

УДК: 629.113.004

DOI: 10.53816/23061456\_2021\_9–10\_127

## АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ И САМОРЕГУЛИРОВАНИЯ НА ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

### ANALYSIS OF THE USE OF DIAGNOSTIC SYSTEMS AND SELF-REGULATION ON MILITARY VEHICLES

*К.М. Комаров*

*K.M. Komarov*

*Вольский военный институт материального обеспечения*

Своевременное выявление наличия дефектов и повреждений в агрегатах и механизмах военной автомобильной техники является актуальной проблемой. В настоящее время существует острая необходимость применения неразрушающего метода технического диагностирования, который позволит своевременно выявлять неисправности, предупреждать отказы и сократить затраты времени и труда на обслуживание и ремонт техники. В данной статье приведены показатели, характеризующие зависимость появления неисправностей от наработки агрегатов военной автомобильной техники, составляющие эффективность применения диагностики, самодиагностики и саморегулирования. Минимальное количество неисправностей при эксплуатации техники значительно снижает затраты на техническое обслуживание и ремонт.

**Ключевые слова:** военная автомобильная техника, диагностика, самодиагностика, саморегулирование, эффективность, способ.

Timely detection of defects and damage in the units and mechanisms of military automotive equipment is an urgent problem at the present time, there is an urgent need to use a non-destructive method of technical diagnostics, which will allow timely detection of malfunctions, prevent failures and reduce the time and labor spent on maintenance and repair of equipment. This article presents the indicators that characterize the dependence of the occurrence of malfunctions on the operating time of units of military automotive equipment, which make up the effectiveness of the use of diagnostics, self-diagnosis and self-regulation. The minimum number of malfunctions during the operation of equipment significantly reduces the cost of maintenance and repair.

**Keywords:** military automotive equipment, diagnostics, self-diagnosis, self-regulation, efficiency, method.

Коэффициент полезного действия подвижного состава воинской части напрямую зависит от технического состояния военной автомобильной техники (ВАТ), её готовности качественно и безопасно выполнять задачи повседневной деятельности. При непрерывной эксплуатации нарушается регулировка систем

и механизмов ВАТ, трущиеся детали подвержены износу, изменяется значение показателей, характеризующих работоспособность изделия. К ним относят показатели, которые связаны с необходимостью разборки агрегата для проведения диагностики, что повышает трудоемкость контроля и уменьшает ресурс самого

агрегата из-за появления дополнительной приработки поверхностей.

За изменением показателей процессов, происходящих при работе транспортных средств, можно наблюдать и измерять их значения не прибегая к разборке агрегата [1]. Техническое состояние военной автомобильной техники зависит от организации диагностики и проведения технического обслуживания и ремонта (ТО и Р). При регулярной диагностике возможно определение неисправностей до наступления отказа без разрушающего воздействия, что позволяет предотвращать прогрессирующий износ деталей, своевременно устранять неисправности и снизить расходы на ТО и Р. Своевременное выявление неисправностей способствует понижению расхода топлива, снижает загрязнение окружающей среды, повышает безопасность использования, увеличивает коэффициент технической готовности парка воинской части [2].

Повышение технической готовности военной автомобильной техники воинской части достигается своевременным проведением ТО и Р на основе предварительной диагностики, но периодичность диагностики не всегда является своевременной, и ВАТ может эксплуатироваться в состоянии требующем ремонта. Это неизбежно приведет к неполному использованию ресурса транспортного средства или поломке и, как следствие, к материальным затратам.

Постоянное (встроенное) диагностирование дает большие экономические возможности [3]. Рост численности современных образцов военной автомобильной техники приводит к необходимости увеличения производительности и совершенствования имеющегося диагностического оборудования.

Использование регулируемых систем самодиагностики повысит уровень надежности подвижного состава воинской части, понизит трудовые и материальные затраты на проведение ТО и Р, а также уменьшит потребность в диагностическом оборудовании на пунктах технического обслуживания и ремонта (ПТОР).

