

УДК 614.846.63:[620.178.3+620.19]

Е.Г. КАЗУТИНстарший преподаватель¹

E-mail: evgeny_kazutin@tut.by

В.Б. АЛЬГИН, д-р техн. наук, проф.заместитель генерального директора по научной работе²

E-mail: vladimir.algin@gmail.com

А.В. КОВАЛЕНКО, канд. техн. наук, доц.ученый секретарь²

E-mail: a.v.kovalenko@mail.ru

¹Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь²Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь*Поступила в редакцию 05.07.2018.*

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РАСХОДА РЕСУРСА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЦИСТЕРН ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С УЧЕТОМ ПРОБЕГА И КОРРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Обобщены результаты ранее выполненных исследований и представлена методика оценки расхода ресурса цистерн пожарных автомобилей с учетом пробега и коррозионных процессов. Приведенная методика сочетает расчетные и статистические подходы и дает возможность дифференцированно определять расход ресурса для цистерн пожарных автомобилей из различных металлов и сплавов. Приведены примеры расчета расхода ресурса цистерн для распространенных образцов пожарных автоцистерн.

Ключевые слова: пожарная автоцистерна, цистерна, расход ресурса, методика, пробег, коррозионный процесс

Введение. Пожарные автоцистерны (ПАЦ) составляют основу парка пожарных аварийно-спасательных автомобилей (ПАСА) в Республике Беларусь. Они являются базовой материальной составляющей боевых действий подразделений Министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС). ПАЦ предназначены для экстренной доставки к месту пожара, аварии, катастрофы боевого расчета, огнетушащих средств и пожарно-технического вооружения (ПТВ), подачи огнетушащих веществ (ОТВ) в очаги пожара, выполнения работ по спасению людей, разборке и вскрытию конструкций.

Следует отметить, что ПАСА эксплуатируются в жестких условиях, что отражается на установлении строгих нормативов технической эксплуатации, методов поддержания работоспособности и оценки технического состояния. В связи с этим, постановлением Министерства экономики Республики Беларусь [1] нормативные сроки службы для ПАЦ ограничены 10 годами.

На основании приказа МЧС Республики Беларусь [2], истечение установленного срока службы (выработки ресурса, годности) не может служить основанием для составления актов на списание, если пожарный автомобиль (ПА) по своему техническому состоянию пригоден для дальнейшего использования по назначению.

Действующими в МЧС нормативными документами срок службы цистерн ПА не опреде-

лен [2, 3]. В связи с этим, определение расхода ресурса цистерны как основной составляющей ПА, определяющей ее состояние в процессе реального применения, после продолжительного хранения, проведения ремонта и выработки основного ресурса, носит весьма актуальный характер.

Статья обобщает результаты ранее выполненных исследований [4–6] и представляет методику оценки расхода ресурса металлических цистерн ПА с учетом пробега и коррозионных процессов. При этом приводится обоснование выбора ряда основных параметров и дан типовой пример применения методики.

Общие положения методики. Методика предназначена для определения расхода ресурса цистерн пожарных автомобилей (ПА), закрепленных за МЧС Республики Беларусь на праве оперативного управления.

Цистерны представляют собой резервуары, изготовленные из сплава алюминия, углеродистой или легированной стали объемом 0,5–11 м³. В данной методике расход ресурса цистерн определяется без разделения их на составные части.

Методика дает возможность определять расход ресурса цистерн с учетом возраста и пробега ПА на момент контроля их технического состояния. Такие данные необходимы в следующих случаях:

- после эксплуатации по истечении установленных сроков службы;

- продления эксплуатации цистерны после списания или проведения капитального ремонта ПА;
- продления срока эксплуатации ПА после выработки основного ресурса;
- оценки состояния цистерны после длительного хранения ПА;
- проведения процедуры передачи ПА между подразделениями внутри ведомства;
- последующей реализации ПА на аукционе для определения его остаточной стоимости;
- планирования запаса цистерн для проведения ремонта пожарной техники в производственно-техническом центре МЧС (ПТЦ);
- проведения расчетов расхода ресурса всего ПА.

Расход ресурса цистерны как основной части ПАЦ зависит от ее общего пробега на момент рассмотрения с учетом условий и характера эксплуатации и фактического возраста [6]:

$$K_{\text{рцис}} = 1 - (1 - K_L)(1 - K_T), \quad (1)$$

где K_L — расход ресурса по накоплению циклической усталости в относительных единицах для цистерн ПА; K_T — расход ресурса по коррозионному изнашиванию в относительных единицах для цистерн ПА.

