

УДК 62-192

Элементы интегрированной логистической поддержки

А. И. Заковряшин, П. С. Агалецкий

Рассмотрены основные вопросы интегрированной логистической поддержки изделий, показаны традиционный и современный подходы к организации технического обслуживания и ремонта сложных наукоемких изделий.

Ключевые слова: Cals-технологии, интегрированная логистическая поддержка, техническое диагностирование, техническое обслуживание и ремонт по состоянию

В настоящее время наблюдается тенденция по увеличению длительности жизненного цикла (ЖЦ) сложных наукоемких изделий. Под ЖЦ изделия понимается совокупность этапов, через которые оно проходит за время своего существования: маркетинговые исследования, составление технического задания, проектирование, технологическая подготовка производства, изготовление, поставка, эксплуатация, материально-техническое обеспечение и утилизация [1]. Для сложных наукоемких изделий затраты на послепродажное обслуживание, связанные с поддержанием изделия в работоспособном состоянии, могут быть равны или превышать затраты на приобретение. Сложность диагностирования состояния изделия, высокие требования к квалификации обслуживающего персонала, неоптимальность сроков технического обслуживания (ТО) – все это является причинами увеличения стоимости эксплуатации изделия.

К сожалению, в России проблеме послепродажного обслуживания не уделялось достаточно внимания, что привело к существенному отставанию в этом направлении. Особо остро данная проблема встала с выходом отечественных производителей на международные рынки. Иностранные заказчики предъявляют повышенные требования к организации систем послепродажного обслуживания, в связи с чем, эта задача переходит в разряд первоочередных и во многом определяет конкурентную способность отечественной продукции.

В статье рассматриваются положения, затрагивающие послепродажное обслуживание, а также рассмотрен традиционный и предложен более совершенный подходы к оценке состояния изделия на этапе эксплуатации.

CALS и интегрированная логистическая поддержка

Комплекс процессов и методов, направленных на сокращение затрат на постпроизводственных этапах ЖЦ изделия, объединяется понятием ИЛП – интегрированной логистической поддержки (Integrated Logistic Support).

Это понятие относится к числу базовых понятий концепции стратегии CALS (Continuous Acquisition and Life Cycle Support) – информационной поддержки жизненного цикла изделий. Данная стратегия подразумевает использование компьютерной техники и современных информационных технологий на всех стадиях жизненного цикла изделия, обеспечение единообразных способов управления процессами и взаимодействие всех участников этого цикла: заказчиков продукции, поставщиков/производителей продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала. Многократно возросшая за последние десятилетия сложность проектов, создание изделия с использованием его электронного описания требует обязательного перехода на автоматизированную систему формализованного управления CALS-проектами.

Согласно стандарту Министерства обороны Великобритании DEF STANDARD 00-60 [2], в состав ИЛП сложного наукоемкого изделия входят четыре основных процесса:

1. анализ логистической поддержки (АЛП);
2. планирование и управление техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР) изделия;
3. управление материально-техническим обеспечением (МТО) процессов эксплуатации и обслуживания;
4. создание электронной эксплуатационной документации (ЭЭД) и электронной ремонтной документации (ЭРД) на изделие.

На этапе логистического анализа исходная информация содержит: сведения из реализованных ранее и реализуемых в настоящее время проектов; сведения из системы эксплуатации (статистика); требования к изделиям в отношении ТО и Р.

Содержательная часть логистического анализа включает: определение показателей надежности, готовности, ремонтпригодности и пригодности к поддержке. При этом определяются требования к: размещению сменных деталей и агрегатов, подлежащих замене, номенклатуре и количеству съемных запасных частей; к вспомогательному и испытательному оборудованию, к численности и квалификации персонала, к организации хранения, транспортировки и упаковки; к системам и средствам обучения.

Перечисленные требования учитываются на этапах проектирования и эксплуатации изделия.

Процесс планирования ТОиР включает: разработку концепции ТОиР; определение требования к изделию в отношении ТОиР; разработку рекомендаций по планированию ТОиР; разработку плана ТОиР.

