

УДК 629.78

И.В. Бойков

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба

РАЗРАБОТКА РАСШИРЕННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Рассмотрена задача определения эффективной системы обеспечения ЗИП при выявленных неисправностях на системах ЛК по результатам проведения контроля. Приведена причинно-следственная модель эксплуатации ЛК.

стратегия восстановления, периодический контроль, система обеспечения ЗИП, система эксплуатации, системное моделирование

Введение

На этапе эксплуатации летательного комплекса (ЛК) важное значение имеют работы, связанные с повышением надежности. Среди этих работ огромное значение имеют работы, связанные с устранением неисправностей и отказов по результатам контроля.

Надежность ЛК, оцениваемая в различные моменты его эксплуатации, претерпевает существенные изменения. Если в момент ввода ЛК надежность имеет наибольшее значение, то на этапе поддержания ЛК в готовности к применению надежность ЛК имеет тенденцию к снижению. Для поддержания готовности, а в отдельных случаях и повышения, на системах ЛК проводятся восстановительные работы, которые имеют цель устранить неисправности и отказы в сменных блоках системы управления ЛК. Для того чтобы управлять процессом восстановления систем ЛК по результатам контроля, необходимо найти возможность проведения работ по устранению неисправностей и отказов с наиболее выгодными результатами. Такими результатами могут быть: сокращение сроков доставки запасных элементов (ЗИП) к месту восстановления готовности систем ЛК; снижение количества ЗИП данной номенклатуры, необходимых для восстановления, а следовательно, и баз снабжения для их хранения, что, в свою очередь приводит к сокращению затрат на содержание, проверку и доставку ЗИП ЛК.

Анализ литературы [1 – 7], посвященный обеспечению ЗИП процессов эксплуатации сложных технических комплексов, показывает, что вопрос исследования системы обеспечения ЗИП для ЛК с различными видами управления является недостаточно разработанным, и известные методики расчета состава ЗИП не позволяют в полной мере отразить специфику эксплуатации ЛК.

Особенности обеспечения ЗИПом при эксплуатации по состоянию предполагают сокращение объема ЗИП за счет возможности накопления нескольких неисправностей в функционирующих блоках. При этом, соответственно, сокращаются материальные затраты, связанные с заменой неисправных бло-

ков. Другая особенность связана с тем, что в органах управления по обеспечению ЛК ЗИП имеется оперативная информация о неисправностях, накопленных в функционирующих блоках. Это позволяет прогнозировать необходимое количество и номенклатуру ЗИП на планируемый период эксплуатации ЛК.

Целью статьи является разработка причинно-следственной модели эксплуатации для решения задач оптимизации состава ЗИП.

Основная часть

Систему эксплуатации (СЭ) летательного комплекса как сложную систему с присущими ей признаками (наличие целей и задач функционирования, управление, иерархичность, функционирование системы) принято рассматривать [2], как совокупность взаимосвязанных объектов, предназначенных для выполнения задач применения, средств их эксплуатации и личного состава, взаимодействие которых формируется для достижения целей каждого этапа эксплуатации в заданных условиях.

К особенностям СЭ ЛК следует отнести постоянное стремление к совершенствованию и развитию. Такое стремление обуславливает необходимость разработки и совершенствования методов исследования системы эксплуатации. При изучении и оценки СЭ ЛК первостепенное значение имеет системное исследование. В качестве основ системного моделирования, анализа и синтеза СЭ ЛК могут быть определены [8 – 10] следующие принципы:

- единство функционально-целевых и причинно-следственных отношений;
- последовательного раскрытия неопределенности и избыточности;
- однозначного представления свойств и характеристик;
- обратной связи или сильной связности графов;
- многоуровневой функционально-целевой причинно-следственной интеграции;
- целенаправленного эволюционного развития технологии и параметров системы;
- выбора общего базиса для оценки влияния топологии.

На основе принципов однозначности и избыточности целесообразно выделить следующие частные модели подсистем эксплуатации: M_S – модель самой подсистемы эксплуатации; M_F, M_G – модели внешней среды на входе и выходе подсистемы; M_{FS}, M_{SG} – модели связей внешней среды с подсистемой на входе и выходе подсистемы.

При этом под внешней средой $\{F, G\}$ подсистемы понимается совокупность объектов и связей, не относящихся к системе, но влияющих на ее функционирование (внешняя F на входе) и зависящая от состояния подсистемы (внешняя среда F на выходе). Совокупность однозначных и избыточных частных моделей подсистем эксплуатации образует модель

$$M_{RS} = \langle M_F, M_{FS}, M_S, M_{SG}, M_G \rangle,$$

расширенной подсистемы эксплуатации.

Модель M_{RS} включает модели внешней среды на входе и выходе подсистемы и поэтому:

- является автономной относительно остальной части внешней среды [8 – 10];
- устанавливает причинно-следственные отношения на множестве переменных систем.

В соответствии с обозначенной моделью M_{RS} введем векторы [9]:

$$F_0 = \{F_{0\gamma}; \gamma = \overline{1, n_F}\};$$

$$X = \{X_A; A = \overline{1, n_A}\}; X_A = \{x_{A\alpha}; \alpha = \overline{1, n_{A\alpha}}\}$$

независимых переменных расширенной внешней среды, векторов:

$$G_0 = \{G_{0\beta}; \beta = \overline{1, n_G}\};$$

$$Y = \{Y_B; B = \overline{1, n_B}\}; Y_B = \{y_{B\eta}; \eta = \overline{1, n_{B\eta}}\}$$

зависимых переменных расширенной внешней среды на входе и вектора

$$V = \{v_w; w = \overline{1, n_V}\}$$

внутренних переменных подсистем.

