

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПРИЗНАКА УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ВЫБОРЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЗДУШНОГО СУДНА

© 2017 А.М.Ф Аль-Дарабсе, Май С. Д., Е.В. Маркова

Институт авиационных технологий и управления
Ульяновского государственного технического университета

Статья поступила в редакцию 29.09.2017

В статье рассматриваются вопросы оценки безопасности конструктивных элементов воздушных судов. От информативности подсистем воздушного судна (ВС) во многом зависит степень наблюдаемости тех параметров или показателей, которые позволят судить о текущем состоянии ВС и его конструктивных элементах для проведения анализа и прогноза качества его работы, принятия решений и выбора управляющих воздействий. Авторы считают, что организация мониторинга жизненного цикла ВС начинается с выбора цели мониторинга и признаков, определяющих его назначения и состояния.

Ключевые слова: полиэнергетические системы, конструктивные элементы, безопасность, воздушное судно, жизненный цикл, мониторинг устойчивости, конструктивные элементы

Воздушные судна, как сложные вероятностные полиэнергетические системы с включенными в них техническими и человеческими элементами, как подсистемами, характеризуются факторами, определяющими их способность осуществлять свою деятельность: устойчивостью функциональных конструктивных элементов, профессиональной подготовкой, дисциплиной и психофизиологическим состоянием авиационных специалистов.

От информативности подсистем воздушного судна (ВС) во многом зависит степень наблюдаемости тех параметров или показателей, которые позволят судить о текущем состоянии ВС и его конструктивных элементах для проведения анализа и прогноза качества его работы, принятия решений и выбора управляющих воздействий. Организация мониторинга жизненного цикла ВС начинается с выбора цели мониторинга и признаков, определяющих его назначения и состояния.

ВС, предназначенные для оказания транспортных услуг, должны быть устойчивыми т.е. должны эффективно работать в условиях различного рода неблагоприятных воздействий. Свойство устойчивости есть интегральное свойство, включающее надежность, живучесть, долговечность ВС.

С признаком устойчивости тесно связана задача оценки влияния на параметры эксплуатации ВС внешних условий. Выяснив, как изменится

показатель эффективности эксплуатации ВС при проведении различного рода организационных и технологических изменений, можно ответить на вопрос об их целесообразности.

В настоящей статье методологический инструментарий признака устойчивости реализуется при выборе устойчивого функционирования конструктивных элементов ВС, оценке человеческого фактора при организации воздушных перевозок.

Методологический инструментарий признака устойчивости составляют:

- методы математической теории устойчивости систем управления [1, 2];
- методы устойчивости задач математического программирования [3].

Исследование путей оценки и повышения безопасности конструктивных элементов ВС, определение оптимальных степеней дублирования их функций, технических и человеческих подсистем, обоснование системотехнических решений, определяющих преимущественный вклад в повышение их безопасности, позволяют в той или иной степени решать эти задачи.

Трудности решения поставленных задач заключаются в следующем:

- Устойчивость является сложной интегральной эксплуатационной характеристикой ВС, объединяющей надежность, живучесть долговечность, которые также являются сложными понятиями с целым набором количественных показателей.
- Устойчивость определяется для совокупности условий функционирования конструктивных элементов ВС, включая преднамеренные и непреднамеренные воздействия внешней среды.
- Конструктивные элементы ВС не имеют четко выраженного состояния отказа, отказ

Амер Мохаммад Фархан Аль-Дарабсе, студент группы АСВдс-21 кафедры «Самолетостроение».

E-mail: amersamarah4@gmail.com

Май Суан Дык, студент группы АСВдс-11 кафедры «Самолетостроение». E-mail suandyk@gmail.com

Маркова Елена Владимировна, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика, управление и информатика». E-mail: morozova319@yandex.ru

этих элементов приводит к снижению его эффективности.

Возможные пути определения устойчивости функционирования конструктивных элементов ВС для их безопасности разрушения (повреждения):

- 1) Исследование существующего парка ВС.
- 2) Создание модели проектируемой ВС, исследование модели.
- 3) Теоретический анализ, определение зависимости устойчивости от более простых, известных априорно параметров ВС.

