

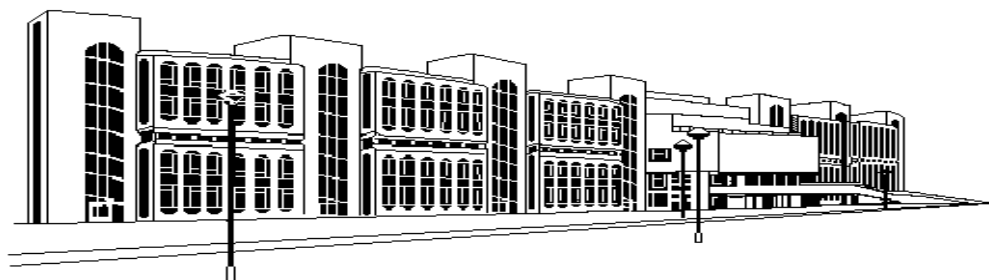


ISSN 2079-0619

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК МГТУ ГА

№ 192



**Москва
2013**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК МГТУ ГА

№ 192 (6)

Издается с 1998 г.

**Москва
2013**

Научный Вестник МГТУ ГА решением Президиума ВАК Министерства образования и науки РФ включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Главная редакция

- Главный редактор -** заслуженный юрист РФ, д-р юрид. наук, д-р техн. наук, проф. Б.П. Елисеев (*МГТУ ГА*)
- Зам. главного редактора -** д-р техн. наук, проф. В.В. Воробьев (*МГТУ ГА*)
- Ответственный секретарь главной редакции -** д-р техн. наук, доц. О.Г. Феоктистова (*МГТУ ГА*)
- Члены главной редакции -** почетный работник науки и техники, д-р филос. наук, проф. О.Д. Гаранина (*МГТУ ГА*);
д-р техн. наук, проф. Л.Н. Елисов (*МГТУ ГА*);
д-р экон. наук, проф. В.А. Казаков (*МГУ им. М.В. Ломоносова*);
заслуженный деятель науки РФ,
д-р техн. наук, проф. В.Т. Калугин (*МГТУ им. Н.Э. Баумана*);
заслуженный деятель науки и техники РФ,
д-р физ.-мат. наук, проф. А.И. Козлов (*МГТУ ГА*);
д-р техн. наук, проф. В.Л. Кузнецов (*МГТУ ГА*);
д-р техн. наук, проф. С.В. Кузнецов (*МГТУ ГА*);
заслуженный деятель науки и техники РФ,
д-р физ.-мат. наук, проф. Д.С. Лукин (*МФТИ*);
д-р техн. наук, проф. В.В. Соломенцев (*НТЦ «Промтехазро»*);
заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук,
проф. В.Г. Ципенко (*МГТУ ГА*);
заслуженный работник транспорта,
д-р техн. наук, проф. В.С. Шапкин (*ГосНИИ ГА*)

Редакционная коллегия выпуска

- Ответственный редактор выпуска -** д-р техн. наук, проф. В.В. Воробьев (*МГТУ ГА*)
- Зам. ответственного редактора -** д-р техн. наук, проф. Б.В. Зубков (*МГТУ ГА*)
- Ответственный секретарь -** А.С. Агеев (*МГТУ ГА*)
- Члены редакционной коллегии -** д-р техн. наук, проф. Л.Н. Елисов (*МГТУ ГА*);
д-р техн. наук, доц. Н.И. Николайкин (*МГТУ ГА*);
д-р техн. наук, доц. В.М. Рухлинский (*МГТУ ГА*);

E-mail: bpigd@mail.ru

тел. +7(499) 459-07-16

ISBN 978-5-86311-886-4

Плата за публикацию в Научном Вестнике МГТУ ГА с аспирантов не взимается

**НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

№ 192 (6)

2013

СОДЕРЖАНИЕ

Акимов А.Н., Воробьев В.В., Мозоляко Е.В. Состояние и развитие систем предотвращения столкновений воздушных судов.....	7
Рухлинский В.М., Большедворская Л.Г. Разработка и внедрение новой технологии обучения инспекторов по надзору за безопасностью полетов.....	14
Зубков Б.В., Корнеев В.М., Степанов С.М. Особенности использования технологий дистанционного обучения летного состава.....	21
Авдеев Н.Н. Применение компетентностного подхода к обучению летного состава.....	28
Колитиевский Ю.М. Концепция единого для эксплуатантов воздушного транспорта (авиакомпаний) и поставщиков обслуживания воздушного движения (систем ОрВД) показателя оценки уровня безопасности полетов воздушных судов.....	34
Морозова О.О. Определение значений рисков реализации авиационных катастроф с учетом внедрения предотвращающих мероприятий в системе управления безопасностью полетов.....	42
Шаров В.Д. Оценка влияния среды на безопасность полетов.....	47
Макаров В.П. Методика прогнозирования опасных отклонений параметров техники пилотирования.....	54
Елисов Л.Н., Овченков Н.И. Модель динамической структуры средств обеспечения транспортной безопасности.....	58
Большунов Ю.А., Мельников Б.Н., Николайкин Н.И. Оценка рисков здоровью населения и летного состава гражданской авиации при воздействии шума и выбросов загрязняющих веществ.....	63
Смирнова Ю.В. К вопросу платы по квотам Евросоюза на выбросы парниковых газов отечественными воздушными судами.....	73
Большов Д.С., Зубков Б.В. Анализ сцинтилляционного метода и его применение к диагностике авиационных двигателей.....	76
Плотников Н.И. Мягкие вычисления критических состояний ресурсов пилота для расчета вероятностей авиационных происшествий.....	81
Радченко М.И. Метод моделирования движения самолета на закритических углах атаки....	89
Столяров Н.А., Кузнецов И.Б. Эргономические основы совершенствования отображения приборной информации.....	96
Машошин О.Ф., Засухин А.С. Внедрение в образовательный процесс учебных тренажеров технического обслуживания иностранных воздушных судов FAROS.....	102
Киселев М.А. Управление двухступенчатой динамической системой при решении задачи встречи с подвижным объектом.....	105

Жильцов П.Д., Никитин Н.С. На пути к совершенствованию авиационной техники.....	114
Саввина А.М. Алгоритм технологического процесса ремонта авиационной техники клепкой...	118
Санников А.В. Анализ особенностей эксплуатации сотовых конструкций с алюминиевым заполнителем.....	124
Кусков Н.А. Исследование способов несанкционированного доступа к информации.....	127
Морщинина Д.В., Карпушин В.В., Шалупин В.И. Ценностные аспекты профессионально- прикладной физической подготовки в процессе обучения специалистов гражданской авиации...	130
Антипас В.В., Журбина А.Д. Профессионально-прикладная физическая подготовка в системе обучения студентов МГТУ ГА.....	134

В данном Научном Вестнике МГТУ ГА представлены результаты исследований ученых, научные интересы которых связаны с решением актуальных проблем безопасности воздушного транспорта и всей авиационно-транспортной системы в целом.

Безопасность воздушного транспорта состоит, как минимум, из четырех компонентов: безопасности полетов воздушных судов, авиационной безопасности транспортной инфраструктуры, экологической безопасности окружающей среды, безопасности труда и жизнедеятельности авиационного персонала.

Читателю представляются новые результаты и решения в области систем управления безопасностью полетов в авиапредприятии, алгоритмы предотвращения столкновений воздушных судов в воздухе, а также положения, развивающие теоретические основы безопасности полетов в части оценки влияния опасных факторов на безопасность полетов.

Особое внимание в Вестнике уделено вопросам авиационной (транспортной) безопасности. Читатель может ознакомиться с новыми подходами по моделированию процесса обеспечения авиационной безопасности авиапредприятия, проблемами внедрения системы управления рисками при техническом обслуживании и ремонте воздушных судов и путями их решения.

Аспекты экологической безопасности, безопасности труда, обучения авиационного персонала, применения современных технических средств в целях диагностики воздушных судов и их функциональных систем, а также другие аспекты повышения безопасности авиационно-транспортной системы, которые представляют интерес для специалистов в области эксплуатации воздушных судов, тоже нашли свое место в Вестнике.

Научный Вестник МГТУ ГА может быть полезен студентам и аспирантам авиационных вузов.

