

УДК 623.4.017

Б.Н. Ланецкий, В.В. Лукьянчук

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

## АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ И НАДЕЖНОСТЬЮ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РЕСУРСНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

Обосновывается необходимость адаптивного управления техническим состоянием и надежностью сложных технических систем (СТС) в условиях ресурсных ограничений. Уточняется понятие "адаптивное управление" применительно к задачам управления техническим состоянием и надежностью СТС, обосновывается необходимость рассмотрения СТС как систем с многоуровневой работоспособностью. Дается характеристика системы технического обслуживания и ремонта как системы, реализующей адаптивное управление техническим состоянием и надежностью.

**Ключевые слова:** адаптивное управление, сложная техническая система, многоуровневая работоспособность.

### Введение

**Постановка проблемы.** Сложившееся за последние 20 лет финансирование эксплуатации и ремонта СТС при традиционных регламентированных методах технической эксплуатации (ТЭ) и ремонта (Р) не позволяет своевременно и в требуемых объемах проводить периодические технические обслуживания и ремонты, модернизации и обновления парка СТС. В результате в настоящее время от 60 до 95 % СТС военного назначения эксплуатируются на основании решений о продлении их назначенных ресурсов и сроков службы. Дальнейшая эксплуатация СТС в условиях ресурсных ограничений требует разработки и применения других более совершенных методов ТЭ.

В настоящее время во многих технологически развитых странах приняты новые ресурсосберегающие концепции эксплуатации и ремонта СТС, при этом под ресурсами понимаются силы и средства ТЭ и ремонта, остаточные технические ресурсы СТС, финансовые и другие ресурсы.

Суть этих концепций состоит в разработке и внедрении систем мониторинга и прогнозирования технического состояния (ТС) и надежности (Н) эксплуатируемых СТС с целью повышения достоверности и оперативности информации для принятия решений, определяющих порядок их дальнейшей эксплуатации.

Проведенные исследования проблемы прогнозирования и поддержания требуемого уровня работоспособности (РС) и Н СТС показывают на незавершенность ее решения в теоретическом плане. Так, до настоящего времени недостаточно полно разработаны теоретические основы управления ТС и Н СТС, и, в частности, не формализованы показатели качества управления и методы их оценки, отсутствует соответствующий научно-методический аппарат индивидуального прогнозирования ТС и Н СТС и их составных частей.

В этих условиях целесообразно разработка и внедрение новых методов управления ТС и Н для реализации современных ресурсосберегающих концепций эксплуатации и ремонта, позволяющих найти компромисс между затратами на поддержание РС и Н СТС и рисками последствий из-за их отказов, в том числе ресурсных.

В связи с этим рассмотрение теоретических вопросов по управлению ТС и Н СТС в условиях ресурсных ограничений являются актуальным.

**Анализ литературы.** Анализ работ по управлению ТС и Н СТС показывает, что в настоящее время научно-методический аппарат, позволяющий реализовать ресурсосберегающую концепцию, частично разработан применительно к авиационной технике [1, 2]. Для таких СТС, как радиоэлектронный комплекс, зенитная ракетная система и другие, соответствующие разработки отсутствуют.

В связи с принятием в Украине концепции эксплуатации СТС военного назначения по техническому состоянию актуальна разработка современных методов управления техническим состоянием и надежностью СТС в условиях ресурсных ограничений.

**Цель статьи.** Обоснование необходимости адаптивного управления техническим состоянием и надежностью СТС и его отдельных положений.

### Основная часть

Система ТЭ и Р представляет собой систему управления состоянием СТС. Объектом управления является ТС и Н парка СТС и каждого СТС в отдельности, а управляемыми параметрами состояния – уровни РС и показатели (характеристики) надежности, управляющими воздействиями – мероприятия технического обслуживания (ТО) и ремонта (Р).

СТС при эксплуатации может находиться в одном из нескольких возможных ТС, причем крайними из них являются полная работоспособность

(ПРС) и полная неработоспособность (ПНРС), а промежуточными – состояния частичной неработоспособности (или частичной работоспособности).

