

**Концепция обеспечения готовности
многофункциональной технической системы
к применению по назначению на основе формирования
индивидуальных моделей технического состояния
ее составных частей**

© Д.Г. Зеркин¹, К.А. Цыбакин², Е.А. Шибанов³

¹Российский университет транспорта, Москва, 127994, Россия

²АО «Корпорация «Московский институт теплотехники», Москва, 127273, Россия

³4371 Военное представительство МО РФ, Москва, 127273, Россия

Применяемая в Вооруженных силах Российской Федерации планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта вооружения на сегодняшний день не в полной мере соответствует современному уровню технологичности новых многофункциональных технических систем, поступающих на вооружение. Данная система технического обслуживания и ремонта позволяет оценить техническое состояние многофункциональных технических систем с установленным уровнем диагностики, но не дает возможности спрогнозировать их техническое состояние в ближайшей и среднесрочной перспективе. В силу этих обстоятельств отсутствует в полном объеме информация о фактическом техническом состоянии многофункциональных технических систем, что повышает риск их нахождения в неработоспособном состоянии в момент применения по назначению. Кроме того, невозможность спрогнозировать работоспособность многофункциональных технических систем не позволяет своевременно выявлять и предупреждать возникающие отказы и неисправности, что приводит к неплановым потерям готовности, снижая коэффициент готовности, и, как следствие, к значительным затратам на проведение восстановительных и профилактических эксплуатационных мероприятий. Анализ технического состояния многофункциональных технических систем показывает, что при существующей планово-предупредительной системе технического обслуживания и ремонта становится все сложнее обеспечить заданные эксплуатационно-технические характеристики на требуемом уровне. Разработка и внедрение в конструкцию встроенных автоматизированных систем контроля и диагностики позволяет получить численные значения параметров технического состояния многофункциональных технических систем в режиме реального времени, объективно оценить их фактическое техническое состояние и спрогнозировать техническое состояние на определенный период эксплуатации. Эти обстоятельства объективно требуют постановки вопроса об усовершенствовании существующей планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта и разработки индивидуальной системы поддержания готовности многофункциональных технических систем к применению по назначению. В этой статье представлены концептуальные основы обеспечения готовности многофункциональной технической системы к применению по назначению, основанные на индивидуальном подходе к оценке технического состояния ее составных частей и организации адаптивно-ситуационного управления процессом поддержания установленной готовности. В основу предлагаемого подхода заложена методика формирования индивидуальной модели технического состояния многофункциональной технической системы, оценки и прогноза ее технического состояния,

а также корректировки программы поддержания готовности на основе адаптивно-ситуационного управления. Предлагаемый подход позволяет обеспечить требуемый уровень готовности и надежности многофункциональных технических систем, функционирующих в динамически изменяемой среде.

Ключевые слова: многофункциональная техническая система, программа поддержания готовности, адаптивно-ситуационное управление, трубка траекторий

Введение. Эффективность применения многофункциональной технической системы (МТС) по назначению во многом зависит от ее технического состояния. Под МТС понимается техническая система, обеспечивающая выполнение двух и более функций и состоящая из нескольких функционально зависимых подсистем. Под техническим состоянием МТС понимается совокупность свойств составных частей МТС, изменяющихся при их эксплуатации и ремонте, характеризующаяся качественными признаками, установленными в эксплуатационной и ремонтной документации [1]. Необходимое техническое состояние большинства МТС, эксплуатируемых в Вооруженных силах Российской Федерации, обеспечивается планово-предупредительной системой технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Одной из важнейших задач, решаемых в процессе поддержания готовности МТС к применению, является обеспечение соответствия ее эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ) требуемым значениям, заданным при создании МТС. В последние годы в связи с необходимостью модернизации существующих МТС и разработкой перспективных МТС, усложнением их конструкции и повышением требований к безопасности их эксплуатации заметно увеличиваются продолжительность плановых видов технического обслуживания, а также затраты на проведение технического обслуживания и ремонта. Анализ процесса обеспечения требуемых ЭТХ МТС показывает, что при существующей системе поддержания технического состояния становится все сложнее обеспечить заданные характеристики на требуемом уровне, в связи с чем возросла вероятность наличия скрытых неисправностей и отказов. Реализация новых принципов конструирования МТС и современный уровень их технологичности предусматривают внедрение в конструкцию встроенных автоматизированных систем контроля технического состояния, что объективно требует усовершенствования существующей планово-предупредительной системы ТОиР.

