

МОБИЛЬНАЯ И ЭКОЛОГИЧНАЯ КУСТОВАЯ СИСТЕМА ПНЕВМОТРАНСПОРТА

Т.Н. Королева, С.И. Луговский, С.И. Пивоварова

(ПГУ, г. Новополоцк)

Системы пневмотранспорта широко применяются в деревообрабатывающих цехах, где они выполняют задачу непрерывного удаления древесных отходов от работающих станков. В цехах с небольшим числом станков применяются кустовые внутрицеховые системы пневмотранспорта с коллекторами-сборниками.

Принципиальная схема существующих кустовых систем пневмотранспорта представляет собой сеть разветвленных всасывающих воздухопроводов, подведенных к режущим инструментам станков и снабженных отсасывающими приемниками, которые предназначены для удаления древесных отходов и пыли. Воздушный поток, создаваемый центробежными вентиляторами по отдельным ответвлениям материалопроводов транспортирует древесные отходы во взвешенном состоянии в общий коллектор-сборник, из которого они перемещаются за пределы цеха в циклон для отделения их от воздуха, а затем отходы поступают в бункер.

Эти системы отличаются простотой конструкции и надежностью в работе, однако требуют большого расхода тепловой и электрической энергии и загрязняют пылью окружающую среду.

С целью существенного энергосбережения и уменьшения отрицательного воздействия на экологию необходимо:

- сокращать длину материалопроводов, для чего коллектор-сборник размещать рядом с циклоном, либо применять циклоны, совмещенные с коллектором-сборником и размещать их в специальном помещении цеха;
- снижать расход воздуха за счет отключения от сети временно неработающих станков и других пылеобразующих объектов; используя автоматически действующие вентиляционные клапаны, вмонтированные в материалопроводы непосредственно у отсосов каждого станка, а также предусмотрев установку стабилизатора скорости на входе воздуха в циклон;
- применять вторую ступень очистки воздуха после циклона от мелкодисперсной пыли и использовать рециркуляцию воздуха, обычно выбрасываемого в атмосферу системами пневмотранспорта.

Один из возможных вариантов совершенствования кустовой системы пневмотранспорта изображен на рис 1, а. В центре расположения станков размеща-

ются коллектор-сборник 1 и циклон 2. К коллектору-сборнику присоединяются материалопроводы 4, причем концы их направлены вниз с целью максимального осаждения отсасываемого от станков материала. Из коллектора-сборника запыленный воздух поступает по совсем короткому воздуховоду в циклон, где очищается от крупнодисперсной пыли и затем с помощью вентилятора 9 отсасывается из выхлопной трубы 6 циклона 2 и подается в секцию для вторичной очистки с помощью тумано-образователя 8 /1/. Здесь воздух окончательно освобождается от мелкодисперсной пыли, после чего выпускается в помещение.

Основная масса материала осажается в коллекторе-сборнике, а пыль в бункере 3 циклона. Удаление отходов из коллектора производится путем выпуска их в кузов тележки 5 или на транспортер. Во избежании пылевыведения узел погрузки отходов и сам транспортер может изолироваться при помощи мягкого укрытия /2/.

Высота и объем коллектора-сборника должны быть такими, чтобы в нем помещалось количество осевших древесных отходов, получаемое от станков при их работе в течение 2-3 часов или всей смены.

Общая высота коллектора-сборника, м, (рис. 1, б) составляет:

$$h = h_{вк} + h_{ц} + h_{ц} + h_{нк}, \quad (1)$$

где $h_{вк}$ - высота переходника в верхней части коллектора-сборника, м;

$h_{ц} = 0,2-0,3$ м - высота цилиндрической верхней части коллектора, которая не должна заполняться отходами, м;

$h_{ц}$ - высота цилиндрической части коллектора, м;

$h_{нк}$ - высота усеченного конуса в нижней части коллектора, м.

