

УДК 614.846.6

## ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА АГРЕГАТОВ И МЕРЫ ПОВЫШЕНИЯ БОЕГОТОВНОСТИ ПОЖАРНЫХ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Б.Л. КУЛАКОВСКИЙ, кандидат технических наук,  
С.М. ПАЛУБЕЦ

<sup>1</sup> - Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup> - Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь

В статье выполнен анализ тепловых режимов агрегатов пожарных аварийно-спасательных автомобилей. Предложено решение проблемы сокращения времени прибытия пожарных аварийно-спасательных автомобилей к месту вызова на ЧС, особенно в зимнее время года, путем поддержания требуемого теплового режима двигателя и трансмиссии пожарных аварийно-спасательных автомобилей во время ожидания, а также ускоренного прогрева двигателя при движении к месту ЧС. Дано описание устройства регулирования тепловым режимом в подкапотном пространстве ДВС с дистанционным управлением.

**Ключевые слова:** боеготовность, тепловая подготовка, пожарный аварийно-спасательный автомобиль.

К основным эксплуатационным свойствам, изменение которых в большей степени зависит от температурного режима агрегатов, относятся: легкость запуска двигателя, надежность, динамика и безопасность движения, а также топливная экономичность пожарных аварийно-спасательных автомобилей (ПАСА).

Поскольку основной особенностью эксплуатации ПАСА являются малые радиусы выезда, то при движении к месту вызова двигатель и агрегаты трансмиссии работают в режиме прогрева. Установлено, что тепловой режим этих агрегатов существенно влияет на изменение технического состояния, а, следовательно, и на эксплуатационные показатели ПАСА [1].

На рис.1 показана зависимость суммарного износа цилиндро-поршневой группы от температуры в системе охлаждения. Если температура охлаждающей жидкости равна 10<sup>0</sup>С, что вполне может быть в гараже в зимнее время, то износ сопряжений двигателя будет больше в 10-12 раз по сравнению с износом при температуре 80<sup>0</sup>С.

Значительное время двигатель может работать в режиме прогрева из-за неисправности приборов и узлов в системе охлаждения: термостата, водяного насоса, клиноременной передачи и др. Анализ технического состояния системы охлаждения

показал, что многие двигатели ПАСА эксплуатируются с неисправным термостатом или без него и при выезде автомобиля по тревоге охлаждающая жидкость сразу начинает поступать через радиатор, увеличивая время прогрева

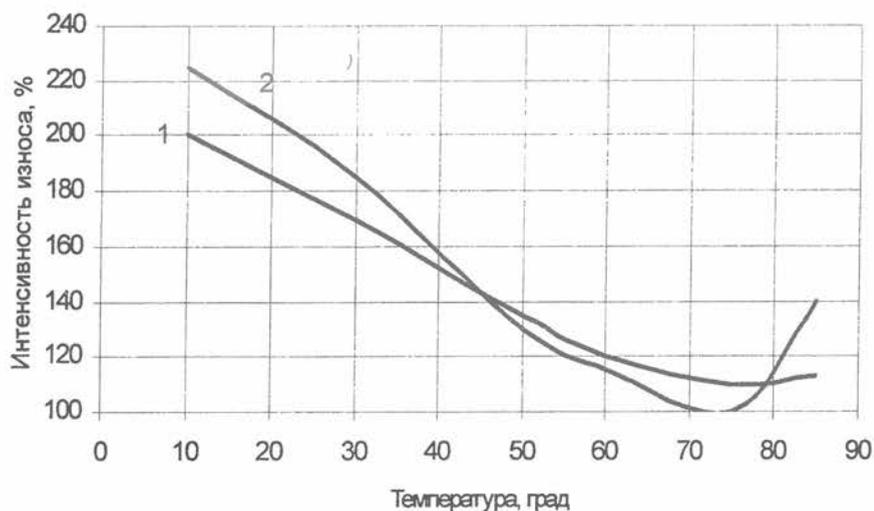


Рисунок 1 - Зависимость интенсивности изнашивания автомобильного двигателя от температуры охлаждающей жидкости (1) и картерного масла (2)

.Проведенные экспериментальные исследования в КИИ МЧС [2] по определению температурного режима двигателя после его запуска без термостата показали следующую зависимость (рис.2).