Цель данной работы — разработка концептуальных основ системы ТОиР для обеспечения готовности МТС к применению на основе оценки индивидуальных параметрических показателей технического состояния ее составных частей.

Концепция системы поддержания готовности МТС. Совершенство системы ТОиР определяется степенью взаимодействия меж-

ду объективно существующим процессом изменения технического состояния объекта и процессом его поддержания, предназначенного для обеспечения надежности и готовности объекта к выполнению задач по назначению. Существующая планово-предупредительная система ТОиР обеспечивает слабое взаимодействие между указанными процессами для поддержания требуемого уровня надежности современных МТС и эффективности их использования. Объем технического обслуживания при планово-предупредительной системе ТОиР определяется инструкциями и не учитывает фактическое состояние МТС и, соответственно, может быть или избыточным на момент начала технического обслуживания, или несвоевременным (МТС (или ее составные части) находилась в неисправном состоянии, и ее показатели не обеспечивали требуемую готовность к выполнению задач по назначению). При избыточности (наличии резерва) МТС такой подход к поддержанию ее готовности был бы вполне допустим, но с учетом ограничений, определенных современными требованиями, цена технической готовности МТС к применению по назначению значительно возросла.

Определить техническое состояние объекта — это значит выяснить, обладает ли он набором требуемых свойств, обеспечивающих пригодность его к применению и правильность выполнения им своих функций, а если не обладает — то по какой причине. В настоящее время оценка технического состояния МТС осуществляется по небольшому количеству постоянно контролируемых параметров во время функционирования по назначению и при проведении плановых видов технического обслуживания. Основой такой оценки является анализ показателей надежности совокупности однотипных МТС за определенный период времени.

Оценка технического состояния по показателям надежности практически позволяет фиксировать лишь неисправности (отказы) и их количество, а затем по набранной статистике неисправностей и отказов вычислить показатели надежности. Такая оценка является рациональной только для группы однотипных МТС, характеризующейся избыточностью состава, после проведения ресурсных испытаний или технического обслуживания. Знание уровня показателей надежности этих МТС еще не позволяет объективно оценить их фактическое техническое состояние. Значения показателей надежности определяются по статистике отказов и неисправностей за несколько лет эксплуатации и не отражают текущее состояние, поэтому результаты такого расчета обесцениваются. Следует отметить, что отсутствие в полном объеме информации о фактическом техническом состоянии МТС повышает риск ее нахождения в неработоспособном состоянии в момент применения по назначению. Поэтому существует настоятельная необходимость исследования и разработки других более перспективных методов

обеспечения готовности МТС к применению по назначению с заданной эффективностью, основанных на оценке фактического технического состояния, которые учитывали бы функциональные связи отдельных систем, условия их эксплуатации и т. п.

Концептуально данные исследования основываются на гипотезе, что у всех однотипных МТС их фактическое техническое состояние имеет индивидуальные особенности, которые обусловлены как условиями функционирования МТС, так и режимами их эксплуатации и применения. С учетом этого потребуется переход от оценки технического состояния по принципу оценки надежности и организации поддержания готовности МТС на основе планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) к параметрической оценке технического состояния, выработки индивидуальной системы поддержания готовности к применению по назначению (рис. 1).