Исследование устойчивости в процессе эксплуатации ВС позволяет определить количественные показатели устойчивости в реальных условиях. Повышение устойчивости в этом случае достигается при наличии адаптивных элементов, обеспечивающих повышение устойчивости в ходе эксплуатации. Однако даже в процессе длительной эксплуатации устойчивость ВС не может быть определена точно, так как множество условий эксплуатации, включая воздействия среды, приводят к отказам конструктивных элементов ВС.

Исследование создаваемых моделей ВС позволяет выбрать вариант наиболее устойчивой структуры проектируемого ВС. Точность исследования ограничивается возможностями моделирования ВС и условий его эксплуатации. Неизбежное упрощение модели приводит к погрешностям в оценке устойчивости конструктивных элементов в условиях эксплуатации ВС.

В теоретическом анализе, при построении математической зависимости необходимо преодолеть противоречие между количеством исходных параметров и точностью их априорного знания. Если для описания устойчивости конструктивных элементов ВС взять небольшое количество обобщенных параметров, то выражение устойчивости получается достаточно простым, однако проблема переносится на исследование обобщенных параметров. Приближенный характер описания внешних воздействий, особенно преднамеренных, также приводит к погрешностям в определении устойчивости.

На основе построенной зависимости может быть решена задача оптимизации устойчивости проектируемого ВС при ограничении на стоимость или минимизации стоимости ВС при требуемых показателях устойчивости.

Основополагающими направлениями для количественного анализа проблем обеспечения надежности, живучести, долговечности в эксплуатации являются:

- принципы обеспечения безопасности конструкции ВС по факторам: допустимости повреждения, безопасности разрушения и безопасного ресурса (долговечности, срок службы);
- учет условий эксплуатации;

- оценка предельных состояний конструктивных элементов ВС;

- обоснования характеристик надежности, живучести, долговечности и наработка ВС при выборе порога осмотров и их периодичности поврежденных конструктивных элементов;

- регламентирование размеров видов повреждений;

- нормативные коэффициенты надежности;

- влияние параметров технологии производства ВС на характеристики надежности, живучести, долговечности.

Устойчивость конструктивных элементов ВС определяется, как способность выполнять свои функции в условиях воздействия всего многообразия факторов, приводящих к снижению эффективности эксплуатации ВС [1]. Факторы воздействия включают:

- эксплуатационно-технические отказы конструктивных элементов ВС;

- стихийные и преднамеренные воздействия среды, приводящие к повреждению или уничтожению конструктивных элементов ВС;

- случайные и преднамеренные факторы, приводящие к искажению информации.

Формальная запись устойчивости

$$U = U(W, \Phi),$$

где U – устойчивость эксплуатационных характеристик ВС;

W – эффективность эксплуатации ВС;

Φ – факторы воздействия;

$$\Phi = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_N), \phi_{\min} < \phi_i < \phi_{\max};$$

ϕ_i – i -й фактор воздействия;

ϕ_{\min}, ϕ_{\max} – максимальное и минимальное значение i -го фактора;

$$0 \leq W \leq W_{\max};$$

W_{\max} – максимальный показатель эффективности эксплуатации ВС.

Устойчивость объединяет более узкие категории качества системы, отражающие способность функционировать в условиях воздействия определенного подмножества факторов: надежность, долговечность, живучесть.

Надежность – свойство конструктивных элементов ВС выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные характеристики в определенных пределах при заданных режимах работы, условиях эксплуатации, технического обслуживания

$$H = H(W, \Phi_H); \Phi_H \subset \Phi.$$

Надежность отражает влияние на работоспособность конструктивных элементов ВС главным образом внутрисистемных факторов – случайных, допустимость повреждения, безопасность разрушения и безопасный ресурс, вызываемых физико-химическими процессами старения конструктивных элементов, дефектами технологии изготовления, ошибками персонала.

Живучесть характеризует способность элементов ВС функционировать при действии факторов, лежащих вне ВС и приводящих к разрушениям или значительным повреждениям элементов ВС

$$Ж = Ж(W, F_{ж}); \Phi_{ж} \subset \Phi; \Phi_{ж} \cap \Phi_{н} \neq \emptyset.$$

Долговечность - способность конструктивных элементов (функциональных систем) сохранять неизменными или изменяющимися в допустимых пределах показатели качества функционирования при воздействии различных факторов

$$Д = Д(W, \Phi_{д}); \Phi_{д} \subset \Phi; \Phi_{д} \cap \Phi_{ж} \neq \emptyset; \Phi_{д} \cap \Phi_{н} \neq \emptyset.$$

ВС представляет собой совокупность конструктивных элементов $\Phi_i, i=1, \dots, M$, взаимодействующих в процессе эксплуатации ВС.