Разработка процедур поддержки МТО изделия предполагает: кодификацию; определение параметров начального и текущего МТО; планирование объемов закупок предметов МТО; определение потребностей и управление поставками; управление заказами и счетами.

Меры по обслуживанию изделия персоналом включают: регистрацию требований; обучение персонала и контроль знаний; разработку интерактивного электронного технического руководства.

Одним из основных факторов, определяющих долговечность и надежность изделия, а также стоимость его эксплуатации являются мероприятия по организации ТОиР.

Техническое обслуживание и ремонт РЭА

Различают несколько видов ТОиР изделия:

1. неплановое (по отказу);
2. плановое регламентированное (по наработке, по календарным периодам);
3. плановое по состоянию (по допустимому уровню параметра, с прогнозом надежности и т.д.).

Неплановое ТОиР является крайне нежелательной ситуацией, т.к. снижает способность изделия быть использованным по назначению, кроме того отказ может произойти в момент, когда проведение ТОиР невозможно.

Плановое ТОиР, выполняемое по регламенту, как правило, определяется производителем изделия. При этом могут быть установлено несколько различных интервалов проведения ТО, которые включают разный объем и виды работ. Также плановое ТОиР может проводиться в связи с различными режимами работы изделия (например, предполетное ТО самолета). Особенностью данного вида ТОиР является то, что оно не всегда учитывает конкретное состояние изделия, а также условия его эксплуатации.

Обслуживание по состоянию может быть организовано по текущему и прогнозируемому состоянию. В первом случае оценивается текущее состояние, и отыскиваются неисправные или потенциально неисправные конструктивно-съемные единицы (КСЕ) изделия. При организации ТОиР по прогнозируемому состоянию решаются следующие задачи: контроль фактического состояния, прогнозирование технического состояния по малой выборке для заданного

упрежденного значения момента времени с использованием всей имеющейся априорной и измерительной информации и, наконец, поиск потенциально дефектных КСЕ. При решении перечисленных задач используются методы и средства технической диагностики [3].

Техническое состояние объекта в некоторый момент времени (настоящий или прогнозируемый) характеризуется условиями внешней среды и результатами измерений значений параметров, установленных технической документацией на объект. Различают следующие виды технического состояния изделия [4]:

1. исправное состояния – состояние, при котором изделие соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации;
2. неисправное – состояние, при котором изделие не соответствует хотя бы одному из требований нормативно технической и (или) конструкторской документации;
3. работоспособное – состояние, при котором значения всех параметров, характеризующих способность изделия выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации;
4. неработоспособное – состояние, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

Необходимо отметить, что конкретное техническое состояние изделия иногда можно отнести сразу к нескольким видам: например, изделие может быть неисправно, но работоспособно - это означает, что хотя и не все требования к нему выполнены (например, электропитание осуществляется не в полном объеме), но изделие по прежнему способно выполнять свои основные функции (например, обработку информации).

Целью прогнозирования технического состояния объекта для заданного упрежденного момента времени, является определение временного интервала, в течение которого сохранится работоспособное состояние объекта или вероятность сохранения работоспособного состояния объекта на заданном временном отрезке.

В настоящее время существуют два подхода к решению проблемы технического диагностирования: традиционный (допусковый) подход и современный, предполагающий использование количественных оценок состояний. Рассмотрим их подробнее.