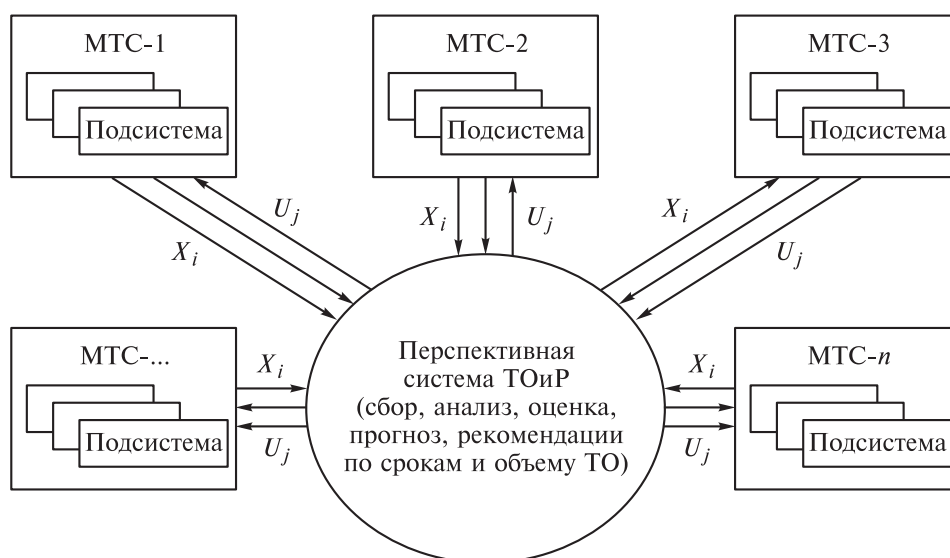


Рис. 1. Концепция системы поддержания готовности МТС, учитывающая индивидуальные особенности ее составных частей

Перспективная система ТОиР должна проводить оценку текущего технического состояния МТС на основе технического диагностирования путем встроенного контроля и получения числовых значений контролируемых параметров X_i (см. рис. 1), характеризующих техническое состояние и готовность МТС к применению по назначению. Обработанные по определенному алгоритму значения множества параметров позволят объективно оценить фактическое техническое состояние, а при наличии определенного периода предыстории — спрогнозировать состояние на определенный период эксплуатации МТС и выработать управленческое воздействие U_j (см. рис. 1) по поддержанию готовности к применению по назначению.

Конечно, такая система для ее полной реализации потребует детальной параметрической оценки технического состояния МТС и отработки системы технического диагностирования. Поэтому вполне допустимо, что вследствие развития и формирования эта система поддержания готовности на первом этапе вполне может быть комбинированной: планово-предупредительная и индивидуальная.

Реализовать перспективную систему поддержания требуемого технического состояния, учитывающую индивидуальное фактическое техническое состояние МТС, возможно на основе формирования математической модели текущего технического состояния каждой ее составной части и принятия управленческих решений по поддержанию необходимого технического состояния на основе адаптивно-ситуационного управления [2].

Концепция организации управления техническим состоянием МТС на основе оценки индивидуальных параметрических показателей. Все это обуславливает необходимость разработки специфических методов и алгоритмов, направленных на оценку степени выполнения поставленных задач применения МТС по назначению. Анализ функционирования автоматизированных систем показал, что такую задачу можно решить на основе принципов искусственного интеллекта (ИИ). К таким принципам можно отнести обработку данных, адаптивность, реагирование, дальновидность [3].

Формирование математической модели индивидуального технического состояния МТС происходит в пять этапов:

этап 1 — формирование перечня и классификация показателей, которыми характеризуется техническое состояние МТС (показатели, непосредственно влияющие на выполнение основного режима применения по назначению, и показатели, обеспечивающие выполнение данного режима);

этап 2 — определение критического уровня данных показателей, характеризующих переход МТС в неработоспособное состояние;

этап 3 — формирование первичной математической модели МТС на основе анализа структурной схемы;

этап 4 — уточнение первичной математической модели путем статистического анализа полученных параметрических данных при испытаниях (отработке) МТС;

этап 5 — корректировка модели функционирования МТС с помощью параметрического контроля ее состояния в ходе поддержания готовности к применению и применения по назначению.

Данная модель может быть представлена в виде системы уравнений или обобщенного уравнения, но в любом случае она должна содержать как сами контролируемые параметры, так и показатели скорости и ускорения их изменения:

$$Y(t) = f\{k_i(t)x_{ij}(t); g_j(t)x'_{ij}(t); d_j(t)x''_{ij}(t)\}, \quad (1)$$

где $Y(t)$ — результирующий показатель функционирования МТС — зависимая характеристика; k_i — коэффициенты, характеризующие степень влияния показателя $x_{ij}(t)$ на результирующий показатель МТС в процессе функционирования; $x_{ij}(t)$ — i -й параметрический показатель функционирования подсистемы в j -й МТС; $x'_{ij}(t)$ — скорость изменения параметрического показателя $x_{ij}(t)$ функционирования подсистемы в j -й МТС; $g_j(t)$ — коэффициенты, характеризующие степень влияния показателя $x'_{ij}(t)$ на результирующий показатель МТС в процессе функционирования; $x''_{ij}(t)$ — ускорение изменения параметрического показателя $x_{ij}(t)$ функционирования подсистемы в j -й МТС; $d_j(t)$ — коэффициенты, характеризующие степень влияния показателя $x''_{ij}(t)$ на результирующий показатель МТС в процессе функционирования.

