

УДК.623.438.32.

Климов В.Ф., Бусьяк Ю.М., Магерамов Л.К.-А., Анипко О.Б., Колбасов А.Н.,  
Кудреватых Д.Н.

## К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ

### Актуальность проблемы

Принято считать, что основная задача системы очистки воздуха объектов бронированной техники – надежная работа при движении в пустыне в условиях повышенной запыленности воздуха.

Безусловно, это весьма важная составляющая в перечне основных требований к системе очистки воздуха. Система очистки воздуха бронированных объектов специального назначения обеспечивает работу двигателя в различных условиях эксплуатации, в т.ч. при движении в условиях радиоактивного заражения местности, преодолении глубокого брода глубиной до 1,8 м без предварительной подготовки, движении под водой глубиной до 5 м и др.

Однако создатели наземной военной техники мало внимания уделяют условиям эксплуатации в зимний период. Испытания танков в Сибири (г.Юрга, Кемеровской области) показали, что даже при движении по заснеженным трассам возможен абразивный износ цилиндро-поршневой группы и перегрев двигателя при температурах минус 20...40 °С.

Условия зимней эксплуатации изучены довольно слабо и, главное, решение этой задачи требует специальных, нестандартных подходов. Прежде всего это связано с тем, что практически невозможно в стендовых условиях воспроизводить работу циклона, являющегося главным элементом в системе очистки воздуха с имитацией снежных режимов, отрицательных температур. Кроме того, кассеты (абсолютные фильтры, являющиеся окончательной ступенью очистки воздуха) в режиме зимней эксплуатации совершенно иначе работают по сравнению с летней эксплуатацией.

Испытания показали, что при определенных условиях резко возрастает аэродинамическое сопротивление системы всасывания, возрастает температура охлаждающей жидкости.

Рост сопротивления системы всасывания, как показали наблюдения, связан с обледенением инерционной решетки, циклонов и кассет. Причем, за 20...30 минут движения танков по заснеженным трассам аэродинамическое сопротивление превышает 2000 кгс/м<sup>2</sup>, что приводит к невозможности дальнейшего движения.

Рост температуры охлаждающей жидкости до уровня 120...130 °С (при отрицательной температуре окружающего воздуха) также связан с обледенением входных устройств эжектора системы охлаждения, что приводит к резкому увеличению сопротивления системы охлаждения, снижению расхода воздуха через радиаторы и полному или частичному отсутствию теплообмена с окружающей средой.

Такие явления происходят только при определенных условиях и проявляются даже при эксплуатации танков на полигоне, расположенном в окрестностях г. Чугуева.

Вопросы борьбы с обледенением до настоящего времени изучались только применительно к летательным аппаратам и рассматривались, в основном, характеристики

облаков. Обледенение отдельных элементов связано с наличием в атмосфере воды в капельно-жидком состоянии при отрицательных температурах окружающей среды.

Основными метеорологическими параметрами, от которых зависит обледенение, являются:

- количество воды в виде капель, содержащееся в единице объема (водность);
- температура, при которой происходит обледенение;
- размер водяных капель.

Явление обледенения элементов системы охлаждения и всасывания носит случайный характер и происходит при одновременном сочетании определенных условий, вызывающих обледенение, т.е. переход газообразной фазы в твердую, минуя жидкую. Наблюдения показали, что наиболее вероятны случаи обледенения при температурах окружающего воздуха от минус 5 до минус 10 °С в районе г. Чугуева и минус 10 минус 25 °С при испытаниях танков в районе г. Юрга, Кемеровской области. Причем, в обоих районах вероятность обледенения увеличивается при наличии свежеснежавшего снега. Глубина снежного покрова в Сибири достигает 0,5...1,0 м, а в районе г. Чугуева 0,1...0,2 м. Однако именно случайные условия определяют вероятность обледенения, т.к. не всегда при отрицательной температуре воздуха капли устойчиво сохраняются в жидком виде и не замерзают.

Множество исследований, проведенных специалистами США, Англии и СССР в период 1955–1960 г.г. (1) показали, что наиболее вероятны случаи обледенения элементов летательных аппаратов наблюдаются при температурах 0... минус 5 °С – 7,8 % от общего количества случаев и минус 6... минус 10 °С – 48 %, при температуре минус 11... минус 15 °С – 24 %.

Для Европейской части этот диапазон температур наиболее характерен. В условиях Сибири, где температуры достигают минус 40...45 °С вероятность обледенения со снижением температур уменьшается.

Однако для транспортных средств характерны другие условия, и в первую очередь, снежный покров и осадки в виде «сухого» мелкокристаллического» снега.

Наличие снега (особенно свежеснежавшего) приводит к тому, что увлекаемый грунтозацепами гусеничной ленты снег, создает шлейф, аналогичный движению танка в пустыне. Именно частицы снежного облака попадают на нагретые элементы крыши моторного отделения, на защитные элементы системы охлаждения и всасывания.