Полученный по формуле (1) результат находится в пределах от 0 до 1 (в процентах от 0 до 100 %). Расход ресурса капитально отремонтированной цистерны устанавливается не менее 0,2 (20 %) [7]. Если в результате расчета значение расхода ресурса получается более 0,9 (90 %), то расход ресурса для таких цистерн устанавливается 0,9 (90 %) [8].

Основные задачи при разработке методики:

- развитие расчета составляющих K_L и K_T применительно к цистернам ПА;
- определение параметров, определяющих условия эксплуатации ПА и воздействия, связанные с пробегом;
- проведение экспериментальных исследований для установления необходимых данных о коррозионных процессах, обуславливающих процессы, происходящие во времени, и получение аналитических выражений, описывающих составляющую расхода ресурса, зависящую от времени (возраста).

Определение расхода ресурса цистерны в зависимости от пробега с учетом условий применения пожарного автомобиля. Расход ресурса цистерн ПА (в относительных единицах) в зависимости от пробега и условий эксплуатации при действии циклической нагрузки (как основного повреждающего фактора нагружения) определяют по формуле:

$$K_L = \frac{L}{[N]} \left(\frac{1}{L_{\text{cp}}} + \frac{3600\psi}{V_{\text{cp}}} v_d n_d \right), \quad (2)$$

где L — общий пробег ПАЦ, км; $[N]$ — допустимое количество циклов нагружения; L_{cp} — средний радиус выезда ПАЦ, км; ψ — коэффициент, зависящий от заполнения цистерны (при полном заполнении — 1, при порожней цистерне — 0);

V_{cp} — средняя скорость движения ПАЦ, км/ч; v_d — частота колебаний пожарной надстройки на рессорном подвешивании для ПАЦ на шасси грузового автомобиля, Гц; n_d — доля динамических нагрузок, у которых размах колебания превышает 15 % для углеродистой стали (25 % для легированной стали) от допустимого значения, установленного при расчете на статическую прочность.

Значения параметров, входящих в формулу (2), определяют следующим образом.

Общий пробег ПАЦ L снимается с исправного счетчика пройденного пути (одометра) или принимается по учетным документам на данный образец пожарной техники [3]. Пробег ПАЦ, прошедшей капитальный ремонт (КР) (регламентированный ремонт — РР), рассчитывается со дня проведения КР (РР) на момент определения расхода ресурса. Общий пробег на цистерну ПА принимается равным значению общего пробега ПАЦ, на который она установлена. Значение общего пробега на цистерну ПА, прошедшую КР, рассчитывается со дня ее установки на момент определения расхода ресурса [3].

Для цистерн ПА допустимое количество циклов нагружения $[M]$ можно определить из источников [9, 10]. Для стальных цистерн $[M] = 10 \cdot 10^6$, для алюминиевых цистерн $[M] = 5 \cdot 10^6$ циклов за весь срок эксплуатации.

В соответствии с проведенным статистическим анализом выезда подразделений МЧС республики [11], в таблице 1 представлены данные среднего радиуса выезда L_{cp} и средней скорости движения ПАЦ V_{cp} .

Коэффициент ψ , зависящий от заполнения цистерны ПА, ориентировочно можно принять равным 1, так как на боевом дежурстве цистерна ПА всегда должна быть заполнена огнетушащим веществом (ОТВ).

Частоты колебаний кузовов автомашин находятся в пределах 2–5 Гц и зависят от загрузки автомобиля и жесткости рессор, причем увеличение

Таблица 1 — Характеристики рабочего цикла ПАЦ

№ п/п	Наименование территории	Средний радиус выезда ПАЦ L_{cp} , км	Средняя скорость движения V_{cp} , км/ч
1	Республика Беларусь	8,51	53,08
2	Брестская область	9,07	58,71
3	Витебская область	9,73	57,46
4	Гомельская область	9,98	63,03
5	Гродненская область	8,55	58,5
6	город Минск	4,46	34,2
7	Минская область	8,5	49,37
8	Могилевская область	8,85	47,9

загрузки и уменьшение жесткости рессор понижает собственные частоты. Поэтому при транспортировке оборудования должна быть обеспечена максимальная нагрузка транспорта [12]. ПАЦ имеют максимальную нагрузку пожарной надстройки перевозимым в отсеках пожарно-техническим вооружением (ПТВ), заполненной ОТВ цистерной, установленным ПН. Для ПАЦ принимаем частоту колебаний пожарной надстройки ПА $\nu_d = 2$ Гц.

