

УДК 614.846.6.

ВАРИАНТНЫЙ АНАЛИЗ СТАРЕНИЯ ПОЖАРНЫХ АВТОЦИСТЕРН И МЕРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТИ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНЫХ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Кулаковский Б.Л., к.т.н., доцент, Маханько В.И., Шмулевцов И.А.*

* Учреждение образования «Институт переподготовки и повышения квалификации» МЧС Республики Беларусь

Выполнен анализ сроков службы пожарных автоцистерн по возрастным группам. Рассмотрена модель изменения ресурса работоспособности автоцистерн с учетом длительных сроков эксплуатации.

В процессе длительной эксплуатации техническое состояние пожарных автоцистерн (АЦ) меняется с неуклонным снижением надежности. Динамика снижения их надежности зависит как от условий эксплуатации, качества технического обслуживания и ремонта, так и от их сроков службы.

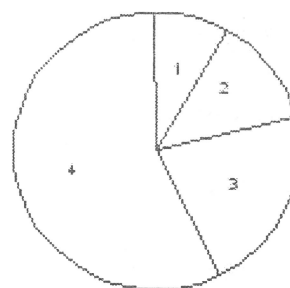
В настоящее время пожарные автоцистерны имеют продолжительные сроки эксплуатации, обновление проходит недостаточными темпами. В связи с этим исследование этой проблемы является весьма актуальным.

На кафедре пожарной и аварийно-спасательной техники Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь выполнен анализ сроков службы АЦ с целью прогнозирования перспектив обновления и определения стратегии управления их техническим состоянием на ближайшие 5–6 лет.

Расчет проводился по двум вариантам.

Расчет по первому варианту выполнялся исходя из сложившейся в течение последних лет практики ежегодного приобретения и постановки в боевой расчет не более 20 единиц новых автоцистерн (за период с 2001 по 2005 г. в МЧС Республики Беларусь приобретено 95 новых АЦ).

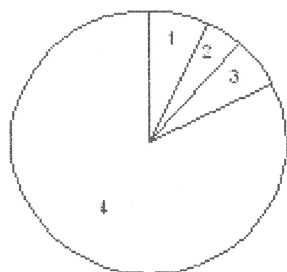
Расчет по второму варианту предполагал условия достаточного и



- 1 – менее 7 лет – 5% (90 АЦ);
- 2 – от 7 до 10 лет – 11,7% (208 АЦ);
- 3 – от 10 до 15 лет – 31% (553 АЦ);
- 4 – более 15 лет – 52,3% (932 АЦ)

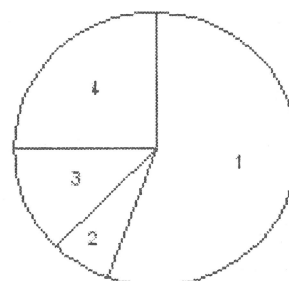
Рисунок 1 – Распределение всего парка АЦ (1783 шт.) по срокам службы в 2005 г.

полного финансирования органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям, позволяющего осуществлять ежегодное обновление 200 автоцистерн.



1 – менее 7 лет – 7,5% (132 АЦ);
 2 – от 7 до 10 лет – 2% (39 АЦ);
 3 – от 10 до 15 лет – 10% (177 АЦ);
 4 – более 15 лет – 80,5% (1435 АЦ)

Рисунок 2 – Прогнозируемое распределение парка АЦ (1783 шт.) по срокам службы в 2011 г. (1-й вариант расчета)



1 – менее 7 лет – 56,3% (1212 АЦ);
 2 – от 7 до 10 лет – 1,8% (39 АЦ);
 3 – от 10 до 15 лет – 8,2% (177 АЦ);
 4 – более 15 лет – 33,7% (726 АЦ)

Рисунок 3 – Прогнозируемое распределение парка АЦ (2154 шт.) по срокам службы в 2011 г. (2-й вариант расчета)

Исходными параметрами для расчетов послужили статические отчетные данные за 2005 г. (рисунок 1), согласно которым более половины 1783 цистерн, находящихся на вооружении в ОПЧС, имели срок службы более 15 лет, при среднем сроке службы 17–20 лет. Причем, в строю еще находятся автомобили со сроком службы 35 и более лет.

