

С экономической и экологической точек зрения наиболее предпочтительными способами утилизации вторичного полимерного сырья представляется повторное использование и переработка в новые виды материалов и изделий. Стадия измельчения отходов является практически обязательной при переработке отходов, что отмечалось ранее [1,2], и характеризуется значительными выделениями полимерной пыли, например, при измельчении отходов из пластмасс выделяются пыли полипропилена, полиамида, полистирола, полиэтилена, полиэтилентерефталата и др. На данном технологическом этапе необходима очистка воздуха производственных помещений от полимерной пыли. В качестве пылеуловителей в таких производствах используют фильтры каркасного типа [3], в которых фильтроэлементом являются различные волокнистые материалы, которые, обеспечивая качественную очистку, обладают существенным недостатком - ограниченным сроком службы из-за быстрого засорения ячеек и образования слоя осадка на входной поверхности. Вследствие этого требуется частая смена фильтрующих элементов или их периодическая регенерация. В типовых аппаратах промышленных фильтров для регенерации используется механическое встряхивание. Узел встряхивания является сложным механизмом с наличием подвижных элементов, которые изнашиваются в процессе работы, заклинивают, выходят из строя. Указанные недостатки, в некоторой мере, нивелируются при использовании рулонных фильтров [4]. Рулонные фильтры могут быть в различных модификациях (рис. 1 а,б). Фильтроэлементом в таких устройствах являются ткани, которые устанавливаются на подающем и приемном барабанах. Перематка фильтровальной ткани осуществляется периодически, автоматически или вручную, при достижении определенного максимально допустимого перепада давлений на фильтрующей перегородке (обычно в 2-3 раза превышающего начальное давление). Использование компактных фильтров позволяет значительно увеличить площадь фильтрации и снизить удельную нагрузку загрязнителя на фильтрующую поверхность. После полной перематки фильтровального полотна оно не регенерируется, а подлежит сожжению или захоронению. Рис. 1 - Рулонные фильтры обычного типа (а) и компактные (б) Разработанное фильтровальное устройство для пылеулавливания с использованием тканевого фильтроэлемента обеспечивает непрерывную регенерацию ткани [5, 6]. Отличительной особенностью предложенного устройства является соединение фильтровальной ткани в замкнутое кольцо в виде ленты Мебиуса, которая перемещается по системе роликов от внешнего привода и при движении проходит зону регенерации. Рис. 2 - Устройство пылеулавливания с непрерывной регенерацией тканевого фильтроэлемента: 1 - источник выделения загрязняющих веществ; 2 - заборные устройства (зонты, вытяжная панель, бортовой отсос и др.); 3 - воздуховод; 4 - пылеуловитель; 5 - рулонный фильтроэлемент; 6 - форсунка подачи

регенерирующей жидкости; 7 - слив жидкости Регенерация может быть гидравлической или пневматической. Большим достоинством такой схемы является непрерывная качественная регенерация ткани (рис. 3). В реальных условиях нагрузка на тканевый фильтроэлемент приходится в основном на наружные слои по отношению к всасываемому потоку загрязненного воздуха. В случае оформления фильтровальной ткани в виде ленты Мебиуса в процесс фильтрации включается вся толщина ткани d и эффективность очистки возрастает. В дополнение к этому при пневматической или гидродинамической регенерации за счет этого же фактора повышается эффективность очистки ткани. Разработанное устройство может быть использовано как в общей вытяжной системе вентиляции так и в местных вытяжных вентиляционных устройствах для организации локальных средств очистки. Рис. 3 - Изменение концентрации пылевой фракции по толщине ткани d в конце цикла очистки

Проектирование и расчет систем вентиляции сводится к определению потерь в воздуховодах при данном расходе воздуха и последующем выбор типа вентилятора. Суммарные потери давления в воздуховодах определяются по соотношению: $\Delta P = Rl + (1)$ Первое слагаемое Rl характеризует потери давления на трение, где R - потери давления на трение на расчетном участке вентиляционной сети на единицу длины; l - длина воздуховода. Значение R определяется уравнением Дарси - Вейсбаха: (2) где λ - коэффициент сопротивления трению; $d_{\text{э}}$ - эквивалентный диаметр воздуховода; ρ - плотность воздуха; v - скорость движения воздуха в воздуховоде. Значение λ зависит от режима течения среды и для средних значения скоростей ($\approx 7-9$ м/с) можно использовать формулу Блазиуса: (3) Второе слагаемое в соотношении (1) характеризует сумму потерь давления в местных сопротивлениях (повороты, тройники, сужения, расширения и др.), которые определяются из справочников. Основную долю местных потерь составляет потери давления на ткани, на которой реализуется процесс фильтрации. Для оценки потерь давления на фильтроэлементе примем, что перепад давления на ткани $\Delta P = P_1 - P_2$ будет переменным, изменяющимся от некоторого значения $\Delta P_{\text{нач}}$ (рис. 4) до допустимого значения $\Delta P_{\text{доп}}$, где P_1 - давление воздуха перед фильтровальной тканью, P_2 - давление воздуха после фильтровальной ткани, $t_{\text{пред.}}$ - предельное время достижения сопротивления на ткани $\Delta P_{\text{доп}}$. Значения $\Delta P_{\text{нач}}$ и $\Delta P_{\text{доп}}$ и характер экспоненциальной кривой зависят от вида и плотности ткани ($R_{\text{ф.тк.}}$) и мощностью системы вентиляции. В любом случае, должно выполняться условие $t_p \leq t_{\text{пред.}}$ (4) т.е. время пребывания ленты в зоне очистки не должно быть больше предельного значения. Выполнение этого условия должно обеспечиваться выбором скорости движения ленты l , и длины рабочей части ткани l_p исходя из соотношения: (5) Рис. 4 - Изменение перепада давления на ленте во времени Технологические параметры для предложенной схемы можно получить из следующих соотношений. Основное уравнение фильтрации [7]