В соответствии с ГОСТ 25859-83 [10] не учитываются нагрузки, у которых размах колебания менее 15 % для углеродистой стали и менее 25 % для легированной стали от допустимого значения, установленного при расчете на статическую прочность. Значение доли динамических нагрузок n_d зависит от микропрофиля дорог (типа дорожного покрытия), на которых эксплуатируется автомобиль. ПАЦ эксплуатируются на различных типах дорог от взлетно-посадочных полос аэропортов до тяжелого бездорожья [13, 14], данные представлены в таблице 2.

Определение расхода ресурса цистерны в зависимости от времени эксплуатации пожарного автомобиля. На основании эксплуатационных данных принято, что расход ресурса цистерн ПА (в относительных единицах) в зависимости от времени экс-

плуатации обуславливается коррозионным воздействием. Его значение определяют по формуле:

$$K_T = k \frac{V_{\text{ж}} \tau^n}{s - [s]}, \quad (3)$$

где k — коэффициент, учитывающий контакт жидкостной среды с металлом стенки цистерны с одной или с двух сторон; $V_{\text{ж}}$ — глубинный показатель жидкостной коррозии металла, мм/год; τ — возраст (время в годах); n — коэффициент, учитывающий влияние продуктов коррозии на скорость коррозионного процесса (приложение к [15]); s — начальная толщина стенки цистерны, мм; $[s]$ — минимально допустимая толщина стенки цистерны, мм.

Значения параметров, входящих в формулу (3), определяют следующим образом.

При контакте среды с одной стороны коэффициент $k = 0,5$, с двух сторон — $k = 1$. Для проведения расчета эксплуатирующихся цистерн ПА достаточно учитывать контакт только от воздействия с перевозимым ОТВ, т. е. коэффициент $k = 0,5$.

Глубинный показатель коррозии (глубину проникновения коррозионного разрушения в металл) выражают в линейных единицах, отнесенных к единице времени, и находят по формуле [16]:

$$V = 8,76K/\gamma,$$

Таблица 2 — Доля динамических нагрузок на ПАЦ в зависимости от типа дорожного покрытия, у которых размах колебания превышает допустимые значения, установленные при расчете на статическую прочность

№ п/п	Тип дорожного покрытия	Доля динамических нагрузок n_d
1	Монолитные цементобетонные, сборные железобетонные (взлетно-посадочные полосы аэродромов)	0,05
2	Республиканские автомобильные дороги Ia категории, с капитальными цементобетонными и асфальтобетонными типами покрытий (европейские, магистральные), включенные в сеть международных автомобильных дорог, важнейшие республиканские автомобильные дороги, соединяющие г. Минск с административными центрами областей и Национальным аэропортом «Минск» и административные центры областей между собой	0,1
3	Республиканские автомобильные дороги Ib и II категорий, с капитальными цементобетонными и асфальтобетонными типами покрытий (республиканские дороги), соединяющие административные центры областей с административными центрами районов, подъезды к пограничным пунктам таможенного оформления, местные автомобильные дороги, имеющие важное народнохозяйственное значение, дороги Минска и областных центров	0,2
4	Республиканские автомобильные дороги III категории, не отнесенные к уровням требований I и II категорий, с облегченными типами покрытий (асфальто- и дегтебетонные), соединяющие, как правило, административные центры районов между собой по одному из направлений, местные автомобильные дороги, соединяющие города районного подчинения, поселки городского типа с административными центрами районов, а также с ближайшими железнодорожными станциями и республиканскими автомобильными дорогами	0,3
5	Местные автомобильные дороги IV категории, не отнесенные к уровням требований II и III категорий, с переходными типами покрытий (гравийные, щебеночные, булыжные), а также автомобильные дороги, соединяющие центральные усадьбы совхозов и колхозов, административные центры сельсоветов, больницы, культурно-исторические памятники с административными центрами областей и районов, и с ближайшими железнодорожными станциями, и республиканскими автомобильными дорогами	0,4
6	Местные автомобильные дороги V категории, профилированные, не имеющие твердого покрытия, не отнесенные к уровням требований II, III и IV категорий (грунтовые, лесные, военные), внутрипромысловые дороги и подъезды, постоянные внутренние дороги аграрных предприятий, служебные и патрульные дороги	0,5
7	Пересеченная местность, бездорожье, поля и сельхозугодья	0,6

где V — глубинный показатель коррозии, мм/год; K — скорость коррозии, г/(м²·ч); γ — плотность металла, г/см³; 8,76 — коэффициент пересчета.

