

Климов В.Ф. канд. техн. наук; Магерамов Л.К.-А. канд. техн. наук;
Михайлов В.В., Шипулин А.А., Кудреватых Д.Н.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ВОЕННЫХ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

Актуальность проблемы. Создание эффективной системы очистки воздуха для силовых установок военных гусеничных машин (ВГМ) является весьма актуальной проблемой, учитывая многообразие условий и режимов эксплуатации военной техники. Широкий диапазон эксплуатационных условий для военных гусеничных машин – от зимних условий до пустынных требует особых технических решений. Кроме того, постоянно повышаются требования к степени очистки воздуха, в том числе при движении в особых режимах, связанных с преодолением водных преград и движении по трассам с радиоактивным и химическим заражением местности. Особую опасность для системы очистки воздуха представляют режимы движения на участках со слабозакрепленным растительным покровом местности, где возможно засорение входных патрубков циклонного аппарата.

Исходя из этого, создание эффективной системы очистки воздуха для ВГМ является технически сложной задачей, решение которой определяет надежность и долговечность силовой установки гусеничной и колесной техники специального назначения.

Основная часть. Многолетний опыт эксплуатации танков в различных почвенно-климатических условиях показал, что система очистки воздуха зачастую оказывает решающее влияние на параметры подвижности. В условиях повышенной запыленности воздуха объем эксплуатации танков ограничивается пылеемкостью накопительных или защитных кассет, применяемых в системах очистки воздуха кассетного типа.

Бескассетные воздухоочистители не имеют никаких ограничений по времени эксплуатации танков, но в то же время имеют некоторые недостатки, которые не дают возможности использовать их в любых режимах эксплуатации без каких-либо ограничений.

Классическая схема системы очистки воздуха кассетного типа была разработана [1] для танков нескольких поколений, начиная от танка Т-34 и заканчивая танками Т-72 и его модификациями. Для всех этих танков характерно использование циклонов со сравнительно низкой эффективностью и низким аэродинамическим сопротивлением. При эксплуатации танка величина сопротивления такого воздухоочистителя постоянно увеличивается и достигает предельно допустимого значения. При этом сопротивление циклонного аппарата практически не изменяется, а сопротивление кассет увеличивается.

Аэродинамическое сопротивление кассет в обобщенном виде можно представить в виде выражения:

$$\Delta P_{\kappa} = 6,5 \cdot 10^{-4} \frac{\bar{V}_{\kappa}^{-0,85} \bar{H}^{0,75} q_{\kappa}}{\bar{d}_{\text{ПР}}} \left(1 + 1,2 \frac{\bar{m}_{\text{П.К.}}}{\bar{F}} \right)^{0,35^{0,5}} \quad (1)$$

Коэффициент пропуска пыли кассет выражается следующей зависимостью:

$$\varepsilon_{К.П} = 1,4 \cdot 10^5 \frac{\bar{V}_к^{-0,5} \bar{S}^{1,2} \bar{d}_{ПР}^{-0,85}}{\left(1 + \bar{V}_к^{1,5}\right) \left(1 + \bar{q}_к \cdot 10^{-3}\right) \left(1 + 10\bar{H}\right)^2 \left(1 + 1,2\bar{m}_{П.К} / \bar{F}^{0,5}\right)} \quad (2)$$

Приведенные в формулах (1, 2) зависимости уровня очистки воздуха и изменения аэродинамического сопротивления показывают, что коэффициент пропускания пыли и величина сопротивления зависят от геометрических параметров циклонов и кассет.

Геометрические параметры кассет не изменяются в процессе работы (S – удельная площадь поверхности кассет, $d_{ПР}$ – диаметр проволоки набивки кассет, q_k – плотность набивки кассет, H – высота фильтрующего слоя кассет, F – площадь фронтальной поверхности кассет, V_k – скорость воздуха).

