

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
“ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”

КАФЕДРА «ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕПЛОФИЗИКА»

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине

" Теория очистки газов и жидкостей "

(для студентов очной и заочной форм обучения
направления подготовки 22.04.02 «Металлургия» магистерской программы
«Промышленная теплотехника»)

Донецк-2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
“ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”

КАФЕДРА «ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕПЛОФИЗИКА»

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине

" Теория очистки газов и жидкостей "

(для студентов очной и заочной форм обучения
направления подготовки 22.04.02 «Металлургия» магистерской программы
«Промышленная теплотехника»)

РАССМОТРЕНО

на заседании кафедры

технической теплофизики

Протокол №12 от 31.05.2018 г.

УДК 669: 532.516.13

Рецензент:

Гридин Сергей Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной теплоэнергетики ГОУВПО «ДОННТУ».

Составители:

Захаров Николай Иванович – профессор кафедры технической теплофизики ГОУВПО «ДОННТУ»;

Конспект лекций по дисциплине "Теория очистки газов и жидкостей" [Электронный ресурс] для студентов для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки 22.04.02 «Металлургия» магистерской программы «Промышленная теплотехника» / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф.технической теплофизики; сост. Н.И. Захаров, – Донецк: ДОННТУ, 2018. – Систем. требования Acrobat Reader.

Включают основные разделы теории очистки газов и жидкостей.

Конспект лекций поможет студентам углубить теоретические знания и получить необходимые практические навыки.

1 ОЧИСТКА ВОЗДУХА

1.1 Общая характеристика пылей

Постоянно приходится сталкиваться с веществами, находящимися в измельченном состоянии. Целью многих технологических процессов является приведение твердых веществ в пылевидное состояние (например, помол зерна для получения муки). Пыль может являться побочным продуктом производства (чайная, табачная и др. виды пыли образовавшиеся в результате трения сырья о стенки, перегрузки и т. д.). Пыль — один из видов вещества в измельченном состоянии, взвешенных в газовой, в частности воздушной, среде. Кроме пыли к ним относятся туман и дым. Вместе с пылью они объединяются общим термином «аэрозоль».

Пыль — совокупность мелкораздробленных частиц твердого вещества, находящихся во взвешенном состоянии. Пылью также обычно называют совокупность осевших частиц (иначе «гель» или «аэрогель»).

Туман состоит из мелких жидких капель, взвешенных в газообразной среде.

Дым — аэрозоль с ультрамикроскопическими частицами твердого вещества, полученными в результате неполного сгорания и последующей конденсации.

Между этими частицами трудно провести четкую границу. Частицы непрерывно взаимодействуют, укрупняются, конгломераты разрушаются, частицы осаждаются и т. д.

Различают, в частности, пыль по происхождению (естественного происхождения и промышленная) и по материалу, из которого она образована. Пыль естественного происхождения возникает в результате эрозии почвы, при выветривании горных пород и т. д. С такими видами пыли сталкиваются главным образом при устройстве систем очистки приточного воздуха. Промышленная пыль образуется в процессе производства. Почти каждому пищевому производству сопутствует определенный вид пыли. Совокупность мелкораздробленных частиц (мука, сахарная пудра, крахмал и др.) принято называть пылевидным материалом, а под пылями мучной, сахарной, крахмальной обычно понимают мелкие фракции этих материалов, разносимые токами воздуха и оседающие на различных поверхностях. Большинство видов пыли возникает при обработке материалов (сортировка, резание, шлифование и т. д.), при их транспортировке и связанных с этим процессом операциях (погрузка, выгрузка, пересыпка).

В зависимости от материала, из которого пыль образована, она может быть органической и неорганической. Органическую основу имеет пыль мучная, зерновая, табачная, сахарная, чайная, хлопковая и др. Они относятся к растительным пылям. Пыль шерстяная, костяная — к пылям животного происхождения. Неорганические пыли подразделяются на минеральные (кварцевая, цементная и др.) и металлические (стальная, чугунная, медная, алюминиевая и др.). Значительная часть пищевых пылей кроме органической основы включает минеральную примесь, главным образом частицы почвы, осевшие на растениях при их выращивании (пыль табачная, чайная, хлопковая и др.)

Промышленные пыли, в том числе и пыли пищевых производств, полидисперсны, т. е. состоят из частиц различной величины.

Основные закономерности движения и осаждения пыли. Осаждение пылевых частиц в зависимости от их величины происходит по разным законам. Крупные пылевые частицы осаждаются по закону Ньютона. Осаждение частиц диаметром 1...100 мкм, т. е. наиболее активных и характерных для большинства пищевых производств, подчиняется закону Стокса; перемещение субмикронных частиц, особенно мельчайших, определяется броуновским движением.

Согласно закону Стокса, сила сопротивления вязкой среды движущемуся в ней телу равна

$$P_c = 3\pi\mu vd,$$

где μ — динамическая вязкость среды; v — скорость движения тела; d — диаметр пылевой частицы. Для частицы, имеющей шарообразную форму, сила тяжести равна

$$P_t = \frac{\pi d^3}{6(\rho_1 - \rho_2)g},$$

где ρ_1 — плотность частицы; ρ_2 — плотность среды. При равенстве $P_T = P_C$, подставляя соответствующие значения, получим величину скорости падения частицы:

$$v = \frac{d^2 g (\rho_1 - \rho_2)}{18\mu}.$$

Эта величина характеризует осаждение частицы с постоянной скоростью и называется скоростью витания. Она выражает скорость восходящего газового потока, при которой частицы, находящиеся в этом потоке, не оседают и не уносятся потоком, т. е. находятся в безразличном состоянии (витают). Это понятие важно для систем, в которых происходит перемещение газообразной среды со взвешенными в ней твердыми частицами. Скорость витания определяют экспериментальным путем (см. гл. 9) или по номограммам [19].

Из формулы (6.3), зная скорость витания, можно определить диаметр частиц

$$d = \sqrt{\frac{18\mu v}{(\rho_1 - \rho_2)g}}$$

Закон Стокса дает точные значения при числе Рейнольдса $Re \leq 1$. Перемещение в воздушной среде субмикронных частиц, помимо сил гравитации, определяется также броуновским движением. Так, для частиц размером 0,3...0,5 мкм броуновское движение соизмеримо с падением, для частиц 0,03...0,02 мкм броуновское движение является определяющим.

Таким образом, высокодисперсная пыль и другие аэрозольные частицы не осаждаются даже в спокойном воздухе, постоянно перемещаясь в воздушном пространстве. В атмосфере и помещениях вследствие подвижности воздуха не осаждаются и более крупные частицы.

Приведенные выше формулы характеризуют движение частиц, имеющих шарообразную форму. В действительности форма частиц самая разнообразная. В формулы входит седиментационный диаметр, т. е. диаметр шарообразной частицы с такой же плотностью и с такой же скоростью осаждения, как и у данной частицы. Седиментационный диаметр несколько меньше эквивалентного диаметра шара, т. е. шара, имеющего такую же массу и плотность, как и данная частица. Приведенные зависимости характеризуют движение одиночной частицы в неограниченном пространстве. В реальных условиях осаждается большое число частиц, причем в среде, ограниченной стенками. Частицы взаимодействуют друг с другом и со стенками, что оказывает влияние на процесс осаждения. Поэтому в данные об осаждении частиц, полученные расчетным путем, вносят поправки на основе экспериментальных исследований.

Вредное действие пыли, как и других вредных выделений, рассмотрено в гл. 1.

К основным физико-химическим свойствам пыли относят дисперсность, т. е. степень измельчения, строение частиц, плотность, удельную поверхность, характеристики взрыво- и пожароопасности, электрические свойства и др. Знание этих свойств необходимо для оценки санитарно-гигиенической, экологической опасности пыли, ее способности образовывать взрывопожароопасные концентрации, для выбора эффективного пылеулавливающего оборудования и разработки технологических мероприятий с целью уменьшения образования и выделения пыли.

Дисперсность пыли в значительной мере определяет ее свойства. В результате измельчения твердого вещества многократно увеличивается его суммарная поверхность и оно приобретает новые качества — увеличивается химическая и физическая активность: интенсивно протекают реакции окисления, растворение измельченного вещества происходит во много раз быстрее, чем исходного материала. Дисперсность определяет распространение пыли в окружающей среде. Мелкие частицы значительно опаснее для организма человека, чем более крупные. При выборе пылеулавливающего оборудования во многом исходят из дисперсности пыли. Имеется несколько способов выражения пылевых частиц: по размеру в свету наименьших размеров сита, через которые проходят частицы, по

условному диаметру частиц, по их наибольшему линейному размеру.

При определении дисперсного состава частицы распределяют по размерам. Согласно [16] размеры аэрозольных частиц находятся в пределах 10^{-7} - 10^{-1} см. Весь диапазон размеров частиц разбивают на фракции, применяется следующая шкала размеров частиц: 1-1,3-1,6-2,0-2,5-3,2-4,0-5,0-6,3-8,0-13- 16-20-25-32-40-50-63 мкм.

Для определения дисперсного состава пыли выполняются специальные лабораторные исследования, метод которых определяется видом пыли, требуемой точностью, наличием оборудования и др. [17]. К основным методам определения дисперсного состава пыли относятся: ситовый анализ — разделение частиц на фракции путем последовательного просеивания навески пыли через лабораторные сита с отверстиями различных размеров (у нас стандартизированы сита с минимальными отверстиями 40 мкм, в мировой практике известны сита с отверстиями 5 мкм); седиментометрия — разделение навески на отдельные фракции путем осаждения ее в жидкой или газообразной среде; **микроскопический анализ** — рассмотрение пылевых частиц с помощью оптического или электронного микроскопа, определение формы частиц, их размера и количества по фракциям; **центробежная сепарация** — разделение пыли на фракции с помощью центробежной силы в специальном аппарате.

Дисперсный состав пыли, полученный аналитическим путем, может быть представлен в табличной форме или в виде графика. Академик А. Н. Колмогоров теоретически обосновал, что дисперсность частиц, образующихся при измельчении материала в течение достаточно длительного времени, подчиняется логарифмическому нормальному закону распределения. Это подтверждено экспериментально. График дисперсного состава пылей обычно выполняют в вероятностно-логарифмической системе координат. На оси абсцисс откладывают логарифмы диаметров частиц, на оси ординат — массу данной пыли соответствующего размера в процентах. Распределение массы по диаметрам выражается прямой или близкой к ней линией. ГОСТ 12.2.43- 80 подразделяет все пыли в зависимости от дисперсности на пять групп: I — наиболее крупнодисперсная пыль, II — крупнодисперсная пыль, III — среднедисперсная пыль, IV — мелкодисперсная пыль, V — наиболее мелкодисперсная пыль (рис. 6.1). По положению линий, выражающих дисперсный состав пыли на номограмме, можно определить группу пыли. Если линия проходит по нескольким участкам, пыль относят к более высокой по дисперсности группе [18].

Взрыво- и пожароопасность пыли. Почти все пыли пищевых производств являются органическими пылями. Они склонны к возгоранию, а многие из них образуют с воздухом взрывоопасные смеси, которые при определенных условиях способны взрываться. Взрыв — одна из разновидностей реакции горения. Протекает она практически мгновенно. При взрыве образуется большое количество газов. Их давление, быстрое, резкое движение, происходящее волнами, толчками, приводит к разрушению окружающих конструкций, оборудования и т. д. Возбуждение взрыва пыли возможно при сочетании определенных условий. Если отсутствует хотя бы одно из них, взрыва не произойдет, несмотря на наличие

осевшая пыль переходит во взвешенное состояние, вновь образуя взрывоопасные смеси. Локальный взрыв может перевести во взвешенное состояние осевшую пыль. При первом и последующем взрывах происходит встряхивание здания и расположенного в нем оборудования. Пыль, покрывающая тонким слоем их поверхности, переходит во взвешенное состояние и становится питательной средой для следующего взрыва. Последующий более мощный взрыв способен разрушить емкости, где хранятся пылевидные материалы, например емкости для бестарного хранения муки на хлебозаводе. Это уже будет средой для еще более мощного взрыва, способного разрушить здание. Разрушение при взрыве пыли, взвешенной в воздухе, происходит в результате внезапного, практически мгновенного образования газов и действия взрывной волны, распространяющейся с громадной скоростью.

Коагуляция пыли. Аэрозоль — неустойчивая система. С течением времени в аэрозоле под действием различного рода физических факторов происходит укрупнение взвешенных частиц. Этот процесс носит название коагуляций (агрегирования, агломерации). Соединение частиц и их укрупнение происходит при слипании их вследствие столкновения под действием гравитационных сил, турбулизации, броуновского движения, взаимного притяжения и т. д. Параллельно с процессом образования агломератов происходит, хотя и менее интенсивно, процесс разрушения укрупненных частиц.

Коагуляция происходит тем интенсивнее, чем больше вероятность столкновения аэрозольных частиц. Мелкие частицы в большей степени подвержены коагуляции, чем крупные. Ускоряется также коагуляция при повышении концентрации частиц в газовой среде. Коагуляция полезное явление: укрупненные частицы быстрее осаждаются и лучше улавливаются. Коагуляция может быть ускорена применением таких методов, как турбулизация потока, акустическая обработка запыленной среды, ее искусственная ионизация (рассматриваются ниже).

Электрические свойства пыли оказывают определенное воздействие на устойчивость аэрозоля, процесс его осаждения, а также на характер воздействия пылевых частиц на живой организм. Частица может иметь один или несколько зарядов или быть нейтральной. Суммарный заряд системы определяется суммарным зарядом входящих в ее состав частиц. Пылевые частицы получают заряд в результате взрыва, трения, а также вследствие адсорбции ионов при ионизации среды. Взаимодействуя друг с другом и с окружающей средой, частицы получают заряд, отдают его, нейтрализуются.

Электрические свойства пылей пищевых производств нужно учитывать для предотвращения взрывов и пожаров. Импульсом в процессе взрывообразования может стать заряд статического электричества.

По имеющимся данным, частицы, несущие электрический заряд, в два раза интенсивнее задерживаются в дыхательных путях, чем нейтральные [20].

Определение содержания пыли в воздухе. Содержание пыли в воздухе можно выразить как массу пыли, приходящуюся на единицу объема (мг/м^3), или как число

пылевых частиц в единице объема — в 1 см^3 воздуха. ГОСТ 12.1.005 предусматривает предельно допустимые концентрации (ПДК) в $\text{мг}/\text{м}^3$. Полная характеристика запыленности будет в том случае, если данные о массовом содержании пыли в воздухе будут дополнены данными о ее дисперсном составе. В результате применения счетного метода может быть определено общее число пылевых частиц в единице объема воздуха, а также соотношение частиц разного размера. Счетный метод обычно основан на микроскопических исследованиях пыли. Массовое содержание пыли в воздухе находят, пропуская объем воздуха через фильтр и определяя его массу до и после запыления. Сейчас широко применяют аналитические аэрозольные фильтры АФА (рис. 6.2). Фильтрующим материалом является перхлорвини-ловая ткань ФПП. Она помещена в защитное бумажное кольцо. При отборе проб фильтры устанавливают в металлические или пластмассовые патроны.

Пробы отбирают в производственных помещениях и на территории промышленных предприятий и населенных пунктов, где необходимо определить содержание пыли в воздухе. На рабочих местах пробы отбирают на уровне дыхания работающего. Для отбора проб воздуха применяют аспиратор модели 822 (рис. 6.3), эжекторный аспиратор, пылесосы с ротаметром.

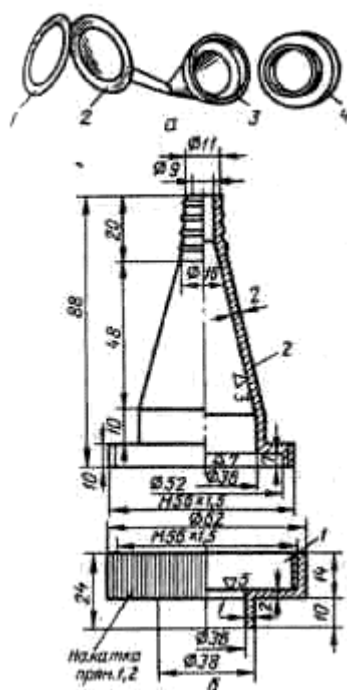


Рис. 2 - Устройство фильтра и патрона: а — фильтр АФА-ВП: 1 — защитное бумажное кольцо; 2 — фильтр; 3 — корпус конусного патрона; 4 — зажимная гайка; б — патрон к фильтру АФА-ВП-10: 1 — зажимная гайка; 2 — корпус патрона.

