УДК 631.354

ПРИМЕНЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ШУХАРТА В СИСТЕМАХ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ

ВАРНАКОВ Дмитрий Валерьевич, *Ульяновский государственный университет*
АФОНИН Максим Андреевич, *Вольский военный институт материального обеспечения*

В статье рассмотрены современные методы и средства диагностики, оперативного контроля и прогнозирования параметрической надежности автотранспортных средств, применяемых в службе горючего. Представлена методика контрольных карт Шухарта в системах измерения параметров.

Введение. Неотъемлемой составляющей современных передовых армий мира, к которым, несомненно, относится российская, является оснащенность передовыми образцами вооружения и военной техники (ВВТ), всецело отвечающими современным требованиям и опережающим аналоги потенциальных противников.

Основные направления программы развития Вооруженных сил на период до 2020 г. предполагают наряду с созданием прогрессивных образцов вооружения на основе научно-технического прогресса модернизацию уже имеющейся военной техники.

В соответствии с ГПВ–2020, мероприятия, проводимые в рамках ее выполнения касательно Тыла Вооруженных сил, ориентированы на комплектование профильных подразделений специфичными техническими средствами общевойскового назначения. При этом запланирована закупка техники Тыла – автомобильных средств заправки и транспортирования горючего (АСЗТГ), автономных полевых лагерей (АПЛ) закрытого цикла жизнеобеспечения, мобильных медицинских операционно-реанимационных комплексов (ММОРК), перевязочных (АП) и иных средств. Комплексная реализация проводимых мероприятий позволит повысить оснащенность тыловых служб современными видами ВВСТ до уровня укомплектованности 50–60 % [3].

Рассматривая реализацию перечисленных программ в контексте функционирования службы горючего как одной из важнейших составляющих служб тыла, являющейся, в том числе службой технического обеспечения, необходимо отметить, что все они способствуют приведению количественных и качественных показателей технической оснащенности службы горючего в соответствие с новыми задачами и условиями по вопросам обеспечения повседневной деятельности войск (сил) как в мирное, так и в военное время, что в свою очередь позволит повысить устойчивость и надежность функционирования всего Тыла Вооруженных сил.

Однако успешное решение задач по поддержания высоких показателей технической оснащенности неразрывно связано с важнейшей ее составляющей, а именно научно обоснованной, согласованной по целям, ресурсам, исполнителям и направлениям, организованной и функционирующей системе ремонта и сервисного обслуживания.

Поддержание АСЗТГ в рабочем состоянии в соответствии с их функционалом обеспечивается комплексным подходом к выполнению мероприятий планирования их эксплуатации и ремонта, а также поддержанием систематической готовности к применению по всему перечню технологических операций в соответствии заданными с характеристиками (начало эксплуатации и ввод в строй, проведение мероприятий первой и второй очереди для подготовки к использованию в ходе действий по боевой готовности (БГ), техническое обслу-

живание (ТО) и сервисный ремонт, различные виды хранения, осуществление перевозок и доставок, организуемые виды контроля ТС, прекращение эксплуатации, снятие, списание и утилизация).

В ВС РФ проводятся организационные мероприятия (включающие в себя обновление парка ВВТ и военно-технического имущества (ВТИ), обслуживание в системе распорядка дня, строевых смотров, занятия, тренировки, различные сборы и другие мероприятия, направленные на поддержание ВВТ в боеготовом состоянии и их безаварийной эксплуатации) и непосредственно технические мероприятия, в которые входит проведение технического обслуживания и ремонта при использовании и хранении ВВТ [7].

Основные виды технического обслуживания ВВТ разделяются на обслуживание:

по этапам эксплуатации;

по регламентации выполнения;

по периодичности и объемам проведения;

по условиям эксплуатации.

Все указанные выше подсистемы являются элементами планово-предупредительной системы (ППС), которая подразумевает широкое присутствие специалистов, обладающих разнородным кругом военно-учетных специальностей (ВУС), укомплектованность специализированными подвижными и стационарными средствами ремонта, при том, что в совокупности обладает повышенной трудоемкостью. Указанная система лишь частично контролирует фактическое техническое состояние механизмов, систем и узлов ВВСТ, подвергающихся обслуживанию, что способствует неполному использованию отведенного ресурса эксплуатации и в конечном итоге приводит к удорожанию эксплуатации.

Существенное значение в данной области имеет внедрение современных средств технического диагностирования (СТД), которые позволяют не только учитывать техническое состояние ВВСТ в ходе обслуживания, но и оперативно контролировать состояние системы с осуществлением прогноза ее параметрической надежности [8].