Ответственный редактор –

*заведующий кафедрой БП и ЖД МГТУ ГА,
доктор технических наук, профессор*

В.В. Воробьев

УДК 629.7.051.53

СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

А.Н. АКИМОВ, В.В. ВОРОБЬЕВ, Е.В. МОЗОЛЯКО

По заказу редакционной коллегии

В статье рассматривается текущее состояние бортовых систем предотвращения столкновения воздушных судов, а также предложены частные подходы к построению оптимальных траекторий для разведения конфликтующих ЛА.

Ключевые слова: предотвращение столкновений, оптимальные траектории.

В настоящее время модернизация систем предупреждения столкновений обусловлена тем, что существующие системы не в состоянии справиться с возрастающими потребностями использования воздушного пространства. Необходимость согласования практики обслуживания воздушного движения с появлением большого числа частных малоразмерных летательных аппаратов (ЛА) или воздушных судов (ВС) требует чрезмерной нагрузки как на контролирующие органы УВД, так и на экипаж ВС. Эффективность разрешения конфликтных ситуаций и избежание столкновений между воздушными судами зависит от применения практически приемлемых схем и манёвров их предотвращения.

Использование системы предотвращения столкновений без участия экипажа, где разрешение конфликтной ситуации выполняется при условии автоматического управления при включенном автопилоте, должно обеспечить требуемый уровень безопасности полетов при увеличении интенсивности воздушного движения в соответствии с технологическими требованиями к манёвру разрешения конфликтной ситуации. Эти требования включают в себя минимальный по длительности S-образный манёвр увода судна с исходной траектории и возвращение воздушного судна на исходную трассу, а также прямолинейный участок выдерживания заданной продолжительности после расхождения воздушных судов. Требование также предусматривает минимальность суммарного времени пребывания маневрирующего судна в стороне от оси его трассы [4].

Для разрешения конфликтной ситуации выбирается одно воздушное судно, другое воздушное судно продолжает движение, не изменяя траектории полёта. При этом основное внимание уделяется кинематической стороне манёвров. Самолет рассматривается как кинематическая точка, движущаяся в пространстве, однако при этом учитываются ограничения по его скорости и ускорению.

1. Существующие системы предотвращения столкновений

В качестве примера можно указать на бортовые системы предотвращения столкновения типа TCAS. Основными задачами такой системы являются:

- обнаружение в окружающем воздушном пространстве всех потенциально опасных с точки зрения столкновений самолетов;
- определение относительного положения угрожающего самолета по дальности, высоте и азимуту;
- обработка и преобразование результатов измерений для отображения воздушной обстановки экипажу самолета в удобной для восприятия форме;
- оценка времени до момента возможного столкновения;

- определение целесообразных маневров уклонения от столкновения, а также моментов их начала и окончания;
- индикация экипажу самолета данных о воздушной обстановке и команд на выполнение маневров уклонения;
- доведение до экипажа конфликтного самолета информации о намечаемых действиях и взаимная координация маневров уклонения.

Концепция TCAS основана на использовании радиолокационных ответчиков, традиционно устанавливаемых на ВС для целей управления воздушным движением при помощи наземных вторичных радиолокаторов (Secondary Surveillance Radar SSR) УВД и целей опознавания государственной принадлежности ВС, дальномеров с ответчиками, бортовых РЛС и других средств. Роль источников информации о высоте полета и векторе скорости выполняют штатные бортовые средства: барометрические высотомеры, системы воздушных сигналов, инерциальные навигационные системы (Inertial Reference System IRS, ADIRU). В последнее время стали появляться системы автоматического разведения конфликтных ситуаций по оптимальным траекториям с использованием спутниковых систем связи, навигации и систем зависящего наблюдения. Обработка данных производится или в специализированном вычислительном устройстве, входящем в состав системы, или в бортовых вычислителях, входящих в состав системы управления полетом (Flight Management System FMS). Для отображения измеряемых параметров и результатов их обработки в состав системы предотвращения столкновения включаются цифровые указатели дальности и других параметров полета. Отображение общей воздушной обстановки, получаемой от источников системы, может производиться на дисплеях, отображающих навигационную обстановку (Navigation Display ND). Логика, применяемая в TCAS, использует понятие уровня чувствительности (SL – Sensitivity Level) защищаемого объема, которое требует поддержания разумного соотношения между необходимой защитой от столкновений и нежелательными рекомендациями по маневрам уклонений (ложным тревогам). Это соотношение достигается путем управления уровнем чувствительности (SL) приемопередающих устройств. Чем больше уровень чувствительности, тем больше размеры защищаемого воздушного пространства вокруг ВС, оснащенного TCAS, и более высок уровень защиты от столкновений, однако при этом увеличивается и уровень ложных тревог. Размер защищаемого воздушного пространства, в свою очередь, управляет τ – критерием, т.е. временем до подхода к точке пересечения маршрутов, выраженным в секундах и равным отношению дальности до точки пересечения к скорости сближения. В табл. 1 приведены значения: τ – время ТА, необходимое для полета до точки пересечения трасс, и $\tau_{пр}$ – время, необходимое для разведения (разрешения) конфликта [3].

Таблица 1

Значения порогов по высоте, на которых аппаратура TCAS автоматически меняет SL

Высота, м	Уровень чувствительности (SL)	Значения τ , $\tau_{пр}$, С	
		ТА (τ)	РА($\tau_{пр}$)
0-152 (AGL)	2	20	Нет
152-762 (AGL)	4	35	20
762-3048 (MSL)	5	40	25
3048-6096 (MSL)	6	45	30
Выше 6096 (MSL)	7	48	35

2. Случаи критического сближения самолётов

В конце мая 2012 года были обнародованы данные о трёх последних случаях критического сближения шести самолётов в небе над Москвой. Стало известно, что только за первый квартал 2012 года на самолётах в небе над Москвой 14 раз срабатывала система предупреждения об опасности столкновения TCAS. А за два весенних месяца в небе над столицей произошло сразу три опасных сближения самолётов, в то время как обычно столько инцидентов в среднем фиксируется за год (рис. 1).

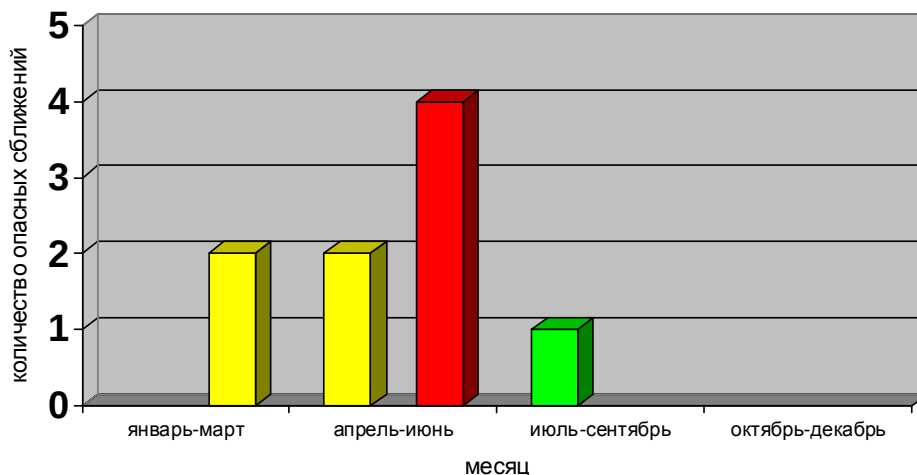


Рис. 1

Анализ отчётов по результатам авиационных событий с воздушными судами одного из крупнейших российских перевозчиков за 2012 год показал, что система TCAS, которой оборудован весь парк воздушных судов авиакомпании, шесть раз срабатывала в режиме RA (Resolution Advisory). Данная рекомендация требует немедленной реакции экипажа, следуя указаниям RA, ограничивает изменение траектории полета минимумом, необходимым для соблюдения рекомендаций по ликвидации угрозы столкновения. Как можно скорее, с учетом рабочей нагрузки, летный экипаж уведомляет соответствующий орган УВД о любой RA, которая требует отклонения от последнего указания или разрешения диспетчерской службы.

Чаще всего такие случаи приходятся на периоды, когда воздушная обстановка усложняется за счёт огромного количества рейсов, а следовательно, нахождение большого количества воздушных судов в определённой зоне воздушного пространства. Вероятность попадания в такую ситуацию напрямую зависит от загруженности трасс. Так, например, в июне 2012 года произошло четыре случая опасного сближения самолётов с интервалом в один день. Данные события рассматриваются как инцидент и подлежат тщательному расследованию, а также выявлению причин, приведших к опасной ситуации.