Есть несколько способов контроля с дальнейшим восстановлением технического состояния агрегатов ВАТ с применением [4]:

– внешних приспособлений для диагностики с дальнейшим проведением ТО и Р;

– встроенных систем диагностирования с датчиками на агрегатах ВАТ с дальнейшим проведением ТО и Р;

– систем бортового контроля с дальнейшим проведением ТО и Р;

– саморегулирующих приспособлений с дальнейшим проведением ремонта.

Первые два способа зависят от периодичности технического обслуживания военной автомобильной техники.

Осуществление ТО по технико-экономическому методу подразумевает минимум затрат на поддержание и восстановление исправного состояния ВАТ с учетом диагностики:

$$S_{\text{ТОР}} = \sum_{i=1}^r S_{\text{ТО}i} + \sum_{i=1}^r S_{\text{Р}i} + \sum_{i=1}^r S_{\text{Д}i} \rightarrow \min,$$

где  $S_{\text{ТОР}}$  — суммарные затраты на ТО и ремонт  $r$  агрегатов, включенных в перечень ступени ТО для первых двух способов;

$r$  — общее количество агрегатов;

$S_{\text{ТО}i}$  — затраты на ТО  $i$ -го агрегата;

$S_{\text{Р}i}$  — затраты на ремонт  $i$ -го агрегата;

$S_{\text{Д}i}$  — затраты на диагностику.

Однако общая оптимальная периодичность ТО нескольких агрегатов может не совпасть с оптимальной периодичностью ТО одного конкретного агрегата согласно перечня. Соответствие затрат на ТО удельным затратам на конкретный агрегат, при его оптимальной периодичности, и будут являться минимальными. Значит обслуживание агрегата с групповой периодичностью повлечет за собой увеличение минимальных затрат на техническое обслуживание с учетом диагностики и коэффициента повторения выполнения операций:

$$\Delta S_i = K(S_i(G_{0\Sigma}) - S_{i\min}) + S_{\text{Д}i},$$

где  $S_i(G_{0\Sigma})$  — затраты на ТО агрегата при оптимальной периодичности;

$G_{0\Sigma}$  — групповая периодичность ТО агрегата;

$S_{i\min}$  — минимальные затраты агрегата;

$K$  — коэффициент повторения выполнения операций.

Итак, минимальные затраты на ТО агрегатов при групповой периодичности будут выше, чем затраты на ТО конкретного агрегата с оптимальной для него периодичностью и величиной

изменения суммарных затрат по всем агрегатам перечня, которые определяются из выражения:

$$\Delta S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^r \Delta S_i.$$

Величина изменения суммарных затрат по всем агрегатам перечня возникает из-за изменения затрат конкретных агрегатов в перечне. Увеличение затрат на ТО одного из агрегатов компенсируется уменьшением затрат на ТО другого агрегата. Конечно, эти изменения должны быть минимальными. Для выполнения группы операций ТО выбирается периодичность, которая соответствует минимальным суммарным затратам по всем агрегатам ВАТ.

$$\sum_{i=1}^r \Delta S_i(G_{0\Sigma}) \rightarrow \min.$$

Эффективное применение первых двух способов соответствует зависимости затрат от периодичности диагностики рассматриваемого агрегата военной автомобильной техники. Минимальное значение этой зависимости и даёт оптимальную периодичность диагностики с минимальными затратами на эксплуатацию, диагностику и ремонт агрегата.