Высота переходника верхней части коллектора, м, равна

$$h_{вк} = \frac{d_{ц} - d_{вк}}{2} \cdot \operatorname{tg} \Psi, \quad (2)$$

где $d_{ц}$ - принятый внутренний диаметр цилиндрической части коллектора, м;

$d_{вк}$ - диаметр верхнего отсасывающего отверстия, м;

Ψ - угол между образующей боковой поверхности усеченного конуса и горизонталью, град.

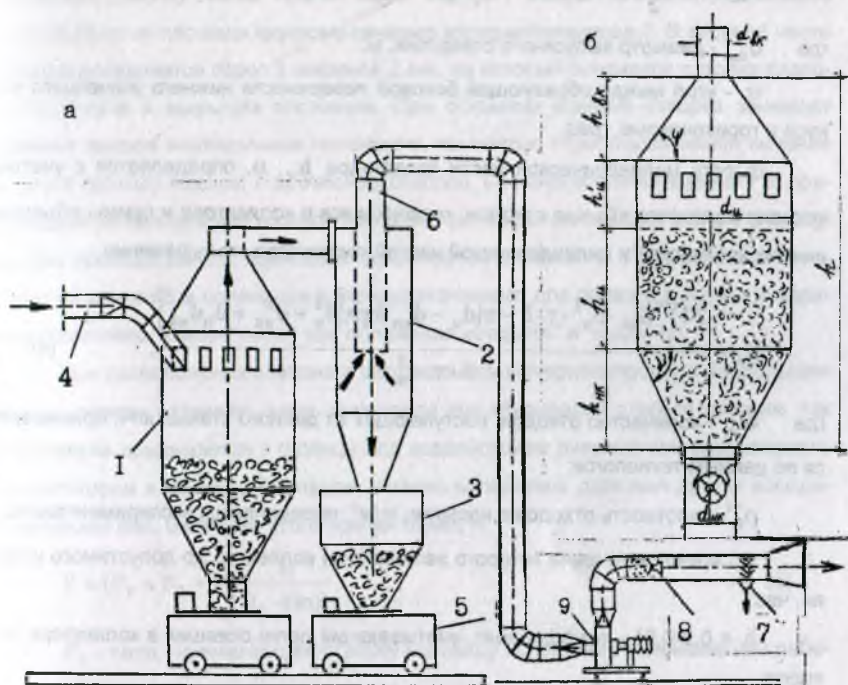


Рис.1. Кустовая система пневмотранспорта с установкой коллектора-сборника с циклоном и применением туманообразователя:

- а - Схема установки: 1 - коллектор-сборник; 2 - циклон; 3 - бункер; 4 - материалопровод от станка; 5 - вагонетка; 6 - выхлопная труба циклона; 7 - спуск загрязненной воды; 8 - туманообразователь; 9 - вентилятор.

б - Схема к определению размеров коллектора-сборника.

Высота усеченного нижнего конуса, м, равна

$$h_{нк} = \frac{d_u - d_{нк}}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (3)$$

где $d_{нк}$ - диаметр выпускного отверстия, м;

α - угол между образующей боковой поверхности нижнего усеченного конуса и горизонталью, град.

Высота цилиндрической части коллектора h_u , м, определяется с учетом условия равенства объема отходов, осевших в коллекторе и суммы объемов нижних конической и цилиндрической частей коллектора, из выражения

$$h_u = \frac{24 \sum_{i=1}^n G_{oi} \cdot \rho_o^{-1} \cdot \tau \cdot \delta - \pi (d_u - d_{нк}) \operatorname{tg} \alpha [d_u^2 + d_{нк}^2 + d_u d_{нк}]}{6 \cdot \pi \cdot d_u^2}, \quad (4)$$

где G_{oi} - количество отходов, поступающих от данного станка, кг/ч, принимается по данным технологов;

ρ_o^{-1} - плотность отходов в насыпке, кг/м³, определяется экспериментально;

τ - время, в течение которого заполняется коллектор до допустимого уровня, час;

$\delta = 0,9-0,95$ - коэффициент, учитывающий долю осевших в коллекторе отходов;

n - число станков, подключенных к коллектору-сборнику.