3. Формализованная постановка задачи

Пусть два летательных аппарата движутся по пересекающимся трассам на минимальном расстоянии друг от друга (рис. 2). Самолёт ЛА1 движется по трассе А со скоростью V_1 . Второй самолёт ЛА2 совершает полёт по трассе В с постоянной скоростью V_2 , пересекающей трассу А под определённым углом. Зона безопасности ЛА1 ограничена сферой, перемещающейся вместе с самолётом. Маневр совершает ЛА2. Опасное сближение самолётов может произойти в зоне пересечения трасс с вероятностью, превышающей допустимый риск. Величина риска определяется радиусом зоны ограничения.

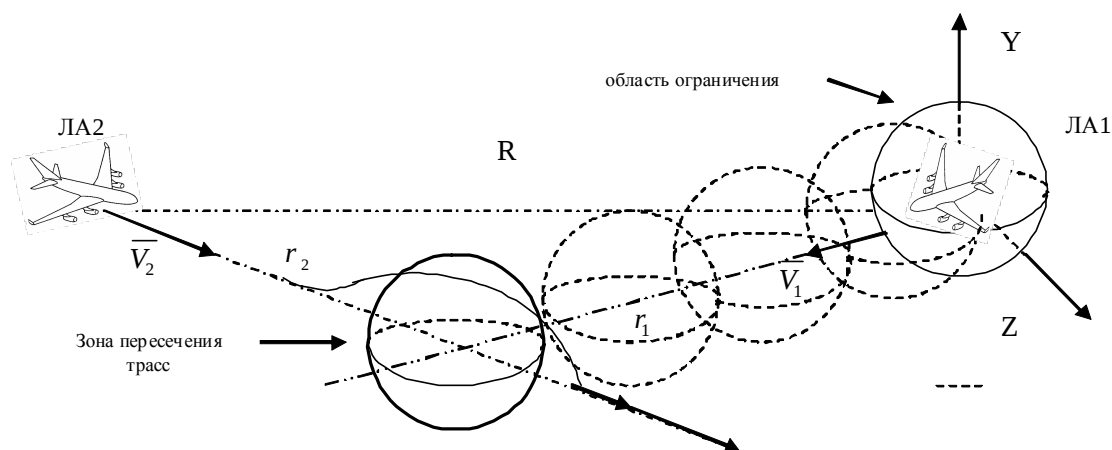


Рис. 2

В результате необходимого манёвра конфликтная ситуация разрешается, если минимальное расстояние между воздушными судами при их наихудшем сближении обеспечивается не менее заданного допуска, обеспечивающего безопасное эшелонирование. В основе такого манёвра лежит минимальное боковое отклонение от исходной трассы полёта в пределах разрешающего манёвра, структура которого регламентируется технологическими требованиями по управлению воздушным движением. Эти требования включают в себя минимальный по длительности S-образный манёвр увода судна с исходной траектории и возвращение воздушного судна на исходную трассу [3].

4. Разведение конфликтующих ЛА. Построение манёвра уклонения

Построение манёвра уклонения требует решения таких задач, как:

- 1) определение момента времени пересечения опасной траектории;
- 2) определение момента времени для начала выполнения заданного манёвра уклонения;
- 3) построение непосредственно самого манёвра уклонения, уход от области ограничения;
- 4) определение момента времени для возврата на заданный маршрут.

Пусть в нормальной земной системе координат положение ЛА1 и ЛА2 в пространстве характеризуется радиусами-векторами r_1 и r_2 , а также векторами абсолютных скоростей $\bar{V}_1, \bar{V}_2$.

Положение одного летательного аппарата относительно другого будет определяться радиус-вектором $R = r_2 - r_1$. Вектор относительной скорости $\bar{V}_{12} = \bar{V}_1 - \bar{V}_2$. Тогда момент времени пересечения опасной траектории будет определять параметр максимального сближения самолётов

$$x = \frac{\bar{V}_{12} \times R}{\bar{V}_{12}}. \quad (1)$$

Время достижения максимального сближения самолётов

$$T_{\min} = \frac{1}{V_{12}} \sqrt{R^2 - x^2}. \quad (2)$$

Работа алгоритмов и надёжность получаемых результатов для оценки конфликтной ситуации между летательными аппаратами напрямую зависит от состава и точности измеряемых параметров. Для определения момента времени начала выполнения манёвра, имеющиеся параметры дополним критериями по высоте H_1 и H_2 .

Началом выполнения заданного манёвра уклонения можно считать вторжение самолёта в защищаемую область воздушного пространства так называемого критерия вторжения. Из рис. 1 следует, что критерий обнаружения угрозы в простом случае, предполагающем, что манёвр самолётов отсутствует V_1 и $V_2 = \text{const}$, можно записать в виде

$$\tau = \frac{Y_1}{V_1} = \frac{Y_2}{V_2}, \quad (3)$$

где τ - время, необходимое для обнаружения угрозы; r_1 и r_2 - наклонная дальность.

Движение каждого ЛА определяется своей собственной системой дифференциальных уравнений со своими собственными управляющими параметрами. Под управляющим параметром понимается траектория движения ЛА2, который обходит защищённую область.

Пусть $U(t)$ и $V(t)$ - некоторые допустимые управления, а $x(t)$ и $x'(t)$ - соответствующие им траектории с начальными условиями. Если для некоторого $t > 0$ расстояние между ЛА становится равным радиусу защищённой зоны R , т.е. выполняется равенство

$$|x(t_p) - x'(t_p)| = R, \quad (4)$$

то t_p является моментом разведения конфликтующих ЛА, а сам факт выполнения равенства – разведением [3].

Манёвр уклонения также можно построить, используя метод адаптивного выдерживания ограничений на компоненты вектора состояния динамической системы. Метод обеспечивает получение решений различных задач выдерживания заданных ограничений на компоненты вектора состояния динамической системы при различных способах задания ее математической модели; получение реализуемой траектории увода в фазовом и физическом пространстве от поверхности ограничения при заданном управлении ограничения; адаптивность к свойствам объекта, форме поверхности ограничения [1].

Ниже представлено решение для детерминированной линейной непрерывной динамической системы

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u, \quad (5)$$

где $x \in X^n$; $u \in U^m$; $A(t)$, $B(t)$ - матрицы коэффициентов размером $(n \times n)$ и $(n \times m)$ в функции времени.

Для модели (1) алгоритм ограничения имеет следующий вид

$$u = \begin{cases} u(t), & \text{если } d > d_{\text{огр}}; \\ u_{\text{огр}} + \Delta u(t), & \text{если } d \leq d_{\text{огр}}, \end{cases} \quad (6)$$

где $u_{\text{огр}}$ имеет смысл предварительно выбранного управляющего воздействия, доверенного системе выдерживания ограничений, а $\Delta u(t)$ обеспечивает текущую подстройку алгоритма к нерасчетным условиям функционирования динамической системы, зависимость для определения расстояния до поверхности ограничения $d_{\text{огр}}$, при достижении которого необходимо включать управление

$$d_{\text{огр}} = \frac{\dot{d}^2}{2} \ddot{d}_p. \quad (7)$$

Здесь

$$\dot{d} = \bar{a}\dot{x} = \bar{a}[A(t)x + B(t)u]; \quad (8)$$

$$\ddot{d} = \bar{a} \frac{d}{dt} [A(t)x + B(t)u] = \bar{a} \left\{ \left[\frac{dA(t)}{dt} + A(t)A(t) \right] x + \left[\frac{dB(t)}{dt} + A(t)B(t) \right] u + B(t)\dot{u} \right\}. \quad (9)$$

$$\ddot{d}_p = \bar{a} \left\{ \left[\frac{dA(t)}{dt} + A(t)A(t) \right] x + \left[\frac{dB(t)}{dt} + A(t)B(t) \right] u_{\text{орп}} \right\}. \quad (10)$$

$$\Delta u(t) = \left[\frac{dB(t)}{dt} + A(t)B(t) \right]^{\#} \left[\frac{dA(t)}{dt} + A(t)A(t) \right] (x(t) - x_{\text{ср}}). \quad (11)$$

В случае если система (5) стационарна, то выражения (8), (10), (11) примут более простой вид

$$\dot{d} = \bar{a}(Ax + Bu), \quad (12)$$

$$\ddot{d}_p = \bar{a}A(Ax + Bu_{\text{орп}}), \quad (13)$$

$$\Delta u(t) = B^{\#}A(x(t) - x_{\text{ср}}). \quad (14)$$

Полученные выражения применяются при разработке алгоритмов для ограничения предельных режимов полёта ВС.