Элемент ВС – объект, представляющий собой простейшую часть ВС, отдельные части которого не представляют самостоятельного интереса в рамках конкретного рассмотрения (рис. 1).

Каждый элемент, как и ВС в целом, характеризуется устойчивостью и более узкими категориями: надежностью, живучестью, долговечностью

$$U_i = U_i(W_i, \Phi_i),$$

U_i – устойчивость i -го элемента;

W_i – эффективность функционирования i -го элемента;

Φ_i – факторы, воздействующие на i -й элемент;

$$H_i = H_i(W_i, \Phi_{ин}); \Phi_{ин} \subset \Phi_i;$$

H_i – надежность i -го элемента;

$\Phi_{ин}$ – факторы, приводящие к самопроизвольному отказу i -го элемента;

$$Ж_i = Ж_i(W_i, \Phi_{иж}); \Phi_{иж} \subset \Phi; \Phi_{иж} \cap \Phi_i \neq \emptyset;$$

$Ж_i$ – живучесть i -го элемента;

$\Phi_{иж}$ – факторы, приводящие к разрушению i -го элемента;

$$D_i = D_i(W_i, \Phi_{ид}); \Phi_{ид} \subset \Phi_i; \Phi_{ид} \cap \Phi_{ин} \neq \emptyset; \Phi_{ид} \cap \Phi_{иж} \neq \emptyset;$$

D_i – долговечность i -го элемента;

$\Phi_{ид}$ – факторы, воздействующие на i -й элемент.

Надежность, живучесть, долговечность ВС, устойчивость конструктивных элементов, надежность, живучесть, долговечность элементов являются более простыми понятиями, значения которых определяются в результате теоретических или экспериментальных исследований и могут использоваться для расчета устойчивости ВС на основе построенных зависимостей.

Выбор исходных понятий для расчета устойчивости обусловлен трудностями определения значения выбранных понятий и сложностью построения выражения для расчета устойчивости $U = U(H, Ж, Д), U = U(U), U = U(S_j, U_i(H_i, Ж_i, D_i)),$ S_j – структура ВС, определяющая взаимосвязь элементов при j -м разбиении.

Устойчивость каждого из конструктивных элементов может быть определена путем разбиения его на более мелкие составные части (узлы, детали)

$$U_i = U_i(U_{ij}(H_{ij}, Ж_{ij}, D_{ij})); j=1, \dots, M_i,$$

$U_{ij}, H_{ij}, Ж_{ij}, D_{ij}$ – устойчивость, надежность, живучесть, долговечность j -й части i -го элемента.

Процесс разбиения продолжается до уровня, на котором известны требуемые показатели качества составных элементов ВС.

Для оценки и прогнозирования устойчивой работы диспетчера обычно используются показатели интенсивности (λ) ошибок и вероятности безошибочной работы $P(t)$, определяемые по формулам