Исходя из опыта службы, 35–42 % неисправностей АСЗТГ транспортной группы эксплуатации связаны с отказами в работе ДВС; это позволяет сделать вывод о том, что именно данной компоненте необходимо уделить повышенное внимание.

Двигатели АСЗТГ средств могут быть оснащены различными системами контроля.

Следует учитывать, что оснащение системами контроля должно осуществляться из принципа достаточности, т. к. избыточность контролируемых параметров не приведет к повышению точности, но может снизить надежность самой контролирующей аппаратуры [2].

Оснащение двигателей внутреннего сгорания (ДВС) встроенными системами прогнозирования при использовании современных датчиков и микропроцессорных устройств дает возможность контролировать параметрическую надежность путем создания систем оперативного контроля.

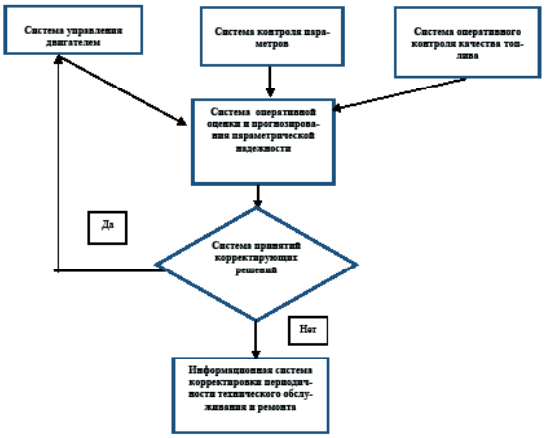
Цель исследования – разработать систему осуществления оперативного контроля и прогнозирования параметрической надежности двигателей АСЗТГ в специальных эксплуатационных режимах.

Методика исследований. Предлагаемая нами система (см. рисунок) осуществления оперативного контроля и прогнозирования параметрической надежности двигателей АСЗТГ в специальных эксплуатационных режимах включает в себя: подсистему оперативного контроля качества топлива, микропроцессор для обработки данных и принятия корректирующих решений и информационную систему корректировки периодичности технического обслуживания.

Алгоритм действий данной системы включает в себя ряд этапов:

1) сбор данных в процессе эксплуатации;

2) оценку параметров работы двигателя



Принципиальная схема системы

и оперативный контроль качества топлива, позволяющий предотвратить эксплуатацию в случае несоответствия топлива требованиям ГОСТа;

3) принятие корректирующих решений.

Система оперативного контроля и прогнозирования параметрической надежности в специальных эксплуатационных режимах основывается на показаниях различных датчиков, информация с которых передается в блок управления системой.

Результаты исследований. Контроллеры оценки выхлопных газов и определения содержания дыма моделей ESA 3.250, ESA 3.140, ESA 3.110 автоматически анализируют в пересчете на гексан (C_6H_{14}), кислород (O_2) и диоксид углерода (CO_2), содержание в отработанных газах ДВС бензинового типа углеводородов (CH) и содержания оксида углерода (CO); определяют дымность (непрозрачность) отработанных газов ДВС, дополнительно определяют число оборотов коленчатого вала и температуру моторного масла в системе смазки непосредственно в процессе эксплуатации технических средств.

Топливный расходомер осуществляет фактический учет расхода горючего, внедряется как непосредственно в топливные системы ВВСТ с целью определения показаний для внутренней системы и применяется для контроля деятельности автотранспортных средств на более высоком организационном уровне.

Контроллер-расходомер обычно состоит из объемной кольцевой измерительной камеры. По мере прокачки через устройство количества горючего в объеме рабочей камеры генерируется сигнал, регистрируемый контроллером. Для повышения точности, обеспечения единства и постоянства измерений количество сигналов, генерируемых прибором при прохождении через рабочую камеру 1 л горючего маркируется, а сам прибор калибруется и систематически поверяется.

Применение расходомеров, являющихся компонентами комплексных систем мониторинга работы техники, получает все большее распространение, как для единичных образцов техники, так и в составе крупных парков.

Контроллеры определения крутящего момента ДВС применяются для снятия показаний и определения крутящего момента на роторных элементах различных систем, в том числе и валов ДВС. Они широко представлены на рынке устройствами в широких конструктивных исполнениях:

а) в бесконтактном вращающемся исполнении;

б) в статическом исполнении;

в) в бесконтактном бесподшипниковом исполнении;

г) в роторном исполнении, для сельскохозяйственной и тракторной техники;

д) торсиометры, для корабельных и судовых валов диаметром 160–1100 мм;

е) в виде телеметрических измерительных систем для валов диаметром 30–1100 мм.