Скорость коррозии различных материалов изменяется в широких пределах и зависит от многих факторов, таких как температура, растворимость продуктов коррозии, скорость диффузии ионов и комплексных соединений металлов в растворе. Поэтому для определения скорости коррозии материалов в определенных средах необходимо использовать справочную литературу [17–19]. В связи с недостаточностью и противоречивостью данных в литературных источниках о скорости жидкостной коррозии металлов и сплавов в различных средах при эксплуатации цистерн ПА, в Университете гражданской защиты (УГЗ) были проведены экспериментальные исследования [5]. Проведенная экспериментальная оценка образцов материалов, используемых при изготовлении цистерн ПА и обобщенная по результатам испытаний, позволяет получить усредненные значения глубинного показателя жидкостной коррозии для рассматриваемых материалов (таблица 3).

Символ «С» в ячейках таблицы 3 означает, что материал стоек к разрушению при воспроизведении реальных условий эксплуатации цистерны. Алюминий (сплав), в свою очередь, нестойк (символ «НС») в щелочной среде, разрушаясь за короткое время (несколько дней).

Для проведения расчета реально эксплуатирующихся цистерн достаточно учитывать глубинный показатель жидкостной коррозии материала, из которого изготовлена цистерна ПА, при воздействии перевозимой водопроводной воды.

Для цистерны, изготовленной из углеродистой стали Ст3, при воспроизведении реальных условий эксплуатации образец оказался стоек к воздействию водопроводной воды (см. таблицу 3). Для проведения расчета расхода ресурса цистерн из углеродистой стали глубинный показатель жидкостной коррозии определяли по формуле (4). Для углеродистой стали $K = 0,04–0,13$ г/(м²·ч) [16], принимаем среднее значение $K = 0,08$ г/(м²·ч). Для углеродистой стали Ст3 $\gamma = 7,7–7,9$ г/см³ [17], принимаем среднее значение $\gamma = 7,8$ г/см³.

Тогда, $V_{ж} = (8,76 \cdot 0,08) / 7,8 = 0,09$ (мм/год). Отсюда, $V_{ж} = 0,09$ мм/год — для цистерны из углеродистой стали Ст3.

Цистерны, изготовленные из легированной стали 12Х18Н10Т, стойки к воздействию коррозии в водной среде. По результатам экспериментального непродолжительного воздействия глубинный показатель жидкостной коррозии для нержавеющей стали составил $V_{ж} = 0,0003$ мм/год (см. таблицу 3).

Алюминиевый сплав АМг5 имеет высокую сопротивляемость коррозии в водной среде, его стойкость позволяет не учитывать при расчете расхода ресурса цистерны зависимость от времени эксплуатации при коррозионном воздействии (см. таблицу 3, [16]).

Возраст ПА и установленной цистерны определяют по учетным данным МЧС с точностью до года (месяца года). В случае если в паспортных данных не указан месяц выпуска, то возраст ПАЦ определяется по состоянию на 1 июля текущего года. Возраст ПАЦ прошедшей КР, принимается со дня проведения КР на момент определения расхода ресурса. Возраст цистерны ПА, прошедшей КР, принимается со дня ее установки на момент определения расхода ресурса.

Значения коэффициента n для различных металлов и сплавов приведены в таблице 4.

Толщину стенки цистерны принимают по результатам измерений. Для новых цистерн (без воздействия коррозии) $s = 4$ мм — из материала сталь, $s = 5$ мм — из сплава алюминия.

Толщина стенки цистерны s должна быть не менее минимальной толщины стенки $[s]$, определенной по формуле [19]:

$$s \geq [s] + c_1, \quad (5)$$

где c_1 — прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм. Согласно [20] прибавка на коррозию c_1 составляет 1 мм. Для проведения расчетов ресурса эксплуатирующихся ПА, когда провести измерения толщины стенки цистерны не всегда представляется возможным (ограничен доступ из-за пожарной надстройки снаружи или установленных перегородок внутри), минимально допустимая толщина стенки цистерны $[s]$ с учетом

Таблица 3 — Глубинный показатель жидкостной коррозии металлов и сплавов, мм/год

Характеристика среды жидкостной коррозии	Материал образца цистерны			
	Углеродистая сталь	Углеродистая сталь (окрашенная)	Легированная сталь	Алюминий (сплав)
кислая среда	7,9	2,8	$3,8 \cdot 10^{-4}$	0,56
щелочная среда	$2,3 \cdot 10^{-3}$	С	С	НС
соляная среда	$5,4 \cdot 10^{-2}$	С	С	С
в среде пенообразователя	$7,1 \cdot 10^{-2}$	С	$1 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-3}$
водопроводная вода	С	С	$2,9 \cdot 10^{-4}$	С

Примечание: С — стойкие к коррозии; НС — нестойкие к коррозии.