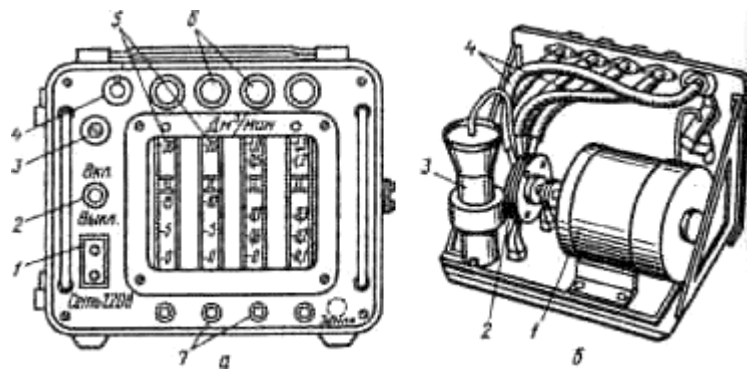


Рис. 3 - Аспиратор: а — передняя панель аспиратора модели 822:

1 — колодка для присоединения электрического шнура; 2 — выключатель; 3 — электропредохранитель; 4 — предохранительный клапан для предотвращения перегрузки электродвигателя; 5 — ротаметры; 6 — ручки вентилях ротаметров для регулирования объемных расходов воздуха; 7 — штуцера для присоединения резиновых трубок к фильтрам; б — внутреннее устройство аспиратора 822: 1 — электродвигатель; 2 — ротационная воздуходувка; 3 — масленка для непрерывной смазки лопастного ротора воздуходувки; 4 — резиновые шланги для соединения воздуходувки с ротаметрами.

Аспиратор работает от сети переменного тока с напряжением 220 В и потребляет мощность в 100 Вт. Обычно отбирают параллельно две пробы и запыленность воздуха принимают как среднее из двух замеров. Для отбора проб воздуха во взрывоопасных помещениях, а также при сложности подключения к электросети применяют эжекторный аспиратор, например типа АЭРА. Фильтры взвешивают на лабораторных весах с точностью до 0,1 мг. Перед взвешиванием их необходимо выдержать в помещении с постоянной влажностью не менее 30 мин. Концентрацию пыли в воздухе c , мг/м³, определяют по формуле:

$$c = \frac{2,76 \cdot 10^6 G (273 + t_c)}{V t p_b}$$

где G — масса пыли, г;

t_c — температура воздуха по сухому термометру, °С; V — расход воздуха через прибор, л/мин; t — продолжительность отбора воздуха, мин; p_b — барометрическое давление, Па.

Определение массового содержания пыли в воздухе доступно лаборатории любого предприятия пищевой промышленности. Его систематическое определение в производственных помещениях и над прилегающей территорией позволяет контролировать выполнение санитарно-гигиенических и экологических требований и оперативно принимать необходимые меры.

1.2 Пылеулавливающее оборудование

1.2.1 Классификация и основные характеристики пылеулавливающего оборудования

Пылеулавливающее оборудование широко применяется во всех отраслях народного хозяйства, в том числе в пищевой промышленности. Оно служит для очистки от пыли вентиляционных и технологических выбросов в атмосферу, для отделения от потока воздуха пылевидных материалов, перемещаемых в системах пневмотранспорта, а также для обеспыливания приточного и рециркуляционного воздуха. Пылеулавливающее оборудование характеризуется большим разнообразием по принципу действия и конструктивным особенностям. Его классификация установлена ГОСТ 12.2.043-80. По назначению пылеулавливающее оборудование подразделяется на два типа: воздушные фильтры — оборудование, применяемое для очистки воздуха, подаваемого в помещения системами приточной вентиляции, кондиционирования и воздушного отопления; пылеуловители — оборудование, применяемое для очистки от пыли воздуха, выбрасываемого в атмосферу системами вытяжной вентиляции.

В зависимости от способа отделения пыли от воздушного потока различают оборудование для улавливания пыли сухим способом (частицы осаждаются на сухую поверхность) и оборудование для улавливания пыли мокрым способом, при котором отделение частиц от воздушного потока осуществляется с использованием жидкостей.

Оборудование, улавливающее пыль сухим способом, подразделяется на четыре группы: гравитационное, инерционное, фильтрационное и электрическое.

Оборудование для улавливания пыли мокрым способом подразделяется на три группы: инерционное, фильтрационное и электрическое. В каждой группе различают виды оборудования. Так, группа инерционного оборудования для улавливания пыли сухим способом подразделяется на следующие виды: камерное, жалюзийное, циклонное, ротационное. Выделено также комбинированное оборудование. В нем отделение пыли от воздушного потока осуществляется последовательно в несколько ступеней, различающихся по принципу действия, конструктивным особенностям и способу очистки.

Классификация оборудования произведена по основному принципу действия. Практически же все устройства работают с использованием не одного, а нескольких физических явлений.

К основным характеристикам пылеулавливающего оборудования относятся: степень очистки воздуха от пыли (эффективность), производительность, гидравлическое сопротивление, расход электрической энергии, стоимость очистки.

Степень очистки воздуха от пыли (эффективность) характеризует отношение

массы пыли G_y , уловленной в аппарате, к массе поступившей в него пыли $G_{вх}$. Выражается в процентах, иногда в долях единицы.

$$\epsilon = \frac{G_y}{G_{вх}} \cdot 100.$$

Степень очистки можно определить также, зная концентрацию пыли в воздухе до и после очистки (соответственно $c_{вх}$, $c_{вых}$, мг/м^3). Если не происходит подсоса воздуха в аппарате, эффективность очистки определяют по формуле:

$$\epsilon = \frac{1 - c_{вых}}{c_{вх}} \cdot 100.$$

При наличии подсоса воздуха (например, в рукавных фильтрах) эффективность определяют по формуле

$$\epsilon = \left(1 - \frac{c_{вых} L_{вых}}{c_{вх} L_{вх}} \right) \cdot 100,$$

где $L_{вх}$, $L_{вых}$ — соответственно расход воздуха при входе и выходе из аппарата, $\text{м}^3/\text{ч}$. При последовательной установке нескольких аппаратов (каскадной очистке), применяемой для более полного обеспыливания воздуха, суммарная эффективность очистки определяется по формуле:

$$\epsilon = \left[1 - (1 - \epsilon_1)(1 - \epsilon_2) \dots (1 - \epsilon_n) \right] \cdot 100.$$

где ϵ_1 , ϵ_2 , ..., ϵ_n — эффективность очистки каждого из аппаратов, входящих в каскад (в долях единицы). Эффективность очистки — важнейшая характеристика пылеотделителя. На нее ориентируются при выборе пылеулавливающего оборудования в соответствии с допустимым остаточным содержанием пыли в очищенном воздухе. Сравнивая два аппарата, сопоставляют проценты пропущенной пыли. Если эффективность одного аппарата 99%, а другого 98%, то они пропускают соответственно 1 % и 2% пыли. Следовательно, эффективность первого аппарата в два раза выше, чем второго.

Для полной характеристики аппарата нужно знать его **фракционную эффективность**. Она показывает долю уловленной пыли по каждой фракции. Этот показатель позволяет выбрать оборудование в соответствии с фракционным составом пыли. Фракционная эффективность очистки $\epsilon_{фн}$ выражается отношением

$$\epsilon_{фн} = \frac{g_n}{G_u},$$

где g_n — количество уловленной пыли n -й фракции;

G_n — количество поступившей в аппарат пыли n -й фракции. Общую эффективность аппарата ϵ определяют по фракционной эффективности следующим образом:

$$\epsilon = \frac{G_1 \epsilon_{\phi 1} + G_2 \epsilon_{\phi 2} + \dots + G_n \epsilon_{\phi n}}{G_1 + G_2 + \dots + G_n}$$

где G_1, G_2, \dots, G_n — количество пыли соответствующих фракций, поступившей в аппарат;

$\epsilon_{\phi 1}, \epsilon_{\phi 2}, \dots, \epsilon_{\phi n}$ — фракционная эффективность улавливания по

данной фракции. Отношение количества пыли данной фракции ко всей пыли, поступившей в аппарат, выражается:

$$\frac{G_1}{G} = \delta_1; \frac{G_2}{G} = \delta_2; \dots; \frac{G_n}{G} = \delta_n.$$

После преобразования получим значение общей эффективности очистки ϵ :

$$\epsilon = \delta_1 \cdot \epsilon_{\phi 1} + \delta_2 \cdot \epsilon_{\phi 2} + \dots + \delta_n \cdot \epsilon_{\phi n}.$$

или в процентах

$$\epsilon = 100 \sum_{i=1}^n \delta \epsilon_{\phi i}$$

Производительность характеризуется количеством воздуха, которое очищается за 1 час. Аппараты, в которых воздух очищается при прохождении через фильтрующий слой, характеризуются удельной воздушной нагрузкой, т. е. количеством воздуха, которое проходит через 1 м^2 фильтрующей поверхности за 1 час.

Гидравлическое сопротивление имеет важное значение, так как от его величины зависит требуемое давление вентилятора, а следовательно, и расход электроэнергии. Гидравлическое сопротивление аппарата определяют по формуле:

$$H = A v^n,$$

где v — скорость движения воздуха через аппарат, м/с;

A, n — коэффициенты, определяемые экспериментальным путем и зависящие от конструкции аппарата.

Расход электрической энергии зависит в значительной мере от гидравлического

сопротивления аппарата. В электрофильтрах электроэнергия расходуется в основном на создание электростатического поля. Расход электроэнергии при одноступенчатой очистке находится в пределах от 0,035 до 1,0 кВт·ч на 1000 м³ воздуха [21].

Стоимость очистки является важнейшим показателем, так как характеризует экономичность очистки. Она зависит от многих факторов: капитальных затрат на оборудование, эксплуатационных расходов и др. По данным [22], стоимость очистки в различных аппаратах может превышать одна другую в 30-35 раз.

При выборе пылеулавливающего оборудования кроме фракционной эффективности учитывают также особенности пыли, физические и химические свойства, в том числе взрывопожароопасность, склонность к коагуляции, гидрофобность и др., а также ценность пыли, необходимость ее сохранения и использования. Важное значение придают экономичности очистки, принимают во внимание такие факторы, как наличие водных ресурсов и т. д.

1.2.2 Пылеуловители

Из всего многообразия конструкций пылеуловителей далее рассматривается оборудование, которое находит применение на предприятиях пищевой промышленности или имеет перспективы применения на соответствующих производствах. В описание пылеуловителей включены характеристики (эффективность и др.), полученные при улавливании пылей, на которые рассчитаны данные аппараты.

Пылеосадочные камеры относятся к группе гравитационного оборудования, в которую входят два его вида — полые и полочные.

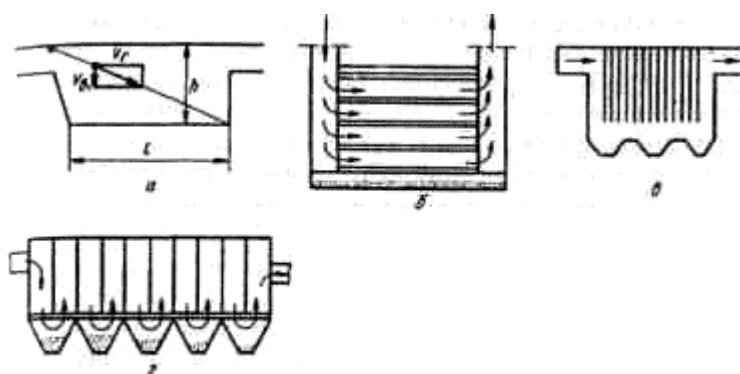


Рис. 4 - Пылеосадочные камеры: а — простейшего типа; б — полочная; в — с подвешенными стержнями; г — конструкции В. В. Батурина.

Пылевая частица, внесенная в камеру потоком воздуха, находится под действием двух сил — кинетической энергии потока, в котором она взвешена и перемещается в горизонтальном направлении, и гравитационных сил, под действием которых она осаждается на дно камеры (рис. 6.4). На основании этого построения можно сделать расчет, из которого несложно получить формулу для определения минимальной длины

камеры 1:

$$l = h/vB,$$

где h — высота камеры, м;

vB — скорость движения частицы в вертикальном направлении, м/с.

Из этой зависимости следует, что для уменьшения высоты целесообразно разделить камеру с помощью горизонтальных перегородок. Так устроена полочная пылесадочная камера (рис. 4, б). Для удобства удаления пыли полки устраивают наклонными или поворотными. Для осаждения мелких фракций пыли в камере необходимо обеспечить ламинарное движение воздуха, что потребовало бы устройства камер громадных размеров, но это неосуществимо. Для увеличения эффекта осаждения за счет использования сил инерции применяются камеры с подвешенными к потолку цепями, стержнями (рис. 4, в). В. В. Батулин предложил камеру лабиринтного типа (рис. 4, г). В этой камере происходит быстрое затухание скоростей в струе, настилающейся на щит. Эффективность очистки в этой камере выше, чем в обычных [5].

Для улавливания пыли, растворимой в воде, например сахарной, применяют пылесадочную камеру, в которой нижняя часть заполнена горячей водой. Осажденная сахарная пыль поглощается водой и может быть возвращена в производство по мере повышения концентрации сахара в воде.

Для создания равномерного движения воздуха в пылесадочной камере при входе в нее устанавливают сетки, решетки и др. Скорость движения воздуха через пылесадочную камеру обычно не превышает 3 м/с.

Преимуществами пылесадочной камеры являются простота устройства, несложность эксплуатации, долговечность. Камеры могут быть выполнены из кирпича, бетона и других неметаллических материалов, не подвергающихся коррозии. Гидравлическое сопротивление камер обычно находится в пределах 20-150 Па. Пылесадочные камеры имеют и существенные недостатки, резко сократившие их применение. В камере осаждаются лишь наиболее крупные фракции пыли. Мелкие фракции выносятся из нее воздушным потоком. Степень очистки в камере не превышает 50-60%. Камеры занимают много места. Для осаждения взрыво- и пожароопасной пыли устройство больших камер не допускается.

Циклоны. Циклонные аппараты входят в группу инерционного оборудования, образуя в ней отдельный вид. Сепарация пыли из воздушного потока осуществляется в циклоне с помощью центробежной силы.

Циклоны широко применяются для очистки от пыли вентиляционных и технологических выбросов в пищевой промышленности и в других отраслях народного хозяйства. Есть все основания утверждать, что циклоны являются наиболее распространенным видом пылеулавливающего оборудования. Это в

основном объясняется простотой их устройства, надежностью в эксплуатации при сравнительно небольших капитальных и эксплуатационных затратах. Эти затраты значительно меньше соответствующих затрат на рукавные фильтры, а тем более на электрофильтры. Основным недостатком циклона является сравнительно невысокая фракционная эффективность при улавливании пыли до 5-10 мкм. Корпус циклона состоит из цилиндрической и конической частей. Коническая часть выполняется в виде так называемого прямого конуса (в большинстве аппаратов), обратного конуса или состоит из двух конусов — прямого и обратного (рис. 6.5). Строение конической части аппарата определяет особенности движения пылевоздушного потока в этой части циклона и в значительной мере оказывает влияние на процесс сепарации, а также коагуляции некоторых видов пыли (например, волокнистой, слипающейся) в аппарате, устойчивость его работы при улавливании этих видов пыли. Запыленный воздух входит в циклон (рис. 6.6) через патрубок по касательной к корпусу обычно со скоростью до 20 м/с и далее движется по спирали в кольцевом пространстве между корпусом и выхлопной трубой, а затем в конической части корпуса. Под действием центробежной силы, возникающей при вращательном движении потока, пылевые частицы перемещаются радиально, прижимаясь к стенкам циклона, затем поток, продолжая свое движение, поступает в выхлопную (внутреннюю) трубу и по ней выходит из аппарата. Пыль отделяется от воздуха в основном в момент перехода нисходящего потока в восходящий, что происходит в конической части корпуса циклона. В циклоне, таким образом, создаются два вихревых потока: внешний — запыленного воздуха от входного патрубка в нижнюю часть корпуса — и внутренний — относительно очищенного воздуха из нижней части корпуса в выхлопную трубу.

Теоретические основы центробежной сепарации и теоретические основы работы циклона рассматриваются во многих работах [23, 18, 25, 25]. Процессы, происходящие в циклоне, весьма сложны и зависят от многих факторов, поэтому при теоретических расчетах приходится делать много допущений и упрощений.

