

ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОБЪЕКТОВ БРОНИРОВАННОЙ ТЕХНИКИ НА ПЫЛИ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

Актуальность проблемы.

Существующими стандартами на разработку систем очистки воздуха для силовых установок объектов бронированной техники предусматривается оценка их технического уровня по степени очистки воздуха при использовании стандартной пыли помола кварцевого песка по ГОСТ В18185-72. Исходя из этих соображений, разрабатывается циклонный аппарат и другие способы очистки воздуха для удовлетворения основных требований, предъявляемых к тепловым двигателям военных гусеничных машин (ВГМ). Актуальность проблемы состоит прежде всего в том, что исследования в Украине проблем очистки воздуха для силовых установок ВГМ практически не ведутся. В ХКБМ им. А.А. Морозова подобные исследования ведутся на протяжении многих лет и накоплен богатый опыт исследований различных систем очистки воздуха – одноступенчатых и многоступенчатых. Реальная эксплуатация танков проходит по трассам, имеющим дорожное покрытие с различной глубиной пыли и составом. Исходя из этого, степень очистки воздуха отличается от стандартных режимов. Изменяется и количество пыли, поступающей в двигатель. Наиболее контрастными могут быть режимы эксплуатации в Средней полосе Европейской части и пустыне.

Целью настоящей статьи является исследование эффективности очистки воздуха танка Т-80УД при работе на пыли различного седиментационного состава.

Основная часть.

Основным элементом для очистки воздуха дизельных силовых установок является циклонный аппарат в одноступенчатых воздухоочистителях и циклонный аппарат в комплексе с защитными кассетами – для многоступенчатых воздухоочистителей. Использование абсолютных фильтров для силовых установок большой мощности невозможно, в силу необходимости обеспечения режима горения топлива с большим количеством воздуха и частичными ограничениями по удельной воздушной нагрузке на единицу поверхности или объема абсолютных фильтров. Степень очистки воздуха тесно связана с не менее важным параметром как гидравлическое сопротивление системы очистки воздуха. Противоречие между этими параметрами связано прежде всего в том, что высокая степень очистки воздуха будь-то циклонным аппаратом, либо абсолютным фильтром достигается увеличением гидравлического сопротивления, что отрицательно сказывается на затратах мощности силовых установок и приводит к более ранним явлениям помпажа компрессоров надувочного воздуха, либо любых других лопаточных машин двигателей.

Исходя из этого, выбор системы очистки воздуха ведется в поиске оптимальных вариантов с удовлетворением требований по степени очистки воздуха и величине гидравлического сопротивления. Сложность получения высокой степени очистки воздуха состоит именно в том, что эта задача должна быть решена при минимальном гидравлическом сопротивлении. Исходя из этого, рассмотрим работу циклонного аппарата, который очищает преимущественное количество воздуха от пыли, содержащейся в нем. Циклон следует рассматривать как элемент в котором происходит движение воздуха по сложной траектории в виде вращательного и поступательного движения от входного патрубка, расположенного под определенным углом к цилиндрической части (рис. 1).

Движение пылевоздушной массы в самом циклоне осуществляется симметрично относительно оси самого циклона. Эффективность циклонного аппарата зависит от множества факторов, главными из которых являются геометрические размеры, влияющие на аэродинамическое сопротивление и степень очистки воздуха. Течение пылевоздушной смеси в циклоне можно описать совокупностью уравнений:

$$\frac{P}{\rho} + gz + \frac{1}{2}W^2 = const ; \quad (1)$$

$$W_n R = \frac{\Gamma}{2\Pi} = 1 = const ; \quad (2)$$

$$\frac{d(W_n R)}{dR} + \frac{d(W_z R)}{dZ} = 0 . \quad (3)$$

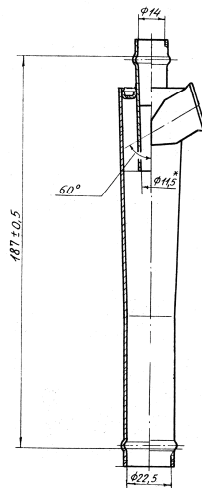


Рисунок 1 – Циклон танка Т-80УД

Выражение (1) обуславливает постоянство полной энергии пылевоздушной смеси на всем пути движения от входного патрубка до пылесборника, где энергия потока снижается из-за резкого расширения объема, для осаждения пыли. Уравнение (2) характерно для течений, удовлетворяющих условия равенства нулю компонентом вихря по осям координат. Уравнение (3) выражает неразрывность потока пылевоздушной смеси для несжимаемых жидкостей.

В уравнениях приняты следующие обозначения:

W – скорость; W_Z, W_R, W_n – составляющие скорости по оси, радиусу – вектору и нормали к меридианной плоскости; ρ – плотность жидкости; P – давление; g – ускорение силы тяжести; Γ – циркуляция, R – радиус сечения, Π – плоскость расчетная.

Пропускная способность циклонного аппарата зависит от форм движения пылевоздушной смеси, которое сочетает плоское, круговое, цилиндрическое, струйное, винто-осевое, плоское спиральное.