Для системы охлаждения центрами кристаллизации являются защитные сетки, а для системы всасывания – защитные сетки, инерционная решетка, циклоны, кассеты и эжектор отсоса пыли из пылесборника воздухоочистителя.

Кроме того, обледенение циклонов связано и с наличием эффекта Ранке в самом циклоне при разделении потока воздуха, содержащего определенное количество снега. Именно совокупность множества факторов, проявляющихся одновременно и приводят к образованию льда в различных зонах системы очистки воздуха.

Обледенение проточной части эжектора отсоса пыли, в большей степени связано с пограничными контактами участков с различной температурой. Сжатый воздух, поступающий на сопловой аппарат, имеет температуру до 200 °С, а эжектируемый воздух имеет отрицательную температуру окружающей среды.

В этом случае происходит отложение льда в эжекторе, что приводит даже к полному перекрытию проточной части эжектора отсоса пыли (рис. 1).

В общем случае при нормальной работе воздухоочистителя коэффициенты сопротивления ( $\xi_{\delta}$ ) и отсоса ( $\xi_{\delta \bar{n}}$ ) могут быть выражены следующими зависимостями:

$$\xi_{\dot{o}} = \frac{D_1 - D_2}{\frac{\rho_1 w_1^2}{2}} + \left(1 - \lambda \frac{l_1}{D_1}\right) - \left(1 + \lambda \frac{l_2}{D_2}\right) \cdot \frac{P_2}{P_1} (1 - q^{-2}) \cdot \left(\frac{F_1}{F_2}\right)^2;$$

$$\xi_{i \dot{o} \bar{n}} = \frac{D_1 - D_2}{\frac{\rho_1 w_1^2}{2}} + \left(1 - \lambda \frac{l_1}{D_1}\right) - \left(1 + \lambda \frac{l_3}{D_3}\right) \cdot \frac{P_3}{P_1} (1 - q^{-2}) \left(\frac{F_1}{F_3}\right)^2;$$

где  $P_1, P_2, P_3$  и  $w_1, w_2$  – давления и скорости в характерных точках циклонов;  $F_1, F_2, F_3$  – площади сечений на участках входа воздуха в циклон выхода из циклона и в патрубке отсоса;  $l_1, l_2, l_3$  и  $D_1, D_2, D_3$  – длины и диаметры циклонов в соответствующих сечениях;  $q$  – коэффициент эжекции равный отношению  $\frac{G_2}{G_1}$ ;  $\rho_1$  – плотность воздуха на входе в циклон.

Рассматривая приведенные формулы в режиме полного либо частичного обледенения можно заключить, что процесс обледенения циклонов и эжектора отсоса связан с постепенным уменьшением проходных сечений  $F_1, F_2$  и  $F_3$ , увеличением а затем уменьшением до нулевых значений скоростей  $W_1$  и  $W_2$  и давлений  $P_1$  и  $P_2$ . В этом случае коэффициент эжекции ( $q$ ) также стремится к «0», т.к.  $G_2 = 0$  (т.е. расход воздуха отсутствует).

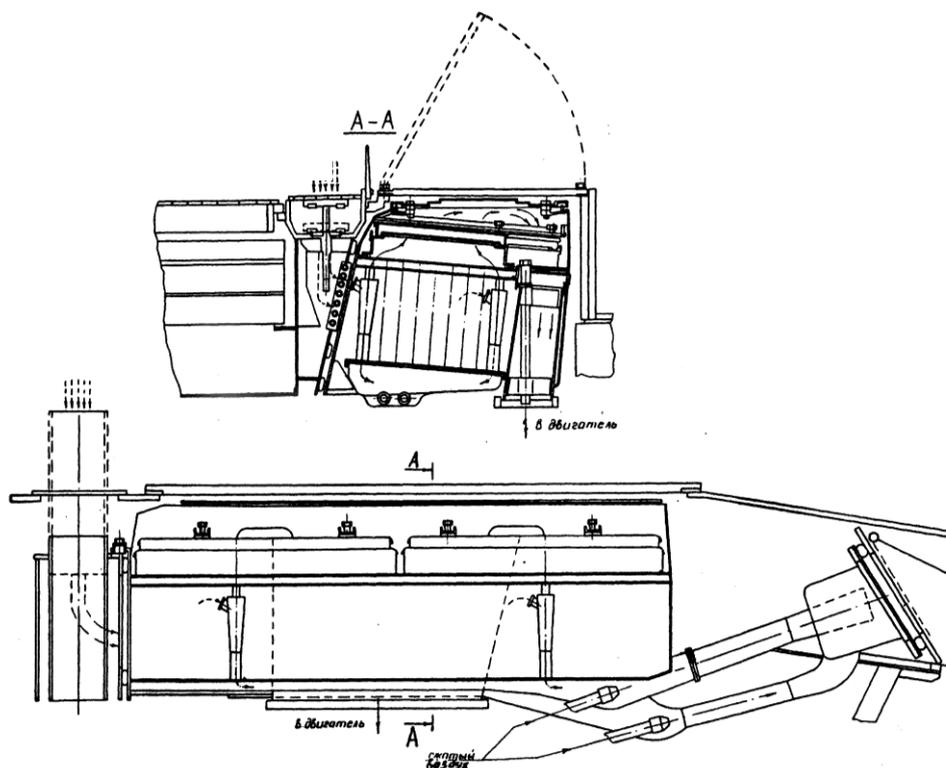


Рисунок 1 – Система очистки воздуха

В конечном случае при полном обледенении элементов системы всасывания двигатель может заглохнуть из-за бесконечно большого сопротивления входных элементов.