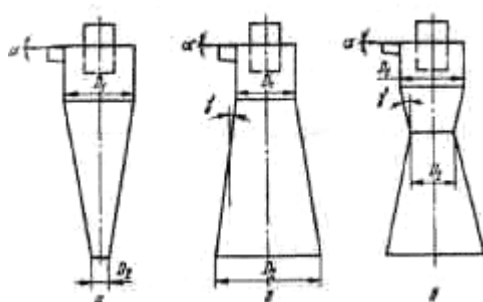


Рис. 5 - Схемы циклонов: а — коническая часть корпуса в виде прямого конуса; б — коническая часть корпуса в виде обратного конуса; в — коническая часть корпуса составная.

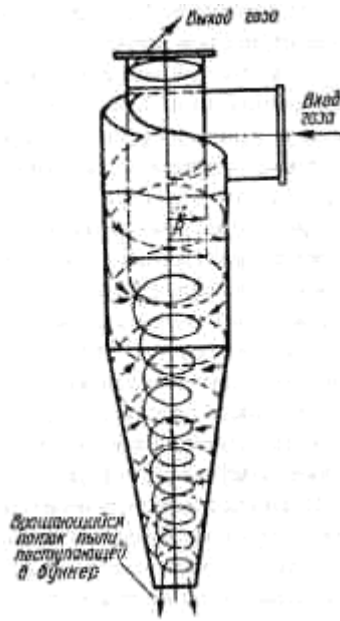


Рис.6 - Схема действия циклона.

Вследствие этого расчет циклона весьма приближенный, результаты расчетов существенно отличаются от результатов экспериментальных исследований. При разработке конструкций циклонов в значительной мере учитывают экспериментальные данные и опыт эксплуатации циклонов. Ценность теоретических исследований состоит в том, что они позволяют выявить основные закономерности работы циклонов.

Величина центробежной силы $P_{ц}$, действующей на пылевую частицу в циклоне, равна

$$P_{ц} = \frac{mv^2}{R},$$

где v — скорость движения потока в циклоне, которую принимают равной скорости при входе в циклон, м/с;

R — расстояние от центра вращения потока, т. е. оси циклона, до частицы, м;

m — масса частицы, кг. Из этой формулы, характеризующей принцип действия циклона, следует, что при прочих равных условиях в циклоне малого диаметра степень очистки выше, чем в циклоне большего диаметра. Поэтому целесообразно при значительных объемах очищаемого воздуха применять групповую установку циклонов малого диаметра, а не устанавливать один циклон большого диаметра. Желательно применять предварительную обработку пылегазовых потоков с целью укрупнения частиц для увеличения их массы. Повышение скорости в циклоне до определенного уровня приводит к увеличению эффективности очистки, однако дальнейшее повышение скорости усиливает турбулизацию, что препятствует сепарации частиц из потока.

При современных требованиях к обеспыливанию воздуха за счет очистки в циклоне

далеко не всегда можно добиться освобождения его от мелких фракций пыли. Сейчас широко применяют двух- и даже многоступенчатую очистку, устанавливая после циклона фильтрационные пылеуловители (рукавные фильтры), мокрые пылеуловители и др. Циклоны следует применять для очистки воздуха от тех видов пыли, для которых они предназначены.

Работа циклона может быть нарушена из-за подсоса воздуха через пылевывпускные отверстия. Это явление наблюдается как при установке циклона на всасывающей, так и на нагнетательной линии вентилятора. Подсасываемый воздух препятствует процессу сепарации, уносит осажденную пыль из циклона. При величине подсоса 10-15% от расчетного количества воздуха эффективность очистки резко падает.

Применяют большое число различных типов циклонов, которые отличаются формой, соотношением размеров элементов и т. д. Например, различными могут быть соотношение высот цилиндрической и конической частей корпуса, отношение диаметра выхлопной трубы к диаметру цилиндрической части корпуса. В зависимости от способа подведения воздуха к циклону различают циклоны с тангенциальным и спиральным подводом воздуха. Последние при прочих равных условиях более эффективны. Применяют циклоны правые (вращение потока по часовой стрелке, если смотреть сверху) и левые (вращение против часовой стрелки). Циклоны делятся на циклоны большой производительности и циклоны высокой эффективности. Первые имеют большой диаметр и обеспечивают очистку значительного количества воздуха, вторые — сравнительно небольшого диаметра (до 500-600 мм). Обычно применяют групповую установку этих циклонов, соединяя их параллельно по воздуху.

Рассмотрим циклоны НИИОГАЗ, БЦ, УЦ, ОТИ, ЦОЛ, ВЦНИИ-ОТ, СИОТ, а также циклоны РИСИ. Эти аппараты применяются в пищевой промышленности и в других отраслях.

Соотношение размеров и другие данные об указанных выше циклонах, кроме ЛИОТ и СИОТ (скорость воздуха во входном патрубке, коэффициент гидравлического сопротивления, зависимость диаметра от расхода воздуха) приведены в табл. 6.1.

Циклоны НИИОГАЗ ЦН-11, ЦН-15. Институтом НИИОГАЗ разработан ряд конструкций циклонных аппаратов. Широкое распространение получили циклоны ЦН-11, ЦН-15 (рис. 6.7) и др. ЦН-11 утвержден в качестве унифицированного пылеуловителя циклонного типа. Цифровое обозначение (11, 15) соответствует углу, под которым патрубок для подвода воздуха присоединен к корпусу.

Циклоны НИИОГАЗ могут применяться в табачной, чайной, крах-малопаточной и др. отраслях. Циклон ЦН-15 рекомендуется применять при ограниченных по высоте габаритах. Для улавливания взрывоопасной и легковозгораемой пыли циклоны ЦН должны быть выполнены по специальным чертежам, не иметь узлов, где возможно скопление пыли, и должны быть снабжены взрывными клапанами. Циклоны ЦН-11

и ЦН-15 в зависимости от требуемой производительности устанавливают одиночно или komponуют в группы по два, четыре, шесть, восемь (не более) циклонов.

Данные о производительности и гидравлическом сопротивлении циклонов ЦН-11 при одиночной и групповой установках приведены на рис. 8. Производительность аппаратов рекомендуется принимать при сопротивлении 700-1200 Па (заштрихованная область). О фракционной эффективности циклонов ЦН-11 и ЦН-15 можно судить по графику (рис. 6.9), из которого видно, что циклон ЦН-11 улавливает 80% частиц пыли размером до 5 мкм, а циклон ЦН-15 — несколько меньше.

На пищевых предприятиях применяют циклоны ЦН, скомпонованные в батареи (группы). Их обозначают БЦ (рис. 6.10, а), а при установке шлюзового затвора — БЦШ. Они применяются в качестве первой ступени очистки в системах аспирации и пневмотранспорта зерноперерабатывающих предприятий, предприятий по переработке семян подсолнечника и пр. В зависимости от числа циклонов, входящих в батарею, их именуют 2БЦ, 4БЦ, 4БЦШ. Эффективность очистки достигает 97-98%.

Циклоны ОТИ (рис. 10, б) используются на зерноперерабатывающих и пищевых предприятиях преимущественно при групповой установке. Степень очистки — до 97-98%. Оптимальная скорость при входе — 10-14 м/с. Преимуществом циклонов ОТИ является их значительная устойчивость к изменению скорости при входе до $\pm 35\%$, что важно для систем, работающих с переменным режимом.

Циклоны УЦ (рис. 10, в) с диаметром корпуса до 850 мм применяются на предприятиях крахмалопаточной, масложировой отраслей для одиночной и батарейной установок. Имеют развитую коническую часть. Циклон УЦ снабжен спирально-плоской входной улиткой, что несколько повышает эффективность. Степень очистки — до 99%. Обладает большим гидравлическим сопротивлением, установка циклона должна быть экономически обоснована.

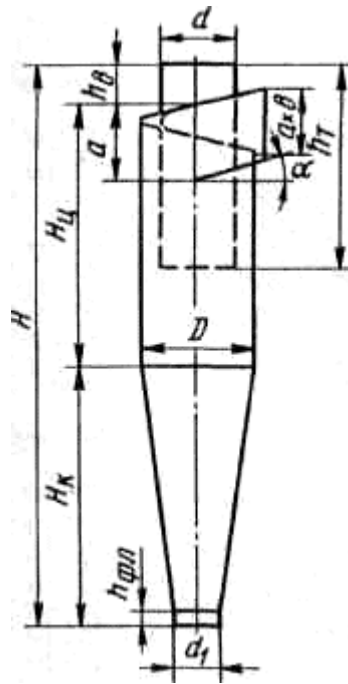


Рис. 7 - Циклон НИИОГАЗ ЦН.

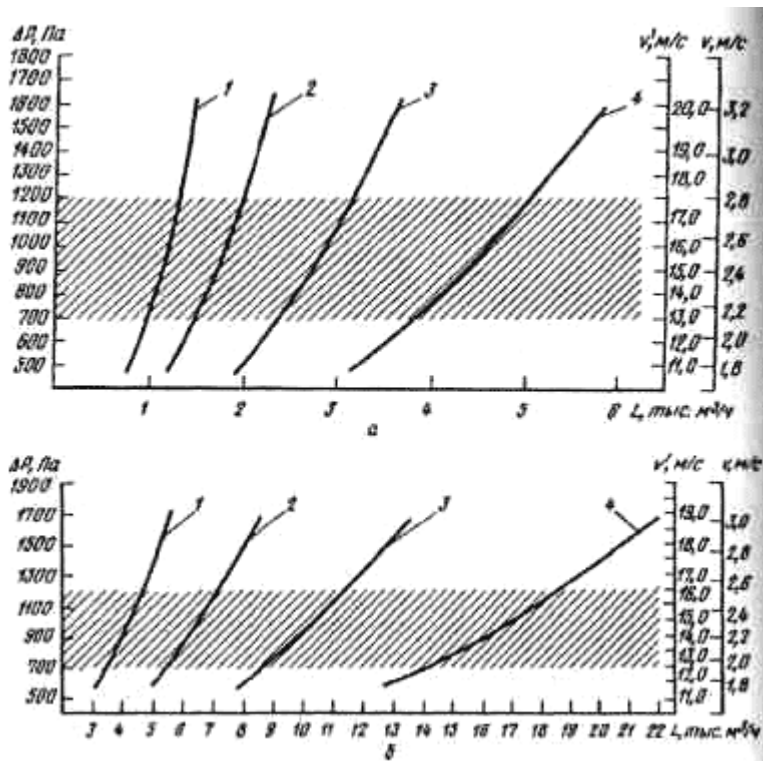


Рис. 8. График производительности и гидравлического сопротивления циклонов ЦН-11: а — при одиночной установке; 1 — 0 400; 2 — 0 500; 3 — 0 630; 4 — 0 800; б — при групповой установке: 1 — 4 x 400; 2 — 4 x 500; 3 — 4 x 630; 4 — 4 x 800; v' — условная скорость в сечении корпуса циклона, м/с; v — скорость в сечении входного патрубка, м/с.

Разработан также циклон УЦМ, который отличается от циклона УЦ наличием

спирально-винтовой улитки, что позволило снизить гидравлическое сопротивление аппарата (рис. 6.10, г). Размеры и другие данные — в табл. 6.1. Циклоны ЦОЛ (центробежные отделители ЛИОТ) (рис. 6.11, табл. 6.2) находят применение для очистки воздуха от зерновой пыли. Пригодны для грубой и средней очистки воздуха от сухой неслипающей и неволокнистой пыли. ЛИОТ — один из первых отечественных циклонов, разработан в довоенный период. Для аппарата характерны удлиненная цилиндрическая часть и значительная глубина выхлопной трубы. В конической части аппарата устанавливают устройство для уменьшения подсоса воздуха.

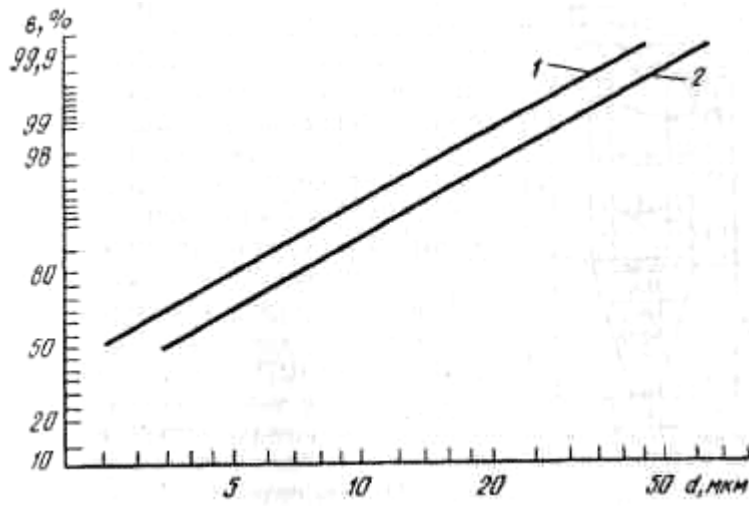


Рис. 9. График фракционной эффективности циклонов: 1 — ЦН-П; 2 — ЦН-15.

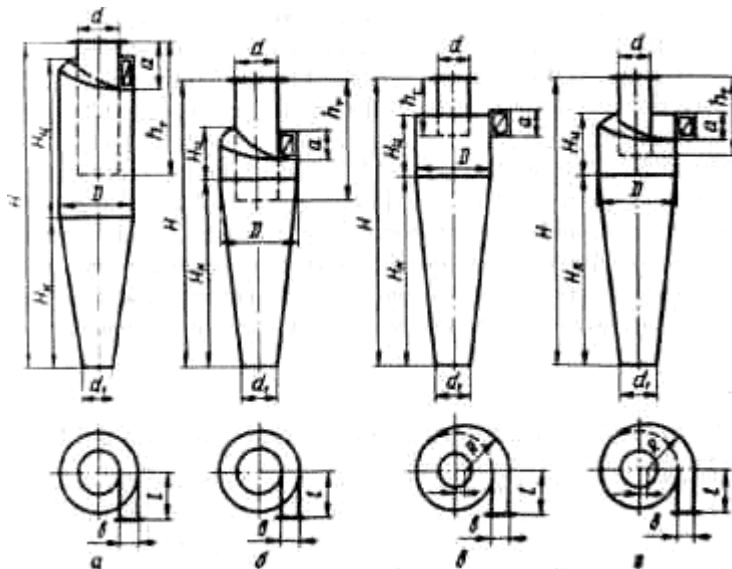


Рис. 10. Циклоны: а — БЦ; б — ОТИ; в — УЦ; г — УЦМ.

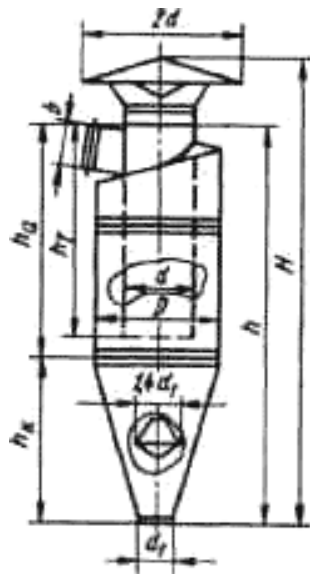


Рис. 11. Циклон ЦОЛ.

Скорость входа потока в циклон — 15-18 м/с. Применяются циклоны ЦОЛ № 1-18 производительностью от 1000 до 18000 м³/ч. Эффективность циклона при улавливании крупнодисперсной пыли, характерной для элеваторов, — 90-95%. Мелкие фракции осаждаются в небольшом количестве. В эксплуатации еще находится немало циклонов данного типа. Циклон ЦОЛ современным требованиям не отвечает и к новой установке не может быть рекомендован.

Циклоны СИОТ полностью лишены цилиндрической части. Выхлопная труба опущена в конический корпус. Входной патрубок имеет треугольное сечение (рис. 6.12). Циклоны применяются для очистки воздуха от сухой неслипающейся и неволокнистой пыли. Возможно их применение для улавливания известковой пыли на сахарных заводах, на крахмалопаточных предприятиях. Эффективность циклонов СИОТ близка к эффективности циклонов ЦН. Циклоны СИОТ целесообразно, в частности, устанавливать при ограничениях высоты — высота СИОТ составляет 70% высоты ЦН-11 при прочих равных условиях, но диаметр СИОТ при тех же условиях на 62% превышает диаметр ЦН-11.