приводится в следующем виде: (6) где φ - скорость фильтрации; $F\varphi$ - площадь фильтрования; $R_{\varphi.тк}$, $R_{ос}$ - сопротивление фильтровальной ткани и слоя осадка; μ - динамическая вязкость среды; $G\varphi$ - объем фильтрата. В соотношении (6) сопротивление на фильтроэлементе представлено в раздельном виде: $R_{\varphi.}$ - сопротивление фильтровальной ткани, которое можно считать постоянной. Это будет справедливо, если размеры пор ткани значительно меньше среднего размера пылевой фракции. $R_{ос}$ - сопротивление осадка будет величиной переменной из-за увеличения величины осадка. $R_{ос} = r_{ос} d_{ос} = r_{ос} X_{ос} G\varphi / F\varphi$ (7) где $r_{ос}$ - удельное сопротивление осадка; $d_{ос}$ - толщина слоя осадка; $X_{ос}$ - отношение объема осадка к объему фильтрата. Считая осадок несжимаемым ($r_{ос} = const$) и рассматривая процесс фильтрации при постоянном перепаде давлений - $DP = const$, можно уравнение (6) записать в виде: (8) Результат интегрирования (8) при $DP = const$ в пределах от 0 до $G\varphi$ и от 0 до t : (9) или $G\varphi^2 + 2 C G\varphi = K t$ (10) где C и K коэффициенты фильтрования, определяемые опытным путем для конкретных систем. Из уравнения (9) можно определить время t на получение объема фильтрата $G\varphi$ через определенную поверхность фильтрования $F\varphi$ при перепаде давления DP : (11) Далее, используя приведенные расчетные соотношения и определив время фильтрации, можно выбрать время пребывания ленты в рабочей зоне и скорость движения ленты. Возможно два режима работы устройства [5]. 1. Дискретный, при котором l_p в течение некоторого времени остается неподвижной до достижения перепада $DP_{доп}$. После этого фильтровальная лента перемещается на величину l_p и в процессе фильтрации участвует новый участок, а загрязненный участок перемещается в зону регенерации. 2. Непрерывный, при котором фильтровальная лента движется непосредственно с определённой скоростью l . Скорость l необходимо выбирать таким образом, чтобы за время пребывания ленты в зоне фильтрации был обеспечен диапазон в пределах $DP \leq DP_{доп}$ (рис.4), что соответствует условию: $t_p \leq t_{пред}$ При любой схеме работы устройства необходимо знать скорость перемещения фильтровальной ленты. Примем следующую модель перемещения ленты. Пусть фильтровальная лента имеет общую длину L . Соединение ленты в кольцо позволяет допустить, что L является длиной окружности кольца с размером $D_{экв}$, тогда: $L = \pi D_{экв}$ (12) Рабочая зона ленты l_p составляет только какую-то часть длины ленты L определяемую коэффициентом использования ленты: $K_l = l_p / L$, (13) Отсюда $l_p = K_l \pi D_{экв}$ (14) Если вращение кольца ленты осуществляется с угловой скоростью ω , то линейная скорость перемещения ленты будет: (15) Время пребывания фильтровальной ленты в зоне фильтрации будет (16) Используя (14) и (15) получим значение угловой скорости вращения ленты: (17) или, с учетом $\omega = 2 \pi n$, где n - число оборотов, то $n = K_l / t_p$ (18) Полученные соотношения позволяют обоснованно выбирать параметры и характеристики ленточного тканевого фильтра. Исходя из особенностей технологического процесса и характеристик

загрязнителя (производительности, схемы вентиляции, фракционного состава и концентрации загрязнителя) выбирается структура и вид фильтровальной ткани. По соотношению (11) рассчитывается время фильтрации и при заданных конструктивных параметрах l_p и L определяется необходимое число оборотов кольцевой ленты. Таким образом, оформление ленты в виде кольца Мебиуса и непрерывная регенерация позволяет осуществлять эффективную очистку вентиляционных выбросов в производстве полимерных изделий.