### **Методы борьбы с обледенением**

В настоящее время известны различные способы борьбы с явлениями сублимации, главные из которых следующие:

- механические;
- физико-химические;
- тепловые.

Кроме того, могут рассматриваться явления образования льда в начальный период, когда возможно устранение обледенения путем воздействия внешних сил – вибраций, разрушений, аэродинамических или центробежных сил, прикладываемых к поверхности, где отмечены начальные условия образования льда.

Физико-химические способы основаны на использовании жидкостей или составов, растворяющих лед и понижающих точку замерзания воды.

### **Тепловые способы**

Тепловые способы предусматривают постоянный нагрев защищаемой поверхности до температуры, при которой образование льда становится невозможным.

В наземных транспортных средствах наиболее вероятным является тепловой способ борьбы с обледенением.

Испытания в Сибири при различных температурах окружающего воздуха показали, что использование нагрева малоэффективное мероприятие из-за больших энергетических затрат.

Забор воздуха из подрадиаторного пространства также не принес положительного эффекта по причине недопустимо высокого аэродинамического сопротивления входа.

В условиях Европейской зоны, где явления обледенения имеют преимущественное распространение при температурах окружающего воздуха до минус 10 °С наиболее эффективным является частичный подогрев воздуха в зоне инерционной решетки и эжекторе отсоса пыли из пылесборника воздухоочистителя за счет установки термоэлектрических нагревателей. Причем расчет мощности нагревателей выполнялся исходя из условия исключения обледенения при температурах наиболее вероятных случаев, т.е. не более минус 10 °С.

При расчете необходимой тепловой мощности требуется выполнить условия теплового баланса, которое имеет вид:

$$q_n = q_{a1} + q_{\beta 1} - q_1 = q_a + q_{\beta},$$

где  $q_{a1}$  – конвективный тепловой поток;  $q_{\beta 1}$  – поток тепла, необходимый для испарения вод или льда с поверхности;  $q_1$  – тепловой поток от скоростного нагрева поверхности за счет трения воздуха в пограничном слое.

Для достижения равновесной температуры, при которой в заданном диапазоне температур окружающего воздуха исключаются условия обледенения ограничивается количество выделяемого тепла и затраты эквивалентной энергетической мощности.

Исходя из этого, на танке были дополнительно установлены электрические нагревательные элементы в эжекторе отсоса пыли, в зоне инерционной решетки. При температурах окружающего воздуха до минус 10 °С эти мероприятия оказались эффективными. В то же время для исключения обледенения защитных сеток эжектора системы охлаждения требуется разработка дополнительных мероприятий, главными из которых могут быть защита от попадания снега т.к. для такого количества воздуха (до 7,5 кг/с) подогрев воздуха практически невозможен.

#### Выводы

1. В условиях зимней эксплуатации наземных транспортных средств возможны случаи обледенения элементов системы охлаждения и очистки воздуха, что может приводить к перегреву двигателя, повышению аэродинамического сопротивления входа и абразивному износу цилиндропоршневой группы.

2. Явления обледенения зависят от множества факторов, проявляющихся одновременно, главные из которых влажность воздуха и его температура.

3. Наиболее эффективными способами борьбы с обледенением являются тепловые, при которых создаются условия, исключающие образование льда в наиболее характерных зонах.

Для системы охлаждения наиболее эффективными могут быть конструктивные мероприятия, исключающие попадание снега в зону забора воздуха для охлаждения теплообменников.

#### Литература

1. Тенищев Р.Х., Строганов Б.А. и др. Противообледенительные системы летательных аппаратов. Машиностроение. М., 1967 г., 320 с.

2. Исаков П.П., Теория танков, т.4. инв. № 6051, Ленинград, 1986 г.

УДК 623.438.32

Клімов В.Ф., Бусяк Ю.М., Магерамов Л.К.-А., Аніпко О.Б., Колбасов О.М.,  
Кудреватих Д.М.

#### **ДО ПИТАННЯ ВИПРОБУВАНЬ РОБОТИ СИСТЕМИ ОЧИСТКИ ПОВІТРЯ В ЗИМОВИЙ ПЕРІОД ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

У статті розглядаються питання особливості зимової експлуатації наземних транспортних засобів. явища сублимації в окремих елементах системи очищення повітря та охолодження двигуна.