Циклоны ВЦНИИОТ (рис. 6.13, а, табл. 6.1) применяются для очистки воздуха от сухой неслипающейся и неволокнистой пыли. Допускается их применение для очистки от слипающихся пылей типа сажи и талька. Внутренний конус в циклоне установлен для повышения эффективности осаждения пыли, предотвращения ее уноса из пылеприемного бункера. Угол при основании этого конуса принимают при сухой пыли 45°, при улавливании сажи, талька — 60°. Циклоны изготавливаются 11 номеров, производительностью от 180 до 7000 м³/ч.

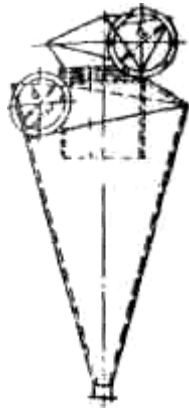


Рис. 12.

Циклон СИОТ.

Циклоны РИСИ. В Ростовском инженерно-строительном институте (ныне Государственный строительный университет) разработан ряд конструкций циклонов, предназначенных для улавливания пылей пищевых производств, обладающих специфическими свойствами — волокнистостью, слипаемостью и пр. При очистке воздуха от этих пылей ранее известными циклонами наблюдался ряд нарушений в работе аппаратов: забивание конической части скопковавшейся волокнистой пылью, налипание пыли на поверхность аппарата и т. д. Здесь рассматриваются конструкция и принцип действия указанных циклонов. В соответствующих главах описано их практическое применение.

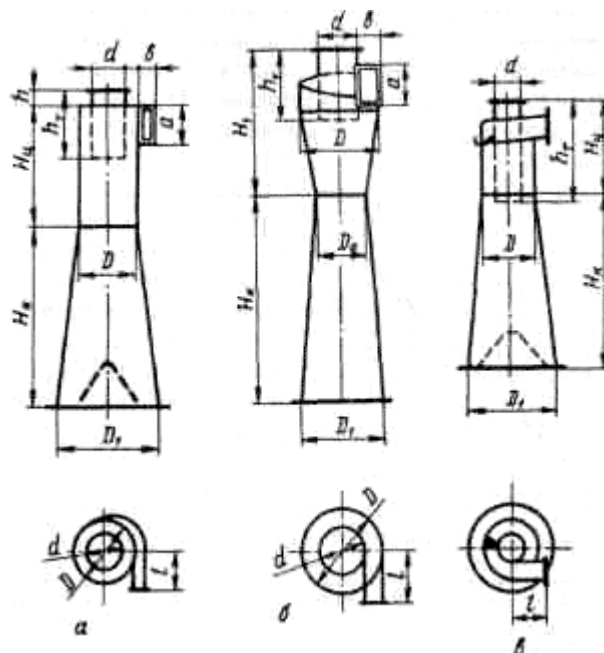


Рис. 13. Циклон с обратным конусом: а — ВЦНИИОТ; б — с конусом-коагулятором РИСИ; в — регулируемый циклон РЦ РИСИ.

Циклон с конусом-коагулятором применяется на масложировых предприятиях для улавливания пыли, образующейся при переработке семян хлопчатника, пыли шрота, а также в других отраслях, например для очистки воздуха от пыли, образующейся на деревоперерабатывающих предприятиях. Данный циклон в

основном отличается от других циклонов с обратным конусом наличием дополнительного элемента — конуса-коагулятора. Таким образом, его коническая часть состоит из двух конусов, соединенных основаниями (рис. 6.13, б, табл. 6.1).

В результате теоретических и экспериментальных исследований нами установлено, что оптимальный режим работы циклона с конусом-коагулятором при улавливании волокнистой пыли обеспечивается при скорости входа воздуха в аппарат 16 м/с и угле конусности конуса-коагулятора 12-15°. В конусе-коагуляторе в результате увеличения скорости происходит турбулизация потока. Волокнистые пылевые частицы коагулируют, образуя устойчивые агрегаты. Вследствие этого эффективность очистки в циклоне повышается, так как увеличивается количество крупных фракций и мелкодисперсная пыль захватывается крупнодисперсными частицами. Из конуса-коагулятора запыленный поток переходит в обратный конус. Выделенная из потока пыль поступает в бункер.

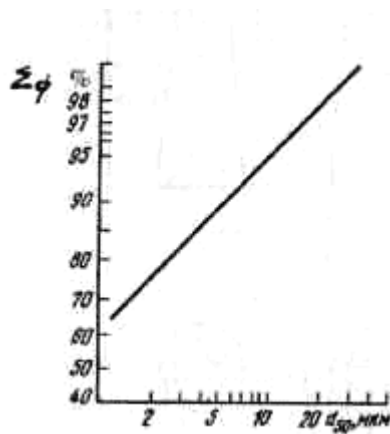


Рис. 14. Фракционная эффективность циклона с конусом-коагулятором.

Циклон с конусом-коагулятором позволяет решить проблему очистки выбросов в атмосферу от волокнистой пыли на масложировых предприятиях, перерабатывающих семена хлопчатника. Эффективность циклона при улавливании волокнистой пыли — более 99%. Фракционная эффективность дана на рис. 6.14. Циклон с конусом-коагулятором эффективно улавливает также пыль шрота, получаемого при переработке семян масличных культур. Разработано 11 номеров циклона с конусом-коагулятором на производительность от 200 до 9000 м³/ч.

Регулируемый циклон РЦ¹ имеет обратный конус, снабжен спирально-винтовым закручивающим аппаратом и регулирующим устройством (рис. 6.13, в, табл. 6.1). Циклон рекомендуется применять для улавливания пылей с повышенной влажностью или маслянистостью, склонных к слипанию, содержащих очень крупнодисперсную фракцию, обладающих повышенной абразивностью, и при необходимости регулирования воздушного режима работы аппарата.

Закручивающий аппарат выполнен в виде спирализованного винта, в нем размещено регулирующее устройство, которое представляет собой направляющую лопатку. Лопатка расположена на выходе запыленного воздуха из направляющего аппарата

в обратный конус в нижней плоскости закручивающего аппарата. С помощью рукоятки лопатка устанавливается под заданным углом.

В циклоне данной конструкции осуществляется коагуляция пыли в закручивающем аппарате, предотвращается вынос крупных частиц, обладающих парусностью. С помощью направляющей лопатки можно регулировать угол входа, а также соотношение между осевой и тангенциальной составляющими скорости потока при входе в корпус циклона в зависимости от свойств пыли и ее концентрации в очищаемом воздухе. Можно периодически очищать внутреннюю поверхность корпуса циклона в случае налипания пыли. Для этого направляющую лопатку поворачивают несколько раз вверх на 135° и возвращают в первоначальное положение.

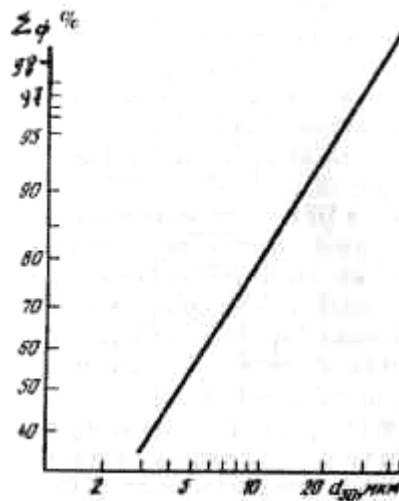


Рис. 15. Фракционная эффективность циклона РЦ.

Фракционная эффективность циклона дана на рис. 6.15. Разработано 10 номеров циклона РЦ производительностью от 250 до 4900 м³/ч.

Регулируемый циклон с перераспределяющими лопатками РЦП¹

разработан на базе циклона РЦ. Отличается от РЦ наличием на выхлопной трубе перераспределяющих лопаток. Лопатка представляет собой плоскую прямоугольную пластину, установленную на некотором расстоянии от выхлопной трубы, вертикальная ось лопатки параллельна оси циклонного аппарата. Лопатка расположена под некоторым углом к радиусу выхлопной трубы, проходящему через ось крепления лопатки. Подходя к лопатке, поток разделяется на две части. Одна часть обтекает лопатку с внешней стороны и отклоняется к внешней стенке циклона. Другая часть потока обтекает лопатку с внутренней стороны и попадает в зазор между плоскостью лопатки и стенкой выхлопной трубы. Проходя через зазор, имеющий форму трубы Вентури, поток в результате уменьшения сечения увеличивает скорость и турбулизуется. Это способствует коагуляции в зоне выхлопной трубы и перемещению ее к стенке циклонного аппарата. При подходе потока к каждой следующей лопатке процесс повторяется. В остальном процесс

очистки такой же, как в РЦ. РЦП был разработан для улавливания пыли шрота.

Циклон с внутренней регулировкой ЦВР² предназначен для улавливания пыли сои и других видов сухой неслипающейся мелкодисперсной пыли. ЦВР отличается от циклона ЦН-15, на базе которого он разработан, тем, что в его выхлопной трубе имеются щелевое отверстие и винтообразная направляющая лента (рис. 6.16, табл. 6.1). Через щелевое отверстие наиболее насыщенная пылью часть потока, проходящего по выхлопной трубе, направляется в корпус циклона на повторную очистку. Винтообразная направляющая лента на внутренней поверхности выхлопной трубы предназначена для интенсификации процесса движения частиц пыли к щелевому отверстию. Благодаря применению внутренней рециркуляции повышается эффективность циклона.

На основе теоретических исследований, подтвержденных экспериментально, нами определены оптимальные размеры щели для внутренней рециркуляции в циклоне ЦВР. Данные приведены в табл. 6.3. В табл. 6.3 приведены параметры щели при скорости на входе в циклон 15,0 м/с и гидравлическом сопротивлении циклона 1070 Па. Эффективность очистки воздуха от пыли сои в циклоне ЦВР — 98-99%. Разработано девять номеров циклона ЦВР на производительность от 900 до 4500 м³/ч.

Фильтрационные пылеуловители. Очистка происходит при прохождении запыленного потока через слой пористого материала. Процесс фильтрации основан на многих физических явлениях (эффекте зацепления, инерции, броуновском движении, действии гравитационных сил, электрических сил). Для поддержания режима фильтрации в требуемых пределах нужно осуществлять регенерацию фильтра — удалять из него задержанные в фильтрующем слое пылевые частицы. Фильтры применяют в большом диапазоне температур, при различной концентрации взвешенных частиц. Соответствующим подбором фильтровального материала и режима очистки можно достичь требуемой степени очистки в фильтре практически во всех необходимых случаях [19, 25]. Стоимость очистки в фильтрах выше, чем в большинстве других аппаратов, что объясняется большей конструктивной сложностью фильтров, большим расходом электроэнергии. Эксплуатация фильтров сложнее, чем эксплуатация большинства других аппаратов. В зависимости от материала фильтрующего слоя фильтра-

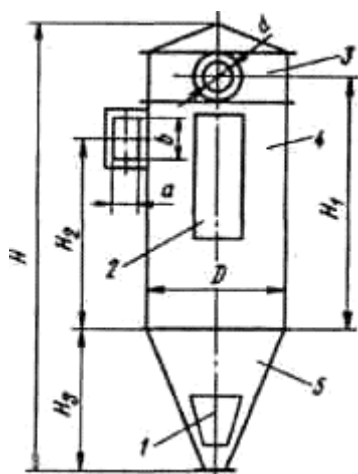


Рис. 18. Фильтр типа РЦИ: 1 — люк; 2 — камера чистого воздуха; 4 — корпус; 5 — днище.

ная нагрузка на ткань для систем аспирации — $7-8 \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{мин})$. Подсос воздуха при работе фильтра составляет до 5%. Регенерация ткани рукавов осуществляется путем автоматической импульсной продувки сжатым воздухом одного или двух рукавов одновременно. Интервал между импульсами — 1-25 с, оптимальное значение — 10 с. Расход сжатого воздуха на продувку одного рукава — $0,7 \text{ м}^3/\text{ч}$. Фильтры РЦИ предназначены для помещений с категорией взрывопожароопасности Б, по ПУЭ — В2а. Температура среды: для элеваторов — $\pm 35 \text{ }^\circ\text{C}$, для мукомольных заводов — $+15 \text{ }^\circ\text{C} + +40 \text{ }^\circ\text{C}$. Относительная влажность среды — 40-75%. Фильтры поставляются в правом и левом исполнении.

Мокрые пылеуловители. В мокрых пылеуловителях эффект действия за счет использования центробежной силы, сил гравитации и др. усиливается тем, что пыль в значительной мере поглощается водяной пленкой (водной поверхностью) и превращается в шлам. В мокрых пылеуловителях опасность взрыва и возгорания устраняется, что особенно важно при улавливании пылей пищевых производств, учитывая их свойства. -

Циклон с водяной пленкой ЦВП может служить для очистки воздуха от любых видов нецементирующей пыли, в том числе пыли известняка на сахарных заводах, а также от пыли, содержащей волокнистые включения. Его можно использовать в качестве пылеуловителя в установках с трубами- коагуляторами Вентури. ЦВП состоит из цилиндрического корпуса с коническим днищем и воздухоотводящим патрубком и воздухопроводящей улитки (рис. 6.19). Запыленный воздух подводится к аппарату через патрубок по касательной к корпусу со скоростью около 20 м/с. Поверхность стенок ЦВП орошается водой с помощью сопел, расположенных равномерно в верхней части аппарата. Сопла находятся также во входном патрубке и предназначены для периодического смыва отложенной пыли. Давление воды перед соплами должно быть 2,0 / 2,5 кПа.

Удельный расход воды — 0,1-0,3 л/м³.

Степень очистки воздуха в ЦВП — до 90%, фракционная эффективность улавливания частиц размером 5-10 мкм — до 90-95%.

Предусматривается основное и с повышенной скоростью исполнение ЦВП. В циклоне с повышенной скоростью в отличие от циклона основного исполнения в воздухопроводящем патрубке вварена перегородка, в результате чего ширина входного отверстия уменьшается в два раза. Циклоны с повышенной скоростью имеют большую эффективность, но их гидравлическое сопротивление выше. В табл. 6.9 приведены характеристики циклонов ЦВП и их основные размеры.

Циклон-промыватель СИОТ может быть использован на сахарных заводах для улавливания сахарной и известковой пыли, а также в качестве второй ступени в установке трубы Вентури. Запыленный поток поступает через входной патрубок в нижнюю часть аппарата со скоростью 5-20 м/с. Вода подводится во входной патрубок и распределяется с помощью перфорированной трубы, что более надежно, чем использование для этой цели форсунок, которые часто засоряются. Вода увлекается воздухом, входящим в циклон, и под

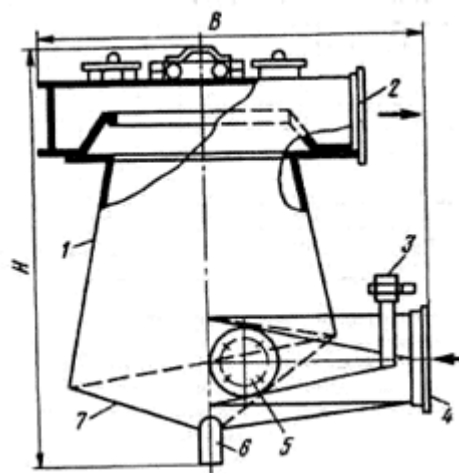


Рис. 20. Циклон-промыватель СИОТ: 1 — корпус; 2 — патрубок для выхода воздуха; 3 — водоподводящая труба; 4 — патрубок для входа воздуха; 5 — смотровые люки; 6 — спусковой патрубок; 7 — коническая часть циклона.

действием центробежной силы отбрасывается на стенки аппарата, образуя там водяную пленку. В циклоне-промывателе СИОТ наряду с действием центробежной силы большое значение для очистки имеет промывка воздуха водой. Хороший контакт очищаемого воздуха с водой создается благодаря турбулизации и распылению воды в нижней части аппарата. СИОТ при прочих равных условиях имеют габаритные размеры в 2-3 раза меньше, чем габаритные размеры скруббера; эффективность тех и других аппаратов примерно одинакова. Технические показатели и размеры циклонов-промывателей СИОТ даны в табл. 6.10.

Скоростной пылеуловитель с трубой Вентури применяется в ряде отраслей пищевой промышленности, в частности на сахарных заводах. Основная часть установки — труба Вентури, являющаяся первой ступенью. Здесь происходит контакт пылевоздушного потока с тонкораспыленной водой. На последующих ступенях (их может быть несколько) используются скрубберы, циклоны и др. На этих ступенях происходит улавливание пылевых частиц, предварительно скоагулированных на первой ступени. На рис. 21 показаны схемы СПУ Вентури.