После получения реализуемой траектории увода дальнейшая задача будет заключаться в том, чтобы обойти область ограничения с заданным управлением и вернуться на исходный маршрут. Принципиально решение таких задач возможно с использованием методов оптимального управления (ОУ). Задачу оптимального управления рассмотрим в методе прямой оптимизации динамических систем [2].

Математическая модель может быть представлена в виде следующей динамической системы

$$\begin{cases} \dot{x} = f(x, y, t), \\ \dot{y} = \Psi(y, u, t), \end{cases} \quad t \in [t_n, t_k], \quad (15)$$

где векторы f и Ψ образованы множествами $\{f_1, f_2, f_3\}$ и $\{\Psi_1, \Psi_2, \Psi_3\}$ соответственно. Определяющая приращение вектора управлений Δu_{ik} при интегрировании системы (15) "слева направо" (т.е. от момента времени t_n до момента t_k) в пространстве сеточных функций будет выглядеть следующим образом

$$\begin{cases} \Delta y_{\kappa} = 2 \cdot \left[\frac{\partial f}{\partial y} \right]_i^{\#} \cdot \left(\frac{x_{\kappa} - x(t_i)}{\Delta t_i} - f(x_i, y_i, t_i) \right); \\ \Delta u_{\kappa} = \left[\frac{\partial \Psi}{\partial u} \right]_i^{\#} \cdot \left(\frac{\Delta y_{\kappa}}{h(t_i)} - \Psi(y_i, u_i, t_i) \right), \end{cases} \quad (16)$$

где $h(t_i)$ – в общем виде произвольная функция времени, определяющая интенсивность формируемых управлений. Реализация схемы (16) гарантирует сходимость параметров опорной траектории к значениям краевых условий по координатам вектора состояния. Если условия задачи не требуют обеспечения сходимости по значениям производных вектора состояния и управлений, то процедура формирования опорного решения, определяемая системой (16), может считаться завершённой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов А.Н., Воробьев В.В. Особенности проектирования лёгких боевых и учебно-тренировочных самолётов. - М.: Машиностроение, 2005.
2. Акимов А.Н., Андреев В.В. Метод прямой оптимизации, основные положения и порядок применения. - М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1997.
3. Марьин Н.П. Направление развития систем предупреждения столкновений // Новости навигации. - 2007. - № 1.
4. Кумков С.И. Конфликтные ситуации в пространстве, маневр по вертикали // НИТА №39/2001 ИММ УрО РАН. - Екатеринбург, 2002.
5. Кумков С.И. Алгоритмы разрешения конфликтной ситуации // Отчёт о научно-исследовательской работе НИТА №39/2001 ИММ УрО РАН. - Екатеринбург, 2002.

STATUS AND DEVELOPMENT OF PREVENTING AIRCRAFT COLLISION SYSTEMS**Akimov A.N., Vorobyev V.V., Mozolyako E.V.**

This article describes about present status and development of aircraft collision systems, as well as the construction of optimal trajectories for preventing dangerous proximity of aircraft.

Key words: prevention of collisions, optimal trajectories.

Сведения об авторах

Акимов Александр Николаевич, 1952 г.р., окончил ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского (1984), доктор технических наук, профессор, заместитель директора по тренажерам ЗАО «Гражданские самолеты Сухого», автор более 90 научных работ, область научных интересов – активное обеспечение безопасности полетов воздушных судов.

Воробьев Вадим Вадимович, 1962 г.р., окончил Харьковское ВВАИУ (1985), доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности полетов и жизнедеятельности МГТУ ГА, автор более 80 научных работ, область научных интересов – активное обеспечение безопасности полетов воздушных судов.

Мозоляко Евгений Владимирович, 1987 г.р., окончил МГТУ ГА (2010), аспирант МГТУ ГА, область научных интересов – активное обеспечение безопасности полетов воздушных судов.

УДК 658.846.6/7:629.7

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ ИНСПЕКТОРОВ ПО НАДЗОРУ ЗА БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОЛЕТОВ

В.М. РУХЛИНСКИЙ, Л.Г.БОЛЬШЕДВОРСКАЯ

В статье обосновывается концепция новой технологии подготовки инспекторов по надзору за безопасностью полетов.

Ключевые слова: инспектор, надзор за безопасностью, технология, программа, уровень профессиональной подготовки, процесс обучения.

Реализация Программы подготовки кадров ИАТА (ITQI) «Следующее поколение авиационных специалистов (NGAP)», сформулированной Международной организацией гражданской авиации (ИКАО), и исполнение Резолюции 37-й Ассамблеи ИКАО «О внедрении концепции управления процессом обеспечения отрасли высококвалифицированным авиационным персоналом нового поколения» [1] привлекло внимание мирового авиационного сообщества к переходу на новый уровень технологии и организации системы подготовки авиационных специалистов.

Одной из актуальных задач отмечается задача по разработке механизма непрерывного мониторинга (МНМ) деловых и профессиональных качеств авиационного персонала. Объективными предпосылками для существования такого механизма являются:

- ужесточение требований к процессу подготовки авиационного персонала;
- необходимость управления и во многих случаях определения реального уровня подготовленности;
- потребность в наличии единой базы данных о прошедших подготовку специалистах, инструкторах и контролирующих их деятельность инспекторах.

Создание такого механизма и применение его в авиапредприятиях может способствовать существенному повышению ответственности за безопасность полетов на всех этапах эксплуатации воздушных судов, а главное - служить мотивационным рычагом для повышения квалификации.

Отдельные задачи процесса подготовки авиационных специалистов для гражданской авиации решаются в настоящее время на уровне начального профессионального образования в учебных заведениях, на уровне повышения квалификации и прохождения переподготовки в эксплуатационных предприятиях. В целом достижение качества профессиональной пригодности ориентировано на выполнение рекомендаций к процессу подготовки авиационных специалистов, которые представлены в нескольких документах.

Одним из таких документов является: «Руководство по производству полетов для авиакомпании». Недостатком Руководства является то, что в документе представлены требования к эксплуатанту по набору авиационного персонала, переподготовке, проведению квалификационных проверок, ведению соответствующей документации, но без указания форм и методов их реализации.

Другим документом является «Руководство по обучению в области человеческого фактора (CRM)», которое в соответствии с национальными программами подготовки членов экипажа воздушных судов включает требования к эксплуатанту на осуществление с установленной периодичностью подготовки летного состава по программам:

- первоначальное обучение;
- переподготовка на другой тип воздушного судна;
- ежегодная периодическая подготовка;
- повышение квалификации командира воздушного судна - стажера;

- подготовка инструкторов/экзаменаторов.

В Руководстве отсутствуют рекомендации и методики определения степени освоения теоретических знаний и решения конкретных практических задач с учетом риска возникновения авиационных событий по вине человеческого фактора.

Требования к претендентам на соответствие по лицензированию и квалификации авиационного персонала отражаются в «Типовых правилах выдачи свидетельств авиационному персоналу (для стран СНГ), подготовленных при содействии компании БОИНГ в рамках проекта ИКАО-МАК. Данный документ содержит Международные стандарты и рекомендуемую практику выдачи свидетельств (табл. 1).

Таблица 1

Рекомендуемая практика выдачи свидетельств авиационному персоналу

Выдаваемые свидетельства и срок их действия				
не более 12 месяцев	не более 24 месяцев	не более 24 месяцев	не более 36 месяцев	не более 5 лет
Пилотам линейным и коммерческой авиации; штурманам; бортовым инженерам, механикам, радистам	Диспетчерам УВД; летчикам-наблюдателям; инструкторам-парашютистам; бортоператорам; бортпроводникам; пилотам-любителям	Инженерам для выполнения работ по техническому обслуживанию, диагностике и ремонту авиационной техники	Специалистам по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники	Сотрудникам по обеспечению полетов; операторам авиационных станций и специалистам ГА

Одним из недостатков существующей системы отбора претендентов и оценки кандидатов на продвижение в занимаемой должности является формализованная обоснованность критериев и отсутствие методики оценки уровня деловых и профессиональных качеств авиационного специалиста.