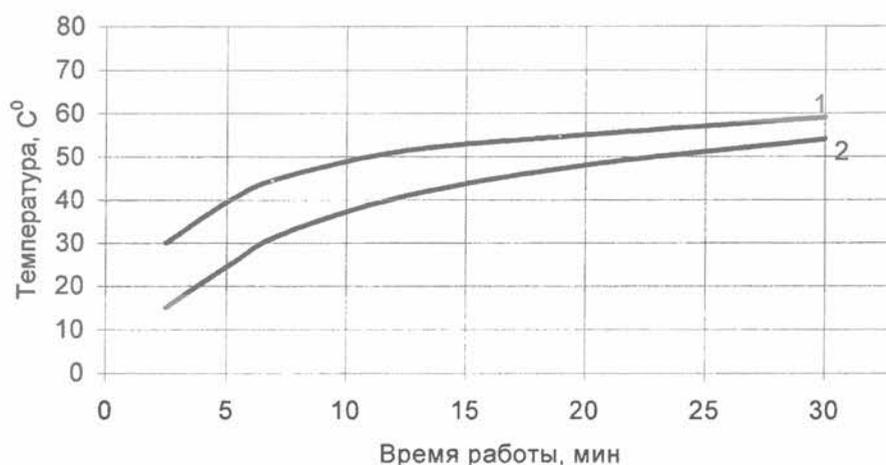


Рисунок 2 - Зависимость температуры  $t^0$  в системе охлаждения двигателя от времени  $\tau$  его работы в гараже при  $n = 700$  об/мин; 1 – температура воздуха в гараже  $+14,4$  °C ; 2 - температура воздуха в гараже  $+6$  °C

Как видно из графика, в течение 2,5 минут работы двигателя при  $n = 700$  об/мин и температуре воздуха в гараже  $5^0\text{C}$  и  $15^0\text{C}$  температура в системе охлаждения достигает соответственно  $15^0\text{C}$  и  $30^0\text{C}$ . При дальнейшей работе после 5 минут скорость прогрева двигателя замедляется.

Проведены также экспериментальные исследования и сравнительный анализ изменения температурного режима двигателя пожарной автоцистерны АЦ-40(130)63Б (в гараже) при наличии и отсутствии термостата в системе охлаждения.

Температура охлаждающей жидкости определялась с помощью термометров, установленных в верхнем бачке радиатора, а также в блоке двигателя. Сразу после запуска двигатель работал в форсированном режиме при максимальной частоте вращения коленчатого вала. Такой режим работы двигателя постоянно применяется при выезде ПАСА из гаража по тревоге.

Результаты этих экспериментальных исследований показаны на рис. 3.

