

УДК 623.438.32.

Климов В.Ф., Михайлов В.В., Кудреватых Д.Н., Шипулин А.А.

МОДУЛЬНЫЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ БРОНИРОВАННОЙ ТЕХНИКИ

Актуальность проблемы

Система очистки воздуха всегда имела решающее значение для силовых установок объектов бронетехники, т.к. определяла долговечность работы двигателя и силовых установок в целом. Существующее противоречие между эффективностью воздухоочистителя по степени очистки воздуха и величиной аэродинамического сопротивления не позволяет в полной мере реализовать высокие требования, предъявляемые к двигателям любых бронированных объектов. Условия эксплуатации танков характеризуются высокой запыленностью воздуха, достигающей 10...20 г/кг (пустыня Кара-Кум). В последнее время многие страны проводят модернизацию объектов бронетехники по различным направлениям, в т.ч. по параметрам подвижности, что связано с повышением мощности силовых установок. В каждом случае, связанном с повышением мощности, необходима разработка новых систем очистки воздуха и систем охлаждения.

Принимая за основу конструктивное исполнение базовой модели, по комплексу критериальных зависимостей, возможна разработка систем очистки воздуха для силовых установок любой мощности. Такой подход избавляет разработчика от необходимости поиска новых технических решений и длительного процесса испытаний вновь создаваемых силовых установок с увеличенной мощностью двигателей. В ХКБМ имени А.А. Морозова накоплен большой опыт создания силовых установок для объектов бронетехники различного направления. При модернизации танков Т-64, Т-55, Т-62, Т-72 использовались силовые установки с двигателями мощностью от 700 до 1200 л.с. При этом применялись системы охлаждения эжекционного типа, одноступенчатые и многоступенчатые системы очистки воздуха.

Цель и постановка задачи

Целью настоящей работы является разработка и обобщение критериальных параметров системы очистки воздуха для силовых установок с двигателями различной мощности, используемых при модернизации бронетанковой техники.

Изложение основного материала

Модернизация объектов бронетехники проводится в направлении повышения основных характеристик – подвижности, защиты и огня. Реализация всех указанных направлений сопряжена с повышением массы объектов, что неизбежно приводит к необходимости повышению мощности двигателей.

Силовое отделение танков, разрабатываемых или модернизируемых КБ имени А.А. Морозова, как правило, базируется на двухтактных высокооборотных двигателях со встречно движущимися поршнями мощностью от 300 до 1200 л.с. Широкий мощностной диапазон стал возможен благодаря семейству двигателей этого класса, созданных в трех, пяти и шестицилиндровом исполнении. При этом в зависимости от компоновочных соображений возможна установка двигателя различной мощности при одном и том же количестве цилиндров. В трехцилиндровом исполнении разработаны двигатели мощностью от 300 до 600 л.с., в пятицилиндровом – от 700 – до 1000 л.с. и шестицилиндровом – от 1000 до 1200 л.с.

Для каждого двигателя разрабатывался компрессор наддувочного воздуха, соизмеримый по производительности и давлению наддувочного воздуха с реальной мощностью при сохранении удельного расхода топлива на уровне $160^{\pm 5}$ г/э.л.с.ч.

Исходя из этого, для каждого варианта силовой установки требуется новая система очистки воздуха, отвечающая требованиям по степени очистки воздуха и гидравлическому сопротивлению.

В таблице 1 приведены основные характеристики систем очистки воздуха с одноступенчатыми и многоступенчатыми воздухоочистителями.

Основными критериальными показателями для каждого воздухоочистителя являются:

- удельная скорость пылевоздушной смеси на единицу поверхности кассет ($V_{пов}$);
- удельная скорость воздушного потока, отнесенная к одному циклону ($V_{ц}$);
- скорость воздушного потока, отнесенная к единице объема кассет ($V_{кас}$).

Указанные величины определяют эффективность очистки воздуха и аэродинамическое сопротивление.

Таблица 1

Тип изделия	G _{мот}		G _{отс}		Z, шт	F _{кас, м²}	V _{Σ, м}	Удельные показатели ВО			ξ _{пр, %}
	G _{мот, кг/с}	Q _{мот, м³/с}	G _{отс, кг/с}	Q _{отс, м³/с}				V _{ед.пов.к., м/с}	V _{ц., м³/с}	V _{ед.об.к., м³/с·м}	
Т-80УД с кассетами, для двиг. N=1000 л.с.	1,75	1,45	0,263 (для 15%)	0,218	341	0,38	0,03	4,42	0,0049	55,60	не более 0,22
БМ «Оплот» с кассетами, для двиг. N=1200 л.с.	1,85	1,54	0,278 (для 15%)	0,231	341	0,38	0,03	4,70	0,0052	59,03	не более 0,22
БМ «Булат» без кассет, для двиг. N=850 л.с.	1,47	1,22	0,176 (для 12%)	0,146	234	–	–	–	0,0058	–	не более 0,2
БТР-4 ВО: В1318.34.010сб для двиг. N=500 л.с.	0,79	0,66	0,119 (для 15%)	0,099	168	0,20	0,02	3,90	0,0045	37,95	не более 0,22
Т-64 ВО: 434.34.010сб без кассет для двиг. N=700 л.с.	1,2	0,99	0,144 (для 12%)	0,119	143	–	–	–	0,0080	–	не более 0,2