Поэтому первостепенными задачами совершенствования существующей практики выдачи свидетельств авиационному персоналу являются:

- разработка новых методов допуска (с выдачей лицензии) к выполнению конкретных задач в реальных эксплуатационных условиях;
- разработка методов определения необходимого количества авиационных специалистов;
- создание методики контроля за уровнем подготовки на всех этапах;
- создание методики и перечня задач для обучающихся;
- разработка программы проведения проверок и организации контроля обеспечения безопасности полетов;
- разработка механизма определения облика профессиональных и деловых качеств специалистов.

В связи с этим предлагается новый подход к формированию стратегического потенциала авиационных специалистов (табл. 2). В представленной схеме отражены пути решения важных задач кадровой политики не только в действующих условиях, но и для специалистов будущего поколения: определение потребности в персонале; набор персонала; отбор персонала; формирование кадрового резерва.

Таблица 2

Схема формирования стратегического потенциала авиационных специалистов

Определение потребности в авиационном персонале авиакомпании		
Анализ региональных особенностей (района базирования) и вида выполняемых полетов	Изменение состава и структуры парка воздушных судов в реестре российской гражданской авиации	Прогнозирование количественного и качественного состава авиационных специалистов
Набор персонала		
Оценка претендентов на соответствие требований по лицензированию и квалификации авиационного персонала	Оценка кандидатов на продвижение в занимаемой должности с учетом изменения состава и структуры парка ВС	
Отбор персонала		
Критерии отбора персонала по уровню квалификации	Методика комбинированной оценки квалификационных возможностей авиационных специалистов	Методика определения степени утраты практических навыков авиаспециалистами
Формирование кадрового резерва		
Внедрение системы обучения инспекторов (ITS) по управлению подготовкой и квалификацией	Разработка новых технологий и техническое обеспечение системы подготовки авиационного персонала	Разработка программы формирования профессионального облика авиационного специалиста

Отличительной особенностью такого подхода является то, что он включает четыре блока автономных и в то же время взаимосвязанных задач, сформулированных на основе существующих и актуальных требований к профессиональному облику специалистов всех звеньев авиационной транспортной системы. Ключевым этапом предлагаемой схемы является внедрение системы обучения инспекторов Inspector Training System (ITS) по управлению подготовкой и квалификацией авиаспециалистов, обеспечивающих безопасность полетов.

Впервые эта задача была озвучена в 1998 году и сосредоточена на реализации Приложений 1, 6 и 8 ИКАО, касающихся лицензирования персонала, производства полетов и летной годности. В связи с тем, что внедрение методов обучения было предоставлено отдельным авиационным администрациям, это привело к большому разнообразию результатов подготовки инспекторов. Поскольку правительственные инспекторы по безопасности полетов в гражданской авиации должны иметь соответствующую подготовку и квалификацию для выполнения своей работы, в 2006 году была разработана система (ITS) с привлечением лучшего практического опыта, полученного из Академии FAA г. Оклахома США.

В настоящее время эта система уже представлена в 24 государствах, и запланировано, что около 40 государств дополнительно получат эту систему в 2012 году.

В 2011 году группа по международному обучению Академии FAA в сотрудничестве с ИКАО и МАК провела курс по системе (ITS) для 50 инспекторов из 10 государств СНГ, работающих в области надзора за производством полетов, летной годности, авионики, диспетчеров, безопасности кабины и проверки на перронах. На рис. 1 представлены основные компоненты (ITS).

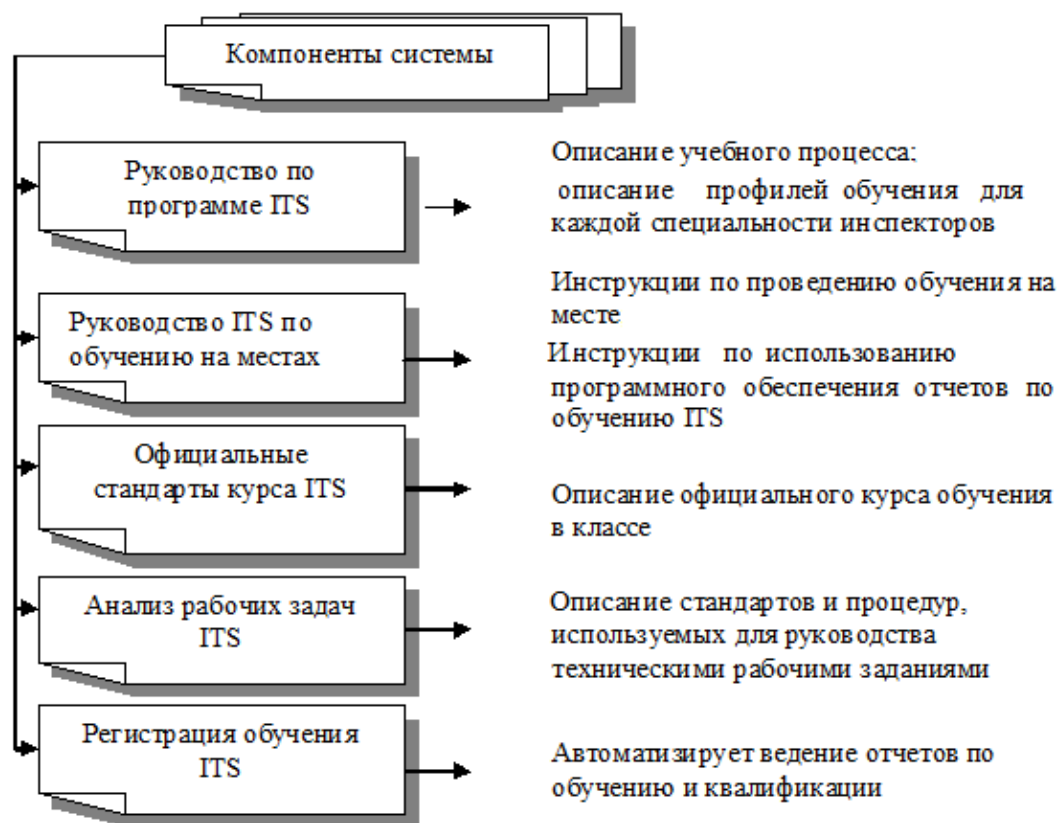


Рис. 1. Структурная схема системы обучения инспекторов

Несмотря на то, что программа (ITS) теперь доступна по всему миру, программы для подготовки авиаспециалистов в каждой стране, подобные этой, будут иметь особенности. Для российских предприятий гражданской авиации эти особенности обусловлены следующими факторами: обширность территории России; географические и климатические условия регионов; экономические возможности предприятий и организаций ГА; демографический уровень населения; уровень безопасности полетов; степень влияния человеческого фактора на риск возникновения авиационных событий и т.д.

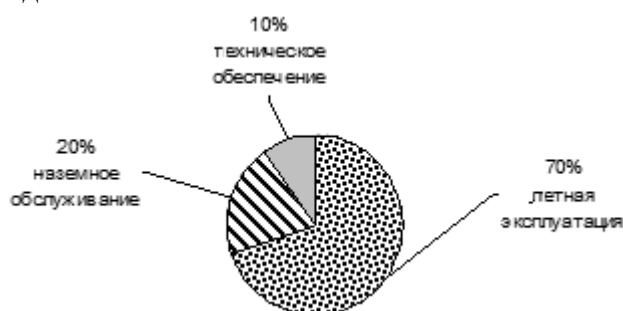


Рис. 2. Причины авиационных происшествий в гражданской авиации

Статистические данные свидетельствуют, что авиационные происшествия в гражданской авиации за последние пять лет объединены единой причинно-следственной связью — недостаточной организацией летной работы по подготовке экипажей, в том числе и психологической, к распознаванию начала развития особых ситуаций и действиям по их локализации (рис. 2).

Поэтому предлагается принципиально новая технология подготовки авиационных специалистов, которая отличается от существующей тем, что позволяет решить две важные стратегические задачи:

- внедрение новой программы подготовки инспекторов по надзору за безопасностью полетов;
- достижение полного соответствия уровня подготовленности авиационных специалистов, обеспечивающих безопасность полетов, требованиям инспекторов по надзору за БП (рис. 3).