Управление состоянием СТС в процессе эксплуатации осуществляется в соответствии с выбранной стратегией ТЭ и Р и основывается на применении комплекса методов ТЭ и Р, каждый из которых представляет совокупность определенных правил оценки ТС (предельного состояния) объектов, назначение сроков начала работ по ТО и Р и их объемах. Для СТС применение получили две стратегии ТЭ: регламентированная и по состоянию [1,2].

В настоящее время при эксплуатации СТС, в основном, приняты и реализованы две разновидности регламентированной ("жесткой") стратегии ТЭ, а именно, по наработке и по календарной продолжительности. При этой стратегии ТЭ правила управления состоянием СТС формируются заранее на основе априорной информации об эксплуатационных свойствах парка СТС. Из информации о текущем состоянии для управления используются только сведения об отказах и суммарной наработке (календарной продолжительности эксплуатации). При этом предполагается, что СТС может находиться только в двух технических состояниях: ПНРС и ПРС.

Объем операций ТО и Р строго регламентирован и не зависит от технического состояния СТС. Необходимый уровень надежности СТС достигается за счет периодических ремонтов и обновления парка эксплуатируемых СТС. При этой стратегии ТЭ реализуется разомкнутое программное управление ТС и Н СТС.

При ТЭ по состоянию (ТЭС) формируются правила управления состоянием СТС на основе полученной текущей информации о фактическом состоянии конкретных объектов эксплуатации, их составных частей с учетом априорных данных об их эксплуатационных свойствах.

Для СТС применение получили две стратегии ("гибкие") ТЭС, а именно: до предотказного состояния (или с контролем параметров) (ТЭП) и до безопасного отказа (или с контролем уровня надежности) (ТЭН) [1].

Стратегия ТЭС требует периодического (или непрерывного) контроля и анализа состояния СТС. Все виды работ – контроль состояния, ТО, замены, Р и др., производятся в сроки и в объемах, которые устанавливаются в результате решений по данным текущего контроля состояний, априорной информации и прогнозирования ТС и Н. СТС эксплуатируются без установления межремонтных ресурсов, а достижение предельного состояния определяются по результатам контролей технического и предельного состояний.

Из информации о текущем состоянии для управления используются:

при ТЭП – информация о значении диагностического параметра, при этом предполагается, что СТС может находиться только в трех технических состояниях (ПРС (или исправное состояние), предотказовое состояние и ПНРС);

при ТЭН – информация об отказах и уровне надежности СТС, при этом предполагается, что СТС может находиться только в двух технических состояниях (ПНРС и ПРС).

Для эффективного управления, в соответствии с [4,5], необходимо располагать полной априорной информацией об объекте управления (его точным математическим описанием) и условиях его функционирования.

СТС, как объект управления ТС и Н, характеризуется следующими особенностями:

- невозможность точного математического описания;
- широкий диапазон изменения условий эксплуатации;
- существенное изменение характеристик в процессе эксплуатации.

Из этого следует, что эффективное управление ТС и Н СТС может быть обеспечено только путем реализации адаптивной ("гибкой") стратегии, состоящей в одновременном изучении объекта управления и управления им.

Для повышения эффективности адаптивного управления ТС и Н СТС целесообразно рассматривать как систему с многоуровневой работоспособностью (МУРС) [6], что, в свою очередь, предполагает решения следующих задач:

- обоснование количества уровней РС и Н;
- разработка системы многоуровневого контроля РС;
- разработка методов расчета показателей надежности СТС с МУРС;
- разработка методов оценки и контроля показателей надежности СТС с МУРС по экспериментальным данным и др.

Адаптивное управления ТС и Н СТС с МУРС в заданных условиях эксплуатации должна реализовываться системой ТО и Р, которая обеспечивает:

- требуемую готовность и безотказность СТС для обеспечения своевременного и эффективного использования по назначению;
- требуемый уровень РС;
- требуемый уровень безопасности эксплуатации;
- приемлемые временные, трудовые и материальные затраты на ТО и Р.