В ходе расчетов было принято, что внутри каждой из четырех возрастных групп (до 7 лет эксплуатации; 7–10 лет; 10–15 лет и более 15 лет) автоцистерны по срокам службы распределены равномерно. Было также принято, что число подлежащих списанию самых старых автоцистерн соответствует числу вновь вводимых в эксплуатацию, т. е. 20 единиц в год по первому варианту.

На рисунке 2 представлены результаты расчетов изменения сроков службы АЦ по первому варианту, а на рисунке 3 – по второму.

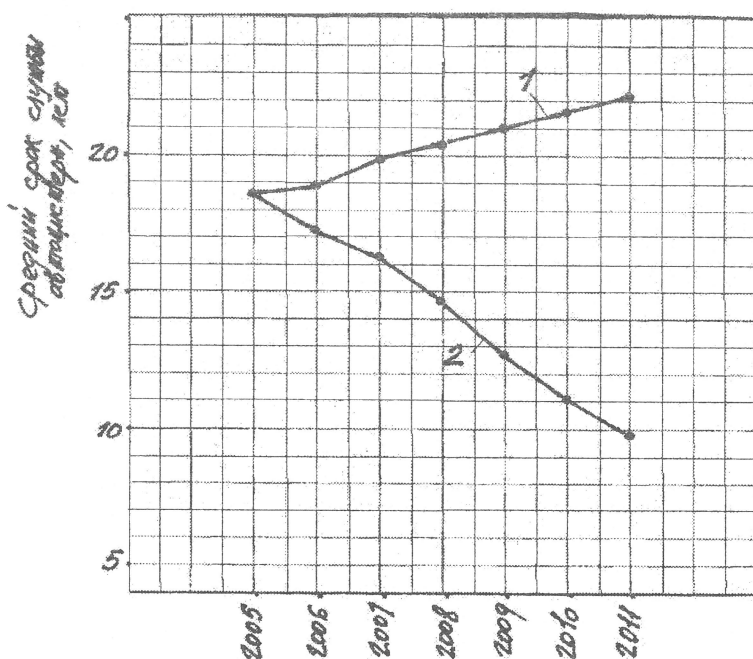
Анализ результатов расчета показывает, что в случае сохранения тенденций обновления парка ПАСА (первый вариант) в течение 5–6 лет количество АЦ с небольшим сроком эксплуатации несколько увеличится (с 90 до 132 шт.), а основная масса автоцистерн перешагнет 15-летний рубеж эксплуатации. Их станет 1435 единиц, т. е. более 80% от общего числа парка АЦ, и, как следствие, средний возраст увеличивается с 18,6 до 22,2 года.

Если принять, что проблема оптимизации срока службы решена и ежегодное обновление парка АЦ происходит по 200 единиц, то в течение ближайших 3 лет число их в ОПЧС будет доведено до требуемого по штатному расписанию – 2154 АЦ.

При этом в течение 5–6 лет будут списаны очень старые автомобили (старше 25 лет), а старше 15 лет перестанут доминировать в подразделениях. Их число сократится с 932 до 726 единиц, т. е. с 52 до 33% от общего числа, а взамен будут введены в строй современные автоцистерны со сроком эксплуатации до 7 лет (1212 единиц, или более 56% от общего числа). Тогда в целом средний возраст АЦ в ОПЧС составит 9,8 года.

Из анализа указанных вариантов обновления парка АЦ видно, что в ближайшие годы надежность техники будет резко снижаться. Будет появляться все больше неисправностей и отказов в работе как систем и агрегатов, обеспечивающих безопасность движения, так и специальных агрегатов, обеспечивающих подачу огнетушащих веществ для тушения пожара.

При втором варианте, как видно из рисунка 4, средний срок службы 10 лет АЦ будут иметь только к 2011 году и отдельные АЦ будут эксплуатироваться в ближайшие годы с продолжительными сроками службы.