На рис. 2 представлена усовершенствованная кустовая система пневмотранспорта, состоящая из коллектора-сборника 1 со встроенным внутри циклоном 2, материалопроводов 3 от станков 4. На коллекторе-сборнике вокруг выпускной трубы циклона размещен многоходовый гидрофильный фильтр 10, используемый в качестве второй ступени очистки воздуха после циклона.

Коллектор-сборник с циклоном целесообразно размещать в отдельном хорошо проветриваемом помещении П. Это позволит улучшить гигиену и безопасность труда.

Приведение производительности систем пневмотранспорта по воздуху в соответствие с количеством одновременно работающих деревообрабатывающих станков предлагается осуществлять путем регулирования. Для этого на материалопроводе каждого станка необходимо устанавливать рекомендуемую конструк-

цию автоматически действующего соленоидного клапана (рис. 3, а), включающего материалопровод в систему пневмотранспорта только в момент пуска электродвигателя данного станка. Клапан имеет корпус 1 квадратного сечения, которое равновелико по площади круглому сечению материалопровода 2. В верхней части корпуса оставляется порог 3 шириной 2 мм, на который опирается створка клапана 4, будучи в закрытом состоянии. При открытом клапане створка занимает крайнее нижнее вертикальное положение, полностью освобождая живое сечение корпуса проходу воздуха и древесных отходов. Створка крепится к рычагу 5, вращающемуся на оси 6 вне корпуса клапана. При открытом клапане щель 7 в корпусе для прохода рычага полностью закрывается створкой 4. Привод клапана состоит из рычага 5 и соленоида 6, предназначенного для перевода рычага в верхнее положение. Клапан имеет два положения «открыто» и «закрыто».

При расположении клапана в вертикальном материалопроводе наибольшее усилие должен развивать якорь соленоида при открывании створки клапана, так как створка прижимается к фланцу под воздействием разряжения, создаваемого вентилятором в материалопроводе, а также вследствие действия других аэродинамических сил. Величина этого усилия будет, Н,

$$P = (P_1 + P_2 + P_3) \frac{l_1}{l_2 \cdot \sin \beta}, \quad (5)$$

где P_1 - сила, прижимающая створку к фланцу вследствие всасывающей работы вентилятора, Н;

P_2 - сила противодействия воздуха, при быстром движении створки в положение «открыто», Н;

P_3 - сила динамического давления отсасываемого воздуха на створку в момент ее приоткрытия, Н;

l_1 - длина плеча рычага, прикрепленного к створке клапана, м;

l_2 - длина плеча рычага, прикрепленного к якорю соленоида, м;

β - угол между плечом рычага якоря и стенкой корпуса клапана, град.

Силу веса плеча рычага якоря не учитываем, так как при вертикальном положении клапана она полностью уравновешивается силой веса плеча рычага створки.