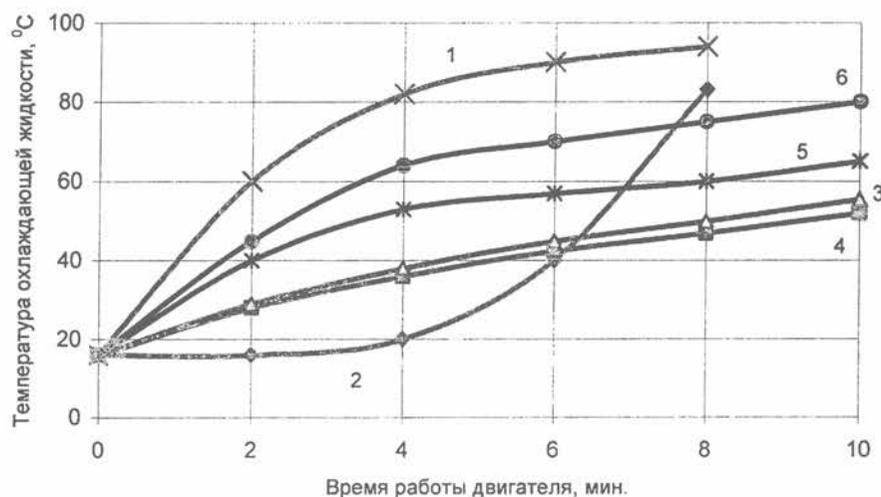


Рисунок 3 - Зависимость изменения температуры  $t^0$  воды от времени  $t$  работы двигателя: 1,2 – соответственно изменение температурного режима в блоке двигателя и в верхнем бачке радиатора при наличии термостата; 3,4 – соответственно изменение температурного режима в блоке двигателя и верхнем бачке радиатора при отсутствии термостата; 5,6 – соответственно изменение температурного режима двигателя при выезде из гаража без устройства и с установкой его

При работе двигателя с неисправным термостатом в системе охлаждения, жидкость в блоке (линия 1) быстро нагревалась, а в верхнем бачке радиатора оставалась без изменения (линия 2). Только после работы двигателя в течение трех-четырёх минут термостат открывался и температура воды в верхнем бачке начинала повышаться.

При отсутствии термостата прогрев двигателя и радиатора проходил очень медленно и практически одинаково (линии 3 и 4). При выезде ПАСА из гаража прогрев двигателя с термостатом в системе охлаждения (линия 5) происходит значительно медленнее по сравнению с автомобилем в режиме ожидания (линия 1), что можно объяснить охлаждением двигателя потоками холодного воздуха в открытой нижней его части.

Как показывает практика, двигатель ПАСА в зимнее время не выходит на оптимальный температурный режим даже через 10 минут работы. Анализ сводных таблиц боевых действий подразделений по ЧС показывает, что среднее время при-

бытия ПАСА к месту ЧС по Беларуси составляет 9,5-9,8 минут. Следовательно, прибыв к месту ЧС, ПАСА будет работать и стационарно в режиме прогрева. Такая работа двигателя в режиме прогрева при следовании на ЧС, а в отдельных случаях и при ликвидации ЧС, приводит к снижению значений средней скорости движения ПАСА, увеличению времени прибытия к месту вызова и как следствие – увеличение гибели людей и ущерба. Кроме этого значительно снижается надежность двигателя и трансмиссии, топливная экономичность, а также повышается токсичность отработавших газов.

Все это показывает на необходимость принятия мер по обеспечению оптимального температурного режима двигателя ПАСА в гараже в режиме ожидания и конструктивного обеспечения быстрого прогрева двигателя при выезда ПАСА из гаража.

С целью более эффективного прогрева двигателя как в режиме ожидания, так и при следовании к месту ЧС в КИИ МЧС было разработано и изготовлено устройство регулирования тепловым режимом в подкапотном пространстве двигателя с дистанционным управлением [3].

Устройство позволяет путем регулирования теплового потока ускорить прогрев двигателя и поддерживать его оптимальный температурный режим при движении ПАСА.

На рис. 3 (линия 6) прогрев двигателя с устройством происходит сравнительно быстрее, чем без него (линия 5).

Указанное устройство позволяет также обеспечить прогрев двигателя в режиме ожидания ПАСА в гараже с применением предлагаемой стационарной системы подогрева двигателя и трансмиссии [4]. Эта система тепловой подготовки ПАСА обеспечивает подогрев не только двигателя и трансмиссии, но и одновременно поддерживает в отопительный сезон температуру воздуха в гараже в пределах  $10^{\circ}\text{C}$ . Это достигается тем, что тепло к агрегатам ПАСА передается от нагревателя, который подключен к системе водо-теплоснабжения и одновременно выполняет функции системы отопления помещения гаража.

