

$$\begin{aligned}
Q_K &= (Q_3 \wedge P_1 \wedge P_2) \vee P_3 \vee P_4 \vee P_5 = \\
&= \left( \left[ (Q_6^3 \wedge Q_6^4 \wedge Q_6^5 \wedge \overline{Q_{D1}}) \vee (Q_{D1} \wedge Q_{D2} \wedge Q_{D3} \wedge Q_6^2 \wedge Q_6^6) \vee Q_6^1 \right] \wedge \right. \\
&\quad \left. \wedge [Q_1 \wedge Q_3] \wedge [Q_2 \vee Q_4] \right) \vee (Q_4^2 \wedge \overline{Q_4^1} \wedge Q_5^2) \vee (Q_3^2 \wedge \overline{Q_3^1} \wedge Q_5^3) \vee (Q_3^3 \wedge \overline{Q_3^1} \wedge Q_5^4)
\end{aligned}
\tag{29}$$

Тогда, окончательно, получим полную область прямозубого конического зубчатого колеса:

$$\begin{aligned}
Q &= Q_K \wedge Q_5^1 = \left[ \left[ (Q_6^3 \wedge Q_6^4 \wedge Q_6^5 \wedge \overline{Q_{D1}}) \vee (Q_{D1} \wedge Q_{D2} \wedge Q_{D3} \wedge Q_6^2 \wedge Q_6^6) \vee Q_6^1 \right] \wedge \right. \\
&\quad \left. \wedge [Q_1 \wedge Q_3] \wedge [Q_2 \vee Q_4] \right] \vee (Q_4^2 \wedge \overline{Q_4^1} \wedge Q_5^2) \vee (Q_3^2 \wedge \overline{Q_3^1} \wedge Q_5^3) \vee (Q_3^3 \wedge \overline{Q_3^1} \wedge Q_5^4) \wedge Q_5^1
\end{aligned}
\tag{30}$$

Таким образом, построена геометрическая модель области прямозубого конического зубчатого колеса

(30), максимально приближенная к реальной области зубчатого колеса благодаря использованию арифметико-логических свойств R-функций.

**Список литературы:** 1 Производство зубчатых колес// Справочник под ред. д.т.н., проф. Б. А. Тайца. Изд. Машиностроение, 2-е, переработанное. М., 1975. 728с. 2. *Кириченко А.Ф., Бесчеревных П.С.* Геометрическое моделирование граничной поверхности области зуба прямозубого конического зубчатого колеса. Вестник ХГПУ №50. – Харьков, 1999. с.128-134. 3. *Кириченко А.Ф., Бесчеревных П.С.* Математическое моделирование торцевого профиля прямого зуба конического колеса. Вестник ХГПУ №85. – Харьков, 1999. с.108-117.

**УДК 621.833, 351.861**

***Р.И. ШЕВЧЕНКО***, к.т.н., с.н.с., УГЗУ, Харьков

### **АНАЛИЗ ПРИЧИН ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АГРЕГАТОВ СИЛОВЫХ ПЕРЕДАЧ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

The analysis of the reasons leded premature wear and breakages of elements of the power-assemble of rescue and fire-fighting of the technical equipment has been presented in this article. As in article the statistical information on the technical condition of rescue technical equipment park consisted on the inventory of the Ministry of Ukraine of emergencies is presented.

Актуальность проблемы. Современное состояние пожарно-спасательной и специальной техники в Украине не может не вызывать острую обеспокоенность. Так по материалам ежегодных отчетов о использовании пожарно-спасательной техники [1] возраст последней в основном составляет 15-25 лет (см. табл.), а по некоторым номенклатурным позициям превышает 30 лет. Как следствие, полной замене подлежат более

90 % основных пожарно-спасательных автомобилей и 100 % специальной техники (автолестницы и автоподъемники). В тоже время сложная экономическая ситуация не позволяет проводить плановую замену техники. Приемлемым экономическим решением является своевременная диагностика неисправностей с последующим профилактическим ремонтом или заменой отдельных агрегатов силовых механизмов.