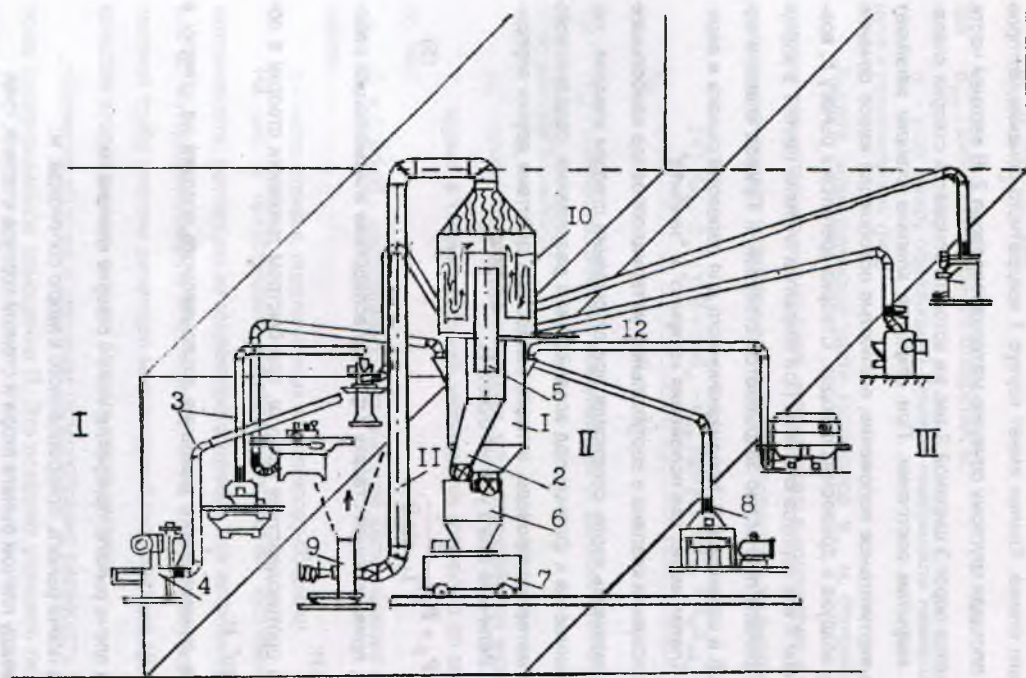


Рис.2. Схема кустовой системы пневмотранспорта с установкой гидрофилтра на коллекторе-сборнике: I - коллектор-сборник; 2 - циклон; 3 - материалопроводы от станков; 4 - станок с отсосом; 5 - выхлопная труба циклона; 6 - бункер; 7 - вагонетка; 8 - отключающий клапан; 9 - вентилятор; 10 - гидрофилтр; II - отсасывающий воздуховод; 12 - спуск загрязненной воды гидрофилтра.

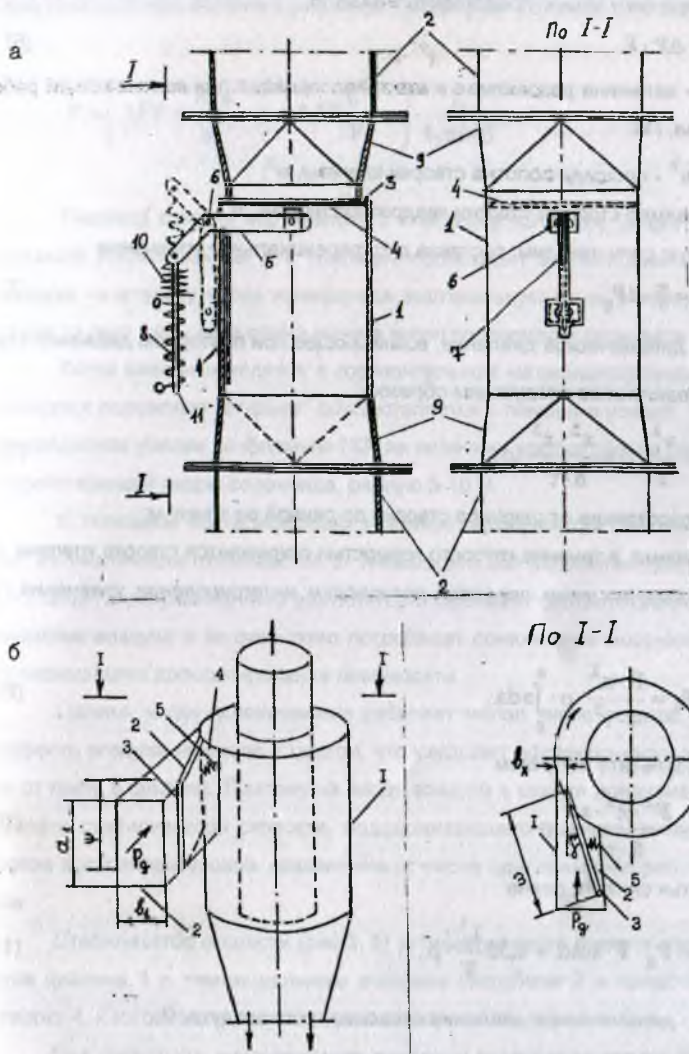


Рис.3. а - вентиляционный клапан: 1 - корпус; 2 - материалпровод; 3 - порог; 4 - створка; 5 - рычаг; 6 - ось; 7 - щель; 8 - соленоид; 9 - переходник; 10 - пружина; б - стабилизатор скорости: 1 - циклон; 2 - выходной патрубок циклона; 3, 4 - створка; 5 - пружина.