Зависимость затрат на диагностику агрегата первым способом, его ремонт и простой в пункте технического обслуживания и ремонта (ПТОР), в зависимости от периодичности диагностики на тысячу километров пробега, имеет вид функции:

$$N_1(l) = \left[ \begin{aligned} & (S_{\text{ТО}i} + S_i(l_{0\Sigma})) \cdot \text{ТС}_{\text{ТО}}(l) + S_{\text{Р}i} \times \\ & \times \text{ТС}_{\text{Р}}(l) + \text{Ч} \cdot (t_{d1} + t_{\text{ТО}} \cdot \text{ТС}_{\text{ТО}}(l) + t_{\text{Р}} \cdot \text{ТС}_{\text{Р}}(l)) \end{aligned} \right],$$

где Ч — производительность одного транспортного средства за один час эксплуатации;

$\text{ТС}_{\text{ТО}}(l)$  — транспортные средства (ТС), на которых будет выполнено ТО при пробеге  $l$ ;

$\text{ТС}_{\text{Р}}(l)$  — транспортные средства, на которых будет выполнен текущий ремонт (ТР) при пробеге  $l$ ;

$t_{d1}$  — время диагностики одного ТС;

$t_{\text{ТО}}$  и  $t_{\text{Р}}$  — время, отведенное на ТО и Р агрегата ТС.

Для второго способа диагностики функция затрат имеет вид:

$$N_2(l) = [S_{\text{ТО}i} + S_i(l_{0\Sigma})] \cdot \text{ТС}_{\text{ТО}}(l) + S_{\text{Р}i} \times \\ \times \text{ТС}_{\text{Р}}(l) + \text{Ч} \cdot (t_{d2} + t_{\text{ТО}} \cdot \text{ТС}_{\text{ТО}}(l) + t_{\text{Р}} \times \\ \times \text{ТС}_{\text{Р}}(l)) + l \cdot S_{\text{СВД}} / T_{\text{СВД}},$$

где  $t_{d2}$  — время на диагностику агрегата с применением системы встроенного диагностирования (датчиков);

$S_{\text{СВД}}$  и  $T_{\text{СВД}}$  — суммы затрат на систему встроенного диагностирования (датчики) и срок службы системы встроенного диагностирования рассматриваемого агрегата; все остальные обозначения аналогичны обозначениям для первой функции.

Во многих гражданских автотранспортных предприятиях в настоящее время подвижной состав оснащается встроенными и бортовыми системами диагностики в режиме реального времени, но при этом никто не отменяет и традиционные средства внешней диагностики [5–10]. Предлагается внедрить в конструкцию военной автомобильной техники датчики, считывающие информацию о состоянии агрегатов без проведения разборочных работ, установить диагностические параметры, определить, какие из них нужно контролировать встроенными (бортовыми) системами, какие внешними средствами технической диагностики, и выяснить какие элементы должны подвергаться саморегулированию.

При самодиагностике периодичность ТО является динамической величиной и будет зависеть от момента достижения узлом (агрегатом) ВАТ допустимого значения состояния, а в системах саморегулирования элемент обслуживания отсутствует. Основное преимущество данных систем заключается в значительном снижении затрат на ТО и Р военной автомобильной техники и увеличение ресурса агрегатов.

Технико-экономический метод определяет такую периодичность ТО, согласно перечню операций, которой потребуются минимум затрат на поддержание элементов ВАТ в работоспособном состоянии, с учетом затрат на ТО и Р бортовых систем контроля:

$$S_{\Sigma 3} = \sum_{i=1}^r S_{\text{ТО}i} + \sum_{i=1}^r S_{\text{Р}i} + \sum_{i=1}^r S_{\text{СВД}i} \rightarrow \min,$$

где  $S_{\Sigma 3}$  — суммарные затраты на техническое обслуживание  $r$  элементов, включенных в перечень технического обслуживания;

$S_{\text{свд}}$  — затраты на техническое обслуживание встроенной (бортовой) системы контроля.

При самодиагностике суммарные затраты окажутся выше минимальных затрат и затрат на обслуживание системы встроенного контроля, на величину изменения затрат элемента при оптимальной периодичности обслуживания этого элемента.