Пылевоздушный поток поступает в трубу Вентури со значительной скоростью: скорость в горловине составляет обычно 60-120 м/с, в некоторых установках — до 20-30 м/с. Подача воды осуществляется с помощью распылителей, расположенных по окружности конфузора или по оси конфузора перед горловиной. В горловине трубы Вентури создается интенсивная турбулизация, которая обеспечивает хорошее перемешивание пылевоздушного потока с тонкораспыленной водой, смачивание пылевых частиц и их коагуляцию. Воздушный поток, содержащий скоагулированные в трубе Вентури пылевые час-

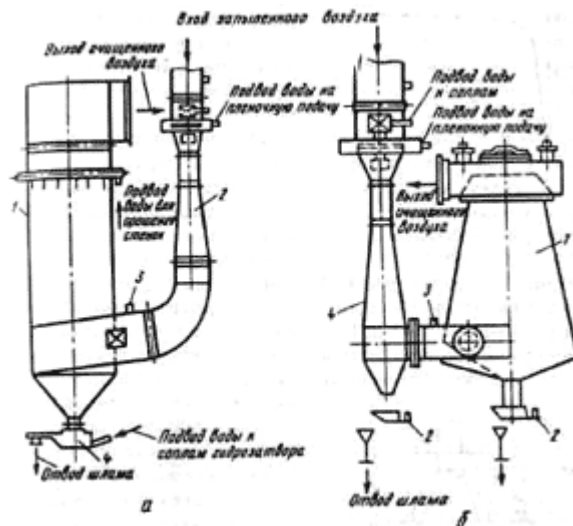


Рис. 21. Схемы компоновок установки трубы Вентури: а — с циклоном типа ЦВП: 1 — циклон ЦВП; 2 — труба-коагулятор; 3 — лючок для замеров; 4 — гидрозатвор; б — с промывателем СИОТ: 1 — промыватель СИОТ; 2 — гидрозатвор; 3 — лючок для замеров; 4 — труба-коагулятор. тцы, поступает затем во вторую ступень, где осуществляется улавливание пыли.

Большие скорости в горловине трубы Вентури вызывают значительную потерю давления — до 2000-3000 Па, иногда до 6000 Па, в установках со сравнительно небольшими скоростями потеря давления не превышает 300 Па. Для создания необходимого давления в СПУ Вентури служат вентиляторы высокого давления (до 10 кПа). Расход воды в СПУ составляет от 1 до 80 л на 100 м³ очищаемого воздуха. Расход зависит от вида пыли, ее концентрации, а также от конструкции СПУ. Для распыления воды перед форсунками необходим напор 200-300 кПа.

Главное преимущество СПУ Вентури — простота устройства, малые габариты. Трубу Вентури отливают из чугуна или сваривают с трубой Вентури из листовой стали. Эффективность улавливания частиц до 5 мкм — 99,6%.

Мокрый пылеуловитель **РИСИ** предназначен для тонкой очистки запыленного воздуха. Он может быть установлен на второй ступени после циклона или другого аппарата, обеспечивающего грубую или среднюю очистку (рис. 22), например после циклона в подготовительном отделении масложировых предприятий, перерабатывающих семена хлопчатника. Мокрый пылеуловитель задерживает минеральную пыль, оставшуюся после первой ступени очистки. Очищенный воздух может быть направлен на рециркуляцию. Пылеуловитель состоит из цилиндрической камеры; в нижней ее части имеется бункер конической формы для осаждения шлама. Внутри камеры расположены конус-рассекатель и цилиндрический отражатель. Конус-рассекатель и отражатель имеют на концах плавные переходы к поверхности воды. Это обеспечивает плавное соприкосновение запыленного потока с водной поверхностью под определенным углом. Отражатель соединен с диффузором. В верхней части корпуса для удаления обеспыленного воздуха из пылеуловителя устанавливаются патрубки, воздух проходит через каплеуловитель. Пылеуловитель работает следующим образом. Запыленный воздух по воздуховоду поступает в отражатель. Встречая на своем пути конус-рассекатель, ядро воздушного потока обтекает его со всех сторон, прижимаясь к

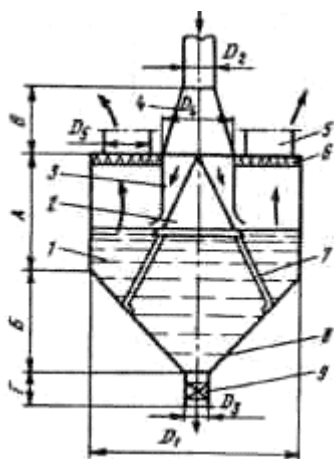


Рис. 22. Мокрый пылеуловитель РИСИ: 1 — цилиндрическая камера; 2 — конус-рассекатель; 3 — отражатель;

4 — диффузор; 5 — патрубок для отвода воздуха; 6 — каплеуловитель; 7 — лапки для крепления; 8 — бункер конической формы; 9 — патрубок для стока шлама.

его поверхности. Плавное очертание поверхности конуса-рассекателя у его края обеспечивает соприкосновение запыленного потока с водной поверхностью под небольшим углом. Частицы пыли, находящиеся в потоке, смачиваются водой и оседают на дно бункера. Обеспыленный воздух удаляется наружу.

При применении данного пылеуловителя в качестве второй ступени его устанавливают на нагнетательной линии вентилятора. Степень очистки воздуха в

аппарате, как показали испытания, составляет 99,9%. Гидравлическое сопротивление — около 400 Па.

Преимущество аппарата — незначительный расход воды (несколько литров в час). Вода в аппарате расходуется лишь на испарение и на унос влаги с воздухом. Нет необходимости в постоянном обслуживании — шлам удаляют один раз в четыре месяца. В холодное время года при установке аппарата вне помещения или в неотапливаемом помещении принимают следующие меры для предотвращения замерзания воды: изоляция корпуса, подогрев воды, подача горячей воды. Пылеуловитель может быть изготовлен в любой механической мастерской. Изготавливается он в основном из листовой стали толщиной не менее 2 мм. Внутренние и наружные поверхности окрашиваются. В РИСИ (ныне РГСУ) разработано несколько номеров мокрого пылеуловителя на производительность от 600 до 10000 м³/ч. В табл. 6.11 приведены технические данные аппаратов различных номеров.

Пенно-капельный пылеуловитель **РИСИ¹** предназначен для улавливания мелко- и среднedisперсных органических взрывоопасных пылей, а также пылей, образующих суспензии, которые можно использовать в технологическом процессе. Аппарат (рис. 6.24) состоит из корпуса, дюзы, системы каплеотбойников. Корпус аппарата заполнен жидкостью до определенного уровня. Дюза устроена по принципу трубы Вентури, имеет прорези в горловине трубы. Пылевые частицы задерживаются капельной жидкостью и пенным слоем. Это обеспечивается в результате закручивания пылегазового потока и жидкости, поступающей через прорези в горловину трубы Вентури. Периодичность чистки аппарата зависит от свойств и концентрации пыли. Так, при начальной концентрации пыли в очищаемом воздухе 500 мг/м³ время работы пылеуловителя без замены воды составляет в среднем 100 ч. Гидравлическое сопротивление аппарата в зависимости от расхода воздуха — 910-1720 Па.

Электрические пылеуловители (электрофильтры) пока не распространены на предприятиях пищевой промышленности однако их применение может обеспечить эффективную очистку воздуха от пыли, в первую очередь от мелкодисперсной.

Процесс обеспыливания газа в электрофильтре состоит из следующих стадий: пылевые частицы, проходя с потоком газа электрическое поле, получают заряд; заряженные частицы перемещаются к электродам с противоположным знаком; пылевые частицы осаждаются на этих электродах; удаляется пыль, осевшая на электродах. Основные элементы электрофильтра — коронирующие и осадительные электроды. Первый в простейшем виде представляет собой натянутую проволоку в трубке или между пластинами, второй — поверхность трубки или пластины, окружающей коронирующий электрод. В обычных условиях большая часть молекул газа нейтральна. Вследствие действия различных факторов (сильного нагрева, радиоактивного излучения, трения, бомбардирования газа быстро движущимися электронами или ионами и др.) в газе всегда имеется некоторое количество носителей электрических зарядов. Если в электрическом поле между

электродами создать определенное напряжение, то носители зарядов, т. е. ионы и электроны, получают значительное ускорение и при их столкновении с молекулами происходит ионизация последних. В результате нейтральная молекула превращается в положительный ион и свободные электроны. Этот процесс называется ударной ионизацией.

Вокруг коронирующего электрода наблюдается голубовато-фиолетовое свечение (корона), откуда произошло название электрода. При

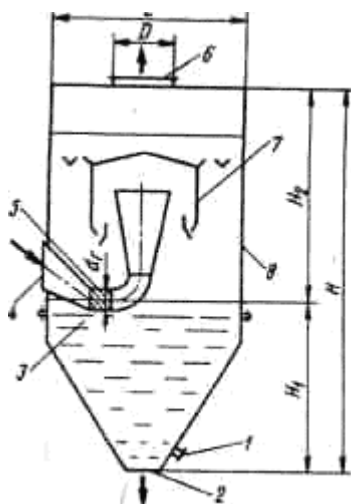


Рис. 23. Пенно-капельный пылеуловитель РИСИ: 1 — патрубок для взмучивания шлама; 2 — отверстие для выпуска шлама; 3 — горловина дюзы; 4 — отверстие для впуска запыленного воздуха; 5 — прорези в горловине; 6 — отверстие для выхода очищенного воздуха; 7 — система капле-отбойников; 8 — корпус каплеуловителя.

коронном разряде выделяются озон и окислы азота. Образовавшиеся в результате ударной ионизации ионы и свободные электроны под действием поля также получают ускорение и ионизируют новые молекулы. Процесс носит лавинообразный характер. Однако по мере удаления от коронирующего электрода процесс затухает.

Носители электрических зарядов, перемещаясь, сталкиваются с пылевыми частицами, взвешенными в газовом потоке, проходящем через электрофильтр, и передают им электрический заряд. Большая часть частиц, проходящих в межэлектродном пространстве, получает заряд, противоположный знаку осадительных электродов, перемещается к этим электродам и осаждается на них. Некоторая часть частиц получает заряд, противоположный знаку коронирующего электрода, и осаждается на этом электроде. Коронирующий электрод обычно имеет отрицательную полярность, осадительный электрод заземлен. При такой полярности корона более устойчива, отрицательные ионы более подвижны, чем положительные. В зависимости от числа конструктивных зон бывают электрофильтры однозонные и двухзонные. В однозонных коронирующие и осадительные электроды пространственно не разделены. В двухзонных имеется четкое разделение. Однозонные фильтры применяют для очистки выбросов в атмосферу, двухзонные — для очистки воздуха в системах кондиционирования. В двухзонных фильтрах не происходит выделения озона, присутствие которого не допускается в воздухе, подаваемом в помещения. На рис. 24 показаны принципиальные схемы электрофильтров.

В зависимости от формы осадительных электродов известны электрофильтры трубчатые и пластинчатые (рис. 24, б). Трубчатые электрофильтры состоят из большого числа элементов, имеющих круглое или сотообразное сечение. По оси такого элемента расположен коронирующий электрод. В пластинчатом электрофильтре имеется большое количество параллельных пластин, между которыми находятся натянутые коронирующие электроды.

По мере осаждения пыли на электродах понижается эффективность пылеулавливания. Электроды периодически очищают от пыли встряхиванием или промывкой.

Эффективность очистки в электрофильтре зависит от свойств очищаемого газа, свойств и концентрации пыли, а также от пара-

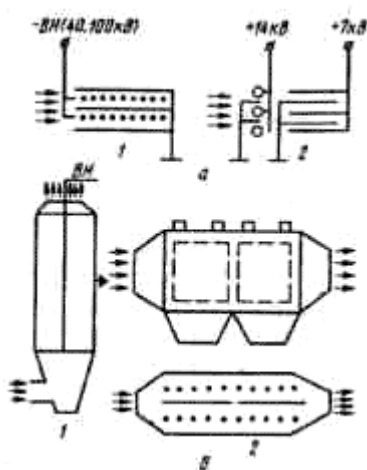


Рис. 24. Виды электрофильтров: а — в зависимости от числа конструктивных зон: 1 — однозонные; 2 — двухзонные; б — в зависимости от формы осадительных электродов: 1 — трубчатые; 2 — пластинчатые.

метров электрофильтра. Теоретически размер улавливаемых частиц не ограничен. Однако не все частицы в электрофильтре улавливаются. Гидравлическое сопротивление электрофильтров обычно не превышает 150-200 Па. Электроэнергия, потребляемая в электрофильтре, складывается из энергии, затрачиваемой на создание электрического поля, и энергии, расходуемой на преодоление гидравлического сопротивления. Удельный расход электроэнергии в электрофильтрах обычно равен 0,12-0,20 кВт·ч на 1000 м³ очищаемого газа. Электрофильтры, как более сложное и дорогостоящее оборудование, обеспечивающее тонкую очистку воздуха, обычно компонуются с другими пылеулавливающими устройствами, устанавливаемыми на начальных ступенях очистки. Это повышает экономичность использования электрофильтров и обеспечивает более полную очистку.

В перспективе электрофильтры могут быть применены для очистки воздуха от невзрывоопасной пыли пищевых производств на последней ступени.

1.2.3 Воздушные фильтры

В ряде отраслей пищевой промышленности (табачной, сахарной и др.) согласно нормам предусматривается очистка приточного и рециркуляционного воздуха в системах вентиляции и кондиционирования. Очистка производится в воздушных фильтрах. По эффективности они подразделяются на три класса (табл. 6.13).

Принципы очистки воздуха в воздушных фильтрах такие же, как и в фильтрационных пылеуловителях. Обеспыливание воздуха осуществляется при прохождении его через пористый слой. Для повышения эффективности очистки в ряде конструкций предусматривается промасливание фильтра специальным маслом (масляные фильтры).

Требованиям к очистке приточного и рециркуляционного воздуха на предприятиях пищевой промышленности обычно отвечают воздушные фильтры III класса. В качестве воздушных фильтров на пищевых предприятиях применяют ячейковые и самоочищающиеся фильтры.

Для очистки небольших количеств воздуха используют ячейковые фильтры различных конструкций, при обеспыливании больших объемов воздуха — самоочищающиеся фильтры. Содержание пыли в приточном или рециркуляционном воздухе значительно ниже, чем в вентиляционных выбросах, и выражается в нескольких миллиграммах на кубический метр. Регенерация производится по мере накопления пыли и увеличения вследствие этого гидравлического сопротивления фильтра до определенного значения (ячейковые фильтры) или систематически (самоочищающиеся фильтры).

Ячейковые масляные фильтры представляют собой металлические разъемные коробки, заполненные фильтрующим слоем. Перед установкой фильтры большинства конструкций промасливают (рис. 6.26).

На предприятиях еще находятся в эксплуатации ячейковые фильтры прежних выпусков, в частности, с фильтрующим слоем из фарфоровых колец Рашига. В настоящее время выпускаются ячейковые фильтры ФяРБ и ФяВБ. Фильтрующий слой ФяРБ образован из гофрированных плетеных сеток. Сетки располагаются таким образом, что размер их ячеек убывает по направлению движения воздуха. Фильтрующий слой промасливается.

Ячейковый фильтр ФяВБ по конструкции аналогичен ФяРБ. Его фильтрующий слой образован винипластовыми гофрированными сетками. ФяВБ может устанавливаться как в промасленном, так и в не-замасленном состоянии.

Ячейки фильтра периодически очищают от накапливающейся пыли. Для этого масляные фильтры промывают в 10-процентном растворе каустической соды при температуре 60-70 °С (ячейки ФяРБ) и до 60 °С (ячейки ФяВБ). Сухие фильтры регенерируют промывкой в воде. Продолжительность работы фильтра между

промывками в зависимости от запыленности очищаемого воздуха приводится ниже.

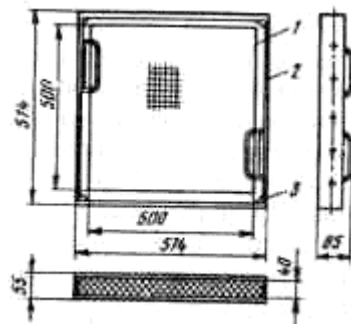


Рис. 25. Ячейковый масляный фильтр: 1 — ячейка; 2 — установочная рамка; 3 — защелка.

