

ЦИКЛОНЫ

Работа циклонов основана на использовании силы инерции. Основные элементы конструкции представлены на рис. 2.1. Газ поступает в патрубок со скоростью 20–25 м/с. Будучи подведен тангенциально, газ получает вращательное движение и разворачивается вниз, одновременно совершает вращательное и поступательное движение. Приблизительно можно считать, что все частицы газа движутся с постоянной угловой скоростью. Статическое давление по диаметру цилиндра непостоянно. В центре создается разрежение. Пыль, вследствие инерции, отжимается к стенкам цилиндра. Частицы, касаясь стенок, теряют скорость и выпадают из потока. По мере движения к вершине конуса внутренние слои газа поворачивают к оси циклона и начинают двигаться в сторону выхлопной трубы, образуя по центру трубы восходящий вращающийся вихрь. Пыль осаждается в нижней части, входя в золоспускную трубу. Работа циклона может происходить при любом его геометрическом положении.

Вышеизложенная теория не дает исчерпывающие указания о наилучшей конструкции циклонных аппаратов, о влиянии изменения конструктивных форм на коэффициент полезного действия аппарата. Поэтому большинство данных опытные.

Дисперсионный состав пыли и ее удельный вес влияют на КПД улавливания. Чем крупнее частицы, тем лучше они улавливаются.

В табл. 2.1 приведен фракционный КПД конических циклонов при сопротивлении $P = 500$ Па.

Таблица 2.1

Фракционный КПД конических циклонов

Диаметр циклона, мм	Размер частиц, мк					
	10	20	30	40	60	80
300	85	95	98	99	100	–
500	81	93	96	98	99	100

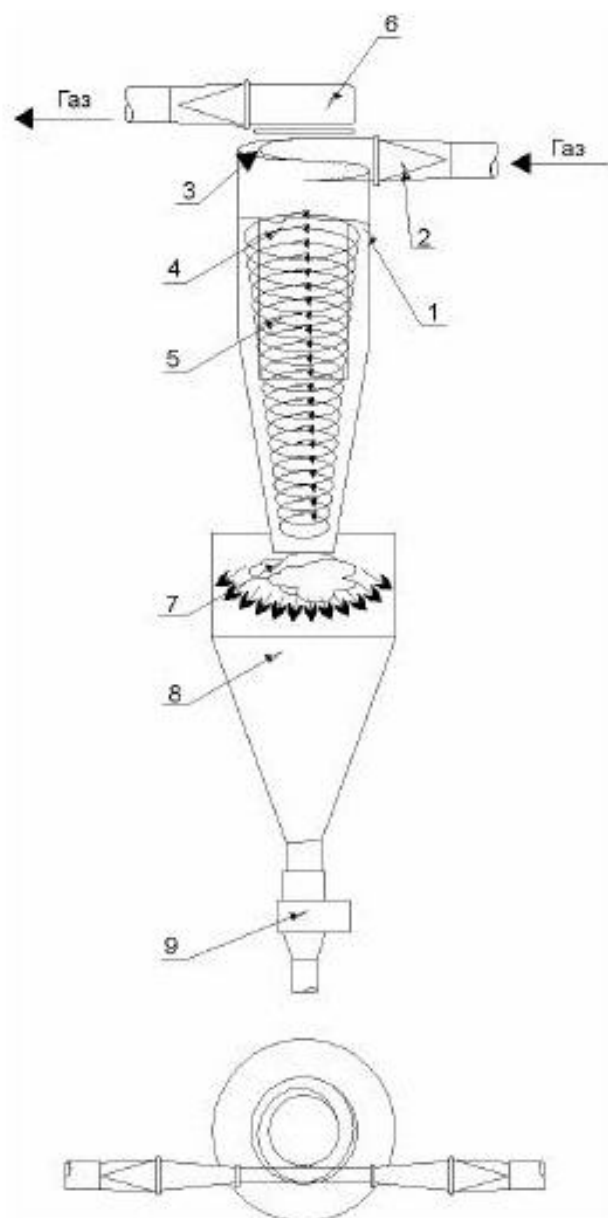


Рис. 2.1. Устройство циклона и схема движения в нем газового потока: 1 – цилиндрическая часть аппарата; 2 – входной патрубок с осью, перпендикулярной оси цилиндра, присоединенный тангенциально к цилиндрической части аппарата; 3 – крышка, закрывающая верхнюю часть цилиндра; 4 – выхлопная труба; 5 – коническая часть корпуса; 6 – выходящая улитка; 7 – пылевыпускное отверстие; 8 – бункер; 9 – пылевой затвор

В обычных циклонах с увеличением концентрации степень очистки повышается. Так по опытам Кирпичева Е. Ф. с увеличением концентрации с 10

до 75 г/м^3 КПД увеличивается с 65 до 70 %. Концентрация пыли может колебаться в широких пределах. Предельно допустимые концентрации зависят от слипаемости пыли, формы и строения ее частиц, влажности, температуры и давления транспортируемого газа, а также размеров циклона и, в первую очередь, размеров пылевыпускного патрубка. Предельные значения концентрации для малослипающей пыли представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Предельные значения концентрации
для малослипающей пыли

Диаметр циклона, мм	300	400	500	600	700	800
Предельная концентрация, г/м^3	400	600	800	1000	1200	1500

Для слипающей и сильно слипающей пыли, до накопления достаточного количества данных, указанные значения предельно допустимых концентраций должны быть уменьшены на 25–50 %.

Температура и вязкость газа влияют на КПД циклона очень незначительно. С увеличением вязкости КПД падает. При снижении температуры КПД также снижается. Так, при снижении температуры с 360 до 150 °С КПД падает с 77,7 % до 75 %.