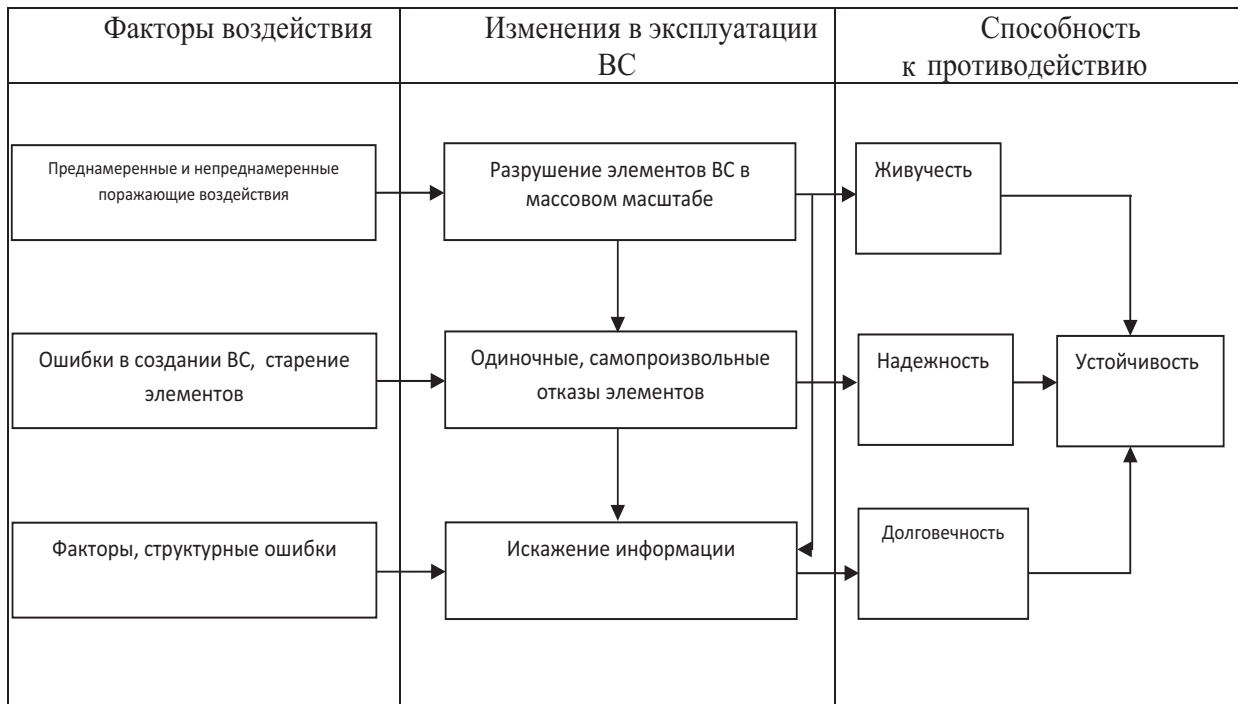


Рис. 1. Схема взаимосвязи характеристик элементов ВС

$$\lambda(t) = \Delta n(t) / N_0(t) \Delta(t); P(t) = \exp(-\lambda t);$$

Δn – число ошибок, проявляющееся в N_0 ситуациях. В качестве показателя устойчивой работы диспетчера, выполняющего однотипные действия, часто используется характеристика среднего времени безошибочной работы (T_p). Если одновременно работает m диспетчеров и диспетчер i за время t_1 допускает k_1 ошибок, то средняя статистическая частота отказов $f_i(t)$ составит $f_i(t) = k_1 / t_1$, в таком случае время Δt_i между ошибками диспетчера i будет равно $\Delta t_i = 1 / f_i(t)$, а среднее время безотказной работы для всех m диспетчеров, осуществляющих однотипные действия

В настоящее время разработан ряд конкретных практических методов прогнозирования оператора в системе [1].

В структурном методе оценки устойчивости управляющая деятельность диспетчера разлагается на иерархический ряд уровней, каждый из которых представляется в виде определенной структуры. Так высший (оперативный) уровень рассматривается в виде структуры решаемых задач. Последующий уровень анализируется в виде структуры отдельной задачи и алгоритма ее решения. Затем следует уровень, на котором анализируются блоки операций, входящие в алгоритм решения. Подобное дробление деятельности диспетчера происходит вплоть до самого низкого уровня отдельных психофизиологических актов. Последние рассматриваются как оперативные единицы деятельности.

На основе числовых характеристик отдельных оперативных единиц можно произвести расчет вероятности своевременного и безошибочного выполнения диспетчером отдельных типовых блоков операций, отдельных задач и всей деятельности. Для расчета устойчивой работы диспетчера здесь используются методы теории устойчивости, надежности и теории массового обслуживания.

Метод статистического эталона позволяет прогнозировать устойчивую работу диспетчера. Как и структурный метод, он основан на определении совокупности показателей вероятности своевременного выполнения диспетчером отдельных операций. Деятельность диспетчера анализируется на «статистическом эталоне» условной аппаратуре, где отражены не только конструкция, размещение и другие особенности оборудования рабочего места, но и типы выполняемых диспетчером действий, их последовательность. При таком подходе можно анализировать не просто отдельные действия диспетчера, но и их взаимосвязь. На основе подобного анализа определяются статистические показатели деятельности, и по ним рассчитывается устойчивое выполнение диспетчером рассматриваемой

задачи, вначале со статистическим эталоном, а затем с учетом поправок, и устойчивая его деятельность в реальных условиях.