В системе ТЭ и Р при предлагаемом адаптивном управлении СТС с МУРС осуществляется:

- изучение объекта управления в условиях воздействия внешних факторов (климатические условия, старение с течением времени, операции регули-

ровки и настройки при ТО и Р) с установлением закономерностей изменения ТС и Н и их прогнозированием;

– корректировка требований к уровням РС, Н и безопасности СТС;

– формирование рекомендаций для принятия решений в виде рационального комплекса мер (управляющих воздействий) по переводу СТС на требуемый уровень РС с учетом технической эффективности, стоимостных и временных затрат на их осуществление;

– принятие решений о сроках и объемах контролей технического и предельного состояний, ТО и Р с учетом решаемых задач по использованию по назначению и располагаемого времени на ТО и Р;

– реализация принятых решений на объекте управления.

### Выводы

Таким образом, для решения проблемы поддержания СТС на заданных уровнях РС и Н требуется разработка соответствующего научно-методического аппарата адаптивного управления ТС и Н СТС.

Для реализации ресурсосберегающей концепции эксплуатации и ремонта обоснована необходимость разработки и внедрения адаптивного управления техническим состоянием и надежностью СТС, рассматриваемой как система с многоуровневой работоспособностью.

Сформулирован перечень задач по разработке соответствующего научно-методического аппарата для внедрения адаптивного управления техническим состоянием и надежностью СТС с МУРС.

### Список литературы

1. Смирнов Н.Н. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию / Н.Н. Смирнов, А.А. Ицкевич. – М.: Транспорт, 1987. – 272 с.

2. ГОСТ 24212-80. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Термины и определения.

3. Северцев Н.А. Надежность сложных систем в эксплуатации и отработке / Н.А. Северцев. – М.: Высшая школа, 1989. – 432 с.

4. Червоный А.А. Надежность сложных систем / А.А. Червоный, В.И. Лукьяченко, Л.В. Котин. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.

5. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебн. в 5-ти тт.; 2-е изд., перераб. И доп. Т.5: Методы современной теории автоматического управления / под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 784 с.; ил.

6. Ланецкий Б.Н. Надежность сложных технических систем с многоуровневой работоспособностью. Основные понятия и положения / Б.Н. Ланецкий, В.В. Лукьянчук // Збірник наукових праць ХУПС. – Вип. 2(24). – Х.: ХУПС, 2010. – С. 72-75.

Поступила в редколлегию 1.06.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Б.А. Демидов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Коже дуба, Харьков.

### АДАПТИВНЕ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ТА НАДІЙНІСТЮ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ РЕСУРСНИХ ОБМЕЖЕНЬ

Б.М. Ланецький, В.В. Лук'янчук

*Обґрунтується необхідність адаптивного управління технічним станом та надійністю складних технічних систем (СТС) в умовах ресурсних обмежень. Уточнюється поняття "адаптивне управління" до задач управління технічним станом та надійністю, обґрунтується необхідність розгляду СТС як систем с багаторівневою працездатністю. Надається характеристика системи технічного обслуговування та ремонту як системи, яка реалізує адаптивне управління технічним станом та надійністю.*

**Ключеві слова:** адаптивне управління, багаторівнева працездатність, складна технічна система.

### ADAPTIVE MANAGEMENT OF TECHNICAL STATE AND RELIABILITY OF THE COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS IN CONDITIONS OF RESOURCE RESTRICTIONS

B.N. Lanetskij, V.V. Lukjanchuk

*The need is reasoned for managing adaptively the technical condition and reliability of complex technical systems (CTS) in conditions of resource restrictions. The "adaptive management" term is elaborated with regard to the problem of technical condition management as applied to CTS and their reliability, the need is motivated for considering the CTS as systems with layered operational capacity. The system of technical maintenance and repair is characterized as that implementing adaptive management of technical state and reliability.*

**Keywords:** adaptive management, complex technical system, layered operational capacity.