1 и 2 – соответствующие варианты расчетов

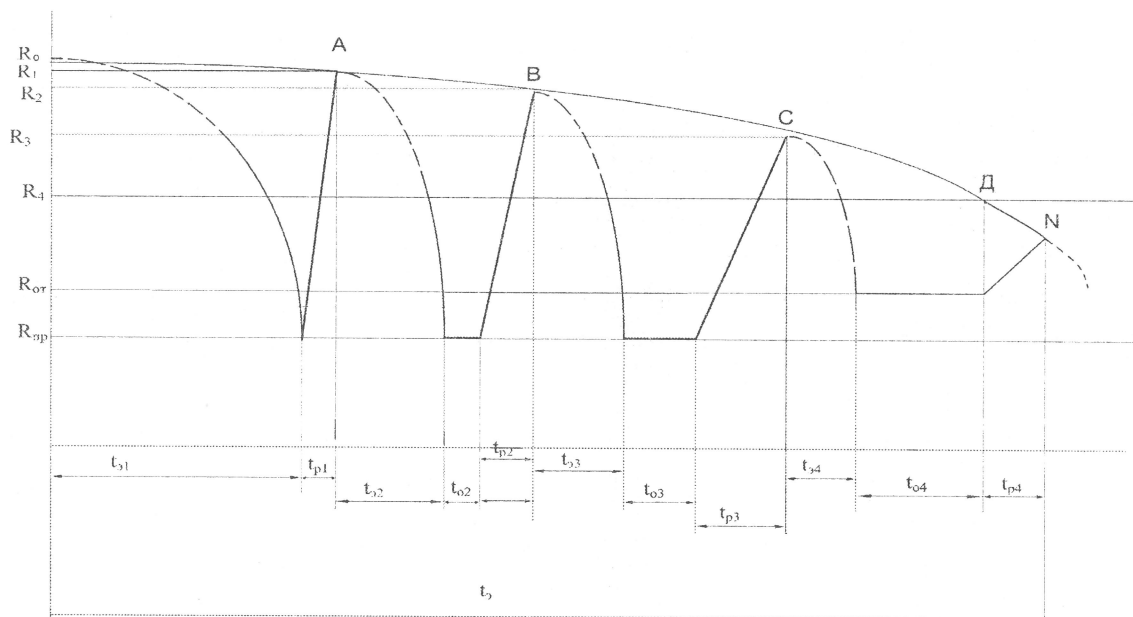
Рисунок 4 – Ожидаемые изменения средних сроков службы пожарных автоцистерн в парке пожарных аварийно-спасательных автомобилей МЧС Беларуси в течение 2005–2011 гг.

В связи с этим будет актуальным решение проблемы управления техническим состоянием, **работоспособностью АЦ**, в условиях длительных сроков эксплуатации.

Работоспособность пожарной автоцистерны – это способность ее выполнять заданные функции на уровне параметров, установленных нормативно-технической документацией. Система мероприятий, направленных на обеспечение полной боевой готовности, эффективного функционирования, оптимального технического обслуживания с учетом продолжительных сроков эксплуатации и составляет основу управления работоспособностью АЦ.

Управление работоспособностью заключается в обосновании и прогнозировании изменения параметров предельного состояния и степени восстановления технического ресурса агрегатов и систем АЦ [1].

Если рассмотреть модель изменения ресурса работоспособности АЦ в процессе длительных сроков службы (рисунок 5), то она предусматривает



R_0, R_1, R_2, R_3, R_4 – уровень работоспособности АЦ соответственно новой АЦ после первого, второго, третьего и четвертого ремонта;

$R_{пр}$ – предельный уровень работоспособности;

$R_{от}$ – работоспособность в момент отказа;

t_c – общее время эксплуатации;

$t_{э1}, t_{э2}, t_{э3}, t_{э4}$ – время эксплуатации АЦ соответственно до 1–4 ремонта;

$t_{п1}, t_{п2}, t_{п3}, t_{п4}$ – время соответственно 1–4 ремонта;

$t_{о2}, t_{о3}, t_{о4}$ – время ожидания соответственно 2–4 ремонта.

