

УДК 629.1.032.1

Зарянов В.А., Иванов Ю.П., Климов В.Ф., Лазурко А.В., Магерамов Л.К.-А., Михайлов В.В.

### К ВОПРОСУ ВОЗДУХОПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ БРОНЕТАНКОВОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ПРЕОДОЛЕНИИ ВОДНЫХ ПРЕГРАД

**Актуальность проблемы.** С целью расширения рынков сбыта вооружений и военной техники для отечественных разработчиков важное значение приобретает комплектование предлагаемых потребителям образцов бронетехники оборудованием, отвечающим требованиям и стандартам страны покупателя по применяемым в вооруженных силах боеприпасам, горюче-смазочным и эксплуатационным материалам, безопасности, защищенности и др.

Оснащение танков БМ «ОПЛОТ», Т-80УД и модернизированных Т-72, Т-55 (с двигателями серии 5ТД и 6ТД) вооружением с калибром пушки 120 мм и унитарным снарядом потребовало установки отсека автомата заряжания (АЗ) в кормовой части башни. Такой отсек, отвечающий требованиям покупателя по количеству укладываемых в него снарядов, защищенности и безопасности эксплуатации, в силу компоновки, принятой для отечественных танков (размещение силового отделения в кормовой части), своей проекцией перекрывает силовое отделение, что не позволяет применить штатное оборудование для преодоления водных преград.

Получившая распространение на отечественных танках схема применения оборудования подводного вождения (ОПВ) [1], состоящего из узлов герметизации танка, воздухозаборного устройства (для преодоления водных преград глубиной до 1,8 м без предварительной подготовки – режим «БРОД»), воздухопитающей и выхлопной труб (для преодоления водных преград глубиной до 5 м с предварительной подготовкой – режим подводный ход «ПХ») не могла быть применена ни с доработкой воздухопитающей трубы изгибом для обвода фронтальной поверхности отсека АЗ, по причине повышения сопротивления на входе в двигатель, ни переносом воздухозаборного устройства (ВЗУ) вследствие высокой плотности компоновки силового отделения и привязки ВЗУ к воздухоочистителю.

**Целью статьи** является отражение проведенных теоретических и экспериментальных исследований по обеспечению требуемых эксплуатационных характеристик силовых установок бронетанковой техники с установленным на корме башни отсеком АЗ при преодолении водных преград.

**Основная часть.** Воздухозаборное устройство силовой установки танка БМ «ОПЛОТ» должно обеспечивать преодоление по дну водных преград глубиной до 5 м (после предварительной подготовки) и глубиной до 1,8 м (без предварительной подготовки), при этом обеспечивая статическое разрежение на впуске в двигатель 6ТД-2 (0,0152<sub>-0,005</sub>) МПа [(1550<sub>-50</sub>) мм вод. ст.] для расхода воздуха (1,85±0,5) кг/с. Кроме этого, необходимо учитывать следующие параметры двигателя [2]:

– статическое противодавление на выпуске (0,0294<sub>-0,004</sub>) МПа [(0,3<sub>-0,04</sub>) кгс/см<sup>2</sup>] для расхода газа (1,58±0,02) кг/с при температуре 923 К (650 °С), допускается повышение противодавления до 0,036 МПа (0,37 кгс/см<sup>2</sup>);

– температура газа на выпуске из турбины не более 973К (700 °С);

– производительность компрессора, приведенная к стандартным атмосферным условиям:

– на режиме внешней характеристики при частоте вращения двигателя 2800 мин<sup>-1</sup> 1,85 кг/с,

– на режиме внешней характеристики при частоте вращения двигателя 2600 мин<sup>-1</sup> 1,7 кг/с,

а также площадь проходного сечения соединенного с воздухоочистителем ВЗУ, составляющая 0,034 м<sup>2</sup>.

Учитывая вышеизложенные проблемы по обводу воздухозаборной трубой отсека АЗ, была предложена схема забора воздуха непосредственно через отсек АЗ (см. рис. 1).

В соответствии с предложенной схемой забор воздуха для обеспечения режима «БРОД» производится следующим образом: от тумблера с места командира танка открываются (закрываются) пневмоприводами крышки люков на отсеке АЗ (верхнего люка для забора воздуха, нижнего люка – для стыковки трубы ВЗУ с отсеком АЗ), по команде механика-водителя поднимается (опускается) и стыкуется с отсеком труба ВЗУ, укороченная относительно штатной на 400 мм. Для преодоления водной преграды глубиной до 5 м (режим «ПХ») – на фланец верхнего люка на отсеке АЗ дополнительно устанавливается воздухопитающая труба. Установка трубы выброса отработавших газов в режиме «ПХ» изменений не претерпевает.

