

УДК 629.017; 656.5; 69.057

ОБОСНОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА НАДЕЖНОСТЬ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

¹Кравченко И.Н., ²Гайдар С.М., ¹Жуков Л.В., ¹Ларин П.Г.

¹ФГБВОУ ВПО «Военно-технический университет»,

Балашиха, e-mail: kravchenko-in71@yandex.ru;

²Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина, Москва

В статье исследованы условия эксплуатации специальной техники в особых условиях. Выявлено, что в период эксплуатации специальная техника подвержена воздействию агрессивных факторов окружающей среды. Стойкость машин к воздействию климатических факторов характеризуется сохраняемостью как составной частью надежности для особых условий их хранения. Надежность машин при использовании после хранения в большей степени зависит от эксплуатационных факторов, чем от климатических. В качестве основных показателей сохраняемости специальной техники рассмотрены средний срок сохраняемости и гамма-процентный срок сохраняемости. Количественная оценка комплексного воздействия на специальную технику климатических факторов и снижение указанных воздействий определяет актуальность данной проблемы. Предложенная методика расчета показателей сохраняемости позволяет оценить стойкость машин к воздействию выявленных климатических факторов для особых условий хранения машин.

Ключевые слова: хранение, климатические факторы, надежность, сохраняемость, специальная техника, эксплуатация

JUSTIFICATION OF THE FACTORS AFFECTING THE RELIABILITY OF SPECIAL EQUIPMENT IN SPECIAL CONDITIONS EXPLOITATION

¹Kravchenko I.N., ²Gaydar S.M., ¹Zhukov L.V., ¹Larin P.G.

¹Military Technical University, Balashikha, e-mail: kravchenko-in71@yandex.ru;

²Moscow State University named after V.P. Agroengineering Goryachkina, Moscow

In the article the conditions for the operation of special equipment in special circumstances. It is revealed that in the period of operation of special technique is exposed to effects of aggressive environmental factors. Resistance machines to climatic factors characterized by persistence, as part of the reliability of the special conditions of their storage. Reliability of machines after being stored more depends on operational factors than the climate. As the main indicators of the persistence of special equipment is a medium term persistence and gamma-interest term persistence. Quantifying the complex influence on the special equipment climatic factors and reduction of such impacts determines the urgency of the problem. The proposed method of calculation of indicators persistence allows to evaluate the durability of machines to the effects of climatic factors identified for special conditions of storage of cars.

Keywords: storage, climatic factors, reliability, persistence, special machinery, operation

На сегодняшний момент в России продолжается активное обустройство инфраструктуры Арктики, производится доставка специалистов и различной специальной техники (СТ) на восстанавливаемый аэродром «Темп» (остров Котельный), расположенный на Новосибирских островах.

Эксплуатация СТ в арктических широтах очень осложняется действиями низких температур в течение всего года, значительными перепадами относительной влажности, преобладанием порывистых ветров и образованием туманов. В свою очередь это значительно затрудняет работу СТ при снятии с длительного (кратковременного) хранения. В результате этого возникают проблемы:

– под действием низких температур дизельное топливо и технические масла теряют свои технические свойства. Топливо в топливный насос высокого давления поступает с перебоями, что затрудняет запуск двигателя;

– закачка очень густого масла в двигатель через маслозакачивающий насос весьма затруднительна, в результате чего последний может выйти из строя, а запуск двигателя без масла может привести к выходу из строя силовой установки;

– работа трансмиссии под действием низких температур затрудняется в результате густого масла и, следовательно, возрастающих усилий на преодоление сил трения;

– технические смазки под действием низких температур обеспечивают низкую эффективность по компенсации силы трения деталей ходовой части;

– порывистые ветры и возникающие туманы способствуют возникновению коррозии на поверхности металла, что приводит к разрушению деталей узлов и агрегатов.

В результате этого возрастают нагрузки на узлы и агрегаты специальной техники, что в свою очередь приводит к усталостному напряжению деталей в узлах

и агрегатах, их чрезмерному износу (физико-механическому разрушению) и дальнейшему выходу из строя этих деталей

агрегатов в целом. Следовательно, техническая готовность уменьшается и надежность стремится к нулю (рис. 1).