Таблица 4 — Значения коэффициента n

Материал	Сельский район		Промышленный район	
	На открытом воздухе	Под навесом (в гараже)	На открытом воздухе	Под навесом (в гараже)
Углеродистая сталь	0,6	1,0	0,5	1,0
Легированная сталь	1,0	—	0,2	—
Алюминий(сплавы)	0,3–0,8	0,7–1,3	0,4–0,9	0,7–1,3

формулы (5) будет равна 3 мм — для стальных цистерн, 4 мм — для цистерн из сплава алюминия.

Примеры упрощенного расчета расхода ресурса цистерн из различных материалов с учетом наработки и возраста пожарных автомобилей. Примеры расчета по вышеприведенным зависимостям (1)–(3) сделаны для наиболее проблемных ПА, ремонт цистерн которых проводился на ПТЦ Минского городского управления (МГУ) МЧС чаще всего: АЦ-2,5-40(433362), АБР-0,6/100 (5301), АЦ-5,0-40 (533702) и представлены в таблице 5, строки № 1–3. Расчет проведен для периода от начала эксплуатации ПА до момента проведения оценки (декабрь 2017 года). В упрощенном расчете учтено воздействие только одной основной коррозионной среды — водопроводной воды.

Полученные в методике зависимости также позволяют произвести расчет цистерны с учетом факторов максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации.

Расчет расхода ресурса цистерны АЦ-2,5-40(433362) с учетом всех воздействий на нее в условиях эксплуатации. Расчет проведен для наиболее востребованной АЦ-2,5-40(433362) с цистерной из углеродистой стали, подверженной при эксплуатации внутреннему и внешнему воздействию. Снаружи на цистерну воздействует раствор щелочи (от подтекания пенообразователя при заправке и отсутствия герметичности заливной горловины), соли (в результате попадания химических реагентов, используемых дорожными службами для борьбы с гололедом в зимний период), слабокислотных сред (образующихся под воздействием на окружающую

среду промышленного производства и автомобильного транспорта). Внутренние стенки цистерны находятся в постоянном контакте со слабощелочным раствором из-за попадания в воду пенообразователя в процессе заправки ПАЦ и после подачи воздушно-механической пены при работе насосной установки. ПАЦ эксплуатируется в г. Минске и привлекается в Минский район, хранение осуществляется в гараже ПАСЧ. Цистерна стальная, постоянно заполнена ОТВ. Время проведения расчета — декабрь 2017 года. При проведении расчета $L_{cp} = (4,46 + 8,5)/2 = 6,48$ км; $V_{cp} = (34,2 + 49,37)/2 = 41,78$ км/ч; n_d составляет 0,2...0,6, принимаем среднее значение 0,4; $V_{ж} = (0,0023 + 0,054 + 0,071 + 0,09)/4 = 0,054$ мм/год. Результаты расчета представлены в таблице 5 (выделенная ПА, строка 4).

Заключение. Представленная методика сочетает расчетные и статистические подходы и дает возможность дифференцированно определять расход ресурса цистерн ПА из различных металлов и сплавов, что подтверждается характерными примерами расчета расхода ресурса цистерн для распространенных образцов ПА. Полученные по расчетным зависимостям результаты позволяют оценить остаточный ресурс цистерн и возможность их дальнейшей эксплуатации. Результаты показывают, что 100%-ный расход ресурса цистерн из стали Ст3 по времени достигается раньше необходимого срока эксплуатации. Цистерны из нержавеющей стали обеспечивают пробег ПА до проведения капитального ремонта с учетом наиболее продолжительного времени эксплуатации и имеют наименьший расход ресурса по сравнению с другими