Традиционный (допусковый) подход в техническом диагностировании

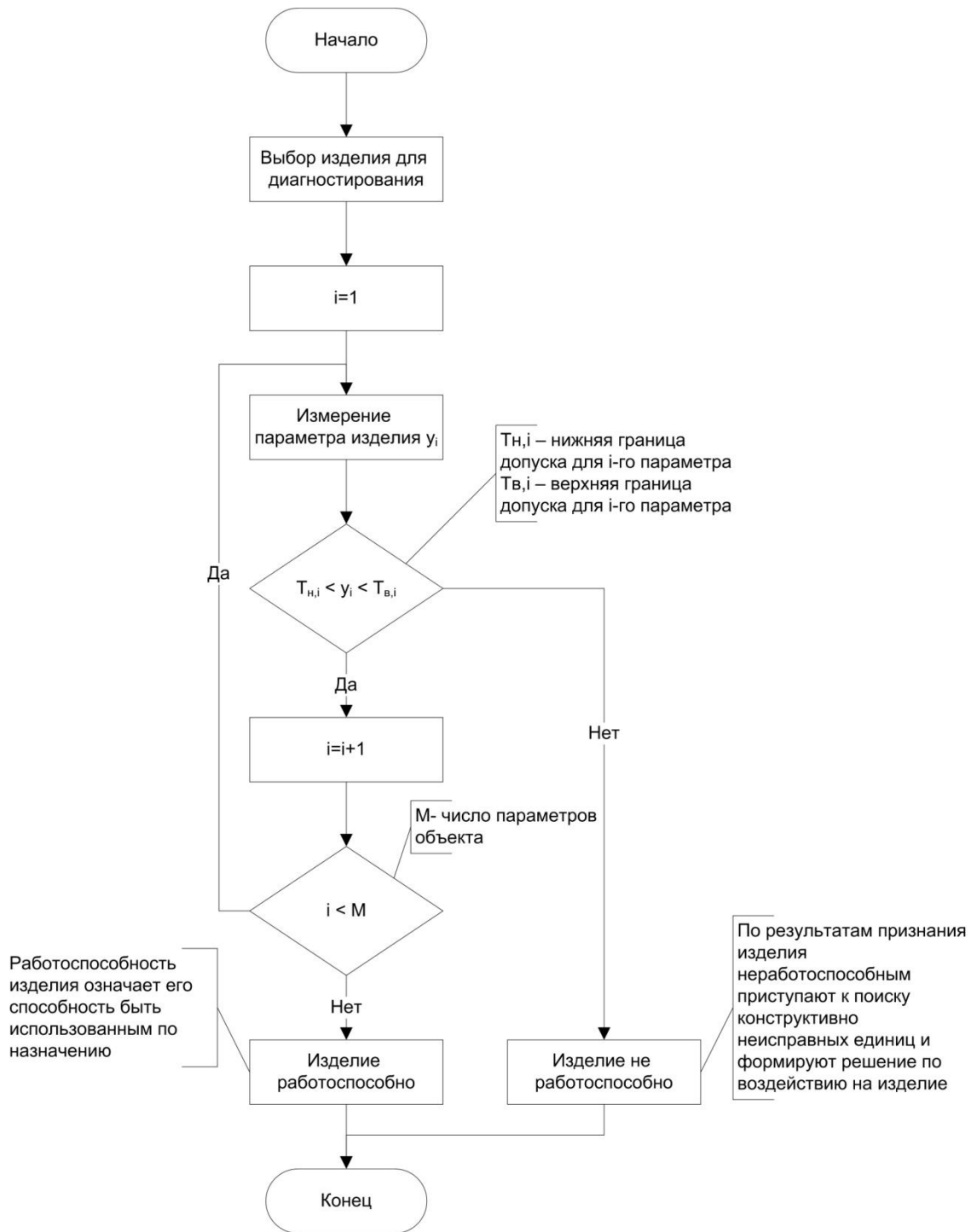


Рис. 1. Допусковый подход в техническом диагностировании

На рисунке 1 приведена схема алгоритма решения проблемы технического диагностирования при традиционном подходе. Состояние диагностируемого изделия характеризуется измеренными значениями определяющих (существенных) параметров. По каждому из них известны значения границ полей допусков $[T_{H,i}, T_{B,i}]$.

Результаты измерений $y_i, i=1, M$ сравниваются со значениями соответствующих границ полей допусков. Если измеренное значение оказалось внутри соответствующего поля допуска, то по нему принимается оценка «годен», в противном случае – «не годен». Аналогично выполняется проверка по каждому из контролируемых параметров изделия. Если все контролируемые параметры оцениваются как «годные», результатом обработки является рекомендация «целесообразно применение изделия по назначению». В противном случае при первом непопадании результата измерения в соответствующее поле допуска, объект характеризуется как «неработоспособный» и дальнейшее управление передается блоку «поиска неисправных КСЕ объекта». По результатам работы блока формируются рекомендуемые меры воздействия на объект, которые передаются в блок «система технического обслуживания и ремонта» (блоки «поиска неисправных КСЕ объекта» и «система технического обслуживания и ремонта» не показаны на рисунке 1, т.к. в некоторых случаях они могут отсутствовать, и в этом случае поиск неисправного КСЕ производится эксплуатационным персоналом).