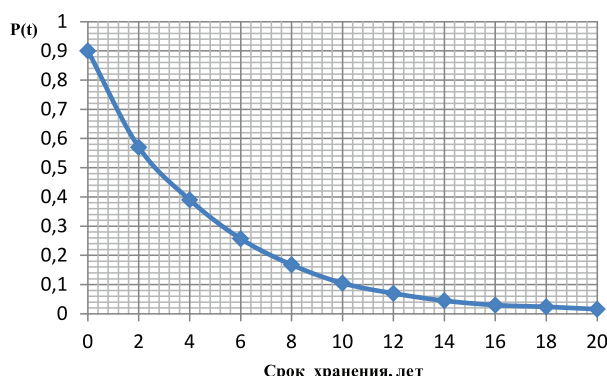


Рис. 1. Изменение вероятности безотказной работы при хранении техники

Одной из главных задач в развитии транспортной инфраструктуры Арктики является сохранение существующего парка машин в исправном состоянии, выполнение мероприятий по повышению их показателей надежности и грамотной организации работ годового цикла технического обслуживания. В современных условиях эта задача приобретает особую актуальность [2]. При этом надежность машин должна обеспечиваться за счет:

- применения качественных средств и методов защиты от агрессивных факторов окружающей среды;
- подготовки условий хранения и правильного распределения по местам хранения;
- проведения периодического технического обслуживания (регламентное техническое обслуживание и ремонт);
- контроля технического состояния в период хранения.

Основная часть специальной техники имеет повышенные сроки эксплуатации

$$G_x = 81,78 + 0,02t_{oc} + 0,388f_0 + 10,87e^{0,12|\tau_{cp}|} + 11,237e^{0,09\delta_{so_2}} e^{0,07\delta_{NaCl}}, \quad (1)$$

где t_{cp} – среднегодовая температура окружающего воздуха, °C; t_{oc} – продолжительность осадков, ч; f_0 – среднегодовое число переходов температуры через 0°C, раз; δ_{so_2} – среднегодовая концентрация в воздухе сернистого ангидрида, мг/м³; d_{Cl} – среднегодовая концентрация в воздухе хлоридов, мг/м², сут.

Взаимосвязь среднего срока сохраняемости T_{ox} и комплексного показателя влияния окружающей среды G_x при условии консервации автомобиля в соответствии с требованиями руководства [4, 5] имеет вид:

$$G_x = \frac{1,1}{T_{ox}}. \quad (2)$$

и содержится в особых климатических условиях, где подвержена воздействию всей гаммы агрессивных факторов окружающей среды [1]. При этом стойкость машин к воздействию климатических факторов в теории надежности характеризуется сохраняемостью как составной ее частью для особых условий хранения машин. В работе [4] выявлена корреляционная зависимость параметра потока отказов от воздействия климатических факторов. В результате анализа воздействия климатических факторов на машину при хранении они были разбиты на четыре основные группы:

- влажностная группа (d_{oc}, t_{oc}, f_B);
- температурная группа ($d_{cl}, \tau_{max}, t_{cp}, \tau_{min}$);
- переходы через 0°C (f_0);
- агрессивность окружающей среды (δ_{so_2}, d_{Cl}).

В результате многофакторного регрессионного анализа установлена математическая зависимость влияния климатических факторов на безотказность автомобильной техники:

Данный метод квалификации условий эксплуатации машин является наиболее рациональным, однако он не учитывает комплексного воздействия влажности и загрязнений атмосферы на машины.

Математически в общем виде сохраняемость машины S можно представить как функцию многих переменных, основными из которых являются: техническое состояние или исходная надежность $N_{исх}$ перед началом периода хранения (при постановке на хранение); надежность в период хранения и в период снятия с хранения N_x ; надежность после снятия с хранения или при использовании в рабочих режимах в течение запланированного периода или до очередного ремонта $N_{инт}$:

$$S = f(N_{исх}, N_x, N_{ин}). \quad (3)$$

Изделия перед консервацией имеют надежность, близкую или равную требуемой $N_{треб}$ по техническим условиям, т.е.

$$N_{исх} \approx N_{треб}. \quad (4)$$

Надежность машин при использовании после хранения $N_{ин}$ больше зависит от эксплуатационных факторов, чем от климатических. Однако использование показателей сохраняемости в относительных величинах неудобно при задании тактико-технических требований и при оценке выполнения этих требований.

