

*Бугакова Н.В.,
студентка 3 курса,
факультет технологии и дизайна,
направление: «Техносферная безопасность»
Брянский государственный университет имени
академика И.Г. Петровского,
Россия, г. Брянск*

*Проплёткин Евгений Витальевич
магистрант 1 курс
факультет технологии и дизайна,
направление: «Техносферная безопасность»
Брянский государственный университет имени
академика И.Г. Петровского,
Россия, г. Брянск*

Научный руководитель: Растягаев В.И.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПЫЛЕУДАЛЕНИЯ

***Аннотация:** в данной статье произведен анализ эффективности функционирования систем пылеудаления на предприятиях по производству комбикорма.*

***Abstract:** this article analyzes the effectiveness of the operation of dust removal systems at enterprises for the production of animal feed.*

***Ключевые слова:** пылеудаление, циклон, оптимальный режим.*

***Key words:** dust removal, cyclone, optimal mode.*

Наиболее важным фактором, влияющим на эффективность функционирования системы пылеудаления, являются скорости движения воздуха и пылевых частиц.

Значения скоростей движения воздуха в точках пространства, создаваемого системой пылеудаления, были определены по следующим выражениям .

в плоскости XY:

скорость движения воздуха V_y , м/с, в направлении оси Y

$$V_{yi} = \frac{L_i \cdot (y + a)}{1,2\pi(x^2 + (y + a)^2)^{3/2}},$$

$$V_y = \sum_{i=1}^n V_{yi}; V_{xy} = \sqrt{V_{\text{всх}}^2 + V_y^2};$$

в плоскости XZ

в направлении оси Z

$$V_{zi} = \frac{L_i \cdot z}{1,2\pi(x^2 + z^2 + (y + a)^2)^{3/2}}, ; V_z = \sum_{i=1}^n V_{zi},$$

в направлении оси X

$$V_{xi} = \frac{L_i \cdot x}{1,2\pi(x^2 + z^2 + (y + a)^2)^{3/2}}; V_x = \sum_{i=1}^n V_{xi}.$$

Расчет циклона

Циклоны являются важным элементом систем пылеудаления, аспирации и пневмотранспорта. От эффективности работы циклонов зависит надежность работы вентиляторов и количество выбросов в атмосферу.

Из всех типов циклонов, выпускаемых в Российской Федерации, были выбраны типы ЦН-11, ЦН-15 и СЦН-40 (рис.1), которые могут быть использованы для улавливания сухих пылей. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Ниже приведен алгоритм и результаты расчета циклонов

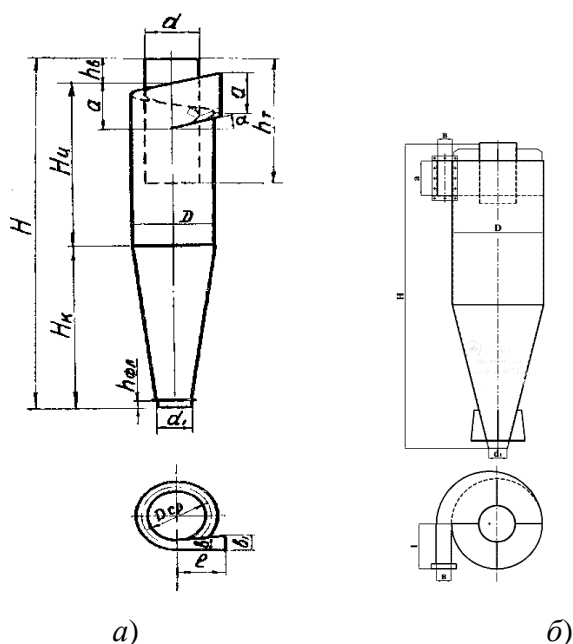


Рисунок 1. – Схемы циклонов ЦН-11, ЦН-15 и СЦН-40: а – циклоны типа ЦН-11 и ЦН-15 (α – угол наклона входного патрубка, для ЦН-11 $\alpha=11^\circ$, для ЦН-15 $\alpha=15^\circ$); б – циклон типа СЦН-40

Расчет циклонов будем вести по следующему алгоритму:

1. Диаметр циклона D , м:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot L}{3600 \cdot \pi \cdot v_u^{onm}}},$$

где L – расход воздуха, м³/ч ($L=12000$ м³/ч);

$v_{ц}^{opt}$ – оптимальная скорость движения воздуха в циклоне, м/с (для ЦН-11 и ЦН-15 $v_{ц}^{opt} = 3,5$ м/с, для СЦН-40 $v_{ц}^{opt} = 1,3 \div 1,9$ м/с (принимаем 1,6 м/с)).

Округляем полученный диаметр циклона до ближайшего значения стандартных диаметров циклонов $D_{ц}$.

2. Действительная скорость движения газа в циклоне $v_{ц}$, м/с:

$$v_{ц} = \frac{4 \cdot L}{3600 \cdot \pi \cdot D_{ц}^2},$$

где $D_{ц}$ – диаметр циклона, округленный до стандартного размера, м.

Полученное значение скорости движения газа должно отклоняться от оптимальной не более чем на 15%.