Контроллеры определения крутящего момента ДВС измеряют как статический, так и динамический момент. Основу контроллера составляет тензодатчик (тензометрический мост) на роторной (вращающейся) части или оси. Регистрация подаваемых сигналов (импульсов) и питание тензомоста осуществляются контактным путем или противоположенным – телеметрическим способом.

Контроллеры определения крутящего момента ДВС позволяют эффективно, надежно и экономически выгодно решать задачу по измерению крутящего момента и мощности на вращающихся частях машин и механизмов, а также статического момента при проведении испытаний.

Существующие технологии способствуют осуществлению высокоточных измерений: от 0...20 кНм – при стандартном исполнении датчика, до 500 кНм – в специальном исполнении.

Один из косвенных показателей, характеризующих снижение ресурса по причине износа цилиндропоршневой группы (ЦПГ) ДВС – увеличение количества газов, попадающих в картер двигателя в фазах повышенного сжатия рабочей камеры.

В соответствии с исследованиями [1, 2, 6] в ходе эксплуатации ДВС до капитального ремонта происходит увеличение картерных газов на режиме холостого в 2–4 раза и в максимальном нагрузочном режиме в 5–7 раз.

Это явление обусловливает использование контроллеров картерных газов для получения косвенных данных, позволяющих делать выводы о состоянии ЦПГ двигателя.

Трактовка указанной причины расхо-

дования моторного масла подразумевает исключительно сгорание тончайшего слоя масляной пленки в камере сгорания совместно с топливно-воздушной смесью, поэтому при обработке сигналов и проведении анализа показаний контроллера расхода масла на угар необходимо строго исключить различного рода неисправности, которые могут способствовать его некорректной работе.

Контроллеры оценки расхода масла на угар представляют собой датчики уровня жидкостей. По содержанию электронных модулей они представлены предприятиями промышленности в широком исполнении, позволяющем удовлетворить различные системы управления. Отсутствие в конструкции движущихся деталей способствует отсутствию износа и потребности в сервисе, гарантируя длительность функционирования.

Облик функциональных подсистем и организация их функционирования в системе оперативного контроля и прогнозирования параметрической надежности двигателей в специальных эксплуатационных режимах во многом определяются составом находящихся в системе контроллеров и корректностью их работы. Исходя из условий правильной работы датчиков, немаловажными факторами работы системы являются систематический контроль показателей качества параметров эксплуатации и выбраковка ложных сигналов выхода их из граничных пределов, корректировка работы самой системы.

Для совокупного выполнения предъявляемых требований рационально использовать контрольные карты В. Шухарта.

Вариантность выполнения первого этапа зависит от заданности стандартных значений показателя качества.

1. Стандартные значения не определены.

Осуществляется сбор предварительных данных о ходе выполнения процесса. Для улучшения выборки необходимо осуществить несколько измерений показателя качества, желательно выполнить их в разных структурных категориях.

Основываясь на собранных данных, осуществляется расчет среднего значения показателя качества:

$$\overline{X} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_N}{N}, \qquad (1)$$

и среднего значения скользящего размаха:

$$\overline{R} = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N-1}\left|x_i - x_{i+1}\right| =$$

$$= \frac{\left|x_1 - x_2\right| + \left|x_2 - x_3\right| + \ldots + \left|x_{N-1} - x_N\right|}{N-1}, \qquad (2)$$

где N – количество измерений показателя качества в ходе предварительного сбора данных.

Производится вычисление значений для центральной линии, нижнего и верхнего контрольных пределов для X карты:

$$CL = \overline{x};\ LCL = \overline{x} - 2{,}66\overline{R};\ UCL = \overline{x} + 2{,}66\overline{R}; \qquad (3)$$

для R карты:

$$CL = \overline{R};\ LCL = 0;\ UCL = 3{,}267\overline{R}. \qquad (4)$$

2. Стандартные значения определены (т.е. заданы x_0, σ_0 и, возможно, R_0).

Аналогичным образом рассчитывают значения центральной линии, контрольных пределов для X карты:

$$\begin{cases} CL = x_0;\ LCL = x_0 - 3s_0;\ UCL = x_0 + 3s_0; \\ CL = R_0\ (\text{если } R_0 \text{ задано}) \text{ или } CL = 1{,}128s_0\ (\text{если } R_0 \text{ не задано}) \\ LCL = 0;\ UCL = 3{,}686s_0. \end{cases}$$

Оси рекомендуется располагать одну под другой и использовать верхнюю для построения графика значений $x_в$ или $x_н$, нижнюю – графика значений S или R.