Режим преодоления водных преград характеризуется увеличением разрежения в пылесборнике воздухоочистителя и уменьшением коэффициента отсоса, приводящим к снижению степени очистки воздуха.

Величина сопротивления системы всасывания складывается из сопротивления отдельных элементов, определяемых по формуле:

$$H_1 = \xi_1 \frac{\rho_1 \cdot W^2}{2} \quad (1)$$

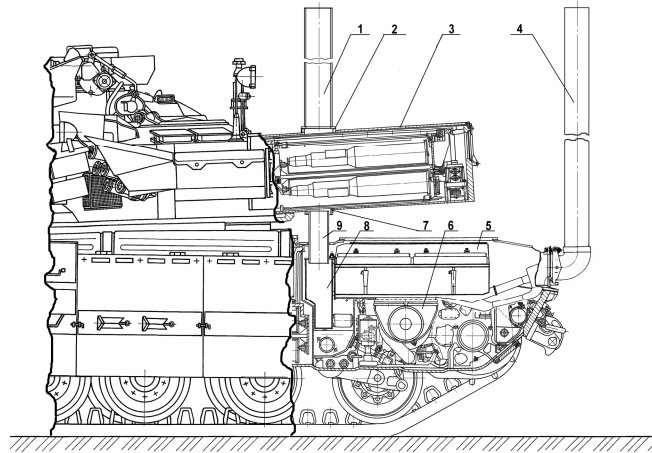


Рисунок 1 – Схема забор воздуха через отсек АЗ

1 – воздухопитающая труба; 2 – верхний люк на отсеке АЗ; 3 – отсек АЗ; 4 – выхлопная труба; 5 – воздухоочиститель; 6 – входной патрубок двигателя; 7 – нижний люк на отсеке АЗ; 8 – ВЗУ; 9 – труба ВЗУ

Сопротивление пылесборника равно:

$$H_{\text{пыл.}} = (0,45 \dots 0,5)H_{\text{ВО}} + H_{\text{вх}}, \quad (2)$$

где  $H_{\text{ВО}}$  – сопротивление воздухоочистителя с входником двигателя;  $H_{\text{вх}}$  – сопротивление входных устройств.

Происходит снижение расхода воздуха на трассе отсоса ( $G_{\text{отс.}}$ ) и коэффициент отсоса в этом случае будет равен:

$$q_{\text{отс}} = \frac{G_{\text{отс. бр.}}}{G_{\text{отс}}}, \quad (3)$$

где  $G_{\text{отс. бр.}}$  – расход воздуха на трассе отсоса в режиме «БРОД».

Однако нормальная очистка воздуха достигается в случае  $q_{\text{отс.}} \geq 5\%$ .

Исходя из этого, рассчитывая сопротивление отдельных элементов по формуле (1), сопротивление циклона и разрежение в пылесборнике определяется из следующих выражений:

$$H_{\text{ц.}} = \frac{H_1 - H_2}{\frac{\rho_1 W_1^2}{2}} + \left(1 - \lambda_1 \frac{L_1}{d_1}\right) - \left(1 + \lambda_2 \frac{L_2}{d_2}\right) \frac{\rho_1}{\rho_2} (1 - q_{\text{отс}}^{-2}) \left(\frac{F_1}{F_2}\right)^2; \quad (4)$$

$$H_{\text{пыл.}} = \frac{H_1 - H_3}{\frac{\rho_1 W_1^2}{2}} + \left(1 - \lambda_1 \frac{L_1}{d_1}\right) - \left(1 - \lambda_3 \frac{L_3}{d_3}\right) \frac{\rho_3}{\rho_1} q_{\text{отс}}^{-2} \left(\frac{F_1}{F_3}\right)^2, \quad (5)$$

где  $H_1, H_2, H_3$  – разрежение в сечении 1, 2 и 3 циклонов;  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$  – плотность воздуха;  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  – кинематическая вязкость пылевоздушной смеси;  $L_1, L_2, L_3, d_1, d_2, d_3, F_1, F_2, F_3$  – геометрические размеры циклона в сечении 1, 2 и 3;  $W$  – скорость воздушного потока;  $q_{\text{отс}}$  – коэффициент отсоса эжектора воздухоочистителя.

