

УДК 629 1 032 1

Климов В.Ф., Зарянов В.А., Чучмарь И.Д., Фолунин С.А., Бобер А.В., Подвальная И.И., Шипулин А.А.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ БМП-2 ПРИ ЕЕ МОДЕРНИЗАЦИИ

Актуальность проблемы. Разработанные и выпускаемые предприятиями военно-промышленного комплекса Советского Союза боевые машины пехоты БМП-2 в настоящее время стоят на вооружении многих стран мира. Длительный период (с 1980 года) эксплуатации этих машин привел к необходимости модернизации физически и морально устаревшего парка БМП-2. Учитывая, что заинтересованность в модернизации БМП-2 проявляют не столько отечественные вооруженные силы, сколько армии стран Азии и Африки, то жаркие климатические условия эксплуатации предъявляют повышенные требования к силовой установке и, прежде всего, к эффективности системы охлаждения.

Получившие распространение в армиях вышеупомянутого региона боевые машины на базе БТР М113 с вентиляторной системой охлаждения эксплуатируются без ограничений по скоростному и нагрузочному режимам при температуре окружающего воздуха 35 °С. Дальнейшее форсирование системы охлаждения этой машины для обеспечения эксплуатации при полной нагрузке при температуре окружающего воздуха до 55 °С вызывает существенные затраты мощности на привод вентилятора, что приводит к снижению эффективной мощности двигателя.

Всесторонняя модернизация (по вооружению, защите и силовой установке) БМП-2, проводимая КП ХКБМ им А.А. Морозова, увеличивает массу машины, т.е. снижает характеристики подвижности. Для повышения тяговых характеристик БМП-2 при ее модернизации вместо двигателя УТД-20, мощностью 300 л.с., устанавливается двигатель ЗТД мощностью 400 л.с. Учитывая жесткие требования по сохранению габаритов существующего у БМП-2 моторно-трансмиссионного отделения, решение вопроса интенсификации процесса теплообмена при установке более мощного двигателя приобрело проблемный характер.

Целью данной статьи является отражение теоретических и экспериментальных исследований по повышению эффективности системы охлаждения модернизированной БМП-2, позволяющих эксплуатировать ее при температуре окружающего воздуха 55°С без ограничений по нагрузке двигателя.

Основная часть. Вновь устанавливаемый двигатель ЗТД по целому ряду параметров отличается от УТД-20 и в первую очередь по:

- суммарной теплоотдаче в жидкие теплоносители (воду и масло) 135 000 ккал/ч (123 700 ккал/ч для двигателя УТД-20);
- производительности компрессора 0,67 кг/с (0,35 кг/с для УТД-20);
- противодавлению на выпуске 0,3 кгс/см² (0,5 кгс/см² для УТД-20).

Для обеспечения отвода тепла при повышении верхнего предела эксплуатационных значений температуры окружающего воздуха до 55 °С потребовалось оптимизировать эжектор системы охлаждения и ресивер системы выпуска отработавших газов, определить наиболее рациональную величину давления на срезе сопел и увеличить поверхность теплообмена теплообменников водяного и масляного контуров в существующем радиаторном отсеке БМП-2.

Общая поверхность теплообменников увеличена на 17 % благодаря изменению длины трубок.

Выбор характеристик эжектора и ресивера производился путем расчета и исследований методом моделирования.

Расчет безразмерных характеристик эжектора осуществлялся по уравнению для квазистационарного потока выпускных газов:

$$\frac{\Delta P}{h_1} = a + b \left(\frac{q}{\sqrt{\Delta}} \right)^2 - c \left(1 + \frac{q}{\sqrt{\Delta}} \right)^2,$$

где $\frac{\Delta P}{h_1}$ – коэффициент статического напора эжектора; a, b, c – коэффициенты уравнения эжектора; $\frac{q}{\sqrt{\Delta}}$ – приведенный коэффициент эжекции, определяемый масштабом эжектора (м).

Результаты расчета безразмерных характеристик приведены в таблице 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Двигатель УТД-20 со штатной системой охлаждения БМП-2		Двигатель ЗТД с модернизированной системой охлаждения	
$\frac{q}{\sqrt{\Delta}}$	$\frac{\Delta P}{h_1}$	$\frac{q}{\sqrt{\Delta}}$	$\frac{\Delta P}{h_1}$
10,271	- 0,028876	7,346	-0,10929
8,808	-0,013442	6,28	- 0,06542
8,028	- 0,006037	5,48	- 0,03609
7,123	0,001853	5,06	-0,02193
6,097	0,009864	4,52	- 0,00497
5,093	0,016747	3,723	0,017496
		3,123	0,03239

Масштаб эжектора (м), характеризующий эффективность эжектора определяется по соотношению:

$$m = \frac{H_k B_s}{f_c},$$

где H_k – высота камеры смешения, м; B_s – ширина свободного проходного сечения камеры смешения, м; f_c – площадь сопел эжектора, м².

Точки размерной характеристики вычисляются из уравнений

$$\Delta P_3 = \left(\frac{\Delta P}{h_1} \right) p_c x \quad \text{и} \quad G_3 = \left(\frac{q}{\sqrt{\Delta}} \right) G_1 \sqrt{\Delta},$$

где ΔP_3 – статический напор эжектора, определяемый как разность статического давления на срезе диффузора и полного давления под радиаторами, кгс/см²; G_3 – расход воздуха через пакет радиаторов, кг/с; p_c – скоростной напор на срезе сопел; x – коэффициент, учитывающий сжимаемость отработавших газов; G_1 – расход газа через сопла эжектора, кг/с; $\sqrt{\Delta}$ – температурный коэффициент.

