

Климов В.Ф., Колбасов А.Н.

### ЦИКЛОН ДЛЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОБЪЕКТОВ БРОНИРОВАННОЙ ТЕХНИКИ

Создание высокооборотных форсированных двигателей поставило новые требования к системе очистки воздуха. В первую очередь необходимо обеспечить более высокую степень очистки воздуха при минимальных потерях производительности устройств, обеспечивающих подачу воздуха на питание двигателя, однако в силу целого ряда обстоятельств, высокая степень очистки воздуха возможна только с увеличением гидравлических потерь, затрачиваемых на очистку воздуха.

Простейшим элементом, в котором происходит очистка воздуха, является циклон. Принцип действия циклона основан на том, что забор очищенного воздуха всегда происходит из центральной зоны. В то же время пыль по циклону распределяется от центральной, нулевой зоны, к боковой стенке, увеличиваясь как по концентрации, так и по геометрическим размерам в сторону наружной стенки. Понятно, что очистка воздуха на уровне 100 % практически не может иметь место, т.к. в этом случае, аэродинамическое сопротивление циклона стремится к бесконечности и движение воздуха прекращается. Поэтому конструктивно выбирается такой вариант, при котором степень очистки воздуха соизмеряется с величиной аэродинамического сопротивления.

В упрощенном виде формула степени очистки воздуха имеет вид:

$$\eta_0 = 1 - 0,139 D^{0,97} \left[ \left( \frac{w d_1 f_2}{\mu} \right)^{-0,87} \Phi_1 C_1 + \dots + \left( \frac{w d_n f_n}{\mu} \right)^{-0,87} \Phi_n C_n \right],$$

где  $w$  – скорость газа на входе в циклон;  $f_2$  – удельный вес газовой среды;  $\Phi_1 \dots \Phi_n$  – содержание частиц пыли отдельных фракций по массе;  $C$  – коэффициент, равный  $\left( \frac{d_n f_n}{f_2} \right)^{-0,97}$ ;  $d_n$  – средний размер частиц пыли;  $D$  – наружный диаметр циклона.

Первая часть формулы показывает, что степень очистки воздуха всегда меньше единицы, т.е. меньше 100 % и всегда уменьшение является функцией зависящей от геометрических размеров самого циклона, фракционного состава пыли и скорости воздушного потока.

Простота циклона не отражает сложных газодинамических процессов, происходящих в самом циклоне. Потoki воздуха в циклоне представляют собой пространственное, вихревое и турбулентное движение.

До настоящего времени характер движения пылевоздушной смеси в циклоне изучен недостаточно и в настоящее время в Украине этим вопросом никто не занимается.

Частицы пыли по своей природе представляют собой разнообразные формы и сильно отличаются по массе. Если в общем виде можно представить движение частиц по известной квадратичной зависимости увеличения массы в сторону корпуса от нулевой центральной зоны, то на самом деле на каждую частицу пыли действуют силы, которые не поддаются строгому аналитическому закону их изучения. Потому формула определения степени очистки воздуха в циклоне носит эмпирический характер и дей-

ствительное значение степени очистки воздуха определяется по результатам экспериментальных исследований.

Впервые задачу по определению эффективности циклона решила Е.В. Калинина-Иванова, которая рассматривала положение частицы пыли в циклоне, исходя из условия, что на нее действует центробежная сила и сила аэродинамического сопротивления.

Центробежная сила определяется по выражению:

$$P_u = m_n \frac{v_t^2}{r},$$

где  $m_n$  – масса частицы пыли;  $v_t$  – тангенциальная составляющая скорости потока в циклоне;  $r$  – радиус, на котором находится частица в данный момент.

Сила аэродинамического сопротивления определяется по формуле Стокса:

$$P_c^1 = 3\mu_B \pi \delta w_2,$$

где  $\mu_B$  – коэффициент динамической вязкости;  $w_2$  – скорость относительного движения частиц в потоке воздуха;  $\delta = \sqrt{\frac{24m_n}{\rho_n \pi}}$  – условный диаметр частицы пыли;  $\rho_n$  – плотность пыли.