Принимая упрощенную схему движения пылевоздушной смеси в циклоне, основные параметры могут быть выражены следующими соотношениями:

– аэродинамическое сопротивление

$$\Delta P_{\text{ц}} = \frac{1}{2} \xi_{\text{ц}} \rho V^2; \quad (1)$$

– коэффициент пропуска (по геометрическим соотношениям основных размеров циклонов)

$$\xi_{\text{ц}} = 29 \frac{F_{\text{вх}}}{F_{\text{вых}}} \sqrt{\frac{d_{\text{ц}}}{\left[L_{\text{ц}} - L_{\text{к}} \left(1 + \operatorname{tg} \frac{\gamma_{\text{к}}}{2} \right) \right]}}, \quad (2)$$

где ξ_ц – коэффициент сопротивления циклона; ρ – плотность пылевоздушной смеси; V – скорость воздуха, F_{вх}, F_{вых} – площадь входного и выходного сечения циклона; L_ц, L_к – длина цилиндрической и конической части циклона, γ_к – угол сужения конической части циклона.

Коэффициент пропуска кассеты в начальный период работы (после обслуживания) выражается следующей зависимостью:

$$\xi_{\text{к.н.}} = \frac{1,4 \cdot 10^5 \bar{V}_{\text{к}}^{-0,5} S^{-1,2} \bar{d}_{\text{пр}}^{-0,85}}{\left(1 + \bar{V}_{\text{к}}^{-1,5} \right) \left(1 + \bar{q}_{\text{к}} \cdot 10^{-3} \right)^3 \left(1 + 10 \bar{H} \right)^2}. \quad (3)$$

Для расчета принимаются обобщенные величины в относительном измерении, принимая за исходные данные величины (V_k , $d_{пр}$, H) определенного значения (V_k – скорость воздушного потока перед касетой; $d_{пр}$ – диаметр проволоки касеты; H – высота касет, ρ_k – плотность набивки касет).

Анализируя приведенные формулы, нетрудно заметить, что основные характеристики циклона и воздухоочистителя в целом, являются функциональной зависимостью от начальной скорости пылевоздушной массы на входе в циклон. Исходным параметром в этом случае является величина аэродинамического сопротивления, зависящая в квадратичной степени от начальной скорости воздуха. Коэффициент пропускания воздухоочистителя одноступенчатого либо многоступенчатого также зависит от скорости воздуха, которая выражена в сочетании геометрических параметров циклонного аппарата и касет (для многоступенчатых систем очистки воздуха).

Исходя из этого, были проанализированы базовые образцы танков с одноступенчатым воздухоочистителем танк – Т-64 и его модификации и многоступенчатым – танк Т-80УД.

Оптимальное сочетание параметров аэродинамического сопротивления и коэффициентов пропускания, дает возможность определить основные критериальные параметры, определяющие основные характеристики системы очистки воздуха для силовых установок с двигателями любой мощности.

Для одноступенчатых бескасетных воздухоочистителей может быть определяющим удельный расход воздуха на один циклон. В этом случае аэродинамическое сопротивление есть величина постоянная. Пропуск пыли также не зависит от объема эксплуатации и на режиме 80 % от $N_{e \max}$ двигателя должен быть не ниже 0,2 %. Указанная характеристика для танка Т-64 достигается при удельном расходе воздуха на уровне 0,008 м³/с.

Для бескасетного воздухоочистителя танка «Булат» с геометрически подобными циклонами, разработанными с использованием метода моделирования, эквивалентный коэффициент пропускания, достигается при меньшем удельном расходе воздуха на один циклон – 0,0058 м³/с.

Для оценки двухступенчатых воздухоочистителей с касетами базовым вариантом принята система очистки воздуха танка Т-80УД.

Критериальными показателями в этом случае являются:

- удельный расход воздуха на один циклон, м³/с;
- удельная скорость воздуха, приходящаяся на единицу поверхности касет, м/см²;
- удельный расход воздуха на единицу объема касет, м/с·м³.