Результаты расчетов параметров и полной мощности теплового потока для водогазопроводных труб (ГОСТ 3262-75, ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8734-75) различного диаметра сведены в таблицу 1.

Исходя из полученных результатов расчета, длина U-образного трубопровода должна быть равной 6,5 м., ширина - 0,66 м.

Из работы [5] расход тепла  $Q_2$  в ккал/ч для отопления и приточной вентиляции зданий может быть определен по формуле:

$$Q_2 = [\alpha q_0 (t_g - t_n^0) + q_g (t_g - t_n^g)] V_n, \text{ ккал/ч,} \quad (1)$$

где  $V_n$  - строительный объем здания,  $\text{м}^3$ ;

$t_g$  - средняя температура отапливаемого помещения (принята равной  $10^{\circ}\text{C}$ );

$t_n^0$  - средняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки.

Таблица 1 - Значения параметров и полной мощности теплового потока для  
водогазопроводных труб различного диаметра

d, мм	Число Гросгофа Gr	Число Релея Ra	Число Нуссельта Nu	$\alpha$ , Вт/м <sup>2</sup> град	Q, Вт/м	W кВт
114	$1,2 \cdot 10^7$	$0,8 \cdot 10^7$	19,1	4,8	154,8	2,11
140	$2,2 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^7$	22,3	4,6	180,6	2,47
165	$3,5 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^7$	25,3	4,4	204,3	2,79
180	$4,6 \cdot 10^7$	$3,2 \cdot 10^7$	27,0	4,3	218,1	2,98
194	$5,8 \cdot 10^7$	$4,0 \cdot 10^7$	28,5	4,2	230,7	3,15
250	$12,3 \cdot 10^7$	$8,6 \cdot 10^7$	34,5	3,9	279,0	3,81
325	$27,1 \cdot 10^7$	$18,9 \cdot 10^7$	42,0	3,7	339,7	4,64

На основании представленных данных ГУ Республиканского гидрометеорологического центра Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, величины средней температуры воздуха наиболее холодной пятидневки по регионам Республики Беларусь составляют: г. Витебск – минус 22,1 °С, г. Минск – минус 20,9 °С, г. Гродно – минус 20,6 °С, г. Могилев – минус 22,7 °С, г. Брест – минус 19,0 °С, г. Гомель – минус 21,7 °С. Эти данные необходимо учитывать при расчете отопления по формуле (1).

Расчетная зимняя температура для проектирования вентиляции  $t_n^в$  по регионам Республики Беларусь будет составлять: по г. Витебск – минус 11 °С, г. Минску – минус 9,9 °С, г. Гродно – минус 10,3 °С, г. Могилев – минус 11,3 °С, г. Брест – минус 9,5 °С, г. Гомель – минус 10,8 °С.

$q_0$  и  $q_в$  - удельные тепловые характеристики для отопления и вентиляции в зависимости от назначения и строительного объема здания по таблице 2 из работы [5], ккал/м<sup>3</sup> ч град.

Таблица 2 - Значения удельных тепловых характеристик  $q_0$  и  $q_в$

Наименование зданий	Строительный объем V <sub>н</sub> , тыс. м <sup>3</sup>	Удельные тепловые характеристики, ккал/м <sup>2</sup> ч град	
		для отопления $q_0$	для вентиляции $q_в$
Пожарное депо	До 2	0,70	-
		0,60	-
	Более 5	0,55	0,70
		0,50	0,65

$\alpha$  - коэффициент, учитывающий изменение удельной тепловой характеристики в зависимости от климатических условий  $t_n$ .

Из анализа закономерности изменения величины коэффициента  $\alpha$  в зависимости от температуры  $t_n^0$  (1989 – 2003 гг.), его значения для регионов Республики Беларусь можно принять: для г. Витебска – 1,11, г. Минска – 1,15, г. Гродно – 1,15, г. Могилева – 1,1, г. Бреста – 1,17, г. Гомеля – 1,13.