3. Определяют размер частиц $d_{\eta=50}$, улавливаемых циклоном на 50%, мкм:

$$d_{\eta=50} = d_{\eta=50}^* \cdot \sqrt{\frac{v_{ц}^* \cdot D_{ц} \cdot \mu \cdot \rho_{м}^*}{v_{ц} \cdot D^* \cdot \mu^* \cdot \rho_{м}}},$$

где μ – динамическая вязкость воздуха, Па·с ($\mu=17,6 \cdot 10^{-6}$ Па·с);

$\rho_{м}$ – плотность частиц, кг/м³ (для зерновой пыли в среднем $\rho_{м} = 1800$ кг/м³)

$d_{\eta=50}^*, v_{ц}^*, D^*, \rho_{м}^*, \mu^*$ – параметры функции фракционной эффективности (табл.

1)

Таблица 1. – Параметры функции фракционной эффективности

Тип циклона	D^* , м	$v_{ц}^*$, м/с	$\rho_{м}^*$, кг/м ³	$d_{\eta=50}^*$, мкм	μ^* , Па·с	$\lg \sigma_{\eta=50}$
ЦН-11	0,6	3,5	1930	3,65	$22,2 \cdot 10^{-6}$	0,352
ЦН-15	0,6	3,5	1930	4,5	$22,2 \cdot 10^{-6}$	0,352
СЦН-40	0,4	1,9	1930	1,0	$22,2 \cdot 10^{-6}$	0,46

4. Рассчитывают параметр x по формуле:

$$x = \frac{\lg\left(\frac{d_m}{d_{\eta=50}}\right)}{\sqrt{\lg^2 \sigma_{\eta=50} + \lg^2 \sigma}},$$

где $\lg \sigma_{\eta=50}$ – характеристика циклона (табл. 1)

5. Определяют табличное значение $\Phi(x)$ согласно и затем общую эффективность η очистки воздуха в %:

$$\eta = 50(1 + \Phi(x)),$$

6. Вычисляют коэффициент гидравлического сопротивления ξ для одиночного циклона:

$$\xi = k_1 \cdot k_2 \cdot \xi_u,$$

где k_1 – коэффициент, зависящий от диаметра циклона;

k_2 – коэффициент, зависящий от концентрации пыли (табл. 1)

ξ_u – коэффициент гидравлического сопротивления циклона базового размера

Таблица 2. – Значения коэффициентов для определения коэффициента гидравлического сопротивления

Показатель	Значения коэффициентов		
	ЦН-11	ЦН-15	СЦН-40
k_2	0,94	0,93	0,97
ξ_u	235	140	1100

7. Потери давления в циклоне ΔP_u , Па:

$$\Delta P_{\text{ц}} = \rho_{\text{в}} \cdot \frac{\xi_{\text{ц}} \cdot v_{\text{ц}}^2}{2},$$

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха, кг/м³ ($\rho_{\text{в}}=1,247$ кг/м³).

Результаты расчетов и промежуточные значения сведены в таблицу

Таблица 3.– Результаты расчета циклонов

Показатель	Значения показателя		
	ЦН-11	ЦН-15	СЦН-40
Расход воздуха L , м ³ /ч	12000		
Диаметр циклона D , м	1,101	1,101	1,629
Стандартный диаметр циклон $D_{\text{ц}}$, м	1,200	1,200	1,600
Действительная скорость движения воздуха циклоне $v_{\text{ц}}$, м/с	2,95	2,95	1,66
Размер частиц $d_{\eta=50}$, улавливаемых циклоном на 50%, мкм	5,19	6,39	1,97
Параметр x	1,09	0,996	1,34
Параметр $\Phi(x)$	0,84	0,87	0,91
Общая эффективность η очистки воздуха, %	92	90,4	95,5
Коэффициент k_1 , зависящий от диаметра циклона	1	1	1,325
Коэффициент гидравлического сопротивления ξ	220,9	130,2	1413,8
Потери давления в циклоне $\Delta P_{\text{ц}}$, Па	1198,61	706,47	2427,7

Выбираем циклон типа СЦН-40 так как он обладает наиболее высокой эффективностью улавливания пылей и в данных условиях работает в оптимальном режиме, также имеется возможность повышения эффективности за счет увеличения скорости движения воздуха в циклоне до 2,2 м/с (расхода воздуха до 16000 м³/ч на циклон), при которой достигается максимальная

эффективность улавливания пылей. Но имеется недостаток в виде высоких потерь давления в циклоне.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обеспечение условий труда работающих пищекокцентратных производств созданием системы пылеудаления-пылезащиты. Монография / Т.И. Белова, В.И. Гаврищук, Е.М. Агашков, Д.П. Санников. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2014. – 138 с.
2. Шепелев, И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении / И.А. Шепелев. – М.: Стройиздат, 1978. – 144 с.
3. Талиев, В.Н. Аэродинамика вентиляции: учеб. пособие для вузов / В.Н. Талиев. – М.: Стройиздат, 1979. – 295 с.
4. Посохин, В.Н. Аэродинамика вентиляции / В.Н. Посохин. – М: АВОК-ПРЕСС, 2008. - 209 с.