Выведем выражение изменения суммарных затрат по всем элементам перечня ТО:

$$\Delta S_{\Sigma 3} = \sum_{i=1}^{r-h} \Delta S_i + \sum_{i=1}^h \Delta S_i,$$

где  $h$  — число элементов с периодичностью приближенной к оптимальной.

Для третьего способа, как и для первых двух, увеличение затрат одного элемента компенсируется снижением суммарных затрат другого элемента, а периодичность ТО для группы операций должна соответствовать минимальным суммарным затратам по всем элементам перечня.

Затраты по третьему способу самодиагностики определяются по формуле:

$$S_3 = T_{\text{свд}} \cdot S_{\text{свд}} + S_{\text{ТО}} + S_p \cdot W \cdot t_{\text{ТО}},$$

где  $T_{\text{свд}}$  — срок службы системы встроенного диагностирования;

$S_{\text{свд}}$  — затраты системы встроенного диагностирования;

$S_{\text{ТО}}$  — затраты на ТО агрегатов ВАТ;

$S_p$  — затраты на ремонт агрегатов ВАТ;

$W$  — агрегаты ВАТ, для которых будет произведен текущий ремонт.

Использование системы самодиагностики увеличивает потенциал эксплуатационной надежности подвижного состава воинской части, снижает материальные и трудовые затраты на ТО и Р военной автомобильной техники, уменьшает потребность в лишнем диагностическом оборудовании.

Для элементов ВАТ, которые подвергаются саморегулировке затраты определяются по формуле:

$$S_4 = T_{\text{св}} \cdot S_{\text{св}} + S_{\text{ТО}} + S_p \cdot W \cdot t_{\text{ТО}},$$

где  $T_{\text{св}}$  — срок службы системы саморегулировки;

$S_{\text{св}}$  — затраты на систему саморегулировки;

$S_{\text{ТО}}$  — затраты на ТО системы саморегулировки агрегата за срок его службы;

$S_p$  — затраты на ремонт агрегатов ВАТ.

В этом случае исключены затраты на ТО элементов подвергшихся саморегулировке.

Таким образом, получив минимальный показатель одного из четырех полученных значений для описанных способов выявляется наиболее целесообразный вариант диагностики, самодиагностики или саморегулирования агрегатов военной автомобильной техники.

## Литература

1. Комаров К.М. Оптимизация системы технического обеспечения ВАТ при использовании встроенного диагностирования / К.М. Комаров // Международный научный журнал «Молодой ученый» № 51 (341). Декабрь 2020. С. 46–49.
2. Храпов Ю.Н. Диагностика современного автомобиля / Ю.Н. Храпов, И.А. Успенский, Г.Д. Кокорев, С.Д. Полищук, М.Ю. Костенко, А.В. Шимякин, И.А. Юхин, С.В. Колупаев, П.С. Синицин // Политематический сетевой электронный научный журнал «Воронежский научно-технический вестник». № 1 (19). Март 2017. 19 государственного аграрного университета. 2016. № 118. С. 1001–1025.
3. Ференец А.В. Интеллектуальные системы диагностики автомобиля на основе современных мировых стандартов / А.В. Ференец, А.А. Шевченко, С.В. Плетнев, В.С. Анпилов // Вестник НЦБЖД. 2016. № 1. С. 73–78.
4. Мастепян Н.А. Корректирование периодичности технического обслуживания автомобилей технико-экономическим методом / Н.А. Мастепян, Г.В. Краморенко, Б.С. Клейнер // Техническая эксплуатация автомобилей: Сб. научн. тр. — М.: МАДИ. 1980. С. 4–8.
5. Ляндэнбургский В.В. Модифицированный технико-экономический метод технического обслуживания автомобилей / В.В. Ляндэнбургский, А.И. Тарасов // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса. Материалы II международной научно-производственной конференции. — Пенза. 2009. С. 147–150.