Первую силу можно представить в виде, Н,

$$P_1 = \Delta P \cdot F, \quad (6)$$

где ΔP - величина разряжения в материалопроводе при всасывающей работе вентилятора, Па;

$F = a^2$ - площадь полотна створки клапана, m^2 ;

a - размер стороны створки квадратной формы, м.

Вторую силу находим, составив дифференциальное уравнение

$$dP_2 = F \cdot dP_g, \quad (7)$$

где P_g - динамическое давление, возникающее при повторном движении створки, Па, определяемое следующим образом:

$$P_g = \frac{v_x^2}{2} \cdot \rho = \frac{\pi^2 \cdot x^2}{8 \cdot \tau^2} \cdot \rho, \quad (8)$$

где x - расстояние от шарнира створки до данной ее точки, м;

τ - время, в течение которого полностью открывается створка клапана, с.

В указанных ниже пределах производим интегрирование уравнения (7) с учетом (8)

$$\int_0^{P_2} dP_2 = \frac{F \cdot \pi^2}{4 \cdot \tau^2} \cdot \rho \cdot \int_0^a x dx, \quad (9)$$

В результате получаем

$$P_2 = \frac{F^2 \cdot \pi^2 \cdot a^2}{8 \cdot \tau^2} \cdot \rho. \quad (10)$$

Третья сила, Н, равна

$$P_3 = P_g' \cdot F \cdot \sin \alpha = 0,35 \frac{L^2}{F} \cdot \rho, \quad (11)$$

где P_g' - динамическое давление отсасываемого воздуха, Па;

L - расход воздуха в материалопроводе, $m^3/ч$;

α - угол между положением открывающейся створки и стенкой корпуса клапана. В расчет принимается значение угла $\alpha = 60^\circ$, когда образуется достаточная площадь прохода для отсасываемого воздуха.

Подставив найденные значения сил из (6), (10) и (11) в выражение (5) най-

дем необходимую величину усилия для открывания створки клапана, Н:

$$P = \left(\Delta PF + \frac{F^2 \pi^2}{8 \tau^2} \cdot \rho + 0,35 \frac{L^2}{F} \cdot \rho \right) \cdot \frac{l_1}{l_2 \sin \beta} \quad (12)$$

Перевод створки вертикального клапана в положение "закрыто" не требует никакого усилия, так как эта операция происходит за счет давления наружного воздуха на створку через имеющуюся вертикальную щель в корпусе клапана, а также за счет силы веса плеча рычага якоря соленоида и силы веса самого якоря.

Когда клапан находится в горизонтальном материалопроводе перевод его створки в положение "открыто" осуществляется с помощью усилия, превышающего найденное усилие по формуле (12) на величину усилия сжатия пружины, противодействующей якорю соленоида, равную 5-10 Н.

С помощью вентиляционных клапанов, электрически связанных со станками, автоматически отключаются от пневмосети все неработающие в данное время станки, в результате чего вентилятор отсасывает соответственно меньшее количество воздуха и за счет этого потребляет пониженную мощность вследствие происходящего дросселирования пневмосети.

Однако, когда одновременно работает малое число станков, резко падает скорость воздуха на входе в циклон, что ухудшает эффективность очистки воздуха от пыли в циклоне. Поэтому на входе воздуха в циклон предусматривается установка стабилизатора скорости, поддерживающего скорость воздуха на допустимом постоянном уровне, независимо от числа одновременно работающих станков.