В процессе эксплуатации танков либо любой другой техники с кассетными воздухоочистителями существенно изменяется лишь масса пыли, задержанной кассетами – ($m_{П.К.}$) Именно этот параметр и влияет на длительность движения танка до предельного сопротивления кассет. Безразмерные значения геометрических параметров определяются при конструировании системы очистки воздуха, принимая за основу определенные значения каждого из приведенных значений. Безусловно, с ростом количества накапливаемой пыли уменьшается и скорость воздушной массы через циклонный аппарат и кассеты ($V_{ц}$). Однако это изменение не столь существенно, что видно из следующих соображений:

$$G_{в.дв.} = G_o \zeta_{ex}, \quad (3)$$

где: $G_{в.дв.}$ - действительная производительность компрессора наддувочного воздуха;

G_o - исходная производительность компрессора при начальном сопротивлении системы очистки воздуха; ζ_{ex} - коэффициент сопротивления, равный величине:

$$\zeta_{ex} = 1 - \frac{P_{\bar{o}} - \Delta P_{ex}}{10330} \quad (4)$$

Следовательно,

$$G_{в.дв.} = G_o \left(1 - \frac{P_{\bar{o}} - \Delta P_{ex}}{10330}\right) \quad (5)$$

Поскольку ΔP_{ex} изменяется незначительно (в пределах 5...6 кПа), допущение о неизменности $V_{ц}$ выглядит корректно, поскольку скорость воздушного потока определяет действительное сопротивление циклонного аппарата.

Исходя из анализа недостатков систем очистки воздуха танка Т-72 и его модификаций, первые танки украинской разработки имели системы очистки воздуха бескассетного типа. Для этого был разработан [2,3] циклон с высокой степенью очистки воздуха и сравнительно высоким аэродинамическим сопротивлением. Существенным недостатком такой системы очистки воздуха является отсутствие каких-либо защитных элементов в случае перекрытия входных патрубков циклонов (полного или частичного).

Любой воздухоочиститель, состоящий из множества циклонов, имеет особенность резкого снижения эффективности в случае полного или частичного перекрытия входного патрубка хотя бы одного циклона. В таком циклоне резко изменяется принцип движения пылевоздушной смеси – отсутствие закручивающего эффекта, что при-

водит к прямому попаданию пыли через центральную трубку в трассу очищенного воздуха. Кроме того, увеличивается вероятность подхвата пыли из пылесборника воздухоочистителя. Разрежение в пылесборнике воздухоочистителя равно $0,4 \dots 0,5 \Delta P_{BO}$. Следовательно, учитывая, что разрежение в головке чистого воздуха превышает разрежение в пылесборнике, где накапливается пыль, очищенная другими циклонами, увеличивается вероятность увеличения количества пыли, поступающей в двигатель.

Это один из самых серьезных недостатков систем очистки воздуха, не имеющих предохранительных элементов.

На танках Т-80УД и последующих образцах, разработанных в КП ХКБМ им.А.А. Морозова, устанавливалась многоступенчатая система очистки воздуха, выполненная с применением принципиально новых технических решений. Многоступенчатость заключалась в разработке трех ступеней очистки воздуха [4]. В качестве первой ступени использовалась инерционная решетка, технической новизной которой являлось применение круглых элементов вместо плоских. Инерционный способ очистки воздуха основан на разности кинетической энергии воздуха и частиц пыли, находящихся в потоке. При повороте воздушного потока частицы пыли, имеющие больший удельный вес, продолжают прямолинейное движение и удаляются через систему автоматического удаления пыли. Такая решетка эффективно удаляет любые посторонние предметы, защищая, таким образом, циклонный аппарат от засорения.

В качестве второй ступени использован высокоэффективный малогабаритный циклон, с коэффициентом пропуска не хуже 0,2%, что дает возможность в исключительных случаях осуществлять движение без кассет вообще.

Учитывая высокую эффективность циклонного аппарата, отпадает необходимость установки трехслойной кассеты. Поэтому на танках Т-80УД установлены двухслойные кассеты со сравнительно большой пылеемкостью.

На рис.1 и 2 показано изменение параметров воздухоочистителя при эксплуатации танка Т-80УД в пустыне Кара-Кум (Туркменистан) с чистыми циклонами и перекрытыми на 70% входными патрубками трех циклонов.