Ячейковые фильтры монтируют в плоские или V-образные панели. Последняя схема позволяет сэкономить место при большом числе устанавливаемых ячеек.

Самоочищающиеся масляные фильтры обычно применяют при очистке более 30 тыс. м³/ч воздуха с запыленностью до 0,5 мг/м³. Эти фильтры компактны, при их применении исключается трудоемкая операция по промывке — в рукавных фильтрах осуществляется непрерывная промывка фильтрующих элементов в масляной ванне. На рис. 6.27 показан самоочищающийся фильтр. Обычно он является

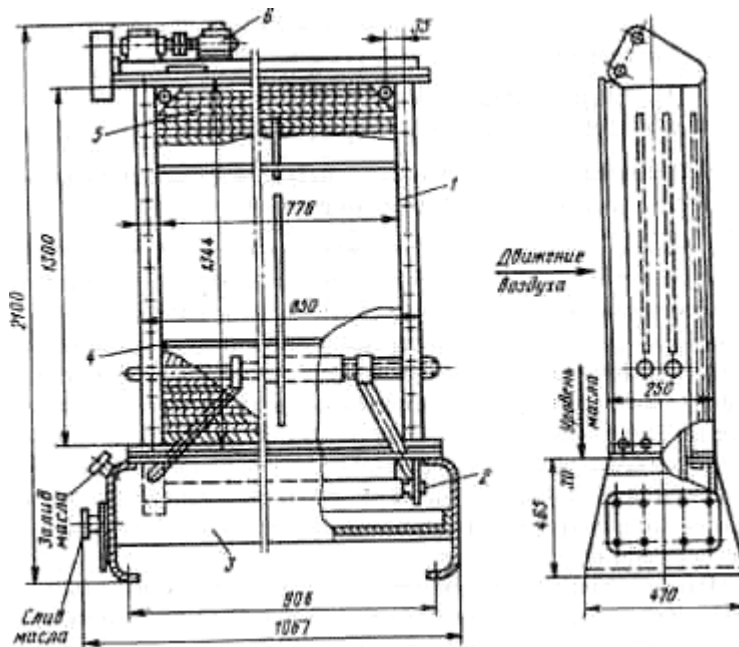


Рис. 26. Самоочищающийся масляный фильтр с пружинной сеткой (номинальная производительность 10000 м³/ч): 1 — корпус; 2 — натяжное устройство; 3 — бак для масла; 4 — ограничитель сетки; 5 — пружинные сетки; 6 — привод сеток.

секцией кондиционера. Основной элемент фильтра — бесконечное полотно из пружинной стали. Очистка воздуха происходит при последовательном прохождении его через две движущиеся бесконечные пружинные сетки,

смоченные маслом (воздух проходит через четыре плоскости, смоченные маслом). Каждая сетка приводится в движение с помощью двух пар валов, получающих вращение от электродвигателя через редуктор. Необходимо обеспечить равномерное движение воздуха по всему сечению фильтра со скоростью до 3 м/с. При движении пружинных сеток их нижние части погружаются в масляную ванну и при этом очищаются от осевшей на них пыли. Масло в ванне периодически сменяется. В самоочищающихся фильтрах применяют масло висциновое, веретенное, трансформаторное и др. Сорт масла должен соответствовать температурным условиям времени года согласно рекомендации завода-изготовителя.

Для очистки приточного и рециркуляционного воздуха на пищевых предприятиях могут также применяться воздушные фильтры других типов, например волокнистые, сетчатые, губчатые и др. [7, 10].

В связи с возрастающими требованиями к защите окружающей среды, в частности атмосферного воздуха, постоянно ведется работа по повышению эффективности очистки от пыли вентиляционных и технологических выбросов. Она развивается в нескольких направлениях. Разрабатываются новые конструкции аппаратов, в наибольшей мере учитывающие свойства улавливаемой пыли, все шире применяется двухступенчатая и многоступенчатая очистка, которая позволяет более полно уловить все фракции пыли и содержащиеся в ней компоненты, и, наконец, большим резервом повышения эффективности является предварительная обработка пылегазовых потоков с целью укрупнения пыли.

Известно, что на основе теоретических и экспериментальных исследований разработаны весьма эффективные пылеуловители. При дальнейшем совершенствовании аппаратов каждый дополнительный процент повышения эффективности дается с большим трудом. Предварительная обработка в этом отношении очень перспективна. Внедрение ряда методов предварительной обработки позволит осуществить буквально скачок в повышении эффективности очистки, а в ряде случаев даст возможность осуществить полное обеспыливание и на этой основе широко внедрить замкнутый воздушный цикл.

Коагуляция пылевых частиц интенсифицируется при турбулизации пылевого потока вследствие увеличения вероятности столкновения частиц и контакта между ними, под действием акустической обработки и в результате электрической обработки, известной под названием искусственной ионизации.

Турбулизация пылегазового потока применяется, например, в описанных выше циклонах с конусом-коагулятором, в трубах Вентури и других устройствах, используемых для улавливания пыли на предприятиях пищевой промышленности. Методы акустической и электрической обработки пыли пока не получили развития в пищевых производствах. В то же время эти методы вполне применимы для предварительной обработки пылей пищевых производств. Они не отличаются большой сложностью и не требуют использования дорогостоящего оборудования и значительной затраты энергетических ресурсов. Далее рассматриваются методы акустической и ионизационной обработки пылегазовых потоков перед очисткой. Эти методы были использованы в реальных производственных условиях на

предприятиях пищевой промышленности и дали положительные результаты. Проблему повышения эффективности пылеулавливания на пищевых предприятиях можно решить в короткий срок. Необходимо разработать специальные малогабаритные установки для акустической и ионизационной обработки пылегазовых потоков. Все затраты на это окупятся в ближайшее время.

1.2.4 Акустическая обработка пылей

В пылегазовом потоке под действием источника звуковой энергии при соответствующих сочетаниях параметров звукового поля и пылегазового потока происходит колебательное движение частиц, при котором значительно возрастает число их столкновений и, как следствие, резко усиливается коагуляция частиц в потоке. Акустическая коагуляция рассматривается в ряде работ [26, 27, 28]. Ранее акустическая обработка осуществлялась с помощью ультразвуковых излучателей. Этот способ не получил распространения главным образом из-за низкого КПД ультразвуковых генераторов. Сейчас акустическая обработка вновь приобретает актуальность. Разработаны экономичные мощные низкочастотные динамические электросирены. Проведены исследования по звуковой обработке ряда мелкодисперсных и очень мелкодисперсных пылей. Получены зависимости, характеризующие эффективность акустической коагуляции данных пылей в низкочастотном звуковом поле [27, 29]. Однако по отношению к сред-недисперсным пылям (к ним относится большинство пылей пищевых производств, другие распространенные и ценные пыли) исследования не проводились. Существовало представление, что акустическая обработка эффективна лишь по отношению к мелкодисперсным пылям.

Нами сделано предположение, что среднедисперсные пыли при определенных условиях могут эффективно коагулировать в акустическом поле. Исходили из того, что указанные пыли при соответствующем воздействии, например при турбулизации потока, способны коагулировать.

В РИСИ (ныне РГСУ) исследован процесс акустической коагуляции пылей пищевых производств и ряда других пылей. Акустическая обработка зальщенного потока производилась при его прохождении через акустическую колонну диаметром 600 мм и высотой 2500 мм. Генератором звука служила низкочастотная сирена, работающая на сжатом воздухе. После акустической обработки запыленный воздух очищался в циклоне ЦН-11 диаметром 400 мм (рис. 6.28). Проведены исследования по акустическому укрупнению мучной, табачной, соевой, чайной, а также известковой, цементной и полимерной пылей. Они относятся к среднедисперсным, их слипаемость находится в пределах 110 (соевая пыль) — 769 Па (цементная пыль).

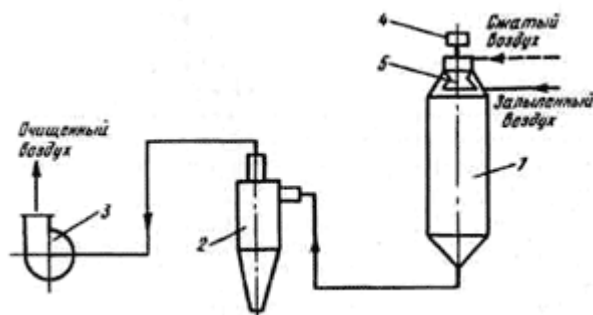


Рис. 27. Схема установки для акустической обработки запыленного воздуха: 1 — акустическая колонна; 2 — циклон; 3 — вентилятор; 4 — электродвигатель; 5 — сирена.

Экспериментально установлено, что среднедисперсные пыли под действием акустической обработки подвергаются коагуляции. Средний размер частиц увеличивается в несколько раз. На основании исследований получена зависимость изменения дисперсного состава мучной пыли от режима акустической обработки пылегазового потока: уровня звукового давления, времени озвучивания, концентрации пыли в потоке, частоты звуковых колебаний. Степень коагуляции зависит от частоты, интенсивности звукового давления, характеристики пыли, в первую очередь от ее слипаемости. Затем этот показатель стабилизируется, и дальнейшее увеличение параметров звуковой обработки не приводит к ощутимому повышению степени укрупнения пыли. На графике, рис. 6.29, показано изменение дисперсного состава ряда пылей под действием акустической обработки. Степень укрупнения: мучной пыли — 7, табачной — 6, соевой — 2,5, чайной — 6,8, цементной — 8, известковой — 4,5, полимерной — 10.

В результате изменения дисперсности пылей вследствие акустической обработки повысилась эффективность циклонного аппарата, в котором производилась очистка воздуха (рис. 29).

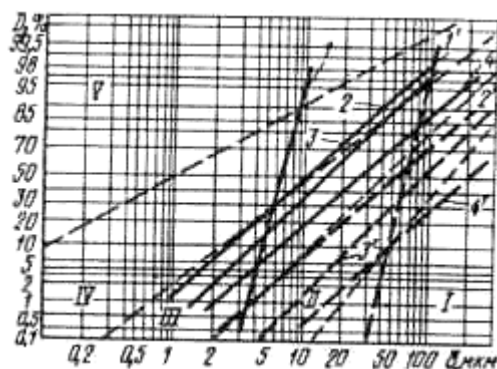


Рис. 28. Изменение дисперсного состава ряда пылей средней дисперсности под действием акустической обработки: 1, 1' — полимерная пыль; 2, 2' — известковая пыль; 3, 3' — чайная пыль;

4, 4' — мучная пыль. (Сплошные линии — до обработки, пунктирные — после обработки.)

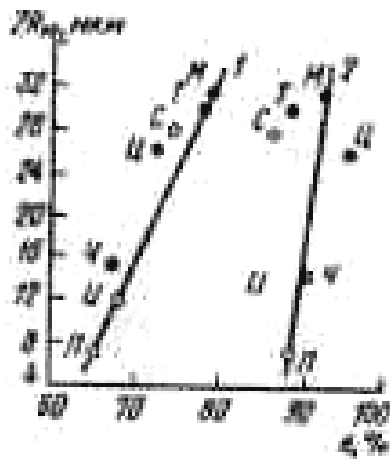


Рис. 29. Изменение эффективности циклона в результате акустической обработки ряда средне-дисперсных пылей: 1 — без акустической обработки; 2 — с акустической обработкой. (• — сильно слипающаяся пыль; ○ — средне слипающаяся пыль; ○ — слабо слипающаяся пыль; 1 — мучная (м); табачная (т); цементная (ц); 2 — соевая (с); известковая (и); полимерная (п); чайная (ч.)

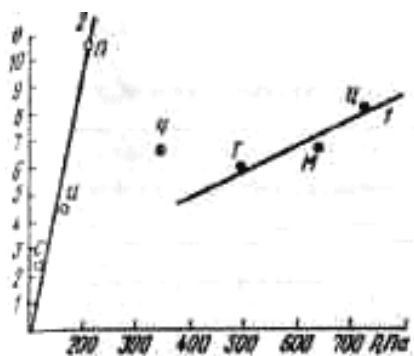


Рис. 30. Степень укрупнения пылевых частиц под действием акустической обработки в зависимости от слипаемости пыли ($L=140$ дБ; $f=400$ Гц; $\tau=1$ с; $C=1,8$ г/м³). (Обозначения те же, что на рис. 6.30.)

На рис. 6.31 показана зависимость интенсивности коагуляции среднедисперсных пылей от их слипаемости. Эти данные показывают, что слипаемость является фактором, от которого зависит степень укрупнения пылей в процессе коагуляции. Многие исследованные пыли имеют близкий дисперсный состав: мучная имеет медианный диаметр $\delta_{50} = 28$ мкм; табачная — $\delta_{50} = 30$ мкм; соевая — $\delta_{50} = 28$ мкм; цементная — $\delta_{50} = 26$ мкм. Однако в то время как сильнослипающиеся мучная, табачная и цементная пыли укрупняются примерно в 7 раз, слабослипающаяся соевая пыль укрупняется лишь в 2,5 раза; среднеслипающаяся чайная пыль ($\delta_{50} = 15$ мкм) укрупняется в 6,4 раза, слабослипающаяся известковая пыль ($\delta_{50} = 12$ мкм) укрупняется в 4,5 раза. В зависимость для определения изменения счетной концентрации частиц мелкодисперсных пылей в результате акустической обработки [27] на основании исследований внесена поправка, учитывающая слипаемость пылей. С учетом поправки зависимость пригодна для определения изменения счетной концентрации среднедисперсных пылей N . С учетом поправки зависимость принимает вид

$$\frac{N}{N_0} \text{cp} = \chi \exp(-1,04 - 0,98C + 0,007C^2 + 0,045Cf - 0,0056C\tau - 0,0077Tf - 0,006f\tau + 0,098\tau^2),$$

где

χ — коэффициент, учитывающий влияние слипаемости на интенсивность укрупнения частиц пыли средней дисперсности; C — начальная концентрация пыли в газовом потоке; I — уровень интенсивности звука; f — частота звуковых колебаний; x — продолжительность акустической обработки; T — температура пылегазового потока. В табл. 6.15 приведены основные свойства пылей, подвергавшихся звуковой обработке, а также значения поправочного коэффициента χ

Установка для предварительной акустической обработки мучной пыли внедрена на хлебозаводе в Ростовской области. Экономический эффект от внедрения одной установки для акустической обработки мучной пыли в результате повышения эффективности циклона и сохранения муки достигал, как показали подсчеты, 1500 руб. в год (в ценах 1991 г.).

1.3 Искусственная ионизация запыленного воздуха

Искусственная ионизация воздуха позволяет изменить в желательном направлении его ионный состав. В процессе искусственной ионизации воздуха пылевые частицы получают электрический заряд. Частицы, имеющие противоположные по знаку заряды, сталкиваясь между собой, образуют более крупные частицы, т. е. коагулируют. Частицы пыли, приобретая заряд определенного знака, способны к более быстрой коагуляции и ускоренному движению в электрическом поле [30].

Если искусственная ионизация осуществляется в замкнутом воздушном пространстве (помещении, камере), воздух значительно быстрее очищается от пыли, чем при ее естественном осаждении, благодаря тому, что укрупненные частицы интенсивнее осаждаются под действием гравитационных сил.

При ионизации запыленного воздуха (пылегазового потока) перед пылеулавливающим устройством повышается эффективность устройства благодаря укрупнению пылевых частиц.

Известны эксперименты, а также практическое применение искусственной ионизации для осаждения некоторых видов неорганической пыли, в частности пыли редких металлов. Известен также опыт, проведенный на Гродненской табачной фабрике, по осаждению табачной пыли этим методом.

В РИСИ (ныне РГСУ) на кафедре отопления и вентиляции проведены исследования по осаждению органической пыли (табачной) с помощью искусственной ионизации воздуха. Они включали в себя эксперименты в специальных камерах и исследования методов повышения эффективности пылеулавливающих устройств путем предварительной ионизации воздуха перед

ними.

Установка, применявшаяся для искусственной ионизации (схема на рис. 6.32), включает трансформатор высокого напряжения, выпрямитель тока (кенотрон). Установка имеет пульт управления, оборудована реле безопасности, автоматически отключающим ее при приближении посторонних предметов к ионизаторам. Общий вид установки — на рис. 6.33. Установка подает на ионизаторы ток отрицательного знака с напряжением до 60 кВ, силой тока 4 мА. Трансформатор питается от осветительной сети 220 В. Потребляемая мощность — в пределах 1 кВт. От перегрузки установку защищает реле. Для размещения установки необходима площадь около 1 м².