Таблица 5 — Исходные данные и результаты расчета расхода ресурса цистерн ПА

№ п/п	Марка ПА	Наименование подразделения МГУ МЧС	Год выпуска	Номерной знак	Общий пробег, км	Материал цистерны	Расход ресурса, ед.
1	АЦ-2,5-40 (433362)	ПАСЧ-27	2003	КА 6506	91 200	углеродистая сталь	$K_L = 0,39$ $K_T = 0,63$ $K_{pЦис} = 0,77$
2	АБР-0,6/100 (5301)	ПАСЧ-3	2000	8675 КС	175 800	легированная сталь	$K_L = 0,74$ $K_T = 0,0025$ $K_{pЦис} = 0,74$
3	АЦ-5,0-40 (533702)	ПАСЧ-19	2008	АЕ 8631-7	81 600	легированная сталь	$K_L = 0,34$ $K_T = 0,0013$ $K_{pЦис} = 0,34$
4	АЦ-2,5-40 (433362)	ПАСЧ-35	2004	КА 6715	16 640	углеродистая сталь	$K_L = 0,12$ $K_T = 0,70$ $K_{pЦис} = 0,74$

цистернами из металлов и сплавов. Расход ресурса алюминиевых цистерн ограничен пробегом ПА и достижением предельного расхода ресурса. По результатам расчетов наименьший расход ресурса прогнозируется у цистерн из нержавеющей стали и наибольший — у цистерн из стали Ст3. В процессе использования последние требуют дополнительного контроля и защиты от коррозии.

Полученные результаты указывают на необходимость планомерного перехода в подразделения МЧС Беларуси на цистерны ПА из нержавеющей стали, которые обеспечат функционирование до капитального ремонта.

Список литературы

1. Об установлении нормативных сроков службы основных средств: постановление Министерства экономики Респ. Беларусь, 30 сент. 2011 г., № 161 8/24359 // Нац. Реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2011.
2. Об утверждении инструкции о порядке списания имущества, относящегося к основным средствам в Министерстве по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, подчиненных ему органов, подразделений и организациях: приказ МЧС Респ. Беларусь, 31 дек. 2015 г., № 294. — Минск, 2015. — 42 с.
3. Правила организации технической службы в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь: приказ МЧС Респ. Беларусь, 30 дек. 2016 г., № 329. — Минск, 2016. — 269 с.
4. Казутин, Е.Г. Оснащенность пожарными автоцистернами подразделений МЧС и оценка технического состояния их резервуаров / Е.Г. Казутин, В.Б. Альгин // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. — 2015. — Вып. 4. — С. 264–269.
5. Казутин, Е.Г. Экспериментальная оценка повреждаемости элементов резервуаров пожарных автоцистерн в жидких коррозионных средах / Е.Г. Казутин, О.В. Рева, В.Б. Альгин // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. — 2016. — Вып. 5. — С. 250–257.
6. Казутин, Е.Г. Разработка моделей для оценки расхода ресурса цистерн пожарных автоцистерн с учетом пробега и возраста / Е.Г. Казутин, В.Б. Альгин // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. — 2017. — Вып. 6. — С. 198–201.
7. Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения: ТКП 248-2010 [Электронный ресурс]. — Минск, 2010. — 42 с. — Режим доступа: http://avtolk.ucoz.ru/TEA/tkp_248-2010.pdf. — Дата доступа: 26.03.2015.
8. Об утверждении Инструкции о порядке определения расхода ресурса вооружения, военной техники и военно-технического имущества в Вооруженных Силах Республики Беларусь и транспортных войсках Республики Беларусь: приказ Министерства обороны Респ. Беларусь, 8 янв. 2009 г., № 1 8/20378 // Нац. Реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2009. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.pravo.by/pdf/2009-277/2009-277\(057-085\).pdf](http://www.pravo.by/pdf/2009-277/2009-277(057-085).pdf). — Дата доступа: 28.03.2015.
9. Сосуды и аппараты стальные. Нормы и методы расчета на прочность при малоцикловых нагрузках: ГОСТ 25859-83. — Введ. 01.07.1984. — М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1984. — 24 с.
10. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок: ПНАЭ Г-7-002-86. — Введ. 01.09.1990. — М.: Госатомэнергонадзор СССР, 1990. — 20 с.
11. Кулаковский, Б.Л. Определение основных показателей движения пожарных автоцистерн в зависимости от теплового режима агрегатов / Б.Л. Кулаковский, Е.Г. Казутин // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация / НИИ ПБ и ЧС МЧС Респ. Беларусь. — 2017. — № 2(42). — С. 100–114.
12. Ильинский, В.С. Защита аппаратов от динамических воздействий / В.С. Ильинский. — М.: Энергия, 1970. — 320 с.
13. Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения: СТБ 1291-2007. — Введ. 01.07.2011. — Минск: Госстандарт Респ. Беларусь, 2011. — 26 с.
14. Содержание и ремонт автомобильных дорог: пособие начальнику линейной дорожной дистанции и дорожному мастеру по ремонту и содержанию автомобильных дорог / С.Е. Кравченко [и др.]. — Минск: БНТУ, 2013. — 239 с.
15. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Расчетно-экспериментальный метод ускоренного определения коррозионных потерь в атмосферных условиях: ГОСТ 9.040-74. — Введ. 01.01.1976. — М.: Гос. комитет стандартов Совета Министров СССР, 1976. — 14 с.
16. Справочник химика / Б.П. Никольский [и др.]; под общ. ред. Б.П. Никольского. — М.: Химия, 1968. — Т. V. — 976 с.
17. Шрайер, Л.Л. Коррозия: справ. / Л.Л. Шрайер. — М.: Металлургия, 1981. — 632 с.
18. Семенова, И.В. Коррозия и защита от коррозии / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов; под ред. И.В. Семеновой. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. — 336 с.
19. Трубопроводы технологические. Нормы и методы расчета на прочность, вибрацию и сейсмические воздействия: ГОСТ 32388-2013. — Введ. 01.08.2014. — М.: Стандартиформ, 2014. — 114 с.
20. Автомобильные транспортные средства для транспортирования и заправки нефтепродуктов. Типы, параметры и общие технические требования: ГОСТ Р 50913-96. — Введ. 10.06.1996. — М.: Изд-во стандартов, 2003. — 22 с.