Анализ последних публикаций. Сегодня разработаны методы расчета и диагностики, как отдельных элементов силовых передач, так и конструкций в целом [2-4]. В тоже время возникает необходимость систематизировать эти данные для проведения дальнейших исследований с целью продления ресурса используемой техники.

Решение задач. Как показывает практика эксплуатации, большую часть времени пожарно-спасательная техника находится в режиме ожидания. То есть все силовые агрегаты имеют температуру, равную окружающему воздуху или более высокую. В тоже время, по статистике [1], ежедневно осуществляется от 4 до 10 оперативных выездов на место аварий техногенного и природного характера. При этом большую часть времени следования автомобиля к месту ликвидации аварии двигатель и силовые агрегаты эксплуатируются в режиме прогрева. Пониженное тепловое состояние агрегатов ведет к снижению мощностных показателей двигателя и КПД силовой передачи, ухудшает динамические показатели машины, увеличивает износ агрегатов, снижая долговечность техники.

При проведении боевого развертывания технику приводят в состояния готовности для выполнения боевой задачи по ликвидации аварии. При этом пожарно-спасательный автомобиль, как правило, устанавливают на водоисточник с присоединением всасывающих рукавов и забором воды в насос, устанавливают в боевую позицию автолестницу или автоподъемник.

При выполнении данного вида работ возможно преодоление участков с повышенным дорожным сопротивлением, при котором все агрегаты силовой группы (двигатель, основная и дополнительная трансмиссии, гидросистемы автолестниц или подъемника, электрогенератор, компрессор и др.) будут работать в форсированном режиме. Непосредственно процесс ликвидации аварии, в зависимости от величины потребляемой мощности, осуществляется в режиме нормального теплового состояния.

Отдельно стоит заметить, что работоспособность агрегатов во время тушения пожара, а следовательно, и продолжительность безотказной работы пожарно-спасательной техники, во многом определяется правильным выбором оптимального (безопасного с точки зрения теплового воздействия) состояния, на котором устанавливаются участвующие в тушении машины [6].

С учетом неблагоприятных факторов воздействия к причинам, приводящим к изменению технического состояния элементов силовых агрегатов, следует отнести: усталостное разрушение под влиянием

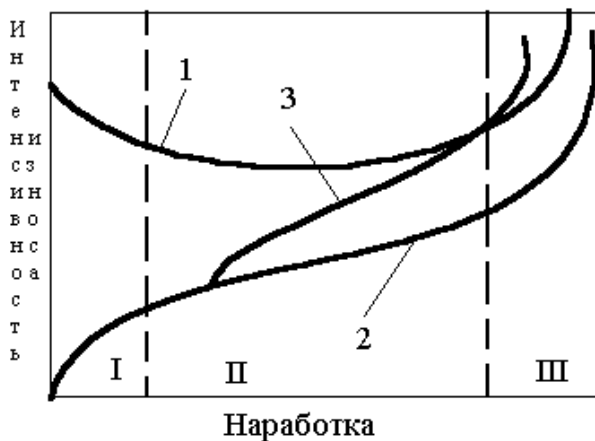
многократно повторяющихся динамических нагрузок; коррозию вследствие химического и электрохимического взаимодействия с внешней средой; механическое, молекулярно-механическое, коррозионно-механическое, эрозионное и кавитационное изнашивание сопряженных деталей в условиях нестабильного температурного и смазочного режимов [4].