Особенностью описанного решения проблемы диагностирования является разделение множества всех состояний объекта на два непересекающихся подмножества «годных» и «не годных». Математическая модель состояния использует функцию принадлежности с четким переходом между состояниями «работоспособен» и «неработоспособен» (рисунок 2). Очевидно, что в рассмотренной оценке реализован критерий принадлежности.

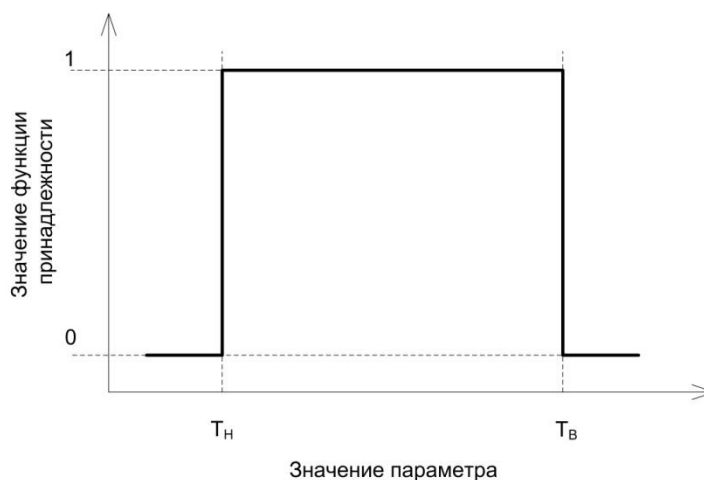


Рис. 2. Ступенчатая функция принадлежности

Недостатком такого подхода является то, что система диагностирования не способна распознать приближение объекта к неработоспособному состоянию при приближении одного или нескольких параметров к границам полей допусков. Соответственно, становится невозможным прогнозирование состояния объекта на упрежденные моменты времени.

Достоинством традиционного подхода являются его относительная простота реализации и общая скорость работы даже при большом числе оцениваемых параметров.

