона:

м



Выбираем ближайший из нормированного ряда диаметров циклонов (300, 400, 500, 600, 800, 900, 1000 мм), а именно м.



5. Определяем скорость воздуха в циклоне:

м/c



6. По формуле (43) определим диаметр частиц, улавливаемых в этом циклоне на 50%:

мкм



7. По формуле (42) определяем параметр X:

.



Полученный результат, основанной на методике НИОГАЗ, предполагает логарифмически нормальный закон распределения пылевых частиц по крупности. Фактически дисперсный состав пыли, в области крупных частиц (> 60 мкм), в аспирируемом воздухе для укрытий мест загрузки конвейеров отличается от нормально–логарифмического закона. Поэтому расчетную степень очистки рекомендуется сопоставить с расчетами по формуле (40) либо с методикой кафедры МОПЭ (для циклонов), основанной на дискретном подходе к достаточно полно освещенной в курсе «Механика аэрозолей».



Альтернативный путь определения достоверной величины общей степени очистки воздуха в пылеуловителях заключается в постановке специальных экспериментальных исследований и сравнении их с расчетными, что мы рекомендуем для углубленного изучения процесса очистки воздуха от твердых частиц.

9. Концентрация пыли в воздухе после очистки составляет

г/м3,



т.е. меньше допустимой.