Циклоны, изготавливаемые из обычных сталей, могут быть применены для температуры не выше 400 °С, а с литыми чугунными корпусами – до 500 °С. Циклоны из специальных сталей могут использоваться до температуры 750 °С, а в случае наличия при этом жаростойких внутренних покрытий соответствующей толщины – до 1000 °С и больше.

Влажность газов сильно влияет на очистку от пыли, в особенности, если возможна конденсация влаги на поверхности частиц. Для устранения отложения пыли на стенках циклона температура за циклоном должна быть на 15–20 °С выше точки росы.

Скорость поступления газов сильно влияет на КПД циклона. Теоретически с увеличением скорости КПД должен расти. Практически рост возможен только до определенного предела, а затем начинается падение. Наилучшая скорость от 20 до 29 м/с.

Число оборотов газового потока в циклоне теоретически в значительной мере должно влиять на КПД, которое должно расти с увеличением числа оборотов. Практически это не подтверждено, видимо, вследствие возмущений в газовом потоке.

Абсолютные размеры циклона, вне зависимости от его конструктивных особенностей, существенно влияют на степень очистки газа. При геометрически подобном уменьшении размеров циклона КПД растет, при увеличении – падает. Исходя из принципа улавливания наиболее тонкой пыли, рекомендуется применять единичные циклоны и блоки параллельно включенных одинаковых циклонов диаметром до 800 мм, но не более 1000 мм.

Для малых расходов газа диаметр циклона может быть принят менее 300 мм. При уменьшении размеров уменьшается ширина входного патрубка, а следовательно, и расстояние, которое частицы должны пройти, чтобы достигнуть стенки; с уменьшением диаметра цилиндра увеличивается угловая скорость газов, а следовательно, увеличиваются и силы, действующие на частички. Это свойство используется при проектировании мультициклонов.

Экспериментально установлено, что при уменьшении отношения диаметра выхлопной трубы к диаметру цилиндрической части циклона КПД растет, но растет и сопротивление циклона. Большей частью это отношение поддерживается от 0,55 до 0,65. Опытами установлено оптимальное отношение диаметра пылеотводящего патрубка к диаметру циклона от 0,16 до 0,18.

Уменьшение угла раскрытия конуса несколько увеличивает степень очистки газа. Так, при изменении угла с 60° до 30° КПД изменяется от 74 до 78 %.

При увеличении высоты цилиндрической части циклона степень очистки газов незначительно возрастает. Своевременный отвод из циклона уловленного уноса – неперемное условие нормальной работы аппарата.

Неплотности в золоспускной системе снижают КПД. Подсос воздуха 10–15% к количеству очищаемого газа сводит к нулю эффект работы аппарата.

Максимальная часовая производительность единичных циклонов рекомендуемых диаметров, при проходе газов с плотностью $\rho = 1,32 \text{ кг/м}^3$ и поддержании гидравлических сопротивлений 500–850 Па приведена в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Максимальная тяговая производительность
единичных циклонов

Диаметр циклона, мм	300	400	500	600	700	800
Q , м ³ /ч, при $P = 500$ Па	650	1200	1850	2650	3600	4700
Q , м ³ /ч, при $P = 850$ Па	850	1550	2400	3450	4700	6200

При компоновке в блоках эти циклоны могут быть использованы на производительность (по газам) до 50000 – 60000 м³/ч.

2.2. Расчет циклонов

Величина центробежной силы, выбрасывающей частицу из вращающегося потока к стенкам аппарата, выражается формулой

$$P_g = \frac{m \cdot W^2}{R},$$

где W – скорость газового потока в циклоне, принимаемая равной скорости газов во входном патрубке циклона, м/с; R – расстояние от центра вращения газового потока (оси циклона) до частицы, м; m – масса частицы, кг.

Под действием центробежной силы частица движется в радиальном направлении к стенке циклона со скоростью W_p . Этому движению газовая среда оказывает сопротивление, величину которого определяют по формуле

$$P = 3\pi \cdot W_p \cdot d\mu.$$

При входе в циклон центробежная сила значительно превышает силы сопротивления среды P , так как начальное значение скорости пылинки в радиальном направлении было равно нулю. Но по мере разрастания этой скорости, практически через сотые доли секунды, эти силы становятся равными. С этого момента частица продолжает двигаться в радиальном направлении с постоянной скоростью, которую определяют из равенства

$$\frac{mW^2}{R} = 3\pi W_p d\mu.$$

Заметив, что $m = \frac{\pi d^3}{6} \rho$, получим

$$W_p = \frac{d^2 W^2 \rho}{18 R \mu}.$$

где d – диаметр пылинки, ρ – плотность пылинки, кг/м³; μ – вязкость газовой среды, Н·с/м.

Наиболее длинный путь в радиальном направлении будет у той пылинки, которая при входе в циклон находилась около внутренней (выходной) трубы. Этот путь равен радиусу циклона, а R – радиус выходной трубы. Время, необходимое для того, чтобы такая пылинка успела пройти путь $R_1 - R_2$:

$$t = \frac{R_1 - R_2}{W_p}.$$

Заметим, что величина R переменная, в среднем ее можно принять как

$$\frac{R_1 - R_2}{2}.$$

Подставив в формулу значение W_p , найдем

$$t = \frac{R_1 - R_2}{W_p} = \frac{(R_2 - R_1) \cdot 18 \cdot (R_2 + R_1) \mu}{d^2 W^2 \rho} = \frac{9\mu(R_2^2 - R_1^2)}{d^2 W^2 \rho}.$$