Современный подход в техническом диагностировании

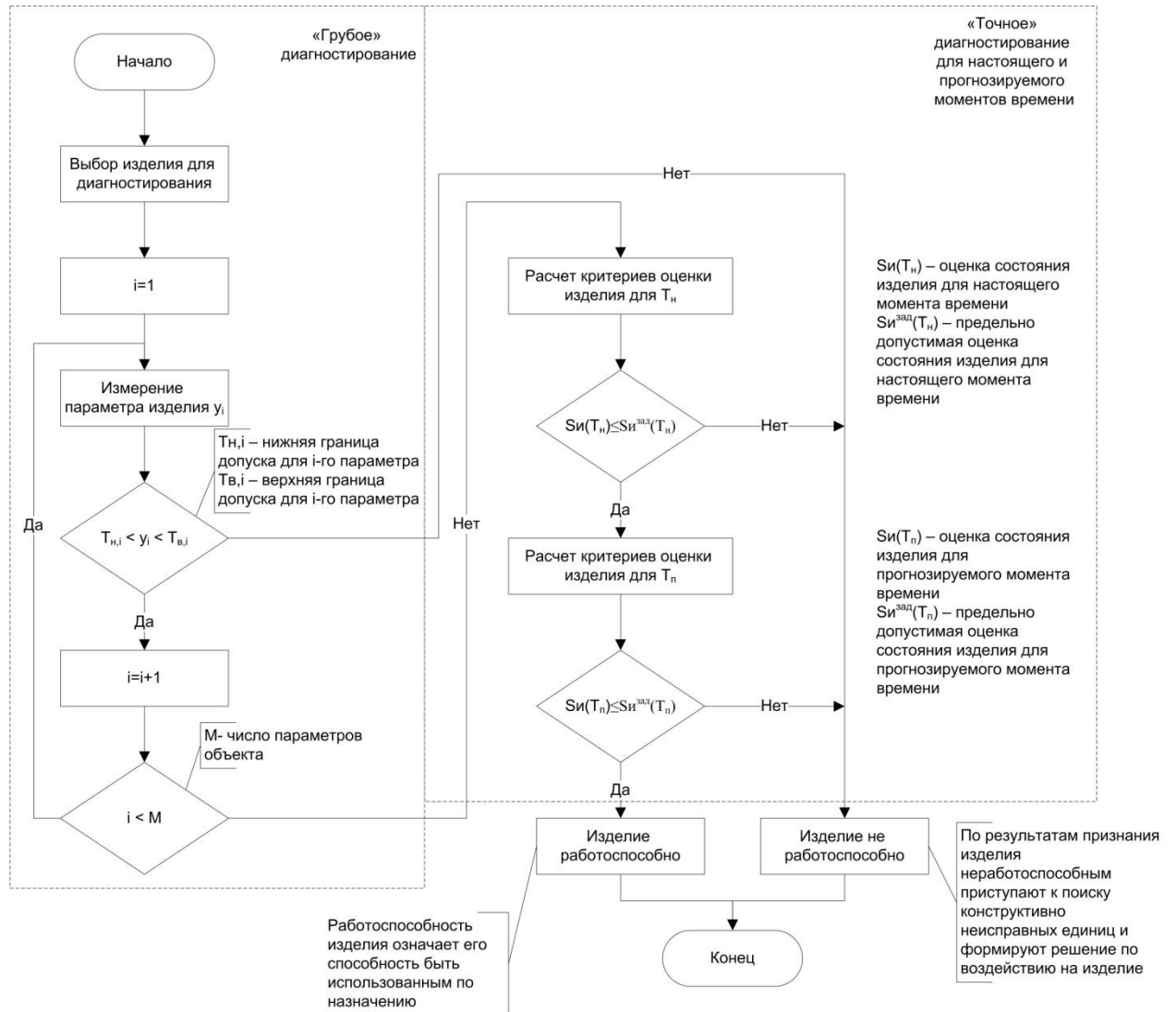


Рис. 3. Современный подход в техническом диагностировании

На рисунке 3 представлен алгоритм современного подхода к решению проблемы технического диагностирования. «Грубое» диагностирование основано на проверке нахождения всех измеряемых параметров объекта y_i внутри заданных для них полей допусков $[T_H, T_B]$. По результатам данного диагностирования получается дискретная оценка состояний объекта «годен»/«негоден».

Однако в современном подходе учтено мнение о том, что для большинства наблюдений [5] не существует строгих границ между названными выше состояниями. Причем, чем больше результаты измерений отклоняются от обычных, тем больше появляется уверенность в том, что имеет место аномальное состояние. Такой подход может быть формализован с использованием функций принадлежности теории размытых множеств (рисунок 4).

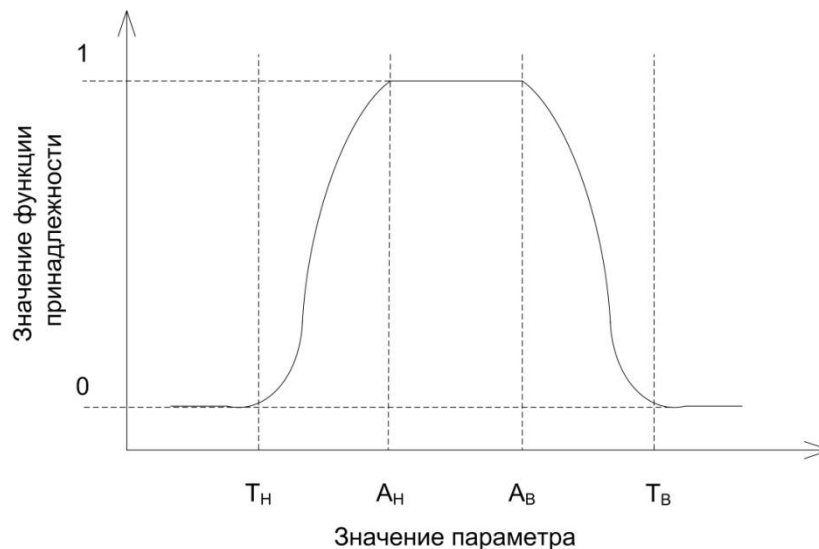


Рис. 4. Функция принадлежности

Пусть поле допуска i -го параметра представлено значениями границ $[T_H, T_B]$. Тогда функция принадлежности может быть представлена в виде:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq T_H \cup x \geq T_B \\ f_1(x), & T_H < x < A_H \\ 1, & A_H \leq x \leq A_B \\ f_2(x), & A_B < x < T_B \end{cases},$$