Рис. 3. Технологическая схема взаимодействия инспекторов по надзору за безопасностью полетов

Структурное построение новой технологии обучения отличается от существующей системы подготовки тем, что количество и качество подготовленных инспекторов позволит на постоянной основе осуществлять проверку выполнения требуемых квалификационных знаний и профессиональных навыков всех авиационных специалистов.

Например, согласно рекомендаций ITS для проверки летных экипажей инспектору требуется оценить решение 63 практических задач; по надзору за деятельностью авиакомпании - 33 задачи; по лицензированию авиационного персонала - 70 конкретных практических задач. Для инженерно-технического состава предусмотрен соответствующий их профессиональному и квалификационному облику ряд задач. Например, по сертификации специалистов - 71 задача; по лицензированию персонала - 36 задач и т.д.

Основным звеном новой технологии следует признать качество подготовки, прежде всего, инспекторов по безопасности полетов, которые должны обладать необходимыми знаниями и лицензионным правом на проверку конкретного специалиста по строго сформулированным задачам.

В связи с этим новая программа подготовки должна включать:

- перечень квалификационных требований ИКАО для оценки претендентов на соответствие по лицензированию и квалификации авиационного персонала;
- профили обучения инспекторов;
- минимальный стандартизованный пакет программ для обучения в классе;
- структурированный процесс обучения на местах;
- перечень документов по анализу выполнения 400-600 конкретных индивидуальных практических задач для инспекторов.

Обучение должно производиться по четко сформулированным программам для различного уровня специалистов.

Первая часть программы должна быть сконцентрирована на управлении системой обучения и включать:

- обзор системы обучения инспекторов;
- требования ИКАО к квалификации специалиста;
- обязательства авиационных администраций;
- руководство по программе (ITS);
- официальные стандарты курса обучения инспекторов;
- анализ рабочих задач;
- профили обучения;
- планирование подготовки;
- регистрация данных об обучении;
- записи окончательного процесса квалификации инспекторов.

Первая часть обучения имеет значение для специалистов и руководителей, обеспечивающих обучение инспекторов, менеджеров по кадрам, инспекторов и инструкторов по подготовке авиационных специалистов.

Вторая часть обучения должна быть сконцентрирована на фактическом предоставлении технического обеспечения и предназначена для практического решения задач по обучению инструкторов, которые будут заниматься ежедневным внедрением системы.

Достоинством этой части обучения является то, что она позволит отражать психологические и межличностные аспекты обучающихся и предоставит возможность освоить практические навыки по конкретным рабочим задачам.

В связи с этим для каждой задачи потребуется:

- коренным образом пересмотреть философию подготовки авиационных специалистов всех категорий;
- провести аналитическое исследование имеющихся программ и методов подготовки с целью использования их в новой технологии обучения;
- разработать и обосновать применение новых учебных тестов и конкретных практических задач для всех категорий авиационных специалистов;
- сформировать базу данных о количестве инспекторского состава, имеющего право на проведение соответствующих проверок;
- оценить возможность оперативной корректировки или доработки тестовых заданий и практических задач при поступлении в авиакомпаниях новых типов воздушных судов.

Следует признать, что подготовка инспекторов будет представлять непрерывный процесс, обусловленный необходимостью повышать квалификацию и расширять круг контролируемых задач и практических навыков. Следовательно, сопутствующими задачами для внедрения новой технологии подготовки инспекторов по безопасности полетов будут задачи социально-экономического и стимулирующего характера.

Практическая реализация новой технологии подготовки инспекторов и авиационных специалистов позволит приостановить негативную тенденцию снижения безопасности полетов российской гражданской авиации и вывести авиатранспортную отрасль на высокий уровень развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рухлинский В.М., Большедворская Л.Г., Малышева Л.Е. Next generation of aviation professionals reserve formation methodology. A 37-WP/111 TE/49 31/8/10. Assambly – 37 TH Session, Канада, Монреаль.

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF FLIGHT SAFETY INSPECTORS TRAINING TECHNOLOGY

Rukhlinsky V.M., Bolshedvorskaya L.G.

The article substantiates the concept of new flight safety inspectors training technology.

Key words: inspector, safety supervision, technology, program, proficiency level, training process.

Сведения об авторах

Рухлинский Виктор Михайлович, 1946 г.р., окончил МАИ им. Орджоникидзе (1973), доктор технических наук, председатель Комитета по связям с ИКАО, международными и межгосударственными организациями Межгосударственного авиационного комитета, автор более 70 научных работ, область научных интересов – безопасность полетов, эксплуатационно-технические характеристики гражданской авиационной техники и поддержание летной годности самолетов гражданской авиации.

Большедворская Людмила Геннадьевна, окончила МИИГА (1984), кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики гражданской авиации МГТУ ГА, автор более 35 научных работ, область научных интересов – повышение эффективности авиапредприятий, организация и управление персоналом.

УДК 378.147

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ЛЕТНОГО СОСТАВА

Б.В. ЗУБКОВ, В.М. КОРНЕЕВ, С.М. СТЕПАНОВ

В статье предлагается методика дистанционного обучения авиаспециалистов гражданской авиации.

Ключевые слова: летный состав, структура, модель, окружающая среда.

Преобразования, происходящие в экологической и социально-экономической надсистемах, неизбежно оказывают влияние на подсистему образования, требуя адекватных изменений в политике, связанной с образованием. Как следствие, появились новые инновационные образовательные технологии, основанные на дистанционных технологиях обучения.

Исходя из накопленного на кафедре авиационной техники опыта работы с использованием новых информационных технологий можно сделать вывод, что наилучшим решением проблемы методического и дидактического обеспечения курсантов, студентов и слушателей, обучающихся по дистанционным технологиям, является создание электронных учебно-методических комплексов (ЭУМК) как в локальном, так и в сетевом исполнении.



Рис. 1. Типовая структура электронного учебно-методического комплекса

Электронное учебное пособие является обязательным компонентом комплекса. Существуют несколько форм реализации электронного учебного пособия.

Первая и наиболее простая – это электронный учебник с линейным набором текстов и графических материалов.

Вторая более продвинутая форма – это тексты с разветвленной продуманной системой гиперссылок, снабженные графическими и мультимедийными элементами с многоуровневым изложением учебного материала. В состав таких комплексов могут входить программно-информационные системы компьютерного тренинга и контроля (самоконтроля) знаний.

Третья форма реализации ЭУМК содержит помимо перечисленных выше компонент системы лабораторных практикумов, компьютерные тренажеры, основанные на математических и имитационных моделях изучаемых процессов и систем.

Четвертая наиболее развитая форма является полноценным мультимедийным сетевым обучающим комплексом, содержащим системы автоматизации профессиональной деятельности или их учебные аналоги.

В соответствии с формами реализации ЭУМК можно разделить на четыре группы по их основному дидактическому назначению. Первая группа служит для знакомства с теоретическим материалом изучаемого курса. Вторая – для изучения, осмысления и закрепления теоретического материала, контроля теоретических знаний. Третья группа ЭУМК предназначена для формирования и развития знаний, умений и профессиональных навыков работы, развития интуиции и творческих способностей учащегося. Четвертая группа ЭУМК может использоваться не только для всестороннего овладения изучаемой дисциплины, но и для проведения самостоятельных научных исследований, для решения нестандартных задач.

Независимо от выбранной формы реализации ЭУМК могут быть разработаны для размещения на дискетах, CD или DVD дисках, а также для публикации в Internet. Причем онлайновое обучение представляется наиболее перспективной технологией в современной системе образования, особенно в системе дополнительного образования. Обучение на основе Internet-технологий представляется наиболее перспективным, прежде всего, для компаний, заинтересованных в постоянном повышении квалификации своих работников. Данная форма обучения позволяет получать образование без отрыва от производства в любое удобное время и значительно сократить расходы, связанные с очной системой обучения.

Необходимо отметить, что ДО на основе новейших информационных технологий обучения обновляет роль преподавателя, который должен координировать познавательный процесс, постоянно совершенствовать преподаваемые им курсы, повышать творческую активность и квалификацию в соответствии с инновациями. Позитивное влияние оказывает удаленное обучение и на обучаемого, повышая его творческий и интеллектуальный потенциалы за счет самоорганизации, стремления к знаниям, умения взаимодействовать с компьютерной техникой и самостоятельно принимать ответственные решения. Качество получаемого образования по технологиям ДО достигается за счет привлечения высоко квалифицированного профессорско-преподавательского состава и использования в учебном процессе учебно-методических изданий и контролирующих тестов по дисциплинам [1].