Решение задачи определения эффективности циклонного аппарата возможно при одновременном определении аэродинамического сопротивления, которое в упрощенном виде может быть представлено в виде следующей зависимости:

$$P = \xi \frac{\rho V^2}{2} . \quad (4)$$

Сложность решения совместных условий течения пылевоздушной массы в циклонном аппарате зависит от коэффициентов ξ (коэффициент сопротивления), и μ (коэффициент расхода).

Оба коэффициента, отнесенные к одинаковой скорости потока, связаны между собой уравнением:

$$\xi \mu^2 = 1 . \quad (5)$$

Отсюда вытекает, что необходимо определить указанные выше коэффициенты, которые позволят в дальнейшем решить задачу определения пропускной способности и аэродинамического сопротивления.

Решение задачи осуществляется для каждого сечения в отдельности, что создает определенные трудности в решении комплексной задачи.

Окончательное выражение для оценки эффективности циклонного аппарата может быть представлено в виде:

$$\eta_n = 1 - 0,139 D^{0,97} \left[\left(\frac{W d_1 \gamma_1}{\mu} \right) - 0,87 \cdot \Phi_1 C + \dots + \left(\frac{W d_n \gamma_2}{\mu} \right)_{\Phi_n C_n}^{-0,87} \right], \quad (6)$$

где $\Phi_1 \dots \Phi_n$ – содержание частиц пыли отдельных фракций в долях единицы, $\gamma_{1 \dots n}$ – удельный вес пылевоздушной смеси.

Величина (C_n) определяется для каждого выбранного значения состава фракции по следующей формуле:

$$C_n = \left(\frac{d_n \gamma_n}{\gamma_n} \right)^{-0,97} \quad (7)$$

Эта формула для определения эффективности циклона по степени очистки воздуха наиболее полно отражает взаимосвязь основных параметров циклона. Для получения действительного значения коэффициента очистки воздуха необходимо вести расчет по широкому значению параметров (Φ) и (C) и соответствующим значениям W, d, μ, γ . В этом состоит трудность в определении достоверных значений начальных параметров и конечного результата в определении гидравлического сопротивления и степени очистки воздуха.

Наиболее точным вариантом в определении действительных значений указанных величин являются стендовые испытания с имитацией реальных условий, соответствующих широкому значению частотных и нагрузочных характеристик. Для этого используются специальные безмоторные стенды. Погрешность определения величин сопротивления и степени очистки воздуха не превышает в этом случае $\pm 1,0\%$.

В таблице показаны характеристики воздухоочистителя танка Т-80УД при использовании пыли мола кварцевого песка по ГОСТ-В18185-72 и пыли, собранной с трасс пробеговых испытаний танков в пустынях Кара-Кум (Туркменистан) и Тар (Пакистан).

Таблица

Тип пыли	Удельная поверхность по Товарову см ² /см ³	Состав пыли по фракциям % размеры частиц, $\mu\text{к}$			
		0...5,0	0...10,0	0...25	>25
по ГОСТ В18185-72	1600	5,2 ^{±0,7}	10,5 ^{±2,0}	25,0 ^{±3}	ост.
пыль пустыни Кара-Кум	3400	–	–	–	–
пыль пустыни Тар	–	–	–	–	–

Величина удельной поверхности пыли, представляющая собой развернутую поверхность всех частиц, содержащихся в одном кубическом сантиметре, предполагая, что все частицы имеют форму шара. Из таблицы видно, что пыль пустыни Кара-Кум имеет более чем в два раза большую поверхность, что свидетельствует о том, что в ней содержится больше частиц размером 0...5 $\mu\text{к}$.

Именно эти частицы практически полностью пропускают циклоны любого типа. Проведенные исследования воздухоочистителя при работе на трех видах пыли, показаны на графиках (рис. 2).

В рабочем диапазоне частот двигателя – от 2000 до 2600 мин⁻¹ коэффициент пропускания воздухоочистителя на пыли по ГОСТ В18185-72 составил 0,2...0,15 %, на пыли пустыни Кара-Кум – 0,43...0,38 %, на пыли пустыни Тар -0,35...0,30 %. При наличии второй ступени очистки воздуха в виде двухслойной каскады, предельное состояние их будет зависеть от района эксплуатации танка. Учитывая неизменность общего количества пыли, задерживаемой каскадами, при эксплуатации танка в пустыне Кара-Кум будет почти в 2 раза ниже в сравнении с районами Европейской части. Пыль пустыни Тар в Пакистане по своим характеристикам находится между пылью по ГОСТ В18185-72 и пылью пустыни Кара-Кум. Однако время работы воздухоочистителя до предельного сопротивления в немаловажной степени зависит от начальной запыленности воздуха, на который влияет множество факторов.

Учитывая сложность расчетных методов определения эффективности циклонного аппарата воздухоочистителя, наиболее точными могут быть результаты стендовых испытаний с имитацией объектовых условий работы воздухоочистителя.

Выводы

1. Движение пылевоздушной смеси в циклоне инерционного типа описывается уравнениями постоянства полной энергии, неразрывности потока и равенства нулю компонентов вихря по оси координат.