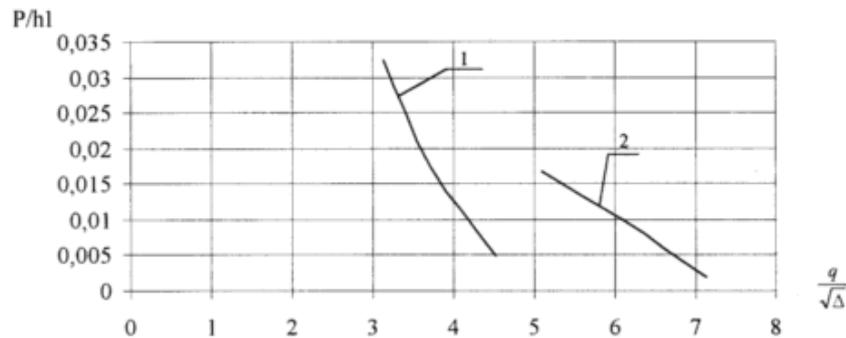


Рисунок 1 – Безразмерные характеристики системы охлаждения

1 – двигатель 3ТД с масштабом эжектора $m=23,23$;

2 – двигатель УТД-20 с масштабом эжектора $m=52,7$

После определения сопротивления сети ΔP_3 – суммы сопротивлений всех элементов воздушной трассы (входных и выходных жалюзи, пакета радиаторов) – строятся размерные характеристики эжектора и сети, являющиеся функцией G_3 . Точка пересечения характеристики эжектора и сопротивления сети и определяет значение максимального расхода воздуха через пакет радиаторов (рис. 2).

Анализ проведенных расчетов позволяет установить, что при повышении производительности эжектора с 2,65 кг/с до 3,3 кг/с и увеличении фронтальной площади теплообменников с 0,65 м² до 0,76 м² максимальная температура окружающего воздуха для эксплуатации двигателя без ограничений мощности повысится с 32 °С до 55 °С.

Последующая отработка элементов системы охлаждения, проведенная натурным моделированием и исследованием параметров силовой установки на комплексном стенде под нагрузкой позволила обеспечить установившийся тепловой режим при предельной эксплуатационной температуре окружающего воздуха 57,3 °С.

Выводы

В результате проведенных расчетов и экспериментальных исследований определен метод повышения эффективности системы охлаждения при проведении модернизации БМП-2, позволяющий, при установке нового ресивера и теплообменников с увеличенными на 100 мм трубками в штатную эжекторную коробку, эксплуатировать машину с двигателем 3ТД без ограничений по скоростному и нагрузочному режимам при температуре окружающего воздуха 57 °С вместо 32 °С для БМП-2 с двигателем УТД-20.

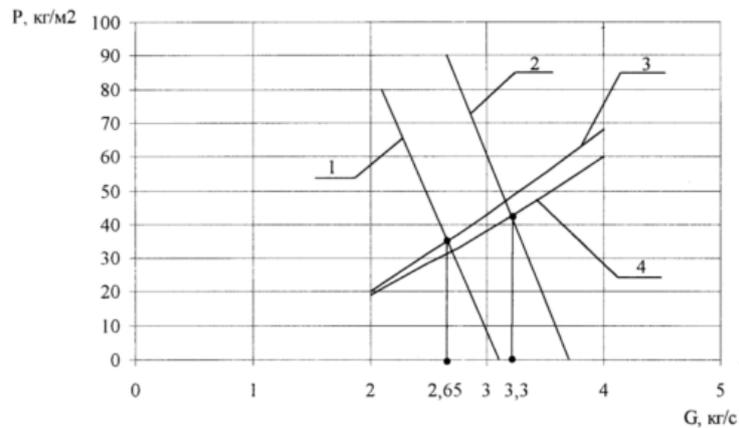


Рисунок 2 – Размерные характеристики эжектора и сети

- 1 – характеристика эжектора штатной системы охлаждения двигателя УТД-20;
- 2 – характеристика эжектора модернизированной системы охлаждения двигателя ЗТД;
- 3 – сопротивление сети штатной системы охлаждения;
- 4 – сопротивление сети модернизированной системы охлаждения

Литература

1. ОСТ ВЗ-1470-72 «Машины военные гусеничные Методика расчета системы охлаждения» – М., 1972 г.– 144 с.
2. ОСТ ВЗ-1470-82 «Системы жидкостного охлаждения дизелей военных гусеничных машин. Метод расчета» – М., 1982 г.– 159 с.

УДК 629 1 032 1

Клімов В.Ф., Зарянов В.А., Чучмар І.Д., Фолунін С.О., Бобер А.В., Подвальна І.І., Шипулін А.А.

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ БМП-2 ПРИ ЇЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

На основі розрахунку та модельних випробувань запропоновано метод підвищення ефективності системи охолодження при модернізації БМП-2 за рахунок перерозмірювання характеристик ежектора і теплообмінників.

Klimov V.F., Zaryanov W.A, Chuchmar I.D., Folunin S.A., Bober A.V., Podvalnaya I.I., Shipulin A.A.

METHODS FOR IMPROVING COOLING SYSTEM EFFICIENCY OF THE UPGRADED INFANTRY FIGHTING VEHICLE BMP-2

The method for improving cooling system efficiency of the upgraded infantry fighting vehicle BMP-2 resulting in changes of ejector and heat-exchanger performances on the basis of calculation and model study has been proposed.