**Таблица – Анализ технического состояния пожарно-спасательной техники**

Регион	Кол-во	срок эксплуатации		Подлежат замене (%)	из них	
		от 15 до 25 лет (%)	более 30 лет (%)		Основные автомобили (%)	Автолестницы (%)
АР Крым	169	75,8	4,1	90,4	87,6	100,0
Винницкая	137	80,3	13,1	94,0	93,9	100,0
Волынская	107	88,8	6,5	96,5	97,8	100,0
Днепропетровская	221	79,2	10,9	90,3	87,8	100,0
Донецкая	417	92,6	4,1	96,8	96,9	98,2
Житомирская	160	90,7	4,4	95,3	96,6	92,9
Закарпатская	106	84,9	5,7	91,5	92,5	100,0
Запорожская	163	80,2	12,9	93,3	94,2	100,0
Ивано-Франковская	140	87,9	8,6	96,5	98,1	100,0
Киевская	174	75,8	4,6	85,6	81,8	93,8
г. Киев	159	69,8	0,0	66,2	73,9	81,8
Кировоградская	124	83,1	3,2	86,5	82,6	100,0
Луганская	297	91,2	7,1	98,1	98,6	100,0
Львовская	217	81,6	9,2	91,1	89,4	100,0
Николаевская	135	90,4	1,5	90,6	93,8	100,0
Одесская	204	87,8	6,9	93,9	92,9	100,0
Полтавская	143	90,9	4,9	97,0	96,6	100,0
Ровенская	94	89,4	1,1	90,9	89,9	100,0
г. Севастополь	33	82,3	14,7	97,0	95,7	100,0
Сумская	149	83,9	13,4	97,3	98,2	100,0
Тернопольская	110	88,1	6,4	94,3	96,1	100,0
Харьковская	256	87,5	6,3	93,2	93,1	100,0
Херсонская	100	84,0	13,0	96,9	97,3	100,0
Хмельницкая	149	88,6	9,4	97,9	98,1	100,0
Черкасская	132	83,3	9,1	92,4	93,6	100,0
Чернивецкая	73	90,4	2,7	93,2	96,3	100,0

Черниговская	130	95,4	0,8	95,3	98,8	100,0
--------------	-----	------	-----	------	------	-------

Процесс изнашивания деталей в общем случае подчинен определенным закономерностям. В общем виде динамика этого процесса представлена на рис. 1.

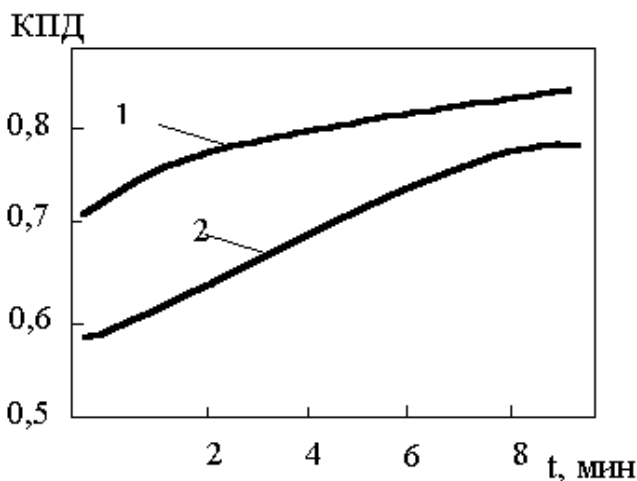


**Рис. 1 – Процесс изнашивания элементов силовых агрегатов аварийно-спасательной техники (I – приработка; II – нормальное изнашивание; III – форсированное изнашивание; 1 – скорость изнашивания, 2 - абсолютный износ, 3 – абсолютный износ после разборки)**

Анализируя данные представленные в таблице можно с высокой степенью достоверности предположить, что большинство техники находится на границе между зонами II и III. Это состояние характеризуется резким увеличением скорости изнашивания (кривая 1), что приводит к увеличению числа отказов, и соответственно увеличивается стоимость восстановительного ремонта. Следует, однако, учитывать, что если разобрать работающее сопряжение, то после сборки интенсивность изнашивания увеличится по сравнению с первоначальной за счет новой приработки его деталей (кривая 3). Практически же скорость изнашивания деталей, а следовательно, и величина износа зависят не только от наработки, но и от большого числа изменяющихся во времени эксплуатации факторов (силового и температурного режимов работы агрегатов, количества и длительности пусковых периодов, качества эксплуатации и технического обслуживания, температурно-климатических и дорожных условий). Любой из этих факторов может оказать заметное влияние на скорость изнашивания деталей. Однако периодичность и длительность их проявления носит случайный характер.