Стабилизатор скорости (рис 3, б) устанавливается в месте сопряжения корпуса циклона 1 с тангенциальным входным патрубком 2 и представляет собой створку 4, к которой с тыльной стороны прикреплен пружина 5.

Под действием динамического давления воздушного потока створка отклоняется от начального положения "закрыто", поворачиваясь на вертикальной оси, и приоткрывает на необходимую величину входное сечение тангенциального патрубка. Площадь открывающегося сечения тем больше, чем больше скорость движения воздуха. Повороту створки противодействует пружина, усилие которой рассчитано так, чтобы створка отклонялась незначительно при малом расходе возду-

ха. При этом входное сечение тангенциального патрубка соответственно уменьшается, за счет чего скорость входа воздуха в циклон поддерживается на достаточном уровне, необходимом для нормальной работы аппарата.

Усилив, необходимого противодействия пружины в зависимости от величины динамического давления воздуха определяется из выражения:

$$P = l_c \cdot h_c \cdot \sin \gamma \cdot \frac{L^2}{2 \cdot a_1^2 \cdot b_1^2} \cdot \rho, \quad (13)$$

где P - сила динамического давления на лобовую площадь створки, Н;

l_c - длина створки, м;

h_c - высота створки, м;

$\gamma = 20-45^\circ$ - угол поворота створки;

L - расход воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$;

a_1 и b_1 - соответственно высота и ширина сечения тангенциального патрубка, м;

ρ - плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Необходимое отклонение створки стабилизатора по ширине входного сечения отверстия должно составлять

$$b_x = \frac{L}{v_{\text{доп}} \cdot a_1}, \quad (14)$$

где $v_{\text{доп}}$ - допустимая скорость воздуха во входном отверстии циклона, $\text{м}/\text{с}$; она может колебаться в пределах от 12 до 26 $\text{м}/\text{с}$.

Использование предлагаемой усовершенствованной кутовой системы пневмотранспорта имеет ряд преимуществ:

- предлагаемое совмещение коллектора-сборника с циклоном дает большую экономию электрической энергии и сокращает расход металла, так как до минимума сокращается длина пути пневмотранспортирования отходов;
- применение клапанов, автоматически отключающих отсосы от неработающих станков, и одновременное использование стабилизатора скорости для эффективной работы циклона снижает расход воздуха и потребляемую мощность электродвигателями вентиляторов;

- применение второй ступени очистки выбрасываемого после циклона воздуха от пыли мелких фракций делает эти системы экологически чистыми и позволяет значительно экономить тепловую энергию, используя этот воздух в качестве рециркуляционного.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дымчук Г.К., Гусаков И.А., Луговская Е.С. Пневматический распылитель жидкости - туманообразователь. А.с. № 1623791, кл. B05B1/18, A01H7/00. Опубл. 30.01.91. Бюл. № 1.
2. Луговский С.И., Дымчук Г.К. Совершенствование системы промышленной вентиляции. - М.: Стройиздат, 1991. - 134 с.

УДК 697.94

ДВУХСТУПЕНЧАТАЯ РЕГЕНЕРАТИВНО-ЦИКЛОННАЯ УСТАНОВКА

Т.И. Королева, С.И. Пивоварова
(ПГУ, г. Новополюцк)

Предлагаемая установка может быть применена в различных отраслях промышленности, в которых технологические процессы требуют очистки от пыли выбрасываемого вентиляторами воздуха.

Недостатком применяемых циклонов является то, что они улавливают только более крупные фракции пыли, а мелкодисперсные не задерживаются и выбрасываются в атмосферный воздух. Это приводит к его загрязнению и ухудшению экологических условий в окружающей среде. Степень улавливания пыли циклонами колеблется от 60 до 85 %.

Целью разработки данной установки стала необходимость повышения пылеулавливающей способности циклона за счет применения второй ступени очистки в виде зигзагообразного матерчатого или волокнистого фильтра 5 (рис. 1). Последний монтируется на верхнем торце выходной трубы 2 циклона 1 и имеет повышенную пылеемкость вследствие увеличенной площади фильтрующего мате-