Повышение устойчивых действий диспетчера достигается следующими методами:

- отбор диспетчеров с необходимыми психофизиологическими характеристиками;
- введение избыточности, способы группирования диспетчеров;
- подготовка и обучение диспетчеров.

Наиболее интересной является разработка технических средств обучения, а именно – тренажеров для обучения и отбора диспетчеров. Тренажер должен создавать условия работы диспетчера, близкие к реальным, и состоять как из средств системы управления, так и из специальных средств, предназначенных только для обучения.

Обучение и создание технических средств обучения, в частности тренажеров, не должно рассматриваться изолированно от проектирования и эксплуатации системы управления воздушным движением.

Под обучающей системой понимается система, выполняющая функции устройства контроля знаний (информационно-логического устройства), и решающего устройства. При этом источник фактической информации может находиться как внутри системы, так и вне ее. Для объективной оценки степени подготовки диспетчера необходимо разрабатывать и использовать автоматы контроля, сопряженные с тренажерами и выполняющие функции блоков контроля и решающих блоков.

Отбор диспетчеров с помощью тренажеров производится путем решения испытуемыми ряда идентичных заданий.

В проверяемой ситуации, моделируемой тренажером, поведение и состояние диспетчеров может быть описано с помощью признаков:

- время решения задачи;
- число ошибок;
- величина кровяного давления;
- протокольное описание поведения.

Каждый из этих признаков обладает различной информативностью в отношении профессиональной пригодности диспетчера. Наиболее правильным будет заключение с учетом всех признаков и при условии медико-биологического и психофизиологического исследования нервной системы. Формальное описание процедуры рационального распределения средств на повышение устойчивой работы диспетчеров строится на основе зависимости от величины затрат на каждый метод повышения устойчивости

Таким образом, обеспечение устойчивости эксплуатационных характеристик конструктивных элементов ВС поддерживается элементами устойчивой работы диспетчеров при обслужи-

вании воздушного пространства. Отсюда следует, что элементами управления безопасностью эксплуатации ВС может быть обеспечена только при наличии системной связи разработчика, изготовителя, эксплуатанта, эффективно действующей на всех этапах жизненного цикла ВС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Маркова Е.В., Морозов В.В.* Методика оценки уровня конкурентоспособности продукции инновационного предпринимательства // Взаимодействие науки и общества: Проблемы и перспективы. Сборник статей Международной научно-практической конференции. 2013. №1 (24). С. 47-54.
2. *Маркова Е.В.* Особенности управления развитием потенциала фирмы // Сборник статей Международной научно-практической конференции. 2016. С. 99-103.
3. *Маркова Е.В.* Инновационный потенциал научного предприятия авиационного космического комплекса // Вестник Самарского муниципального института управления. 2014. Т.16. № 6-2. С.501-504.
4. *Маркова Е.В. Нуретдинов И.Г.* Повышение конкурентоспособности предприятий авиационного космического комплекса // Проблемы и перспективы экономических отношений предприятий авиационного кластера. Сборник научных трудов. 2016. С.16-20.

METHODOLOGICAL INSTRUMENTATION OF THE SIGN OF THE SUSTAINABILITY AT THE SELECTION OF THE FUNCTIONING OF THE CONSTRUCTIVE ELEMENTS OF THE AIRCRAFT

© 2017 A.M.F Al-Darabse, May S.D, E.V. Markova

Institute of Aviation Technologies and Management
Ulyanovsk State Technical University

The article considers the issues of safety assessment of structural elements of aircraft. The degree of observability of those parameters or indicators that will allow us to judge the current state of the aircraft and its constructive elements for analyzing and forecasting the quality of its operation, making decisions and selecting control actions largely depends on the informativeness of the aircraft's subsystems (VS). The authors believe that the organization of life cycle monitoring of the aircraft begins with the selection of the monitoring purpose and the signs determining its purpose and condition.

Keywords: polyergic systems, structural elements, safety, aircraft, life cycle, monitoring stability, structural elements

Amer Mohammad Farhan Al-Darabseh, Student of the Group ASVDS-21 of the Aircraft Building Department. E-mail: amersamarah4@gmail.com

May Xuan Duc, Student of the ASVDS-11 Group of the Aircraft Building Department. E-mail: suandyk@gmail.com

Elena Markova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor at the Economics, Management and Informatics Department. E-mail: morozova319@yandex.ru