Дистанционное обучение как новую технологию получения образования необходимо оценивать с позиций понятия «система».

Система имеет свои специфические структурные элементы. Она может также характеризоваться параметрами обратной связи и ограничениями [2]. Параметры позволяют описать состояние или процесс изменения, происходящий с элементами, входящими в систему.

При рассмотрении дистанционного обучения как подсистемы системы образования следует подчеркнуть специфику ее функционирования, включая вход, состояние и выход. Важное значение приобретает контакт системы дистанционного обучения с окружающими системами, который осуществляется через входы и выходы системы. Величины, характеризующие функционирование системы дистанционного обучения, разделим на три категории:

- 1) внешние переменные (воздействия) $u_1, u_2, \dots, u_k$, влияющие на поведение системы;
- 2) выходные параметры $y_1, y_2, \dots, y_m$, описывающие те аспекты поведения системы, которые представляют интерес для исследования;
- 3) параметры, характеризующие состояние системы $x_1, x_2, \dots, x_n$.

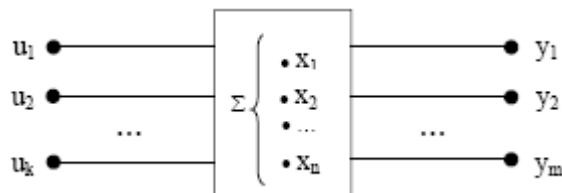


Рис. 2. Модель взаимодействия системы ДО с окружающими системами

Систему ДО рассматриваем как структуру, в которую в определенные моменты времени вводятся некоторые воздействия и из которой в определенные промежутки времени выводятся выходные параметры. При этом система непрерывно функционирует во времени t . Тогда в каждый момент времени t система ДО получает входное воздействие $u(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_k(t))$ и порождает выходную переменную $y(t) = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_m(t))$. В общем случае значение выходной переменной $y(t)$ системы зависит как от значения входного воздействия $u(t)$, так и от предыстории этого воздействия, которое характеризуется измененным состоянием системы $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))$.

Зависимость количества элементов системы (n) и число связей (z) между ними можно записать: $z = n(n-1)$. Тогда количество возможных состояний системы выражается зависимостью $N=2n(n-1)$. Отсюда видно, что с увеличением числа элементов системы увеличивается число возможных ее состояний.

Важнейшими особенностями онлайн-системы обучения являются ее открытость, доступность и универсальность. Такая система обеспечивает возможность всем желающим получить доступ к имеющимся ресурсам в любое время и независимо от местоположения, возраста или уровня образования.

Основными элементами Internet-технологий в образовании являются:

- образовательный портал, содержащий рубрицированный каталог дидактических, справочных и хрестоматийных ресурсов, программы курсов, методические указания, расписания очных и дистанционных on-line занятий, служебная информация, сопровождающая учебный процесс;
- образовательная почта - взаимодействие преподавателя и обучающегося посредством электронной почтовой системы;
- видео - и аудиоконференции, форумы, чаты и т.д.;
- интерактивные дидактические игры.

Ввиду объективных и субъективных факторов при разработке и создании электронных учебно-методических комплексов по отдельным дисциплинам помимо общих проблем, имеющих место при создании любого электронного курса, возникают свои особенные вопросы, касающиеся структурного и технического характера. Например, при изучении конструкции и летной эксплуатации воздушных судов необходимо проводить занятия с использованием тренажеров, натуральных экспонатов или макетов.

В электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Конструкция и эксплуатация ВС», предназначенный для обучения курсантов, студентов и слушателей Ульяновского высшего авиационного училища гражданской авиации, входят:

- методические рекомендации пользователю;
- методические рекомендации по изучению дисциплины;
- электронное учебное пособие;
- электронный альбом схем;

- мультимедиа материалы;
- контрольные вопросы;
- тест для контроля знаний;
- глоссарий;
- терминология ИКАО;
- список принятых сокращений;
- рекомендации по выполнению курсовых работ;
- список рекомендуемой литературы.

Учебно-методические материалы комплекса дополняют основной дидактико-методический комплекс по дисциплине, уже существующий в училище, повышают эффективность изучения дисциплины и обеспечивают повышение качественного уровня образования за счет более активного использования научного и образовательного потенциала по конструкции и эксплуатации ВС.

Электронный альбом схем состоит из набора кадров (страниц). Кадрами могут быть графические и тестовые экраны, анимационные ролики, видеоклипы, демонстрационные программы и т.п. Форма представления информации определяется целевым назначением.

Отсутствие возможности очного контроля качества обучения (коллоквиумы, зачеты, экзамены, курсовые и дипломные работы) стимулирует разработку систем тестирования, применимых как в процессе обучения (текущий и промежуточный контроль), так и на завершающей его стадии (итоговая аттестация).

Отдельные составляющие из данного электронного учебно-методического комплекса размещены на учебно-методическом сайте по конструкции и эксплуатации воздушных судов www.kvs-vm.narod.ru, посещаемость которого не менее 100 человек в день.

Важно подчеркнуть, что преподаватель является ключевым элементом разработки и внедрения мультимедийных обучающих средств. Практический опыт разработки и использования электронных альбомов схем говорит о том, что наиболее реальным методом широкого (массового) внедрения их в учебный процесс является непосредственное участие в их разработке преподавателей, которые должны их использовать.

Если при разработке электронных учебных пособий используется общепринятое разделение функций на сценариста-преподавателя и разработчика-программиста, то в результате такого творческого сотрудничества может получиться неплохой мультимедийный продукт образовательного направления.

При разработке мультимедийных средств самим преподавателем может получиться и не столь высококлассный программный продукт. Но в этом случае он гарантированно будет внедрен в учебный процесс. Со временем, по мере накопления преподавателем опыта в разработке подобных мультимедийных средств и практики их использования, они будут становиться все более совершеннее.

При таком подходе предлагается на первоначальном этапе использовать для разработки мультимедийных учебных средств самые доступные и широко распространенные программные средства, например программа Microsoft PowerPoint, входящая в пакет программ Microsoft Office. Эта программа позволяет обычному преподавателю-пользователю ЭВМ, не имеющему навыков программирования, самостоятельно создавать довольно приличные мультимедийные программные продукты с использованием цветных схем, фотографий, динамических эффектов, средств мультимпликации, учебных видеofilмов, поясняющих авторских аудиокomentarиев, гиперссылок на дополнительную информацию, тренажерные и контролирующие блоки. При этом преподаватель имеет прекрасную возможность внесения любых изменений в разработанный мультимедийный продукт, постоянно совершенствуя его.

В то же время необходимо учитывать, что PowerPoint – это лишь представление (презентация) учебного материала с преимущественно линейной навигацией [3].

Важно также учитывать, что технологии мультимедиа позволяют оживить информационные кадры, сопроводить их графическими динамическими иллюстрациями, фотографиями, видеоклипами, фрагментами аудиоинформации, компьютерными тренажерами, контролирующими тестами.

Компьютерные тренажеры, предназначенные для отработки первоначальных навыков по эксплуатации систем самолета, могут служить для:

- ознакомления с расположением и назначением органов управления и контроля систем самолета;
- моделирования проверок соответствующих систем;
- моделирования штатной работы изучаемых систем;
- коррекции неверных действий обучаемого за счет включения подсказок.

В разработке ЭУМК можно выделить три основных подхода к формированию состава рабочих групп разработчиков:

1. Профессиональный подход:

- преподаватель;
- методист;
- психолог;
- программист;
- компьютерный дизайнер.

2. Приемлемый подход:

- преподаватель;
- методист;
- специалист по технологическим средствам.

3. Часто практикуемый подход:

- преподаватель;
- студенты в роли компьютерных инженеров.

Присутствие в составе разработчиков компьютерного инженера вовсе не означает, что преподаватель может быть далек от понимания компьютерных технологий обучения. Кроме того, преподавателю нужны и знания о компьютерных и сетевых средствах обучения, а также навыки их практического использования в учебном процессе.

Необходимым условием успешной деятельности преподавателей по проектированию и использованию компьютерных обучающих программ (КОП) являются знания о дидактических возможностях используемых программных средств и умения по формированию и корректировке автоматизированных программ.