Адаптивно-ситуационное управление системой поддержания готовности МТС к применению основано на принципе управления по результату [4], оно требует постоянного анализа и оценки математической модели состояния МТС — результирующего параметра с точки зрения его положения относительно критических значений и оценки риска войти в зону неработоспособного состояния — зону высокого риска (рис. 2).

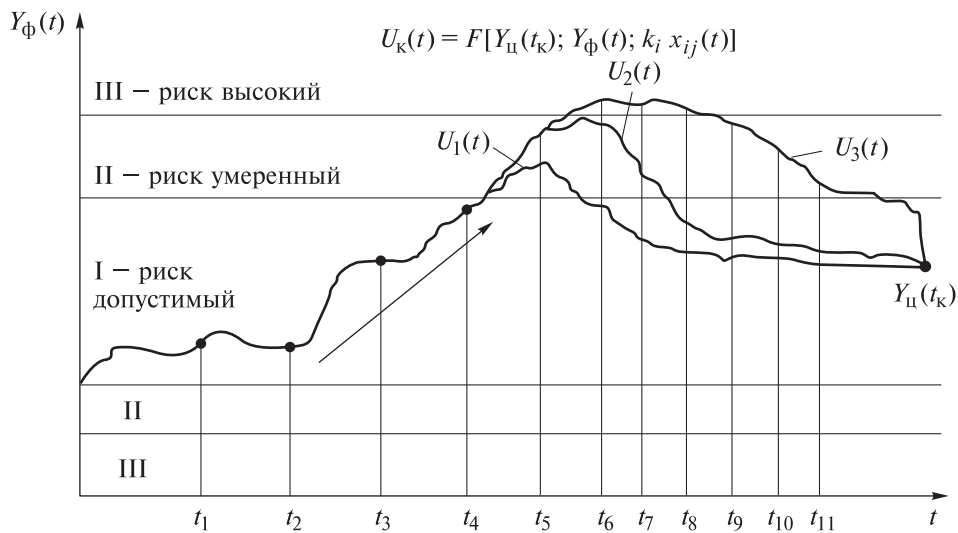


Рис. 2. Структура формирования управления состоянием МТС с учетом уровня риска

Формирование управления $U_k(t)$ зависит от требуемого $Y_{ц}(t_k)$, фактического уровня показателя технического состояния МТС $Y_{ф}(t)$, и прогноза его изменения $k_i x_{ij}(t)$. Принятие управленческого решения

должно основываться на прогнозе и уровне приемлемого риска [5] изменения контролируемого показателя. Выработанное управленческое решение ($U_1(t)$ или $U_2(t)$) позволит избежать перехода МТС в неработоспособное состояние, когда требуется проведение определенного объема ремонтных работ $U_3(t)$. Уйти от решения, связанного с риском, может означать излишнюю перестраховку, но и идти на высокий уровень риска — это сознательно согласиться с возможностью возникновения больших потерь. В процессе анализа альтернативных решений проводится оценка степени риска. Она включает установление допустимого уровня риска (количественного значения), прогноз вероятности наступления события, а также его последствий.

Анализ динамики изменения окружающей среды функционирования МТС и возникающих последствий все чаще приводит к вопросу о том, способны ли системы адаптироваться к этим изменениям с учетом требуемого результата и степени допустимого риска для управленца [6].

Одна из таких форм адаптации заключается в формировании адаптивно-ситуационных траекторий управления, которые направлены на достижение требуемого результата — управление по принципу гибкой траектории [7]. Совокупность таких возможных траекторий формируют трубку достижения требуемого результата — управление по гибкой траектории (рис. 3).