6. Ляндэнбургский В.В. Встроенная система диагностирования автомобилей с дизельным двигателем / В.В. Ляндэнбургский, Ю.В. Родионов, С.А. Кривобок // Автотранспортное предприятие. 2012. № 11. С. 45–48.

7. Ляндэнбургский В.В. Совершенствование процесса диагностирования топливной системы дизельного двигателя / В.В. Ляндэнбургский, А.С. Иванов // Мир транспорта и технологических машин. 2012. № 3. С. 57–61.

8. Ляндэнбургский В.В. Виртуальное диагностирование топливной системы дизельного двигателя / В.В. Ляндэнбургский, А.С. Иванов, Е.В. Кравченко // Мир транспорта и технологических машин. 2012. № 4 (39). С. 3–8.

9. Родионов Ю.В. Морфологический анализ методов поиска неисправностей транспортных средств / Ю.В. Родионов, С.А. Кривобок, П.А. Мнекин // Интернет-журнал Науковедение. 2012. № 4 (13). 84 с.

10. Проскурин А.И. Коэффициент издержек вероятностно-логического метода поиска неисправностей / А.И. Проскурин, Л.А. Рыбакова // Интернет-журнал «Науковедение». 2013. № 3 (18). 35 с.

### References

1. Komarov K.M. Optimization technical support Wat when using the built-in diagnostics // international scientific journal «Young scientist» № 51 (341). December 2020. P. 46–49.

2. Khrapov Yu. N. Diagnostics of a modern car / Yu.N. Khrapov, I.A. Uspensky, G.D. Kokorev, S.D. Polishchuk, M.Yu. Kostenko, A.V. Shimyakin, I.A. Yukhin, S.V. Kolupaev, P.S. Sinitsin // Polythematic network electronic scientific journal «Voronezh Scientific and Technical». Bulletin № 1 (19). March 2017. 19 of the State Agrarian University. 2016. № 118. P. 1001–1025.

3. Ferenets A.V. Intelligent system car diagnostic on the basis of modern international standards / A.V. Ferenec, A.A. Shevchenko, S.V. Pletnev, V.S. Anpilogov // Vestnik NTSBGD. 2016. № 1. P. 73–78.

4. Mastepyan N.A. Adjustment of the frequency of vehicle maintenance feasibility method / N.A. Mastepyan, year Kramorenko, B.S. Kleiner // maintenance of vehicles: Sat. scientific. Tr. — M.: MADI. 1980. P. 4–8.

5. Lyandenbursky V.V. A Modified techno-economic method of vehicle maintenance / V.V. Lyandenbursky, A.I. Tarasov // the Perspective directions of development of motor transport. Materials of the II International Scientific and Production Conference. — Penza. 2009. P. 147–150.

6. Lyandenbursky V.V. Built-in system for diagnosing cars with a diesel engine / V.V. Lyandenbursky, Yu.V. Rodionov, S.A. Krivobok // Avtotransportnoe predprinimatel'stvo. 2012. № 11. P. 45–48.

7. Lyandenbursky V.V. improvement of the process of diagnosing a fuel system for diesel engine / V.V. Lyandenbursky, A.S. Ivanov // the world of transport and technological machines. 2012. № 3. P. 57–61.

8. Lyandenbursky V.V. Virtual diagnosis of the fuel system for diesel engine / V.V. Lyandenbursky, A.S. Ivanov, E.V. Kravchenko // The world of transport and technological machines. 2012. № 4 (39). P. 3–8.

9. Rodionov Yu.V. Morphological analysis of methods for troubleshooting vehicles / Yu.V. Rodionov, S.A. Krivobok, P.A. Mnekin // Online journal of Science Studies. 2012. № 4 (13). 84 p.

10. Proskurin A.I. The cost coefficient of the probabilistic-logical method of fault finding / A.I. Proskurin, L.A. Rybakova // Internet-journal «Naukovedenie». 2013. № 3 (18). 35 p.