2. Пропускная способность циклона зависит от целого ряда геометрических параметров и условий движения воздуха в самом циклоне. Уровень очистки воздуха неразрывно связан с величиной гидравлического сопротивления, увеличивающейся с ростом степени очистки воздуха.

3. Исследования циклонного аппарата воздухоочистителя танка Т-80УД на пыли различного состава показали, что коэффициент пропуска изменяется в зависимости от дисперсного состава пыли, что является главным фактором для оценки продолжительности эксплуатации танка до предельного состояния кассет.

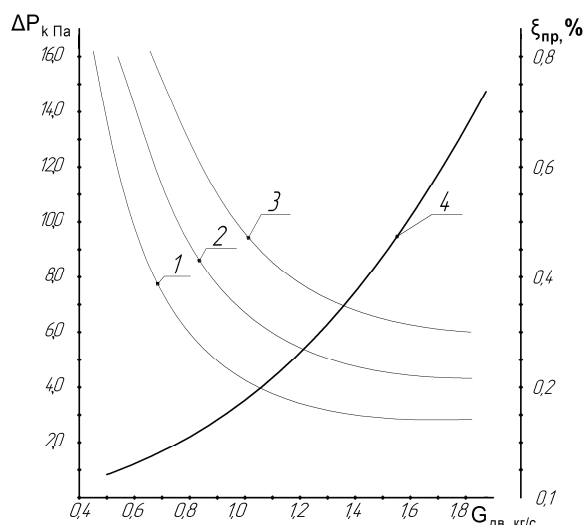


Рисунок 2 – Характеристики воздухоочистителя танка Т-80УД на пыли различного дисперсного состава [$\xi = f(G)$] 1 – на пыли по ГОСТ В 18185-72, 2 – на пыли пустыни ТАР, 3 – на пыли пустыни Кара-Кум, 4 – $\Delta P = f(G)$

Литература

1. Никитин В.Т. Расчет двухступенчатых воздухоочистителей с фильтрующими картонными элементами / В.Т. Никитин, В.Я. Ушаков. ВБТ, №6 – 1981 г.
2. Никитин В.Т. Методика расчета двухступенчатых танковых воздухоочистителей / В.Т. Никитин, В.Я. Ушаков, ВБТ №6 – 1980 г.
3. Ужов В.Н., Мягков Б.Н. Очистка промышленных газов фильтрами – М.Химия, 1970 г.
4. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М. Наука, 1969 г. 823 стр.
5. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М. Госэнергоиздат, 1960 г.
6. Теория, конструкция и расчет танка. под редакцией П.П. Исакова. Ленинград, т.4, 1984 г.
7. Климов В.Ф. Основные направления выбора циклона для создания эффективной системы очистки воздуха объектов бронированной техники/ Климов В.Ф., Колбасов А.Н., Анипко О.Б. // ИТЭ, Харьков, НТУ «ХПИ» №3, 2007 г.

Bibliography (transliterated)

1. Nikitin V.T. Raschet dvuhstupenchatykh vozduhoochistiteley s filtruyuschimi kartonnyimi elementami V.T. Nikitin, V.Ya. Ushakov. VBT, #6 – 1981 g.
2. Nikitin V.T. Metodika rascheta dvuhstupenchatykh tankovykh vozduhoochistiteley V.T. Nikitin, V.Ya. Ushakov, VBT #6 – 1980 g.
3. Uzhov V.N., Myagkov B.N. Ochistka promyishlennykh gazov filtrami – M.Himiya, 1970 g.
4. Abramovich G.N. Prikladnaya gazovaya dinamika. M. Nauka, 1969 g. 823 str.
5. Idelchik I.E. Spravochnik po gidravlicheskim soprotivleniyam. M. Gosenergoizdat, 1960 g.
6. Teoriya, konstruksiya i raschet tanka. pod redaktsiey P.P. Isakova. Leningrad, t.4, 1984 g.
7. Klimov V.F. Osnovnyie napravleniya vyibora tsyklona dlya sozdaniya effektivnoy sistemyi ochistki vozduha ob'ektov bronirovannoy tehniky Klimov V.F., Kolbasov A.N., Anipko O.B. ITE, Harkov, NTU «HPI» #3, 2007 g.

УДК 623.438.32.

Михайлов В.В.

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ ОБ'ЄКТІВ БРОНЬОВАНОЇ ТЕХНІКИ
ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПИЛУ РІЗНОГО СКЛАДУ**

У статті приведені основні теоретичні положення на яких базуються розрахунки циклону, який є основою для створення повітроочисників броньованих машин. Враховуючи складність розрахунків, наводяться матеріали випробувань системи повітроочищення танка Т-80УД.

Mikhailov V.V.

**EFFORTS OF AIR CLEANING SYSTEM IN ARMORED VEHICLE OBJECTS FOR VARIOUS
COMPOSITION DUSTS**

In the article, basic theoretical grounds, which calculations of cyclone are based on that is or represents background for design of air cleaners in armored vehicles have been given. Taking in view calculation problems, test data of the air cleaning system for tank T-80UD has been presented.