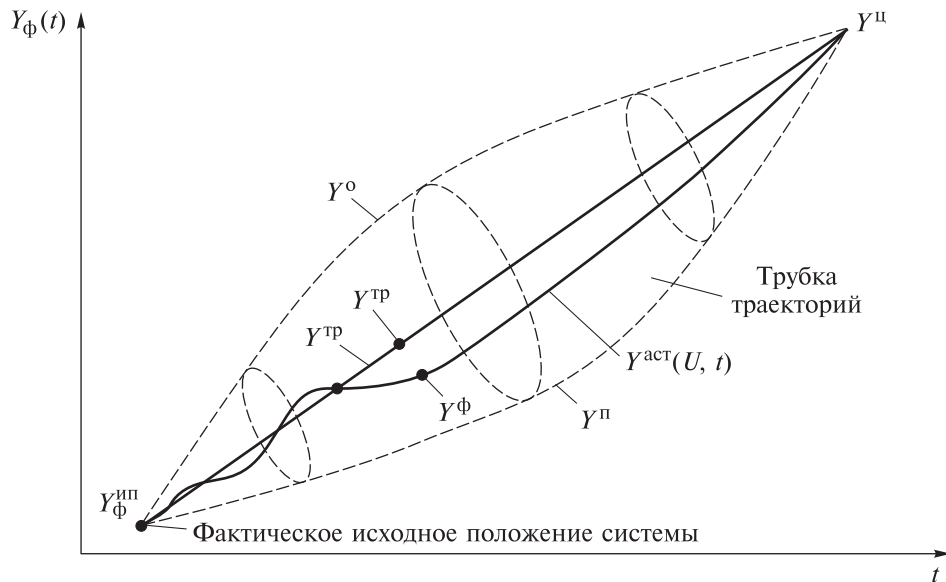


Рис. 3. Управление техническим состоянием по гибкой траектории

При таком подходе к процессу управления (см. рис. 3) должны быть объективно определены исходное положение системы $Y_{\phi}^{\text{инп}}$ и

требуемый результат деятельности (достижение цели) $Y^н$, а также сформированы границы трубки траекторий: оптимистическая траектория достижения результата $Y^о$, пессимистическая, учитывающая допустимый уровень риска, $Y^п$, и требуемая — опорная траектория, учитывающая рациональный сценарий развития событий, $Y^{тр}$. В ходе функционирования МТС при получении промежуточного результата в виде неравенства $Y^ф \neq Y^{тр}$ формируется адаптивно-ситуационная траектория Y^{act} . Дальнейшая реализация плана поддержания установленной готовности предполагает не возвращение к опорной траектории $Y^{тр}$, а определение новой, в пределах трубки траекторий, результатом которой будет достижение запланированной цели $Y^н$.

Управление такого типа требует составления и решения функционального уравнения (1), и оно может быть реализовано в схеме управления системой поддержания готовности МТС к применению по назначению, характеризующейся системой контролируемых показателей и отражающей потребность адаптивно-ситуационного аспекта. Особенностью такого метода является то, что управление осуществляется на основе реализации адаптивно-ситуационной траектории Y^{act} с учетом ресурсных ограничений и сложившихся условий ее создания. Для реализации такого подхода требуется проведение контроля текущего состояния МТС и прогнозирование достижения запланированного результата $Y^н$.

Следовательно, управление заключается в формировании и оказании управленческих воздействий на МТС с учетом изменяющихся условий функционирования для ее перевода в состояние, определяемое способностью достижения поставленной цели с учетом допустимого уровня риска [8, 9].

Предложенный подход может послужить основой для повышения адаптивности технических систем, функционирующих в динамически изменяемой среде [10]. Функциональный аспект описания системы поддержания готовности МТС проявляется прежде всего в том, что свое назначение в процессе функционирования система выполняет посредством соответствующего преобразования входных воздействий в выходной результат с учетом влияния возмущающих факторов различной природы.

Заключение. Таким образом, для формирования перспективной системы ТОиР МТС с целью обеспечения ее готовности к применению по назначению с заданной эффективностью на основе индивидуальных показателей составных частей системы необходимо:

1) сформировать по каждой МТС систему показателей, в которой одна группа будет состоять из показателей, влияющих непосредственно на выполнение задачи по назначению, а другая — из показателей, обеспечивающих готовность МТС к выполнению данной задачи;

2) определить зону допустимых значений каждого из показателей по данным группам, которая характеризует область работоспособного состояния МТС;

3) обеспечить технологическую возможность встроенного контроля ЭТХ МТС;

4) на основе структурной схемы и установленного параметрического контроля технического состояния МТС сформировать первичную математическую модель и требования к системе поддержания готовности МТС к применению по назначению;

5) в ходе экспериментальной отработки образца МТС и опытной эксплуатации выполнить, учитывая полученные значения контролируемых параметров, уточнение математической модели и сформировать выходные требования к системе поддержания готовности к применению по назначению;

6) ввести данные по индивидуальной математической модели МТС в структурную схему искусственного интеллекта (ИИ) и организовать информационную обеспеченность его работы;

7) с учетом периодического поступления информации в ИИ по параметрическому контролю МТС обеспечить корректировку математической модели и уточнение мероприятий по системе поддержания готовности к применению.