В качестве ионизаторов применяют электроэфлювиальные люстры (рис. 6.34) и проводники антенного типа. Люстра представляет собой кольцо с натянутой на нем во взаимно перпендикулярных направлениях нихромовой или никелиновой проволоки диаметром 25-30 мм. В местах пересечения проволок припаяны металлические острия длиной 30-50 мм. На 1 м² проволоки приходится 50-600 острий. Люстра устанавливается на высоковольтном изоляторе в воздуховоде, вентиляционной камере, камере кондиционера, в камере перед пылеотделителем, в помещении или закрытой камере.

Антенные ионизаторы изготавливают из нихромовой проволоки малого диаметра, их устанавливают параллельно друг другу на расстоянии 1,5-2 м.

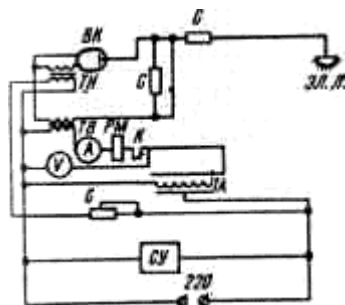


Рис. 31. Принципиальная электрическая схема установки для искусственной ионизации воздуха:

ВК — высоковольтный кенотрон; ТН — трансформатор накала; ТВ — трансформатор высоковольтный; ТА — трансформатор автоматический; ЭЛ.Л — электроэфлювиальная люстра; РМ — реле максимального тока; С — ограничительные сопротивления сети; СУ — схема управления.

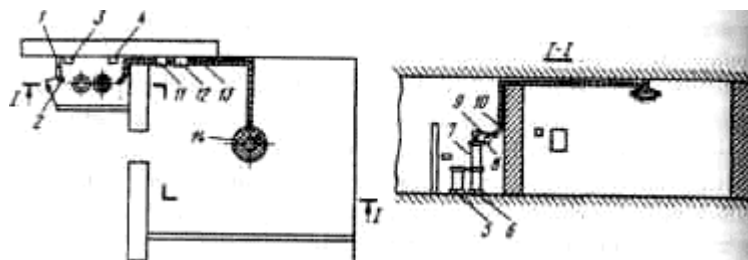


Рис. 32. Общий вид установки для искусственной ионизации воздуха: 1 —

металлическое ограждение; 2 — дверной блок-контакт; 3 — клем-мник; 4 — автоматический разрядник; 5 — высоковольтный трансформатор; 6 — трансформатор накала кенотрона; 7 — высоковольтный кенотрон в защитном кожухе; 8 — ограничительное сопротивление; 9 — ши-нопровод; 10 — опорный изолятор; 11 — рубильник; 12 — пульт управления; 13 — рентгеновский кабель; 14 — электроэфлювиальная люстра.

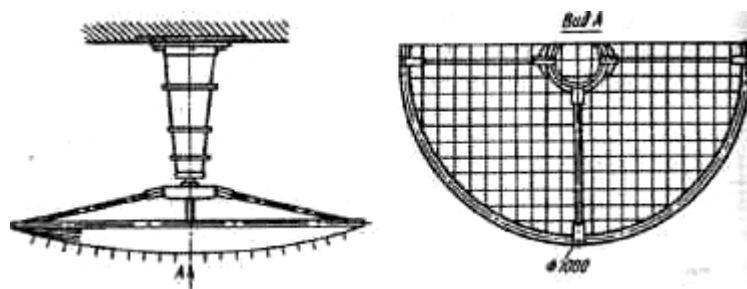


Рис. 33. Электроэфлювиальная люстра.

Исследования проводились в пылевых камерах и в производственных помещениях со значительным выделением табачной пыли.

В закрытой пылевой камере объемом около 1 м² была установлена электроэфлювиальная люстра, положительным полюсом служило дно камеры. В камере создавалась концентрация пыли 300 мг/м³. За счет естественного осаждения концентрация пыли снижалась до уровня ПДК за 10 мин. При подаче к ионизатору тока напряжением 28 кВ время осаждения пыли и снижения концентрации до указанного уровня — 4 мин, при токе 55 кВ — 5 мин.

Производственные исследования выполнялись на Ростовской табачной фабрике. Ионизаторы устанавливались в системах пневмотранспорта и кондиционирования. На рис. 6.35 показана схема очистки

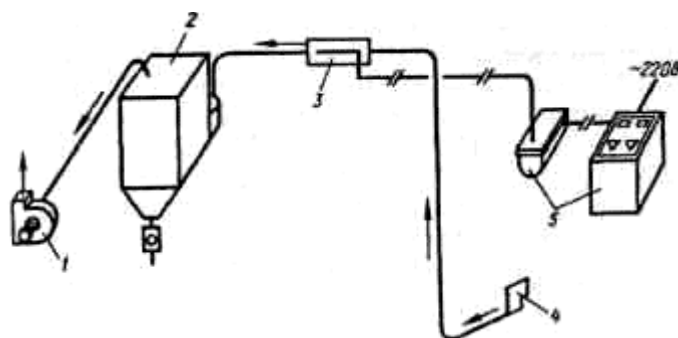


Рис. 34. Схема установки ионизатора перед рукавным фильтром:

1 — вентилятор; 2 — рукавный фильтр; 3 — ионизатор; 4 — пылеприемник; 5 — ионизационная установка.

воздуха в системе пневмотранспорта резаного табака с установкой ионизатора. Воздух с высокой концентрацией пыли поступает в фильтр ФВ с рукавами из сукна № 2. На входе запыленного воздуха в фильтр установлен антенный ионизатор длиной 1 м. Исследования проводились при обычной работе фильтра, при подаче на ионизатор напряжения 22, 28, 43 и 55 кВ. Во время исследований определяли концентрацию пыли, ее фракционный состав, гидравлическое сопротивление фильтра. Замеры производились в двух сечениях — до и после фильтра. На основании исследований установлено, что в результате ионизации дисперсный состав пыли резко изменяется: сокращается число мелких фракций и возрастает количество частиц более крупных размеров. Это приводит к повышению эффективности очистки в рукавном фильтре: при $U = 0$ кВ, $e = 97,72\%$; $U = 43$ кВ, $e = 99,77\%$ и $U = 55$ кВ, $e = 99,92\%$. Кроме общей эффективности очистки повышается фракционная эффективность по всем фракциям и приближается к полной очистке. Аэродинамическая характеристика ткани при действии ионизации не изменяется.

В системах кондиционирования на табачных фабриках применяют рециркуляцию воздуха. Объем рециркуляции в зимнее время достигает 70-90%. Так как воздух забирается из запыленных помещений, использование рециркуляции увеличивает пылевую нагрузку на фильтры. В системах кондиционирования применяют масляные ячейковые фильтры. Для повышения их эффективности была применена предварительная ионизация запыленного воздуха. Проволочный сетчатый ионизатор был установлен перед ячейковыми фильтрами на входе рециркуляционного воздуха в камеру смешения. Под действием ионизации пылевые частицы коагулируют и эффективнее задерживаются на поверхности фильтров. Запыленность приточного воздуха в результате ионизационной обработки резко снижается. В обычных условиях остаточная запыленность воздуха достигает $0,45 \text{ мг/м}^3$ и выше. При ионизации приточный воздух становится значительно чище. В некоторых случаях запыленность приточного воздуха даже не фиксировалась приборами.

Благодаря ионизации остаточная запыленность воздуха уменьшается в 3-3,5 раза.

Проведенные исследования показали, что искусственную ионизацию запыленного воздуха целесообразно применять для предварительной обработки пылегазовых потоков, содержащих органическую невзрывоопасную пыль. Благодаря применению этого метода достигается значительное повышение эффективности очистки. Для решения вопроса о возможности применения данного метода для предварительной обработки пылей, способных образовывать с воздухом взрывоопасные смеси, необходимы дополнительные исследования.

1.4 Методы очистки воздуха от вредных паров и газов. Устранение неприятных запахов

Вопросы подавления вредных паров и газов и устранения неприятных запахов тесно между собой связаны, поскольку многие газообразные вещества являются носителями неприятных запахов.

Пищевая промышленность не относится к числу основных загрязнителей атмосферы, как металлургия или химическая промышленность, однако и на пищевых предприятиях работа котельных на сернистом топливе и ряд технологических процессов в некоторых отраслях сопровождается выделением в окружающую воздушную среду

вредных паров и газов, а также появлением неприятных запахов. К газам, которые наиболее часто встречаются на пищевых производствах, относятся диоксид серы, сероводород, оксид углерода, диоксид углерода. Этот перечень не является исчерпывающим. На некоторых производствах происходят выделения и других газообразных веществ, однако они представляют меньшую опасность в силу своих свойств или поступления в воздушную среду в небольших объемах. Следует отметить, что не по всем газовым загрязнениям разработаны методы их активного подавления. В ряде случаев борьба с ними сводится к разбавлению и рассеиванию содержащих их выбросов.

В настоящее время на предприятиях пищевой промышленности очистка дымовых газов и выбросов в атмосферу от паров и газов, как правило, не производится. Не ведется также активная борьба с распространением неприятных запахов. Однако в связи с возрастающими требованиями к чистоте атмосферного воздуха в недалекой перспективе эти мероприятия непременно будут осуществляться. Известно, что от жителей кварталов, прилегающих к мясоперерабатывающим предприятиям, рыбозаводам, табачным фабрикам и др., нередко поступают жалобы на исходящие из этих производств неприятные запахи. Обычно запах ощущается при определенном направлении ветра.

Подавление вредных паров и газов представляет собой одну из наиболее насущных технических проблем. Прежде всего желательно устранить сам источник появления таких веществ. Так, котельная, сжигающая топливо, содержащее серу, может быть переведена на другой вид топлива с меньшим ее содержанием, например на газообразное топливо. Хорошие результаты дает повышение герметичности оборудования, устранение открытых процессов, сопровождающихся выделением паров и газов, а часто также проникновением неприятных запахов в окружающую среду и др. Подобные возможности есть практически в любом производстве, где происходит выделение вредных паров и газов.

Рассмотрим кратко наиболее перспективные методы очистки воздуха и дымовых газов от распространенных загрязнителей.

Очистка от диоксида серы (сернистого ангидрида). Диоксид серы SO_2 — бесцветный газ с резким раздражающим запахом. При атмосферном давлении сжижается при $-10,1\text{ }^\circ\text{C}$. С водой он образует сернистую кислоту, которая легко разлагается с выделением SO_2 . Диоксид серы является одним из основных загрязнителей атмосферного воздуха.

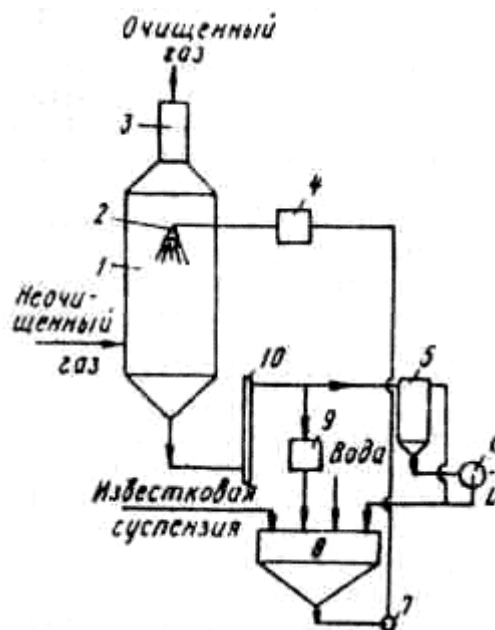


Рис. 35. Схема очистки газов от диоксида серы известковым методом: 1 — скруббер; 2 — форсунка; 3 — каплеуловитель; 4, 9 — фильтры; 5 — гидроциклон; 6 — вакуум-фильтр; 7 — насос; 8 — циркуляционный сборник; 10 — гидрозатвор.

Приведем соотношение содержания серы в топливе и наличия диоксида серы в дымовых газах: уголь (4% серы) — 0,35%; мазут (2% серы) — 0,12%; мазут (5% серы) — 0,31%.

Предотвратить загрязнение воздуха диоксидом серы можно путем снижения содержания серы в топливе (угле, мазуте). Предварительное обессеривание твердого и жидкого топлива находится на уровне научных исследований. Для очистки воздуха (дымовых газов) от диоксида серы применяют абсорбционные, адсорбционные и каталитические методы. Из числа абсорбционных методов наиболее разработан и распространен известковый метод очистки. Схема очистки показана на рис. 6.36. Очистка от диоксида серы производится в скруббере 1, который орошается суспензией, состоящей из известняка,

сульфита и сульфата кальция. В скруббере орошающая жидкость обогащается раствором бисульфита кальция. Очищенный газ проходит каплеуловитель и удаляется. Степень очистки—до 90%.

Адсорбционные и каталитические методы очистки от диоксида серы значительно менее распространены, и их возможности ограничены.

Очистка от оксида углерода CO. Оксид углерода (угарный газ) — бесцветный газ без запаха, обладает сильной токсичностью. При температуре $-79\text{ }^{\circ}\text{C}$ и нормальном атмосферном давлении сжижается, при температуре $-205\text{ }^{\circ}\text{C}$ переходит в твердое состояние.

Несмотря на большую опасность оксида углерода и значительное количество его выбросов, промышленных установок для очистки воздуха от оксида углерода нет.

Могут применяться следующие способы очистки воздуха (газов) от оксида углерода: сорбция СО жидкими и твердыми поглотителями, каталитическое окисление СО в значительно менее опасный диоксид углерода CO_2 при сравнительно невысокой температуре и, наконец, дожигание СО до CO_2 .

Сорбционные процессы малоперспективны для очистки значительных количеств воздуха (газа) главным образом из-за малой поглотительной способности сорбентов.

Дожигание СО и CO_2 можно осуществить, если температура поддерживается выше $800\text{ }^\circ\text{C}$, т. е. выше температуры воспламенения СО, и концентрация СО в очищаемом газе составляет более 12%. В большинстве случаев параметры воздуха не позволяют использовать данный метод.

Каталитическое окисление СО и CO_2 — наиболее реальный и перспективный способ очистки газов от СО. Большое значение придается выбору наиболее эффективного катализатора. Одним из них является катализатор платиновой группы. При пропуске очищаемого газа через данный катализатор с толщиной слоя 150 мм, при температуре $300\text{--}350\text{ }^\circ\text{C}$ и гидравлическом сопротивлении слоя 15 кПа достигается полное окисление СО до CO_2 .

Очистка от диоксида углерода (углекислого газа) CO_2 . Диоксид углерода выделяется в процессе производства виноградных вин и шампанского. CO_2 представляет значительно меньшую опасность, чем оксид углерода СО (угарный газ). Диоксид углерода может быть удален из воздуха с помощью поглотителей. В качестве поглотителей применяют растворы щелочей (каустической соды, гидроксида калия, карбоната натрия и др.), а также воду. Водной очисткой диоксид удалить полностью не удастся. Обычно пользуются комбинированным способом: сначала очищаемый газ промывают водой под давлением, а затем — раствором щелочи.

Очистка от сероводорода H_2S . Сероводород токсичен и обладает неприятным запахом. Очистка газов от сероводорода производится сухим и мокрым способами.

При сухой очистке в качестве поглотителей применяют гидрат оксида железа, активированный уголь, марганцевые руды. Сущность очистки гидратом оксида железа состоит в том, что газ пропускают через твердую сыпучую массу, основной частью которой является табачных и других предприятиях. Даже если содержание в воздухе пыли и газов, вызывающих неприятные ощущения, находится в допустимых пределах, могут быть жалобы на неприятный запах. В частности, они касаются запахов, исходящих от табачных фабрик, многие из которых находятся в пределах городской застройки и не имеют санитарно-защитной зоны.

Применяется ряд методов устранения неприятных запахов. Выбор метода определяется видом неприятно пахнущего вещества, его концентрацией в воздухе,

физико-механическими свойствами и другими факторами.

В ряде случаев эффект дает озонирование. При распаде озона O_3 выделяется атомарный кислород O , который очень активно вступает в реакцию с носителем запаха. В результате неприятный запах устраняется. Термический и каталитический метод состоит в окислении неприятно пахнущего вещества (НПВ) при высокой температуре в присутствии катализатора (рис. 6.37). Метод адсорбции состоит в поглощении НПВ твердыми сорбентами. Адсорбция заключается в промывке газов, содержащих НПВ, жидкими поглотителями. При биологической очистке НПВ поглощаются при прохождении газа через среду, населенную микроорганизмами.