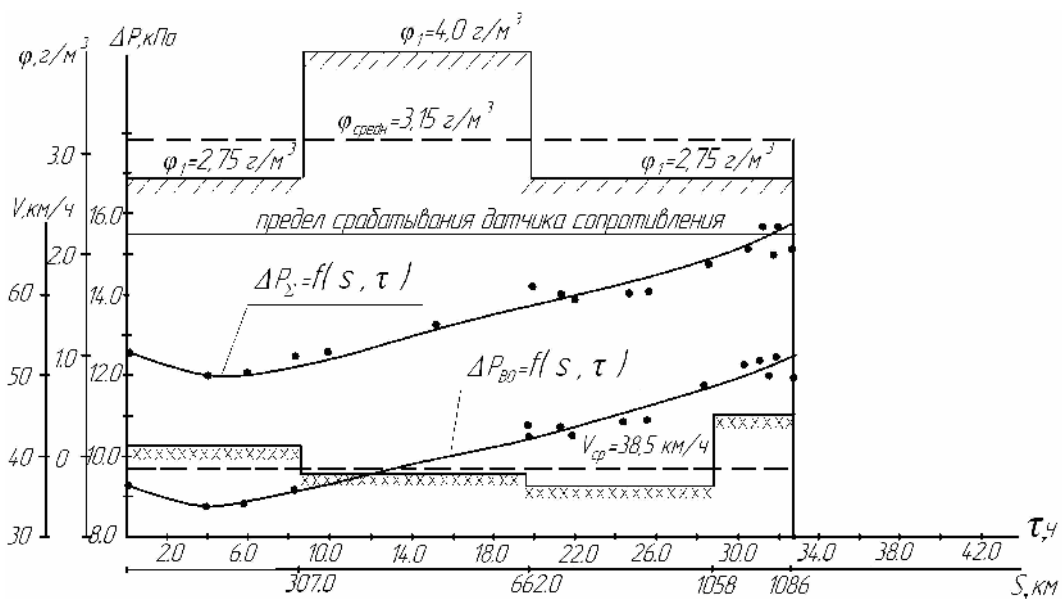


Рис.1. Изменение уровня гидравлического сопротивления (ΔP) от запыленности (ϕ_1), средних скоростей движения (V) от продолжительности движения танка в пустыне (S, τ)

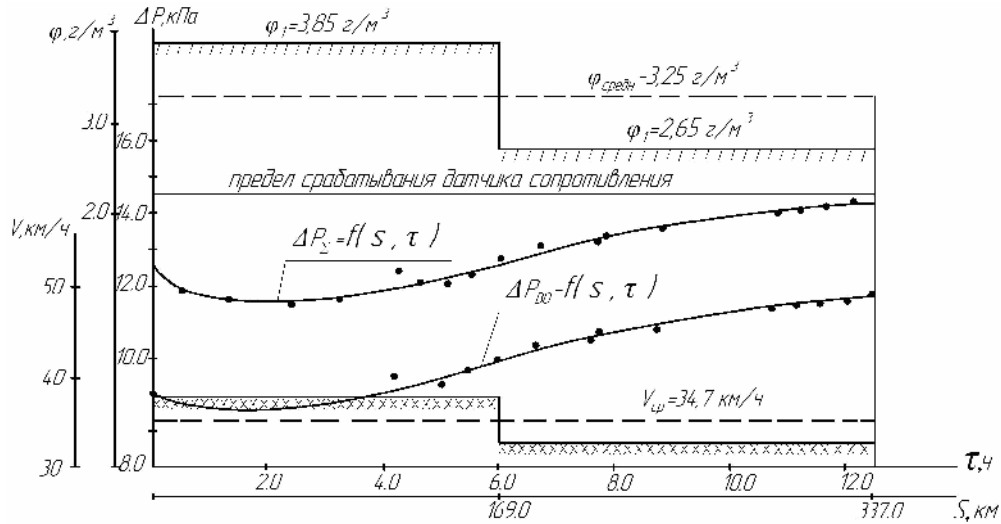


Рис.2. Изменение уровня гидравлического сопротивления ВО (ΔP) с перекрытыми на 70% входниками трех циклонов, запыленности (φ_1) средних скоростей движения (V) от продолжительности движения танка в пустыне (S, τ)

Об уровне разработанной в ХКБМ им. А.А.Морозова многоступенчатой системы очистки воздуха для дизельных 2-х тактных двигателей свидетельствует тот факт, что при запыленности воздуха $2,75 \text{ г/м}^3$ в пустыне возможно движение без обслуживания кассет до 1086 км, а при имитации аварийного режима (перекрытие до 70% входных патрубков 3-х циклонов) возможна эксплуатация танка в объеме до 337 км, при средней запыленности воздуха до $3,25 \text{ г/м}^3$.