Таким образом, условия эксплуатации могут оказать решающее влияние на скорость изменения технического состояния автомобиля. Особенно это характерно для аварийно-спасательных автомобилей, условия эксплуатации которых отличаются значительной неоднородностью.

Данные заключения справедливы применительно ко всем элементам силовых агрегатов. В тоже время, для передачи мощности от двигателя к пожарному насосу (или другим агрегатам) служит дополнительная трансмиссия, состоящая из коробки отбора мощности, карданных и промежуточных валов. Исследования [5], свидетельствуют, что ее техническое состояние подвержено в процессе эксплуатации значительным изменениям. Это связано как с особенностями нагружения трансмиссии, так и с профессиональными навыками водителя, выполняющего функции оператора. Установлено, что в дополнительной трансмиссии во всех режимах действуют постоянные или плавно изменяющиеся нагрузки (без колебаний крутящего момента). В тоже время при неправильном пуске заполненного водой насоса с резким включением сцепления и одновременным увеличением оборотов двигателя появляются кратковременные пиковые нагрузки, в 2,5-3 раза превышающие крутящие моменты на установившемся режиме.



**Рис. 2 – Изменение КПД трансмиссии основного пожарно-спасательного автомобиля во время движения к месту ликвидации аварии (1- летний период, 2 – зимний период)**

Выявленные пиковые нагрузки объясняют причины возникновения усталостных разрушений деталей дополнительной трансмиссии. В результате длительного воздействия переменных нагрузок происходит постепенное накопление изменений в состоянии металла. Детальми, от которых зависит долговечность дополнительной трансмиссии и коробки отбора мощности, являются ведомый вал, сегментная шпонка, промежуточная шестерня, передний роликоподшипник и шарикоподшипник коробки. Характерной картиной разрушения ведомого вала является смятие шейки, расположенной под шестерней, и боковой поверхности шпоночного паза, образование трещин, направленных от узлов шпоночного паза в сторону вращения, а также вдоль оси вала. Промежуточные шестерни выходят из строя из-за поломки зубьев у основания, которые носят усталостный характер.

Иногда отмечается незначительное выкрашивание рабочих поверхностей шестерен. Передний роликоподшипник промежуточной шестерни выходит из строя вследствие разрушения рабочих поверхностей обоймы и деформации роликов.

В заключении отметим, что значение средней скорости движения пожарно-спасательной техники (время прибытия к месту ликвидации аварии) напрямую зависит от величины механических потерь в трансмиссии автомобиля, определяемых величиной ее коэффициента полезного действия рис. 2.

Установлено, что даже в летний период в течении первых 8-10 мин агрегаты трансмиссии не выходят на нормальный тепловой режим.

Выводы: Таким образом, агрегаты силовых передач пожарно-спасательной техники в режиме движения «боевого выезда по тревоге» не работают в нормальном тепловом режиме. Это ведет к резкому снижению долговечности составляющих элементов силовых агрегатов и как следствие к неоправданному увеличению времени локализации и ликвидации аварий. Поэтому при организации работы аварийно-спасательной техники с превышенным сроком технической эксплуатации (более 90 %) следует пересмотреть в сторону уменьшения рекомендации по срокам проведения плановой диагностики и замене масла, с применением зимой исключительно маловязких сортов.

**Список литературы:** 1. Огляд стану організації пожежегасіння, пожежно-рятувальних робіт, застосування пожежної та спеціальної техніки пожежно-рятувальними підрозділами МНС України у 2005 році -К.: МНС України, 2006, 35 с. 2. *Заблонский К.И.* Детали машин - К.: Вища школа, 1985, 520 с. 3. Тимошенко С.П., Дж. Гудьер Теория упругости – М.: Наука, 1979, 560 с. 4. *Яковлев Ю.Ф., Кузнецов Ю.С.* Диагностирование технического состояния пожарных автомобилей – М.: Стройиздат, 1983, 247 с. 5. *Крамаренко Г.В.* Техническая эксплуатация автомобилей – М.: Транспорт, 1972, 439 с. 6. *Иванников В.П., Клюс П.П.* Справочник руководителя тушения пожара – М.: Стройиздат, 1987, 288 с.