Из этого следует, что для определения сохраняемости СТ необходимо определить главную группу показателей – показатели надежности в процессе самого хранения (при снятии с хранения).

При хранении вероятность безотказной работы парка СТ к моменту окончания срока хранения $P(T_x)$ определяется по формуле полной вероятности сложного события

$$P(T_x) \approx K_{тр} e^{-\omega T_x} + (1 - e^{-\omega T_x}) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t_{доп}}{t_n}} \right), \quad (5)$$

где $K_{тр}$ – коэффициент технической готовности машин в начальный момент времени (при постановке на хранение); ω – параметр потока отказов, ед./год; T_x – планируемый (исследуемый, назначенный, заданный)

срок хранения машин, годы; $t_{доп}$ – допустимое время на устранение отказов по условиям выполняемых задач, ч; t_n – необходимое время для устранения отказов, ч.

При использовании СТ допустимое время на устранение отказов $t_{доп}$ строго регламентировано, а время, необходимое для устранения всех отказов t_n , находится в прямой зависимости от параметра потока отказов w (от числа отказов). Таким образом, на основании формулы (5) можно утверждать, что вероятность работоспособного состояния машин определяется непосредственно их безотказностью. Последняя же в свою очередь зависит от условий хранения, характеризующихся воздействием климатических факторов.

В качестве основного показателя, оцениваемого при содержании машины на хранении, рекомендуется использовать средний срок сохраняемости T_{sx} , как определяющий техническую готовность машин: для невозстанавливаемых изделий – время хранения до отказа (средний срок службы); для восстанавливаемых изделий – среднее время хранения до первого отказа.

Для определения указанного показателя техническое состояние сборочных единиц и отказы выявляются при внешнем осмотре машины, пуске двигателя и контрольном пробеге в объеме до 25 км. В качестве основных показателей сохраняемости машины предлагается средний срок сохраняемости и гамма-процентный срок сохраняемости (рис. 2).



Рис. 2. Классификация показателей сохраняемости

Средний срок сохраняемости изделий в процессе опытного хранения определяется по формуле

$$T_{\text{сх}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n t_{oi}, \quad (6)$$

где $i = 1, 2, \dots, N$ – количество изделий, находящихся под наблюдением, ед.; t_{oi} – время хранения i -го изделия до отказа, лет.

Кроме указанного показателя для узлов, систем, агрегатов и всей машины на этапе хранения может определяться среднее время ее хранения машины на отказ $T_{\text{опр}}$ по формуле

$$T_{\text{опр}} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n t_{ixp}}{\sum_{i=1}^N n_i}, \quad (7)$$

где t_{ixp} – время хранения i -го изделия, лет; $j = 1, 2, \dots, n$ – число отказов i -го изделия за время хранения t_{ixp} , ед.; $i = 1, 2, \dots, N$ – число обследованных изделий, ед.

Вероятность безотказного хранения $P(t)$ определяется по формуле

$$P(t) = \int_{t_x}^{\infty} f(t_x) dt_x. \quad (8)$$

По статистическим данным вероятность безотказного хранения определяется по формуле

$$P(t) = \frac{N_c - N_o(t_x)}{N_c}, \quad (9)$$

где $N_o(t_x)$ – количество отказавших изделий к моменту времени t_x , ед.

Годовая (оперативная) трудоемкость работ по хранению СТ t_{xp} вычисляется по формуле

$$\tau_{xp} = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i}{T_{\text{ц}}}; \quad (10)$$

$$\tau_i = \tau_{\text{пх}} + \tau_{\text{сд}} + \tau_{\text{с}}, \quad (11)$$

где $T_{\text{ц}}$ – цикл технического воздействия, принимаемый $T_{\text{ц}} = 20$ лет (до замены на новые или до регламентированного ремонта по техническому состоянию или до второго регламентированного технического обслуживания или до регламентированного ремонта по техническому состоянию с модернизацией); $\tau_{\text{пх}}$ – трудоемкость работ по постановке СТ на хранение, чел.-ч; $\tau_{\text{сд}}$ – трудоемкость работ по содержанию СТ на хранении, чел.-ч; $\tau_{\text{с}}$ – трудоемкость работ по подготовке СТ к использованию после хранения, чел.-ч.