Такая схема построения системы ТОиР позволит узнать фактическое техническое состояние МТС, обеспечить требуемую готовность и эффективность ее применения по назначению, сократить расходы на техническое обслуживание и реализовать быструю отработку (ведение) МТС до уровня, заданного при ее создании.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Рембеза А.И. *Надежность и эффективность в технике. Т. 1: Методология. Организация. Терминология*. Москва, Машиностроение, 1986, 224 с.
- [2] Труханов В.М. *Надежность технических систем*. Москва, Машиностроение-1, 2008, 585 с.
- [3] Рассел С., Норвиг П. *Искусственный интеллект. Современный подход*. Москва, Вильямс, 2006, 1408 с.
- [4] Санталайнен Т., Воутилайнен Э., Порроне П., Ниссен Й. *Управление по результату*. Москва, Прогресс, Универс, 1993, 320 с.
- [5] Alan Bundy, ed. *Artificial Intelligence Techniques*. Springer Verlag, 1997.
- [6] Эфендиев Б.А. Разработка и функционирование адаптивных систем управления организацией. *Российское предпринимательство*, 2008, т. 9, № 11, с. 21–25.
- [7] Зеркин Д.Г. Развитие теоретических основ адаптивно-ситуационного управления организацией в условиях системных изменений. *Вестник МГОУ*, 2014, № 2, с. 16–18.
- [8] Althof K.-D., Auriol E., Barlette R., Manago M. *A Review of Industrial Case-Based Reasoning Tools*. AI Intelligence, 1995.

- [9] Anand S.S., Hughes J.G., Bell D.A., Hamilton P. *Utilising Censored Neighbours in Prognostication, Workshop on Prognostic Models in Medicine*. Eds. Ameen AbuHanna and Peter Lucas, Aalborg (AIMDM'99), Denmark, 1999, pp. 15–20.
- [10] Кузьменко В.В., Гришин Д.В. Теоретические аспекты функционирования адаптивной системы управления предприятием. *Вестник СевКавГТУ. Серия «Экономика»*, 2003, № 2 (10), ISBN 5-9296-0140-2.

Статья поступила в редакцию 26.04.2021

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Зеркин Д.Г., Цыбакин К.А., Шибанов Е.А. Концепция обеспечения готовности многофункциональной технической системы к применению по назначению на основе формирования индивидуальных моделей технического состояния ее составных частей. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2021, вып. 6.

<http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2021-6-2089>

Зеркин Дмитрий Георгиевич — канд. техн. наук, доцент кафедры «Таможенное право и организация таможенной деятельности», Российский университет транспорта (РУТ). Область научных интересов: эксплуатация ракетного вооружения; управление в социальных и экономических системах; математическое моделирование, численные методы и комплексы программ; системный анализ, управление и обработка информации. e-mail: dgzerkin@mail.ru

Цыбакин Константин Анатольевич — канд. техн. наук, ведущий инженер АО «Корпорация «Московский институт теплотехники». Область научных интересов: управление эксплуатацией ракетного вооружения; надежность и эффективность в технике; методы принятия технико-экономических решений; риск-менеджмент. e-mail: kostyan_66@mail.ru

Шибанов Евгений Анатольевич — инженер 4371 Военного представительства МО РФ при АО «Корпорация «Московский институт теплотехники». Область научных интересов: разработка и испытания сложных технических систем; эксплуатация ракетного вооружения. e-mail: shiban-evg@mail.ru

The concept of operational readiness of a multifunctional technical system based on creating individual maintenance models of its components

© D.G. Zerkin¹, K.A. Tsybakin², E.A. Shibakov³

¹Russian University of Transport, Moscow, 127994, Russia

²Corporation "Moscow Institute for Heat Technology", Moscow, 127273, Russia

³4371 Military representative office of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Moscow, 127273, Russia