Рисунок 5 – Модель изменения работоспособности АЦ в условиях длительных сроков эксплуатации

выполнение большого количества всех видов технического обслуживания и ремонта. При этом после каждого ремонта и технического обслуживания ресурс работоспособности АЦ повышается, но с неуклонным снижением его общего уровня по сравнению с новой АЦ: $R_0 > R_1 > R_2 > R_3 > R_4$. Причем интенсивность этого снижения возрастает, т. е. $R_0 - R_1 < R_1 - R_2 < R_2 - R_3 < R_3 - R_4$, а время эксплуатации после каждого ремонта соответственно снижается: $t_{\text{э}1} > t_{\text{э}2} > t_{\text{э}3} > t_{\text{э}4}$.

В связи с увеличением объема работ, выполняемых с каждым последующим ремонтом, время простоя АЦ неуклонно возрастает: $t_{\text{р}1} < t_{\text{р}2} < t_{\text{р}3} < t_{\text{р}4}$. Это связано с увеличением количества деталей, требующих восстановления или замены. Соответственно увеличивается и время простоя неисправных АЦ в ожидании ремонта: $t_{02} > t_{03} < t_{04}$.

Таким образом, дальнейшая эксплуатация АЦ в условиях длительных сроков службы приводит, с одной стороны, к сокращению времени эксплуатации до следующего ремонта $t_{\text{э}}$, а с другой – к неуклонному снижению ресурса работоспособности R и увеличению расходов на каждый следующий ремонт. Наступает момент времени, когда дальнейшая эксплуатация становится экономически нецелесообразной и приводит к появлению большого количества отказов в работе. Это, в свою очередь, может привести к приближению ресурса работоспособности к предельному $R_{\text{пр}}$, т. е. делает дальнейшую эксплуатацию АЦ невозможной.

Для обоснования определения требуемого уровня работоспособности АЦ рассмотрим обобщенный показатель $K_{\text{ти}}$ надежности парка, состоящего из N автомобилей [2]:

$$K_{\text{ти}} = \frac{\sum_1^N (t_{\text{э}} - t_{\text{в}})}{\sum_1^N t_{\text{э}}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{ти}}$ – коэффициент технического использования,
 $t_{\text{э}}$ – общее время эксплуатации определения надежности,
 $t_{\text{в}}$ – суммарное время ожидания ремонта, выполнения ремонта и технического обслуживания, т. е. $t_{\text{в}} = \sum (t_{\text{р}} + t_{\text{о}} + t_{\text{то}})$.

С учетом сверхнормативных сроков эксплуатации, рассматриваемых 4 возрастными группами АЦ коэффициент технического использования можно определить:

$$K_{\text{ти}i} = \sum m_i * K_{\text{ти}} \quad (2)$$

где $K_{\text{ти}i}$ – коэффициент технического использования АЦ соответствующей возрастной группы,

m_i – удельный вес соответствующей возрастной группы (1–4) в момент времени i .

Анализ надежности АЦ по рассматриваемым 4 возрастным группам показывает, что значение величины $K_{\text{ти}}$ с дальнейшей эксплуатацией в 3 и 4-й группах (от 10 до 15 лет и свыше 15 лет) резко снижается (рисунок 6) и приближается к нулю. При этом появляется большое количество отказов, возрастает вероятность несвоевременного прибытия АЦ к месту ЧС, что приводит к увеличению гибели людей, материального ущерба, к последствиям политического и морального характера, которые трудно оценить экономическими показателями.

На графике видно, что при более качественном и своевременном уходе, техническом обслуживании АЦ (линия А) продолжительность эксплуатации с сохранением требуемого ресурса работоспособности по сравнению с линией В увеличивается, а значение $K_{\text{ти}}$ снижается медленнее.