KAZUTIN Evgeny G.

Senior Lecturer¹

E-mail: evgeny_kazutin@tut.by

ALGIN Vladimir B., D. Sc. in Eng., Prof.

Deputy Director General for Research²

E-mail: vladimir.algin@gmail.com

KOVALENKO Alexander V., Ph. D. in Eng., Assoc. Prof.

Scientific Secretary²

E-mail: a.v.kovalenko@mail.ru

¹University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

²Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

EVALUATION METHOD OF LIFETIME OF METALLIC TANKS OF FIRE TRUCKS TAKING INTO ACCOUNT MILEAGE AND CORROSION PROCESSES

The results of earlier studies are summarized and an evaluation method of the lifetime of metal tanks of fire trucks with regard to mileage and corrosion processes is presented. The above mentioned method combines calculated and statistical approaches and makes it possible to differentially determine the lifetime for fire truck tanks of various metallic materials. Examples of calculating the lifetime of tanks for widespread models of fire trucks are given.

Keywords: fire truck tank, tank, lifetime, method, mileage, corrosion process

References

1. The decree of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus of September 30, 2011 no. 161 "About the establishment of the standard service life of fixed assets". *The National Register of Legal Acts*, 2012, no. 8/24359.
2. The order of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus of December 31, 2015 no. 294 "About the approval of the instruction about the order of write-off of the property relating to fixed assets in the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, the bodies, divisions and organizations subordinated to it". Minsk, 2015, 42 p.
3. The order of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus of December 30, 2016 no. 329 "Rules of organization of technical service in bodies and divisions of emergency situations of the Republic of Belarus". Minsk, 2016, 269 p.
4. Kazutin E.G., Algin V.B. Osnashchennost' pozharnymi avtotsternami podrazdeleniy MChS i otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya ikh rezervuarov [Technological level of fire truck tanks of divisions of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus and assessment of the technical condition of their tanks]. *Sbornik nauchnykh trudov "Aktualnye voprosy mashinovedeniya"* [Collection of scientific papers "Topical Issues of Mechanical Engineering"], 2015, issue 4, pp. 264–269.
5. Kazutin E.G., Reva O.V., Algin V.B. Eksperimentalnaya otsenka povrezhdaemosti elementov rezervuarov pozharnykh avtotstern v zhidkikh korrozionnykh sredakh [Experimental assessment of damage to elements of the tanks of fire tankers in liquid corrosive environments]. *Sbornik nauchnykh trudov "Aktualnye voprosy mashinovedeniya"* [Collection of scientific papers "Topical Issues of Mechanical Engineering"], 2016, issue 5, pp. 250–257.
6. Kazutin E.G., Algin V.B. Razrabotka modeley dlya otsenki raskhoda resursa tsistern pozharnykh avtotstern s uchetom probega i vozrasta [Development of models to estimate resource consumption of tanks, fire tankers, given the mileage and age]. *Sbornik nauchnykh trudov "Aktualnye voprosy mashinovedeniya"* [Collection of scientific papers "Topical Issues of Mechanical Engineering"], 2017, issue 6, pp. 198–201.
7. Technical Code of Common Practice 248-2010. *Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobilnykh transportnykh sredstv. Normy i pravila provedeniya* [Maintenance and repair of motor vehicles. Rules and regulations]. Minsk, Ministry of Transport and Communications of the Republic of Belarus, 2010. 42 p.