The scheduled preventive system of weapon maintenance and repair currently in use in the Armed Forces of the Russian Federation does not adequately correspond to the engineering level of modern multifunctional technical systems. This maintenance and repair system allows assessing the technical condition of multifunctional technical systems with the established diagnostic level, but does not allow predicting their short- and medium-term technical condition. As a result, there is a lack of complete information on the actual technical condition of multifunctional technical systems, which increases the risk of their inoperability at the time of intended use. In addition, the inability to predict the operability of multifunctional technical systems prevents timely detection and anticipation of failures and malfunctions. This leads to unplanned inoperability by reducing the alert readiness rate, and as a consequence, to significant corrective and preventive maintenance costs. Analysis of the technical conditions of multifunctional technical systems shows that the existing preventive maintenance and repair system makes it increasingly more difficult to ensure the required level of the specified operational and technical characteristics. The development and implementation of built-in automated control and diagnostic systems can provide numerical values of multifunctional technical system parameters in real time, to objectively assess their actual technical condition and predict the technical condition for a certain period of operation. These circumstances objectively raise the issue of improving the existing preventive maintenance and repair system and developing an individual system for sustaining the operational readiness of multifunctional technical systems.

This paper presents the conceptual foundations of operational readiness of a multifunctional technical system based on the individual assessment of the technical state of its components and adaptive-situational management of the readiness sustainment process. The proposed approach is based on the creation of an individual technical state model for a multifunctional technical system, assessing and predicting its technical state, and adjusting the readiness sustainment program through adaptive situational management. The proposed approach ensures the required level of readiness and reliability of multifunctional technical systems operating in a dynamically changing environment.

Keywords: multifunctional technical system; readiness sustainment program; adaptive-situational management; trajectory tube

REFERENCES

- [1] Rembeza A.I. *Nadjozhnost i effektivnost v tekhnike. T. 1: Metodologiya. Organizatsiya. Terminologiya* [Reliability and efficiency in technology. Vol. 1: Methodology. Organization. Terminology]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1986, 224 p.
- [2] Truhanov V.M. *Nadjozhnost tekhnicheskikh sistem* [Reliability of technical systems]. Moscow, Mashinostroenie-1 Publ., 2008, 585 p.

- [3] Russel S., Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 2nd ed., Pearson, 2003, 1132 p. [In Russ.: Russel S., Norvig P. *Iskusstvenny intellekt. Sovremenny podkhod*. Moscow, Vilyams Publ., 2006, 1408 p.].
- [4] Santalainen T., Voutilainen E., Porenne P., Nissenen J. *Upravlenie po rezultatu* [Management by results]. Moscow, Progress, Univers Publ., 1993, 320 p. (In Russ.).
- [5] Alan Bundy, ed. *Artificial Intelligence Techniques*. Springer Verlag, 1997, 129 p.
- [6] Efendiev B.A. *Rossiiskoe predprinimatelstvo — Russian Journal of Entrepreneurship*, 2008, vol. 9, no. 11, pp. 21–25.
- [7] Zerkin D.G. *Vestnik MGOU — Bulletin of the MRSU*, 2014, no. 2, pp. 16–18.
- [8] Althof K.-D., Auriol E., Barlette R., Manago M. *A Review of Industrial Case-Based Reasoning Tools*, AI Intelligence, 1995.
- [9] Anand S.S., Hughes J.G., Bell D.A., Hamilton P. *Utilising Censored Neighbours in Prognostication, Workshop on Prognostic Models in Medicine*. Ameen AbuHanna, Peter Lucas, eds. Aalborg (AIMDM'99), Denmark, 1999, pp. 15–20.
- [10] Kuzmenko V.V., Grishin D.V. *Vestnik SevKavGTU. Seriya «Ekonomika» — Newsletter of North-Caucasus Federal University. Economic Sciences*, 2003, no. 2 (10). ISBN 5-9296-0140-2.

Zerkin D.G., Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Organization and Legal Regulation of Customs Operations, Russian University of Transport. Research interests: missile ordnance operation, management in social and economic systems, mathematical modeling, numerical methods and software systems, system analysis, information management and processing. e-mail: dgzerkin@mail.ru

Tsybakin K.A., Cand. Sc. (Eng.), Senior Engineer, Corporation “Moscow Institute for Heat Technology”. Research interests include missile ordnance operation control; reliability and efficiency in technology; technical and economic decision making; risk management. e-mail: kostyan_66@mail.ru

Shibanov Y.A., Engineer, 4371 Military representative office of the Ministry of Defence of the Russian Federation. Research interests: development and testing of complex technical systems, missile ordnance operation. e-mail: shiban-evg@mail.ru