В связи с уменьшением ( $q_{\text{отс}}$ ) и ростом величины сопротивления пылесборника ( $H_{\text{пыл.}}$ ), коэффициент пропуска воздуха определяется по следующей зависимости:

$$\eta_{\text{пр.}} = 1 - 0,139D^{0,97} \left[ \left( \frac{W_1 d_1 j_1}{\mu} \right)^{-0,87} \Phi_1 C_1 + \dots + \left( \frac{W_n d_n j_n}{\mu} \right)^{-0,87} \Phi_n C_n \right], \quad (6)$$

где  $d_n$  – средний диаметр фракции пыли;  $\Phi_n$  – содержание частиц пыли по массе;  $\mu$  – динамическая вязкость пылевой смеси;  $j_n$  – удельный вес фракции пыли;  $D$  – диаметр циклона;  $C$  – поправочный коэффициент отсоса, определяемый для каждого сечения по формуле:

$$C_n = \left( \frac{d_n j_n}{j_2} \right)^{-0,97}, \quad (7)$$

где  $j_2$  – удельный вес воздушного потока.

Для оценки возможности забора воздуха через отсек АЗ был выполнен расчет аэродинамического сопротивления трассы в режиме «ПХ», как наиболее критическом вследствие установки дополнительной воздухопитающей трубы:

$$H_{\text{вс.}} = H_{\text{тр}} + H_{\text{отс.}} + H_{\text{ВЗУ}} - H_{\text{ВО}} = 0,0151 \text{ МПа (1530 мм вод. ст.)}, \quad (8)$$

где  $H_{\text{вс.}} = 0,0151$  МПа (1530 мм вод. ст.) – сопротивление системы воздухопитания двигателя при установленном ОПВ в режиме «ПХ»;  $H_{\text{тр}} = 0,0002$  МПа (20 мм вод. ст.) – сопротивление воздухопитающей трубы, устанавливаемой на фланец верхнего люка на отсеке АЗ;  $H_{\text{отс.}} = 0,0023$  МПа (230 мм вод. ст.) – сопротивление отсека АЗ с размещенными снарядами;  $H_{\text{ВЗУ}} = 0,0008$  МПа (80 мм вод. ст.) – сопротивление ВЗУ;  $H_{\text{ВО}} = 0,012$  МПа (1200 мм вод. ст.) – сопротивление воздухоочистителя с входником двигателя.

Определение характеристик новых элементов заборной трассы (доработанного ВЗУ и отсека АЗ) проводилось на моделях с использованием методов геометрического и аэродинамического моделирования.

Анализ результатов проведенного расчета показал, что величина аэродинамического сопротивления трассы забора воздуха для питания двигателя в режимах «БРОД» и «ПХ» 0,0151 МПа (1530 мм вод. ст.) не превышает допустимого техническими условиями на двигатель 6ТД-2 значения статического разрежения на впуске – 0,0152 МПа (1550 мм вод. ст.), при этом на 0,001 МПа (100 мм вод. ст.) выше среднестатистических значений для серийных танков с двигателями 6ТД-2.

Дальнейшие работы перешли в практическую плоскость реализации данной схемы воздухопитания непосредственно на танке без риска эксплуатации двигателя в помпажных зонах при установленном ОПВ. При изготовлении и оснащении танка элементами ОПВ значимыми техническими проблемами стали позиционирование башни с отсеком АЗ относительно корпуса танка и введение блокировок приводов управления крышками люков и подъёмом (опусканием) трубы ВЗУ. После решения этих вопросов и доводки конструкции танк БМ «ОПЛОТ» был испытан на комплексном стенде испытаний моторно-трансмиссионных отделений и получены основные мощностные характеристики силовой установки. В результате этих испытаний установлено, что величина мощности на ведущих колесах составляет 604 кВт (821 л.с.) и находится в пределах среднестатистических значений для силовых установок с двигателем 6ТД-2. Все остальные параметры силовой установки соответствуют техническим условиям (температура газа на выпуске из турбины  $T_g = 864$  К (591 °С), статическое противодавление на выпуске  $P_g = 0,0354$  МПа (0,354 кгс/см<sup>2</sup>) и пр.).

С целью определения аэродинамического сопротивления системы воздухопитания двигателя, проверки функционирования ОПВ, надежности крепления, герметичности соединений и обеспечения сброса труб ОПВ следующим этапом стало проведение испытаний танка с установленным ОПВ в бассейне и ходовые испытания 10 км.