Исходя из равенства  $P_u = P_c^1$ , получим

$$w_1 = \frac{\delta^2 \rho_n v_t^2}{18\mu_B r}.$$

Кроме эффективности системы очистки воздуха вторую немаловажную роль играет величина аэродинамического сопротивления. Понятие степени очистки и сопротивление находятся во взаимоисключающих условиях, выбор которых основан на удовлетворении каждого параметра. Величина сопротивления определяет степень очистки воздуха, и в то же время определяет сумму потерь объектовой мощности двигателя.

Расчет гидравлического сопротивления не представляет особой трудности и проводится по формуле:

$$\Delta P_u = \frac{1}{2} \xi_u \rho v_{ex}^2,$$

где  $\xi_u$  – коэффициент гидравлического сопротивления.

Именно определение  $\xi_u$  представляет наибольшую важность из-за неоднозначности и влияния многих геометрических и газодинамических параметров.

Коэффициент гидравлического сопротивления определяется по результатам исследований и может быть представлен в виде зависимости:

$$\xi_u = \frac{29F_{ex}}{F_{вых}} \sqrt{d_u / \left[ l_u - l_k \left( 1 + t_g \frac{f_k}{2} \right) \right]},$$

где  $F_{вх}$  – площадь входного патрубка циклона;  $F_{вых}$  – площадь выходного сечения центральной трубки;  $l_k$  – длина конической части циклона;  $l_{ц}$  – длина циклона общая;  $f_k$  – угол сужения конической части циклона.

За последние годы на основании результатов исследований геометрические размеры циклонов обратноточного типа были оптимизированы и разработана серия циклонов.

С учетом того, что реальный воздухоочиститель состоит из множества циклонов, объединенных в батарею, отдельно учитываются гидравлические сопротивления всех элементов воздухоочистителя.

Удельная воздушная нагрузка на один циклон определяется из условий:

- степени очистки воздуха;
- гидравлического сопротивления;
- коэффициента отсоса пыли из пылесборника воздухоочистителя.

При выборе циклона наиболее рациональным является геометрическое моделирование стандартного циклона, исходя из условий подобия. Таким способом создавался циклон для танков Т-80УД и последующих модификаций бронированной техники.

Критическими параметрами в этом случае были условия обеспечения нормальной длительной работы в режимах нормальной эксплуатации «брод». Для чего коэффициент пропуска пыли должен быть не ниже 0,2 %, аэродинамическое сопротивление  $1500^{+100}$  кгс/м<sup>2</sup>, коэффициент отсоса не менее 15 %.

### Выводы

1. К системам очистки воздуха бронированных объектов в настоящее время предъявляются повышенные требования – высокая степень очистки при минимальных потерях гидравлического сопротивления.

2. Основным элементом очистки воздуха является циклон обратноточного типа, рассчитанный по условиям удовлетворения всех требований. Наиболее рациональным является выбор циклона и его геометрических размеров на основании моделирования известного циклона с заданными характеристиками.

### Литература

1. Теория, конструкция и расчет танка. Под редакцией П.П. Исакова, Ленинград т.4. 1984 г.

УДК 623.438.32

Клімов В.Ф., Колбасов О.М.

### ЦИКЛОН ДЛЯ СИСТЕМИ ОЧИСТКИ ПОВІТРЯ ОБ'ЄКТІВ БРОНЬОВАНОЇ ТЕХНІКИ

У статті розглянуті основні мотиви створення ефективної системи очистки повітря, виходячи з умов вибору геометричних розмірів циклонів за умови високої ступені очищення повітря з мінімальними втратами гідравлічного опору, що забезпечили би роботу об'єкта в умовах нормального руху та в режимі руху при подоланні водяних перешкод.