Введенные векторы позволяют установить на множестве отношений отдельных подсистем S_{RS} с внешней средой на входе F_0 и на выходе G_0 . За счет этого внешняя среда для каждой подсистемы расширяется только путем включения внутренних переменных X и Y , что не создает новых непосредственных отношений с внешней средой.

Таким образом, появляется возможность в зависимости от цели исследования, состава входных F_0 , выходных G_0 и внутренних V переменных проводить дальнейшие исследования с построением функционально-целевой причинно-следственной модели СЭ ЛК.

При анализе и синтезе СЭ на основе причинно-следственной модели возникают [8, 9] ряд проблем, связанных с большой размерностью и системной неопределенностью вследствие отсутствия функционально-целевой информации. Поэтому целесо-

образно на основе принципа единства функционально-целевых и причинно-следственных отношений в системе эксплуатации СТС определить путь построения модели, который одновременно отражает причинно-следственную и концептуальную функционально-целевую информацию. Эффективным методом системного моделирования СЭ ЛК является использование системного графа и матриц зависимостей перехода из состояния в состояние.

Таким образом, модель M_F внешней среды на входе представляет модель состояния систем ЛК в неисправном состоянии. Она может быть представлена сильно связным графом G^N . Данный граф учитывает возможность нахождения объекта в различных состояниях, когда системы ЛК находятся в готовности к применению, имеется одна или несколько неисправностей и потери надежности меньше или больше допустимых.

Модель M_{FS} проведения контроля технического состояния систем ЛК является моделью связи внешней среды с входом и может быть представлена в виде графа G^P , который описывает нахождения объекта в различных состояниях, когда на системах ЛК проводятся проверки технического состояния, имеется одна или несколько неисправностей и потери надежности меньше или больше допустимых.

Модель M_S системы восстановления может быть представлена в виде графа G^V . Граф G^V учитывает нахождения объекта в различных состояниях, когда на системах ЛК устраняются, выявленные при проверках технического состояния, одна или несколько неисправностей,

Модель M_{SG} проведения электрических проверок после замены приборов и устранения неисправностей является моделью связи внешней среды с входом. Может быть представлена в виде графа G^{EP} . Данный граф учитывает возможность нахождения объекта в различных состояниях, когда на системах ЛК проводятся электрические проверки, могут быть одна или несколько неисправностей и потери надежности меньше или больше допустимых. Модель M_G эксплуатации ЛК в исправном состоянии является моделью внешней среды на выходе и может быть представлена в виде графа G^I . Граф G^I описывает возможность нахождения объекта в различных состояниях, когда системы ЛК находятся в готовности к применению, потери надежности равны нулю.

Исходя из приведенного разбиения, модель подсистемы поддержания ЛК в готовности к применению может быть представлена в виде связного графа G^Σ , образованного на множестве графов

$$G^\Sigma = \{G^N, G^P, G^V, G^{EP}, G^I\}.$$

Переходы между состояниями в графах могут быть описаны совокупностью матриц:

$$\|a_{ij}^N\|, \|b_{ij}^P\|, \|c_{ij}^V\|, \|d_{ij}^{EP}\|, \|h_{ij}^I\|,$$

где значение элемента с координатами i и j равно “1” в случае наличия перехода из i -го состояния в j -ое, и “0” – в противном случае.

Переходы между состояниями различных графов в обобщенном графе G^2 аналогично могут быть заданы совокупностью матриц.

Значения элементов матриц определяются принятой стратегией эксплуатации, а также особенностями конструкторского исполнения объектов ЛК и спецификой проведения восстановительных процессов.

Выводы

1. Повышение требований к надежности, точности и боеготовности ЛК вызывает необходимость разработки новых, более совершенных принципов и структур построения систем ЛК, что приводит к значительному структурному и элементному усложнению систем ЛК.

2. Возможность обеспечения требуемой надежности и эффективности функционирования ЛК может быть достигнута не только посредством реализации прямых методов повышения безотказности систем ЛК, но и более современными способами проведения ТО на системах ЛК и своевременным восстановлением готовности ЛК. При этом огромная роль отводится созданию современных систем обеспечения технологических процессов элементами ЗИП.

3. Одной из основных задач на этапе поддержания ЛК в готовности к боевому применению является выбор оптимальной стратегии восстановления готовности систем по результатам проведения контроля на ЛК при различных видах управления с учетом функционирования системы обеспечения технологических процессов элементами ЗИП.

4. Для всестороннего исследования процесса изменения состояния готовности ЛК целесообразно применение причинно-следственной модели изме-

нения состояния готовности ЛК, представляющую собой в самом общем случае совокупность следственных моделей.

Список литературы

1. Байхельт Ф., Франклин П. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход. – М.: Радио и связь, 1988. – 213 с.
2. Волков Л.И. Управление эксплуатацией летательных комплексов. – М.: Высшая школа, 1987. – 400 с.
3. Таха Х. Введение в исследование операций: В 2-х книгах. Кн.2. Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 496 с.
4. Надежность и эффективность в технике: Справочник: Т.8: Эксплуатация и ремонт / Под. ред. В.И. Кузнецова и Е.Ю. Барзиловича. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
5. Алгоритмы и программы решения задач эксплуатации вооружения. Методические рекомендации / Под ред. В.Д. Топчия. – М.: МО СССР, 1984. – 288 с.
6. Рыжиков Ю.И. Управление запасами. – М.: Наука, 1969. – 364 с.
7. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных производственных систем. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 480 с.
8. Технология системного моделирования. – М.: Машиностроение; Берлин: Техника, 1988. – 520 с.
9. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1961. – 356 с.
10. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Построение сетей интегрального обслуживания. – Л.: Машиностроение, 1990. – 332 с.

Поступила в редколлегию 2.02.2007

Рецензент: канд. техн. наук, доцент С.В. Иванов, Харьковский университет воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.