В ходе проведенных испытаний были получены зависимости сопротивления системы питания двигателя воздухом в режимах «БРОД» и «ПХ» от частоты вращения коленчатого вала двигателя (см. рис. 2).

Максимальное значение сопротивления (см. рис. 2) 0,015 МПа (1510 мм вод. ст.) практически совпадает с расчетным и не превышает допустимое техническими условиями на двигатель. Однако, учитывая, что система воздухоочистки танка БМ «ОПЛОТ» циклонно-кассетного типа, необходимо отметить, что в процессе эксплуатации по мере забивания кассет пылью, сопротивление на всасывании в двигатель будет превышать допустимую величину, что может приводить к снижению степени очистки воздуха и нарушению теплового баланса двигателя. Для предотвращения этого явления механику-водителю танка необходимо следить за сигнализацией предельного состояния воздухоочистителя и своевременно проводить техническое обслуживание кассет.

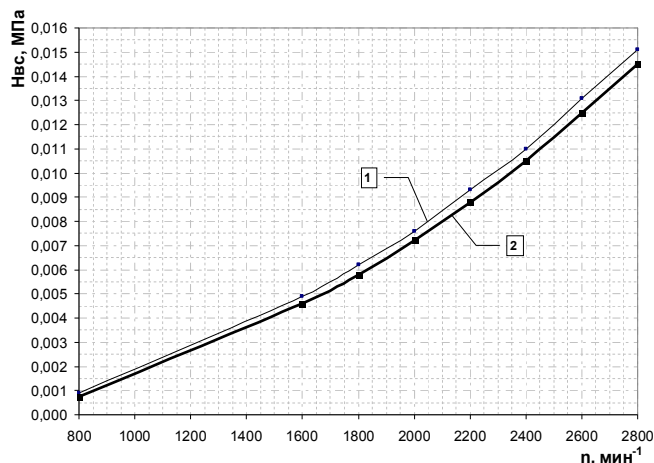


Рисунок 2 – Зміна опору системи живлення повітрям від частоти обертання колінвала двигача  
1 – режим «ПХ»; 2 – режим «БРОД»

Аналіз результатів проведених випробувань показав ефективність запропонованої схеми живлення двигача, спроможність і надійність всіх елементів ОПВ, герметичність з'єдинень. Крім цього, сброс живлюючої і вихлопної труб здійснюється аналогічно передшлющувачим конструкціям з збереженням їх експлуатаційних властивостей для багаторазового використання. В зв'язі з тим, що верхній лист отсека АЗ розташований більш ніж на 200 мм вище верхньої кромки штатної труби ВЗУ в піднятому положенні, танк БМ «ОПЛОТ» з отсеком АЗ перемагає брод без підготовки глибини 2 м. Таким образом, вищеописана система живлення двигача при переборенні водних перешкод витримала всесторонні випробування і може бути прийнята для оснащення танків з отсеком АЗ на кормі башни.

**Висновки.** В результаті теоретичних розрахунків, конструкторських розробок і експериментальних досліджень розроблена схема живлення двигача повітрям при переборенні водних перешкод, забезпечуюча режим «БРОД» глибини 2 м і режим «ПХ» глибини 5 м для бронетанкової техніки з встановленим в кормовій частині башни отсеком автомата заряджання.

#### Література

1. Теорія і конструкція танків. Том 4 – Москва, «Машиностроение», 1984.
2. Дизель 6ТД-2. Технічні умови 459М.ТУ– Харків, 1985.

УДК 629.1.032.1

Зарянов В.А., Іванов Ю.П., Климов В.Ф., Лазурко О.В., Магерамов Л.К.-А., Михайлов В.В.

#### ДО ПИТАННЯ ЖИВЛЕННЯ ПОВІТРЯМ ДВИГУНІВ БРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ ПРІ ПОДОЛАННІ ВОДНИХ ПЕРЕШКОД

У статті описано визначений на основі розрахунків та експериментальних досліджень метод живлення повітрям при подоланні водних перешкод двигуна бронетанкової техніки з розташованим на башті відсіком автомата заряджання.

Zaryanov W.A., Ivanov Yu. P., Klymov V.F., Lazurko O.V., Mageramov L.K.-A., Mikhailov V.V.

#### ON ENGINE AIR FEED FOR ARMORED VEHICLES IN NEGOTIATING WATER OBSTACLES

The air feed method found on the basis of calculations and experimental studies for engine in negotiating of water obstacles by armored vehicles with auto-loader compartment installed on the turret has been given in the article.