где $f_1(x)$ и $f_2(x)$ – функции принадлежности. В [6] описаны функции принадлежности различных видов.

«Точное» диагностирование заключается в проверке условия $S_{II}(T_H) \leq S_{II}^{zad}(T_H)$, где $S_{II}(T_H)$ и $S_{II}^{zad}(T_H)$ – соответственно рассчитанная и минимально допустимая количественные оценки состояния изделия для настоящего момента времени. При выполнении заданного условия производится прогнозирование состояния изделия для будущего момента времени, состоящее в расчете оценки состояния объекта для будущего момента времени $S_{II}(T_{II})$, которая затем сравнивается с минимально допустимой оценкой для будущего момента времени $S_{II}^{zad}(T_{II})$. По результатам выполнения условия $S_{II}(T_{II}) \leq S_{II}^{zad}(T_{II})$ делается вывод о способности изделия быть примененным по назначению.

Достоинствами предлагаемого подхода являются возможность обнаружения «миграции» параметров к границам полей допусков и прогнозирование состояния изделия для некоторого времени в будущем. Однако за это приходится расплачиваться более сложной системой диагностирования и увеличенным временем обработки.

По результатам измерений и вычислениям функций принадлежности для всех параметров рассчитывается количественная оценка состояния изделия в целом. Задавая допустимую минимальную оценку можно определять приближение состояния объекта к критическим значениям.

Вывод о применении объекта по назначению делается только в том случае, когда значения всех параметров попадают в поля допусков, а также количественные оценки состояния объекта в настоящий и в прогнозируемый моменты времени превышают заданный минимальный уровень работоспособности.

Выводы

1. Одной из особенностей современных наукоемких изделий является превышение стоимости эксплуатации техники над стоимостью ее приобретения.
2. Минимизация затрат послепродажного обслуживания осуществляется за счет интегрированной логистической поддержки, одной из составных частей которой является процесс технического обслуживания и ремонта.
3. ТОиР наукоемкой продукции базируется на методах и средствах технической диагностики.
4. В настоящей статье предложены современный подход к решению проблем технического диагностирования, а также количественная оценка состояния сложной системы, базирующаяся на непрерывной модели состояния.
5. Непрерывные модели состояния сложной системы строятся с использованием элементов теории нечетких множеств.

Библиографический список

1. ГОСТ Р50.1.031 – 2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Терминологический словарь. Часть 1. Стадии жизненного цикла продукции. – М. : Госстандарт, 2001.
2. U.K. Ministry of Defence. Integrated Logistic Support. DEF STAN 00-60. 1999.
3. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика: термины и определения. – М. : Госстандарт, 1989.
4. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М. : Госстандарт, 1990.

5. Гиг, Дж. ван. Прикладная общая теория систем 2 кн. Пер. с англ. – М. : Мир, 1981. - 733 с.
6. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. Пер. с франц. – М. : Радио и связь, 1982.- 432 с.
7. Интегрированная логистическая поддержка наукоемких изделий. Концепция. – М. : Минпромнауки России, 2002.
8. Шаламов А.С. Интегрированная логистическая поддержка наукоемкой продукции. Монография. – М. : Университетская книга, 2008. – 464 с.

Сведения об авторах

Заковряшин Аркадий Иванович, профессор Московского авиационного института (национального исследовательского университета), д. т. н , тел.: +7 (916) 571-19-10, e-mail: zai999@mail.ru

Агалецкий Павел Сергеевич, аспирант Московского авиационного института (национального исследовательского университета) тел.: +7 (910) 469-45-57, e-mail: pavel.agalecky@gmail.com