Каждый из указанных критериальных параметров имеет прямое функциональное значение для основных характеристик систем очистки воздуха, оговоренных технической документацией.

Проведенные работы по созданию системы очистки воздуха для вновь созданных объектов бронированной техники – танк БМ «Оплот», БМ «Булат», БТР-4 позволили на основе определенных критериальных параметров, обеспечить высокую эффективность систем очистки воздуха как одноступенчатых, так и многоступенчатых.

Для одноступенчатых систем очистки воздуха следует принимать величины удельного расхода воздуха на один циклон на уровне 0,006...0,008 м³/с, для двухступенчатых с касетами при более низких требованиях на степень очистки воздуха циклонным аппаратом $\approx 0,005$ м³/с. Одновременно определены оптимальные критериальные параметры для касет, выполненных из проволочной канители:

- удельная скорость воздушного потока, приходящаяся на единицу поверхности касет – 4,0...5,0 м/с;
- удельный расход воздуха на единицу объема касет – 40...60 м/с·м³.

Выводы

1. Проведенные исследования систем очистки воздуха различных объектов бронетехники с силовыми установками мощностью от 300 до 1200 л.с., позволяют определить основные критериальные параметры для одноступенчатых и многоступенчатых воздухоочистителей, представляющие величины удельной воздушной нагрузки на один циклон, удельной скорости воздушного потока на единицу поверхности касет и удельной скорости воздуха на единицу объема касет.

2. Применение критериальных параметров позволяют создать эффективную систему очистки воздуха для силовых установок любой мощности двигателей при модернизации либо создании новых образцов бронетехники.

Литература

1. В.Т. Никитин. Методика расчета двухступенчатых танковых воздухоочистителей / В.Т. Никитин, В.Я. Ушаков // ВБТ, №6, 1980.
2. Теория конструкция и расчет танка, под редакцией П.П. Исакова, т.4, Москва, 1984 г.
3. Техническая справка, ТС7334-91. Анализ систем очистки воздуха дизельных силовых установок военных гусеничных машин. ВНИИТМ. Ленинград.
4. С.П. Зиновьев. Пути совершенствования систем очистки воздуха объектов БТТ / Зиновьев С.П., Сиволобов Г.Л. // серия ХХ. Выпуск 46. 1974 г.
5. В.Ф. Климов. Основные направления и выбор циклона для создания эффективной системы очистки воздуха объектов БТТ / Климов В.Ф., Колбасов А.Н., Анипко О.Б. // ИТЭ, Харьков, НТУ «ХПИ», №3, 2007 г.

Bibliography (transliterated)

1. V.T. Nikitin. Metodika rascheta dvuhstupenchatyh tankovyh vozduhoochistitelej V.T. Nikitin, V.Ja. Ushakov VBT, #6, 1980.
2. Teorija konstrukcija i raschet tanka, pod redakciej P.P. Isakova, t.4, Moskva, 1984 g.
3. Tehnicheskaja spravka, TS7334-91. Analiz sistem ochistki vozduha dizel'nyh silovyh ustanovok voennyh gusenichnyh mashin. VNIITM. Leningrad.
4. S.P. Zinov'ev. Puti sovershenstvovanija sistem ochistki vozduha ob"ektov BTT Zinov'ev S.P., Sivolobov G.L. serija HH. Vypusk 46. 1974 g.
5. V.F. Klimov. Osnovnye napravlenija i vybor ciklona dlja sozdanija jeffektivnoj sistemy ochistki vozduha ob"ektov BTT Klimov V.F., Kolbasov A.N., Anipko O.B. ITJe, Har'kov, NTU «HPI», #3, 2007 g.

УДК 623.438.32

Клімов В.Ф., Михайлов В.В., Кудреватых Д.М., Шипулін О.О.

**МОДУЛЬНИЙ МЕТОД ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ПОВІТРЯ
ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ БРОНЬОВАНОЇ ТЕХНІКИ**

У статті на основі досліджень модернізованих та створених в КП ХКБМ ім. О.О. Морозова об'єктів БТТ виведені критеріальні залежності, використання яких дозволяє створенню систем очистки повітря для силових установок с двигунами будь-якої потужності.

Klimov V.F., Mikhailov V.V., Kudrevatykh D.N., Shipulin A.A.

**DESIGN MODULE METHOD OF AIR CLEANING SYSTEMS FOR ARMoured VEHICLE
OBJECTS**

In the article, the criterion functions have been deducted on the basis of studies of the armoured vehicle objects having been upgraded and designed in SOE KMDB. Their use makes it possible to design air cleaning systems for power packs with engines of any power.