Примером применения адсорбции является фильтрация газа через патрон, наполненный активированным углем. Патрон диаметром 125 мм и длиной 265 мм имеет производительность 40-60 м³/ч, сопротивление 40 Па. Поглощается 95% химически вредных частиц из очищаемого воздуха. Стенки патрона — перфорированные.

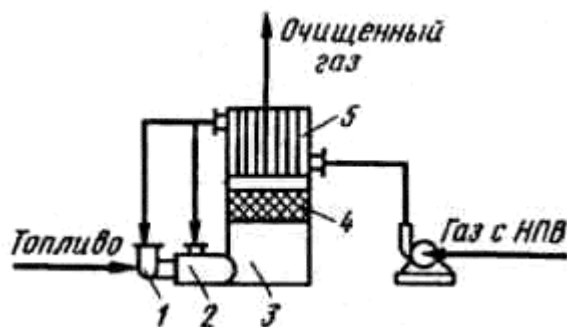


Рис. 36. Принципиальная схема термического и термокatalитического

обезвреживания газов с неприятно пахнущими веществами: 1 — горелка; 2 — форкамера; 3 — печь; 4 — катализатор; 5 — теплообменник.

Fe_2O_3 . Поглотительная масса готовится из болотной руды. Доля оксида железа в смеси составляет 45-48%. Болотную руду измельчают и смешивают с древесными опилками, добавляют немного гашеной извести. Перед загрузкой в адсорбер массу смачивают водой. В результате контакта сероводорода с поглотителем происходит поглощение сероводорода, его разложение с выделением серы. Процесс продолжается, пока доля серы в поглотителе не достигнет 40-50% от общей массы. После этого поглотитель заменяют. Недостаток способа — малая скорость реакции. При мокрой очистке поглотителями служат щелочи, растворы, окисляющие сероводород до серы, и др.

Устранение неприятных запахов. Многие вещества, поступающие в атмосферный воздух, обладают неприятными запахами и могут вызвать ощущение тошноты, головные боли, чувство подавленности и т. п. Присутствие этих веществ в воздухе даже в самом незначительном количестве создает неприятные ощущения. Вещества — носители неприятных запахов могут находиться в воздухе в жидком, твердом и газообразном состоянии.

Человек ощущает запах, если концентрация данного вещества превышает пороговую. Пороговая концентрация вещества — это такая концентрация, при которой человек, находившийся в среде, не содержащей такого вещества, начинает ощущать его запах. Значения пороговых концентраций некоторых газов: аммиак — 0,0053; акролеин — 0,00018; сероводород — 0,000018. При нахождении в воздухе нескольких газов, вызывающих неприятные ощущения, обоняние воспринимает присутствие лишь одного газа, обладающего самым сильным запахом, остальные газы он маскирует. В некоторых населенных пунктах, расположенных вблизи предприятий, основным неприятным фактором качества воздуха является наличие неприятных запахов. Люди, длительное время находящиеся вблизи источника запаха, обычно менее чувствительны к запаховым раздражителям по сравнению с лицами, не находящимися там продолжительное время. Привыкание является нежелательным явлением, поскольку у человека нарушается сигнальное действие на раздражитель. Привыкание не следует воспринимать как показатель отсутствия вредного действия запаха. Речь идет лишь о процессе торможения в корковой части обонятельного анализатора.

Многие неприятно пахнущие вещества имеют органическое происхождение. В пищевой промышленности есть источники неприятных запахов — на мясоперерабатывающих, рыбных, масложировых,

1.5 Разработка и реконструкция устройств для очистки воздуха

Комплексный подход к вопросу. На предприятиях пищевой промышленности борьбу с пылью и другими вредными выделениями следует вести комплексно. Частные решения, как правило, не дают ожидаемого эффекта. В комплекс противопылевых мероприятий следует включить:

- технологические мероприятия по уменьшению пылеобразования и пылевыведения (герметизация оборудования, использование мокрых процессов, вакуума и др.);
- совершенствование аспирации (установка воздухоприемников эффективных конструкций у источников пылевыведений, обеспечение необходимой скорости в воздуховодах, повышение уровня эксплуатации систем и т. д.);
- эффективную очистку выбросов, приточного и рециркуляционного воздуха от пыли (оборудование, соответствующее улавливаемой пыли и имеющее высокую эффективность, многоступенчатая очистка, нормальная эксплуатация и др.);
- устройство систем централизованной пылеуборки.

Нормативные и другие материалы. При разработке и реконструкции системы и устройств для очистки воздуха от пыли и других загрязнений руководствуются нормативными документами: ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»; «Строительные нормы и правила. Отопление, вентиляция и кондиционирование» (СНиП 2.04.05-91*); «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе

вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (ОНД-86); ГОСТ 12.2.043-80 «Оборудование пылеулавливающее. Классификация» и др.

Рекомендуется также использовать «Руководство по проектированию очистки воздуха от пыли в системах приточной вентиляции и кондиционирования»; «Рекомендации по проектированию очистки воздуха от пыли в системах вытяжной вентиляции». Эти материалы разработаны ЦНИИ промзданий (г. Москва).

Кроме того, следует использовать руководства и рекомендации, разработанные отраслевыми научно-исследовательскими и проектно-конструкторскими институтами.

Оценка пылевой обстановки в производственных помещениях. Для разработки мероприятий, направленных на снижение запыленности производственных помещений и уменьшение выбросов в атмосферу, необходимо иметь критерии для оценки пылевой обстановки в помещениях.

Важной характеристикой является содержание вредных веществ (в данном случае пыли) в воздухе рабочей зоны помещения C , мг/м³, которое не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных ГОСТ 12.1.005-88. Значения ПДК для ряда вредных веществ приведены в табл. 1.2. Однако этот показатель не дает полного представления о пылевой обстановке в помещении. Необходимо также знать дисперсный состав пыли, осадочную запыленность, т. е. количество пыли, оседающей на единице площади помещения за единицу времени, G_0 , мг/(м²-ч).

Разработка устройств для очистки выбросов. Воздух, выбрасываемый в атмосферу из систем местных отсосов и общеобменной вентиляции производственных помещений, содержащий загрязняющие вредные вещества (пылегазовоздушная смесь), следует, как правило, очищать. Степень очистки воздуха от пыли определяют, исходя из допустимого остаточного содержания пыли в воздухе после очистки. Вопросы, связанные с рассеиванием в атмосфере остаточного количества вредных веществ, с определением допустимого содержания этих веществ в выбросах, рассматриваются ниже, в соответствующем разделе.

В табл. 6.17 приведена требуемая общая эффективность пылеулавливающей установки в зависимости от содержания пыли в выбросах перед пылеуловителями и допустимого содержания пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу.

Анализ этих данных показывает, что во многих случаях требуемая эффективность очистки может быть достигнута лишь при применении двух- и даже трехступенчатой очистки.

О классификации пылеуловителей по размеру улавливаемых частиц и эффективности можно судить по данным, приведенным в табл. 6.18.

Пылеуловители I класса отличаются большим расходом электроэнергии, сложностью и дороговизной эксплуатации и в системах вентиляции применяются редко. При большой концентрации пыли в очищаемом воздухе (более 3-5 г/м³) зависимость эффективности от размера частиц может проявляться менее отчетливо.

В табл. 6.18 приведена характеристика пылеуловителей с указанием групп пыли, размеров частиц, которые они эффективно (более 95%) улавливают. Указано также (ориентировочно) сопротивление аппарата. Пылеуловитель обеспечивает указанную эффективность и работает устойчиво, если он соответствует улавливаемой пыли. Пыли со специфическими свойствами (волокистость, высокая слипаемость и др.) могут вызвать снижение эффективности и даже нарушить работу аппарата. При контакте с водой некоторые органические пыли теряют свои свойства и для дальнейшего использования непригодны — может произойти загнивание этих пылей в аппаратах при мокрой очистке.

Устройства, которые обеспечивают высокую эффективность очистки, улавливают мелкодисперсную пыль, как правило, требуют больших капитальных и эксплуатационных затрат, чем более простые, но менее эффективные устройства. При выборе пылеулавливающего оборудования предпочтение отдают устройствам, которые в данных условиях, при данном виде пыли обеспечивают требуемую эффективность очистки. Если одинаковую эффективность обеспечивают несколько видов оборудования, исходят из конкретных условий, учитывая расход электроэнергии, потребность в воде, площадь, требуемую для установки, возможность использования пыли после данного аппарата, трудоемкость и сложность оборудования, капитальные и эксплуатационные расходы и т. д. Целесообразно произвести технико-экономическое сравнение вариантов.

Каждый процент повышения эффективности улавливания пыли в хлебопекарной, сахарной, крахмалопаточной и других отраслях означает сохранение сотен и тысяч тонн продовольственного сырья и готовой продукции.

Универсальных пылеуловителей нет. Аппарат, весьма эффективный для улавливания одного вида пыли, может быть непригоден для улавливания другого вида: циклоны малого диаметра быстро забиваются волокнистой пылью, образующейся при переработке семян хлопчатника на масложировых предприятиях; рукавные фильтры при нормальных условиях хорошо улавливают сахарную пыль, а при увлажнении на фильтрующей поверхности образуется корка, нарушающая процесс пылеулавливания.

Для правильного выбора пылеулавливающего оборудования и решения других вопросов, возникающих при разработке обеспыливающих систем, в техническое задание включают следующие сведения:

– полную характеристику пыли (исходный материал, соотношение компонентов, дисперсный состав, слипаемость, гигроскопичность, способность коагулировать, характеристики пожаро- и взрывоопасноеTM, электрические свойства и др.);

- объем очищаемого воздуха, его возможные колебания;
- начальную концентрацию пыли, ее колебания;
- допустимую остаточную концентрацию пыли;
- свойства очищаемой среды (температура, относительная влажность, наличие веществ, влияющих на процесс очистки или представляющих опасность с точки зрения возгорания или взрыва);
- возможность применения мокрой очистки, наличие воды, наличие условий для обратного водоснабжения;
- режим работы технологического оборудования, от которого удаляют запыленный воздух (сменность, загрузка, сезонность и т. д.);
- место для установки пылеулавливающего оборудования (расположение, площадь, высота и т. д.);
- способы удаления уловленной пыли и ее использование;
- другие условия, которые должны быть учтены.

1.6 Разработка устройств для очистки приточного воздуха.

Очистку воздуха от пыли в системах с искусственным побуждением согласно СНиП 2.04.05-91* следует проектировать так, чтобы содержание пыли в подаваемом воздухе не превышало 30% ПДК в воздухе рабочей зоны при подаче его в помещения производственных и административно бытовых зданий; 30% ПДК в воздухе рабочей зоны с частицами пыли размером не более 10 мкм при подаче его в кабины крановщиков, пульты управления, зону дыхания работающих, а также при воздушном душировании. Приточный воздух подлежит очистке для поддержания в производственных помещениях определенной его чистоты в соответствии с технологическими требованиями и для обеспечения необходимой чистоты воздуха, поступающего на технологические нужды (например, для сушки сахара, глюкозы и др.).

Устройства для очистки приточного воздуха (воздушные фильтры) существенно отличаются от устройств для очистки от пыли вентиляционных выбросов (пылеуловителей). Это связано с тем, что начальное содержание пыли в приточном воздухе во много раз ниже, чем в выбросах, а сама пыль, взвешенная в приточном воздухе, характеризуется меньшим разнообразием, чем пыль, находящаяся в выбросах.

В техническом задании на разработку приточных устройств необходимо указать:

- количество очищаемого воздуха, м³/ч;

- расчетное содержание пыли в приточном воздухе, мг/м³;
- особенности пыли, содержащейся в приточном воздухе, если они имеются;
- предельно допустимое количество пыли в приточном воздухе мг/м³;
- указания относительно типа оборудования для очистки воздуха-;
- место установки оборудования для очистки, его габариты;
- режим работы технологических установок (сменность, сезонность и т. д.), если очищающий воздух предназначен для использования в технологических установках.

Реконструкция и модернизация пылеулавливающего оборудования. Значительная часть пылеулавливающего оборудования на предприятиях пищевой промышленности требует реконструкции и модернизации в связи с совершенствованием технологии, с целью повышения эффективности очистки, снижения выбросов в атмосферу и т. д.

По каждой аспирационной системе и пылеулавливающей установке намечают мероприятия по их реконструкции с указанием объемов работ и сроков выполнения. В частности, могут быть намечены следующие мероприятия: замена соответствующих аппаратов или установка дополнительных, герметизация оборудования, установка более совершенных местных отсосов, разукрупнение или укрупнение аспирационных систем, совершенствование организации выброса очищенного воздуха (увеличение высоты шахты, применение факельного выброса и др.), применение рециркуляции воздуха после очистки, централизация удаления уловленной пыли, применение дистанционного управления и автоматизация работы установок и др.

Если существующее пылеулавливающее оборудование не может обеспечить необходимую эффективность очистки с учетом возросших требований, может быть установлена дополнительная ступень очистки, например после циклона может быть установлен рукавный фильтр, мокрый фильтр или второй циклон. Применение второй ступени, естественно, повышает гидравлическое сопротивление, что часто связано с необходимостью замены вентилятора и электродвигателя.

Механизация процесса удаления уловленной пыли. Пылеулавливающее оборудование на предприятиях пищевой промышленности задерживает значительное количество пыли, которое на ряде предприятий составляет сотни килограммов в сутки. Уловленная пыль должна регулярно удаляться. Накопление пыли в бункерах пылеуловителей нарушает их работу и создает пожаро- и взрывоопасность.

Пыль удаляется от пылеуловителей через тчки бункеров посредством клапанов. Для непрерывной выгрузки пыли применяют мигалки, шлюзовые и шнековые

затворы. Мигалки (рис. 6.38) используют для выгрузки тяжелых неслипающихся пылей при разрежении в бункере до 1500 Па.

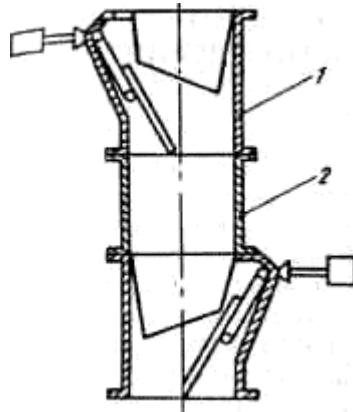


Рис. 37. Затвор-мигалка двойная с противовесами и плоским откидным клапаном: 1 — клапан откидной; 2 — корпус.

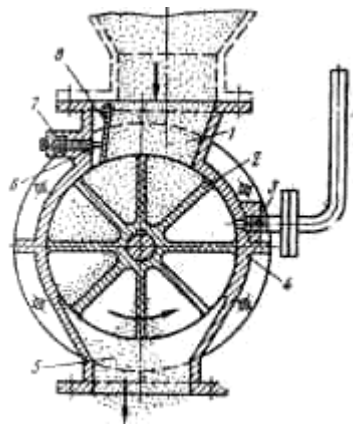


Рис. 38. Шлюзовый затвор: 1 — приемная воронка; 2 — вращающийся лопастной барабан; 3 — труба для уравнивания давления в ячейке и приемной воронке; 4 — корпус затвора; 5 — разгрузочная воронка; 6 — штифт; 7 — пружина; 8 — скребок для предотвращения попадания твердых частиц в зазор между лопастью барабана и корпусом.

На рисунке показана плоская двойная мигалка с плоским откидным клапаном. Клапаны, запирающие пылевы-пускные отверстия, укреплены на штоках, присоединенных на рычагах с противовесами. Клапаны открывают отверстия, когда противовес преодолевается тяжестью накопившейся пыли. Недостаток мигалок — низкая герметичность из-за проникновения пыли между седлом и клапаном. Шлюзовые затворы (питатели) роторного типа с электроприводом широко применяются на пищевых предприятиях. Шлюзовый затвор показан на рис. 6.39. Внутри чугунного корпуса вращается барабан с ячейками. Пыль поступает в приемную воронку, заполняет находящуюся в данный момент под ней ячейку барабана. При его вращении она выгружается через разгрузочную воронку в емкости для ее транспортирования. Недостаток шлюзового затвора — подсос воздуха через неплотности. Для его уменьшения зазор между барабаном и корпусом затвора не должен превышать 0,05 мм. Имеются конструктивные решения по уплотнению

шлюзового затвора. Шнековый затвор, а также шиберный затвор, применяемый при периодической выгрузке пыли, рассматриваются в специальной литературе [31, 32].