Пыль пустыни Кара-Кум содержит большее количество мелких фракций размером $0 \dots 10 \text{ мк}$. Удельная поверхность такой пыли составляет более $3000 \text{ см}^2/\text{г}$. Пыль по ГОСТ В18185-72, используемая для стендовых испытаний воздухоочистителей, имеет удельную поверхность на уровне $1600 \text{ см}^2/\text{г}$. Поэтому коэффициент пропускания циклонного аппарата 0,2% получен на пыли по ГОСТ В 18185-72. С увеличением величины удельной поверхности пыли коэффициент пропускания пыли будет увеличиваться, что приведет к более раннему достижению предельного сопротивления системы очистки воздуха.

Выводы.

1. Традиционная компоновка системы очистки воздуха, выполненная для танка Т-72 и последующих моделей на базе этого двигателя, разработанных в России, основанная на использовании циклонов сравнительно низкого сопротивления при относительно низкой эффективности очистки воздуха с трехслойными кассетами, не обеспечивает длительной эксплуатации в условиях повышенной запыленности воздуха.

2. Созданная в КП ХКБМ им. А.А.Морозова многоступенчатая система очистки воздуха для объектов бронированной техники с двигателями любой мощности основана на разработке принципиально новых малогабаритных циклонов низкого сопротивления с высокой степенью очистки и двухслойных накопительных и защитных кассет. Такая система очистки обеспечивает надежную работу в любых условиях эксплуатации, в т.ч. в аварийных режимах эксплуатации, что подтверждено результатами реальных испытаний.

Литература: 1. Теория и конструкция танка. Т4: Вопросы проектирования танковых силовых установок/ под редакцией Исакова П.П. – М.: Машиностроение, 1984. – 148с. 2. Климов В.Ф. Основные направления выбора циклона для создания эффективной системы очистки воздуха для объектов бронированной техники / Климов В.Ф., Колбасов А.Н., Анипко О.Б. // Интегровані технології. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2007. – №3. – с.48-50. 3. Результаты испытаний танков в ТУРКВО и СибВО. Отчеты ХКБМ им. А.А. Морозова 1986 и 1988г. 4. Вакуленко В.В. Основні шляхи створення високоефективних систем очистки повітря для військових гусеничних машин // Системи озброєння і військова техніка. – Харків: ХУПС. – 2010. – №4 (24). – С. 29-34.

Bibliography (transliterated): 1. Teorija i konstrukcija tanka. T4: Voprosy proektirovanija tankovyh silovyh ustanovok/ pod redakciej Isakova P.P. – M.: Mashinostroenie, 1984. – 148s. 2. Klimov V.F. Osnovnyje napravlenija vybora ciklona dlja sozdanija jeffektivnoj sistemy ochistki vozduha dlja ob#ektov bronirovannoj tehniki/ Klimov V.F., Kolbasov A.N., Anipko O.B. // Integrovani tehnologii. – Harkiv: NTU «HPI». – 2007. – №3. – s.48-50. 3. Rezul'taty ispytanij tankov v TURKVO i SibVO. Otchety HKBM im. A.A. Morozova 1986 i 1988g. 4. Vaku-lenko V.V.Osnovni shljahi stvorennja visokoeffektivnih sistem ochistki povitrya dlja vijs'kovih gusenichnih mashin // Sistemi ozbroennja i vijs'kova tehnika. – Harkiv: HUPS. – 2010. – №4 (24). – S. 29-34.

Климов В.Ф., Магерамов Л.К., Михайлов В.В., Шипулін О.О., Кудреватих Д.М.
ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИТЕМ ОЧИСТКИ ПОВІТРЯ ВІЙСЬКОВИХ
ГУСЕНИЧНИХ МАШИН

У статті приведені основні шляхи розвитку систем очистки повітря для військових гусеничних машин та переваги багатоступеневої системи очистки, створеної в КП ХКБМ ім. О.О. Морозова.

Климов В.Ф., Магерамов Л.К., Михайлов В.В., Шипулин А.А., Кудреватих Д.Н.
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИТЕМ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ВОЕННЫХ
ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

В статье приведены основные пути развития систем очистки воздуха для военных гусеничных машин и преимущества многоступенчатой системы очистки, созданной в КП ХКБМ им. А.А. Морозова.

Klimov V.F., Mageramov L.K., Mikhailov V.V., Shipulin O.O., Kudrevatih D.M.
ESTIMATING EFFICIENCY OF AIR CLEANING SYSTEMS FOR MILITARY
TRACKED VEHICLES

The main lines of development of air cleaning systems for military tracked vehicles and advantages of multistage cleaning system designed in the SOE KMDB have been presented.