Основной и частные показатели сохраняемости приведены в таблице.

Показатели сохраняемости изделий СТ

Наименование показателя	Обозначение	Размерность	Расчетная формула
<u>Основной</u> 1 Средний срок сохраняемый	$T_{\text{сх}}$	год	$T_{\text{сх}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n t_{oi}$
<u>Частные</u> 2 Вероятность безотказного хранения	$P(t)$	безразмер.	$P(t) = \int_{t_x}^{\infty} f(t_x) dt_x$
3 Среднее время хранения на отказ	$T_{\text{опр}}$	год	$T_{\text{опр}} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n t_{ixp}}{\sum_{i=1}^N n_i}$
4 Годовая (оперативная) трудоемкость работ по хранению СТ	t_{xp}	год	$\tau_{xp} = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i}{T_{\text{ц}}}$

Необходимо учитывать, что факторы, влияющие на специальную технику при хранении, носят случайный характер и имеют вероятностные характеристики. Таким образом, для противодействия указанным факторам и повышения технической готовности специальной техники, находящейся на хранении, необходимо проведение следующих мероприятий:

1. Применение эффективных методов защиты от коррозии и старения путем создания благоприятного микроклимата при хранении машин;

2. Ограничение воздействия климатических факторов на детали, узлы, агрегаты и системы СТ;

3. Использование средств (для снижения старения, коррозии металла) для

противодействия или уменьшения воздействия данных отрицательных климатических факторов на специальную технику;

4. Улучшение пусковых качеств двигателей внутреннего сгорания при отрицательных температурах.

Список литературы

1. ГОСТ Р 53480-2009. Надежность в технике. Термины и определения.
2. Кравченко И.Н. Оценка надежности машин и оборудования: теория и практика / И.Н. Кравченко, Е.А. Пучин, А.В. Чепурин [и др.]; под общ. ред. проф. Кравченко. – М.: Изд-во «ИНФРА-М», 2012. – 336 с.
3. Кравченко И.Н. Современный анализ разработок в области хранения военной и специальной техники / И.Н. Кравченко, В.И. Коломиец, Л.В. Жуков, П.Г. Ларин // Материалы XXXVIII научно-практической конференции. – Балашиха: ВТУ, 2013. – С. 62–70.
4. Овчинников В.П. Методы оценки и обеспечения сохраняемости автомобильной техники // Материалы научно-практической конференции. – М.: ИПЭЭ РАН, 1997. – С. 26–29.
5. Руководство по хранению автомобильной техники в вооруженных силах Российской Федерации: Книга 1. Организация хранения автомобильной техники. – М.: Воениздат, 2005. – 190 с.

References

1. GOST R 53480-2009. Reliability in the equipment. Terms and definitions.
2. Kravchenko I.N Evaluation of reliability of machines and equipment: theory and practice / I.N. Kravchenko, E.A. Puchin, A.V. Chepurin [and others]; By Society. Ed. prof. Kravchenko. M.: Publishing house «INFRA-M», 2012. 336.
3. Kravchenko I.N., Zhukov L.V. and other Modern analysis of developments in the field of storage of military and special equipment / I.N. Kravchenko, V.I. Kolomiets, L.V. Zhukov, P.G. Larin // proceedings of the XXXVIII scientific and practical conference. Balashikha: VTU, 2013, pp. 62–69.
4. Ovchinnikov V.P. Methods to evaluate and ensure the persistence of the automotive those nicks // materials of the scientific conference, IPEE RAN, 1997, pp. 26–29.
5. Guidance on the preservation of automotive engineering in the armed forces of the Russian Federation: Book 1. Storing motor vehicles. Moscow: Military Publishing, 2005. 190 p.

Рецензенты:

Коломейченко А.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Ремонт и надежность машин», ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет», г. Орел;
Ерофеев М.Н., д.т.н., профессор кафедры «Технологии строительства», ФГБОУ ВПО «Военно-технический университет», г. Балашиха.

Работа поступила в редакцию 07.02.2014.