В зависимости от количества ПАСА, находящихся в боевом расчете, общая мощность подогревателей будет равна:

$$\sum W = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n, \text{ кВт} \quad (2)$$

Соотношение расчетного количества мощности тепловыделения тепловой подготовки всех ПАСА, находящихся в гараже в режиме ожидания, и расходом тепла  $Q_2$  для отопления и вентиляции должно быть следующее:

$$Q_2 \leq W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n, \quad (3)$$

Поскольку в аналитической зависимости (1) расход тепла  $Q_2$  указан в ккал/ч, необходимо в уравнении (3) значение тепла перевести в кВт в соотношении  $860 \text{ ккал/ч} = 1 \text{ кВт}$ . Если  $\sum W$  по расчету меньше  $Q_2$ , то необходимо подогреватели выполнить с более увеличенной мощностью тепловыделения, т.е. увеличить диаметр, длину трубопровода в соответствии с приведенной таблицей. При этом необходимо учитывать значения нижнего просвета (дорожного просвета) ПАСА. У современных легковых автомобилей дорожный просвет составляет 150 – 220 мм, у грузовых автомобилей обычной проходимости – 245 – 265 мм и повышенной проходимости – 310 мм.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. В процессе форсированного режима движения ПАСА с непрогретым двигателем и агрегатами трансмиссии происходит снижение тягово-скоростных свойств автомобиля, что приводит к увеличению гибели людей и ущерба от ЧС. При этом наблюдается интенсивный износ деталей и сопряжений указанных агрегатов, увеличение расхода горюче-смазочных материалов и увеличение токсичности отработавших газов двигателя.

2. Комплексное применение предлагаемой системы тепловой подготовки ПАСА: двигателя и трансмиссии с устройством регулирования тепловым режимом в подкапотном пространстве двигателя с дистанционным управлением позволит обеспечить более качественный подогрев агрегатов в режиме ожидания ПАСА, а также при выезде из гаража и движении к месту ЧС. Применение этих систем и устройств позволит также повысить тягово-скоростные свойства, топливную экономичность и надежность ПАСА с одновременным снижением загрязнения окружающей среды.

3. Внедрение предлагаемой методики тепловой подготовки ПАСА и отопления гаражей подразделений МЧС при строительстве и реконструкции пожарных депо также сократит время прибытия к месту ЧС, а, следовательно, позволит спасти больше людей и снизить ущерб от ЧС.

### Литература

1. Авдонькин Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей. – М.: Транспорт. 1985.-215 с.

2. Кулаковский Б.Л., Кузнецов А.В. Влияние температурных режимов работы двигателя на его работоспособность // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. Сб. материалов МНПК, - Минск, -2001, С.205-206.

3. Заявка на патент от 27.06.2005 № U 0386 «Устройство для тепловой подготовки автомобиля с дистанционным управлением».

4. Патент № 6308, Беларусь. Система тепловой подготовки автомобиля на месте его стоянки в гараже. В 60 Н 1/22 / Гриб Ф.М., Леоник Д.А., Палубец С.М., Петуховский С.Г., Тютюма В.Д., Кулаковский Б.Л., 30.06.2004 г.

5. Щекин Р.В. Справочник по теплоснабжению и вентиляции в гражданском строительстве. – Киев, 1960, 846 с.

**Kulakovsky B.L., Palubets S.M. Research of a thermal mode of machineries and enhancement measures for preparedness of fire rescue vehicles.**

This article analyses thermal modes of machineries in fire rescue vehicles. The decision was proposed on how to reduce the arrival time of fire rescue vehicles to a place of emergency, especially in winter time, by maintenance of the demanded thermal mode of the engine and transmission in fire rescue vehicles during expectation time, and also the rapid warm-up of engines at the movement to the place of emergency. The device description is given for regulation of the thermal mode in an underbonnet space of an internal-combustion engine with remote control.