Производится масштабирование, приводятся в соответствие отображаемые диапазоны значений и размечаются вертикальные оси.

При графическом представлении контролируемого параметра для большей наглядности контрольной карты предлагается использовать одну горизонтальную ось, проведя тонкие вертикальные линии через границы интервалов каждой подгруппы, причем они должны проходить через всю карту [4, 5].

Заключение. С развитием оснащенности службы горючего ВВСТ целесообразно внедрять современные методы и средства

диагностики, оперативного контроля и прогнозирования параметрической надежности состоящих на вооружении АСЗТГ. Увеличение области прогнозирования остаточного ресурса узлов и агрегатов позволит повысить коэффициент их готовности, снизить количество отказов и увеличить используемый ресурс. Внедрение системы индивидуальных контрольных карт позволит качественно повысить уровень технического обслуживания образцов и перейти к системе обслуживания по состоянию.

Необходимо внедрение методов и способов безразборного сервиса АСЗТГ с использованием современных средств оперативной диагностики.

При комплектовании парка новыми образцами ВВСТ следует соблюдать рекомендации заводов-изготовителей по обкатке техники. При этом пристальное внимание следует уделить контролю качества смазочных материалов.

В ходе эксплуатации техники особое значение имеет контроль технического состояния. Особенно это актуально для случаев нарушения учета технической документации (паспортов, формуляров) ВВСТ. Решение данной проблемы возможно с развитием систем диагностирования технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса.

Развитие систем контроля параметров функционирования ВВСТ будет связано с увеличением количества ложных данных, что в свою очередь будет влиять на точность оценок и прогнозирования технического состояния. Для повышения точности оценок необходимо внедрение методик отсеивания ложных данных систем контроля параметров. В качестве решения данной проблемы возможно применение методики контрольных карт Шухарта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляев Ю.К., Богатырев В.А., Болотин В.В.* Надежность технических систем: справочник. – М.: Союзполиттипография. 1984. – 659 с.

2. *Варнаков Д.В.* Использование диагностических параметров при оценке и прогнозировании параметрической надежности двигателей автотранспортных средств. – Ульяновск: УлГУ, 2013. – 124 с.

3. Государственная программа вооружения России на период 2011–2020 годов [электронный ресурс]: комментарии. – Режим доступа: http://pircenter.livejournal.com/1963.html - 10.10.2017.

4. *Дидманидзе О.Н., Варнаков Д.В.* Прогнозирование параметрической надежности двигателей автотранспортных средств в нормальном и специальном эксплуатационных режимах // Международный технико-экономический журнал. – 2013. – № 3. – С. 94–98.

5. *Дидманидзе О.Н., Варнаков Д.В., Карев А.М.* Надежность автотранспортных средств. – М., 2017. – 161 с.

6. Надежность и эффективность в технике: справочник / под ред. В.И. Кузнецова [и др.]. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.

7. Руководство по техническому обеспечению войск по службам тыла. – М., 1990.

8. *Смирнов К.А.* Разработка системы формирования комплексов технических воздействий при ремонте двигателей по состоянию: дис. ... канд. техн. наук. – Владимир, 2005.

Варнаков Дмитрий Валерьевич, *д-р техн. наук, проф. кафедры «Техносферная безопасность», Ульяновский государственный университет. Россия.*

432017, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, 42.

Тел.: (8422) 41-20-88.

Афонин Максим Андреевич, *адъюнкт, Вольский военный институт материального обеспечения. Россия.*

412903, Саратовская область, г. Вольск, ул. Максима Горького, 3.

Тел.: (8459) 37-02-02.

Ключевые слова: *надежность; двигатели автотранспортных средств; параметры; контрольные карты Шухарта; прогнозирование.*

APPLICATION OF SHUHART CONTROL CARD IN PARAMETER MEASUREMENT SYSTEMS

Varnakov Dmitriy Valeryevich, *Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Technosphere Safety", Ulyanovsk State University. Russia.*

Afonin Maksim Andreevich, *Adjunct, Volsk Military Institute of Material Security. Russia.*

Keywords: *reliability; motor vehicles; parameters; Shewhart control charts; forecasting.*

The article considers modern methods and means of diagnostics, operational control and forecasting of parametric reliability of vehicles used in the armed forces. The technique of Shewhart control charts in the systems of measurement of parameters is presented.