8. The order of the Ministry of Defense of the Republic of Belarus of January 8, 2009 no. 1 "About the approval of the Instruction about the order of determination of the lifetime of arms, military equipment in Armed Forces of the Republic of Belarus and transport troops of the Republic of Belarus". *The National Register of Legal Acts*, 2009, no. 8/20378.
9. State Standard 25859-83. *Sosudy i apparaty stalnye. Normy i metody rascheta na prochnost' pri malotsiklovnykh nagruzkakh* [Steel vessels and devices. Norms and methods of strength calculation at low-cycle loads]. Moscow, Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam Publ., 1984. 24 p.
10. Rules and standards in nuclear power industry G-7-002-86. *Normy rascheta na prochnost' oborudovaniya i truboprovodov atomnykh energeticheskikh ustanovok* [Norms of strength calculation of equipment and pipelines of nuclear power units]. Moscow, Gosatomenergoadzor SSSR Publ., 1990. 20 p.
11. Kulakovskiy B.L., Kazutin E.G. Opredelenie osnovnykh pokazateley dvizheniya pozharnykh avtotstern v zavisimosti ot teplovogo rezhima agregatov [Determination of the main indicators of the movement of fire trucks depending on the thermal conditions of the units]. *Chrezvychaynye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya* [Emergency situations: prevention and liquidation], 2017, no. 2(42), pp. 100–114.
12. Iliniy V.S. *Zashchita apparatov ot dinamicheskikh vozdeystviy* [Protection of devices from the dynamic effects]. Moscow, Energiya Publ., 1970. 320 p.
13. Standard of Belarus 1291-2007. *Dorogi avtomobilnye i ulitsy. Trebovaniya k ekspluatatsionnomu sostoyaniyu, dopustimomu po usloviyam obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya* [Roads and streets. Requirements to an operational condition, admissible according to conditions of traffic safety]. Minsk, Gosstandart Respubliki Belarus Publ., 2011. 26 p.
14. Kravchenko S.E., e.a. *Soderzhanie i remont avtomobilnykh dorog: posobie nachalniku lineynoy dorozhnoy distantsii i dorozhnomu masteru po remontu i soderzhaniyu avtomobilnykh dorog* [Maintenance and repair of the highways: a guide to the head of the line of road distance and road master for repair and maintenance of roads]. Minsk, BNTU Publ., 2013. 239 p.
15. State Standard 9.040-74. *Edinaya sistema zashchity ot korrozii i stareniya. Metally i splavy. Raschetno-eksperimentalnyy metod uskorenogo opredeleniya korrozionnykh poter v atmosferykh usloviyakh* [Unified system of protection from corrosion and aging. Metals and alloys. Calculation and experimental method of accelerated determination of corrosion losses in atmospheric conditions]. Moscow, Gosudarstvennyy komitet standartov Soveta Ministrov SSSR Publ., 1976. 14 p.
16. Nikolskiy B.P., et.al. *Spravochnik khimika* [Chemist's reference book]. Moscow, Khimiya Publ., 1968, vol. 5. 976 p.
17. Shrayer L.L. *Korroziya: spravochnik* [Corrosion: reference book]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1981. 632 p.
18. Semenova I.V., Florianovich G.M., Khoroshilov A.V. *Korroziya i zashchita ot korrozii* [Corrosion and rust protection]. Moscow, FIZMATLIT Publ., 2002. 336 p.
19. State Standard 32388-2013. *Truboprovody tekhnologicheskie. Normy i metody rascheta na prochnost', vibratsiyu i seysmicheskie deystviya* [Technological pipelines. Norms and methods of calculation for strength, vibration and seismic effects]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 114 p.
20. State Standard R 50913-96. *Avtomobilnye transportnye sredstva dlya transportirovaniya i zapravki nefteproduktov. Tipy, parametry i obshchie tekhnicheskie trebovaniya* [Motor vehicles for transportation and refueling of petroleum products. Types, parameters and general technical requirements]. Moscow, Standartov Publ., 2003. 22 p.