Анализ объема выполняемых ремонтных работ АЦ показывает, что надежность базового шасси значительно выше пожарной надстройки. Особенно низкую надежность имеют такие специальные агрегаты, как цистерна, кузов, газоструйный вакуум-аппарат, дополнительное электрооборудование и др. В связи с этим весьма актуально выполнение работ по научно обоснованной оценке параметров надежности, периодичности технического обслуживания, межремонтных пробегов АЦ, имеющих сверхнормативные сроки службы. Необходима разработка перспективных направлений, путей и способов их модернизации.

Однако следует отметить, что опытные образцы АЦ, которые разрабатывались и изготавливались на наших отечественных предприятиях, имеют ряд ошибок, недостатков конструктивного характера. Эти недоработки будут дополнительно выявляться при их дальнейшей эксплуатации. Объясняются они несовершенством основного технического нормативного документа, устанавливающего требования в основном к конструкции АЦ

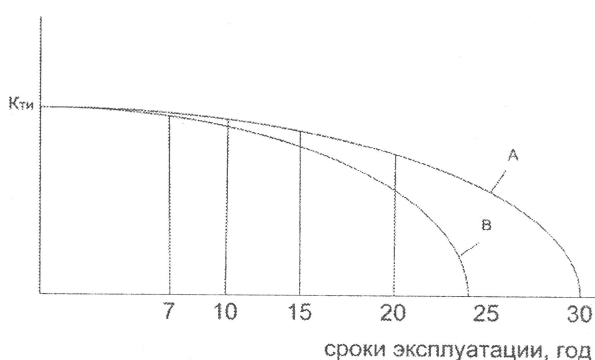


Рисунок 6 – Изменение коэффициента технического использования АЦ по возрастным группам в зависимости от срока эксплуатации

(НПБ 101–2005 «Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний»).

Так, здесь имеются примеры противоречивых требований (см. п. 183), а также явно ошибочных – например, для предотвращения замерзания попавшей в вакуумную систему воды требуется оборудование устройством для продувки ее выпускными газами (п. 213), а требования по высоте расположения центра тяжести цистерны приведены без учета базового шасси и ее формы (см. п. 93). Отсутствие требований к компоновке патрубков насосной установки, к насосу отсеку часто приводит к ошибочным конструктивным решениям: размещению напорных патрубков вблизи всасывающего, что приводит к ограничению рабочего пространства оператора водителя и попаданию огнетушащих веществ через открытые проемы в насосный отсек и боковые отсеки. В связи с этим необходима разработка такого нормативного документа НПБ, в котором были бы требования как к АЦ, так и к основным агрегатам, системам. Это позволит повысить качество проектирования и производства, а также эксплуатационные свойства и параметры надежности АЦ. Пока же до полного решения проблем обновления и модернизации, для поддержания требуемого ресурса работоспособности, уровня надежности АЦ в условиях длительных сверхнормативных сроков эксплуатации необходимы разработка и выполнение комплекса организационно-технических мероприятий.

Таковыми мероприятиями, на наш взгляд, должны быть:

- широкое применение диагностирования в процессе технического обслуживания и ремонта АЦ; обеспечение подразделений по ЧС необходимым диагностическим оборудованием, позволяющим выполнять углубленное (поэлементное) диагностирование;
- увеличение штатов рабочих производственных мастерских ПТЦ, выполнение реконструкции участков с увеличением количества машиномест;
- организация учебных инструктивных занятий для повышения профессионального уровня рабочих ПТЦ и водительского состава подразделений по ЧС с целью качественного выполнения работ по ремонту и техническому обслуживанию ПАСТ;
- введение жесткого контроля со стороны начальствующего состава за качеством ухода, технического обслуживания и ремонта техники. С начальствующим составом необходимо организовать проведение методических занятий по освоению методики проверки техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яковенко, Ю.Ф. Техническая диагностика пожарных автомобилей / Ю.Ф. Яковенко, Ю.С. Кузнецов. – М.: Стройиздат, 1989. – 287 с.
2. Пивоваров, В.В. Предельные сроки эксплуатации пожарных автомобилей / В.В. Пивоваров, Ю.С. Кузнецов, К.Ю. Яковенко // Пожарная безопасность. – 2005. – № 1. – С. 94–100.

Поступила в редакцию 13 декабря 2006 г.