Создание компьютерных обучающих программ по праву считается в высшей степени творческой работой, требующей большой эрудиции, глубоких знаний психологических и педагогических основ обучения по основной специальности.

Готовность преподавателей к использованию КОП можно подразделить на общую и специальную.

Под общей готовностью к компьютерной технологии обучения понимается наличие ряда элементов компьютерной грамотности, психологическая готовность к работе с компьютером, понимание смысла задач, методологии и перспектив компьютеризации учебного процесса в своей предметной области, что в целом позволяет осознанно подойти к освоению КОП.

Специальная готовность, то есть комплекс знаний и умений, необходимых для максимально эффективного практического применения КОП, имеет ряд уровней, среди которых можно выделить в качестве основных следующие:

1. Уровень первоначального знакомства, на котором преподаватель знакомится с концепцией КОП, изучает инструкции обучаемого и преподавателя, приобретает навыки работы с КОП в качестве обучаемого, учится регистрировать свои учебные группы, получать распечатки с итогами обучения, данные об учебно-методическом насыщении КОП и адаптировать его к своим требованиям.

2. Уровень методического мастерства, на который преподаватель выходит, приобретая навыки использования КОП в учебном процессе. Этот уровень характеризуется умением грамотно сформулировать задачу, заинтересовать слушателей этой работой, организовать достаточно комфортные условия для студентов во время сеанса работы с ЭВМ, оказать им, особенно на первых этапах, помощь. Преподаватель приобретает навыки оказания небольшой технической помощи в случае возникновения затруднений при работе с компьютером и программой.

3. Уровень педагога-эксперта (преподавателя-методиста), который предполагает углубленное изучение инструментальных средств и дидактических принципов системы с помощью формирования дополнительного учебно-методического насыщения КОП в рамках наличных дидактических возможностей. На этом уровне формируются умения, связанные с организацией работы операторов базы данных КОП по вводу дополнительных текстов источников, комментариев, справочников, подготовкой данных текстов для ввода с учетом особенностей компьютерного изучения, проведением экспертизы качества и объема дополнительного учебно-методического насыщения, представлением регистрируемой в КОП санкции на его использование обучаемыми, формированием экспертных описаний текстов и пакетов учебных заданий.

4. Уровень творческого развития дидактических возможностей КОП, на котором требуется глубокое знание архитектуры системы, ее инструментальных средств, что позволяет, опираясь на средства создания и поддержания фреймовых структур, создавать новые типы учебных заданий, методических комментариев, стратегий обучения и т.д.

Достижение каждого уровня готовности требует целенаправленных усилий, времени, необходимого для приобретения опыта.

Таким образом, проведенный анализ дидактических средств дистанционного обучения позволяет сделать следующие выводы:

1. Наиболее перспективной, качественной и выгодной технологией получения образования на сегодня является Internet-технология с использованием в учебном процессе полнофункциональных мультимедийных электронных учебно-методических комплексов.

2. Одной из проблем, которые сегодня возникли перед образовательными учреждениями – это создание полноценных электронных учебно-методических комплексов, позволяющих студенту или учащемуся наиболее полно овладеть той или иной дисциплиной.

3. Таким образом, при создании ЭУМК следует особое внимание обратить на такие вопросы, как полнота учебного и методического материала, продуманная структурированность учебника, использование глоссария, применение различного рода приемов представления информации, введение дополнительного мультимедийного материала и обязательная система контроля и самоконтроля в форме различных тестов, контрольных и самостоятельных работ, непрерывное дополнение и совершенствование курса.

4. Предлагаемые научно-методические подходы к разработке, конструированию и использованию ЭУМК учебной дисциплины могут служить своеобразным ориентиром для развития системы ДО.

В заключение хотелось бы отметить, что создание любого электронного учебного пособия – это, прежде всего, творческая работа, к которой нужно соответственно подходить. Компьютеры предоставляют практически неограниченные возможности в реализации любых идей и замыслов, и поэтому при создании ЭУМК не стоит ограничивать полет своей мысли и фантазии.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Тавгень И.А.** Дистанционное обучение: опыт, проблемы, перспективы. - 2-е изд., исправл. и доп. / под ред. Ю.В. Позняка. - Минск: БГУ, 2003.
2. **Мороз А.И.** Курс теории систем. - М.: Высшая школа, 1987.
3. **Соловов А.В.** Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология. - Самара: Новая техника, 2006.

4. Корнеев В.М. Рекомендации по внедрению инновационных образовательных технологий // Проблемы подготовки специалистов для гражданской авиации и повышения эффективности работы воздушного транспорта: сб. материалов междунар. науч.-практич. конф.: научное издание / под ред. Н.У. Ушакова. - Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2010. - С. 96-98.

5. Корнеев В.М. Опыт разработки электронных учебно-методических комплексов по авиационным дисциплинам // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества: тезисы докладов междунар. науч.-техн. конф., посвященной 85-летию гражданской авиации России. - М.: МГТУ ГА, 2008. - С. 260.

DISTANCE LEARNING FOR AIR SPECIALISTS TRAINING

Zubkov B.V., Korneev V.M., Stepanov S.M.

This article presents the procedures distance learning for air specialists training in civil aviation.

Key words: flying composition, structure, model, environment.

Сведения об авторах

Зубков Борис Васильевич, 1940 г.р., окончил КИИГА (1966), действительный член Академии наук авиации и воздухоплавания, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности полётов и жизнедеятельности МГТУ ГА, автор более 120 научных работ, область научных интересов – вопросы обеспечения безопасности полётов и жизнедеятельности, авиационной безопасности.

Корнеев Владимир Митрофанович, 1951 г.р., окончил КАИ (1974), кандидат технических наук, заведующий кафедрой авиационной техники УВАУ ГА(И), автор 47 научных работ, область научных интересов – новые информационные технологии изучения конструкции и эксплуатации воздушных судов.

Степанов Сергей Михайлович, 1959 г.р., окончил РИИГА (1982), кандидат технических наук, доцент кафедры авиационной техники УВАУ ГА(И), автор более 50 научных работ, область научных интересов – система качества, управление, подготовка и управление персоналом.

УДК 629.735.45

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА К ОБУЧЕНИЮ ЛЕТНОГО СОСТАВА

Н.Н. АВДЕЕВ

Статья представлена доктором технических наук, профессором Никитиным И.В.

Статья посвящена анализу особенностей компетентностного подхода при обучении летного состава и рекомендациям по его применению.

Ключевые слова: компетентностный подход к обучению, летный состав, профессиональное образование.

Особенности компетентностного подхода

В настоящее время при разработке нормативных требований в сфере образования выдвигается компетентность, под которой понимаются интегрированные характеристики качества подготовки специалиста.

В соответствии с компетентностным подходом принятая в России «Концепция модернизации образования на период до 2010 года» представляет собой как «новую систему универсальных знаний, умений, навыков, а также учитывает опыт самостоятельной деятельности и личной ответственности обучающихся».

Компетентностный подход позволяет устранить противоречия, связанные с предлагаемой действующими образовательными стандартами жесткой дисциплинарной моделью обучения. Содержание подготовки выстраивается из большого набора дисциплин, каждая из которых преподается, исходя из собственной логики.

Качество подготовки определяется как производное от числа прослушанных учебных часов по отдельным дисциплинам, хотя очевидно, что качество профессионального образования нельзя сводить лишь к сумме уровней качества обучения различным предметам, так как оно определяется степенью приобщения к целостной сфере будущей профессиональной деятельности.

Понятия «компетенция» и «компетентность» имеют междисциплинарную, интегративную (надпредметную) сущность.

Под компетентностью понимается актуальное, формируемое личностное качество как обновляющаяся на знаниях, интеллектуально и личностно обусловленная социально-профессиональная характеристика человека. Это понятие шире понятия знание, или умение, или навык. Оно включает их в себя.

Понятие «компетентность» включает не только когнитивную и операционально-технологическую составляющие, но и мотивационную, этическую, социальную и поведенческую. Если в этом контексте представить состав компетентности, то он будет включать следующие компоненты:

- готовность к проявлению компетентности (т.е. мотивационный аспект), где готовность рассматривается как мобилизация субъективных сил;
- владение знанием содержания компетентности (т.е. когнитивный аспект);
- опыт проявления компетентности в разнообразных, стандартных и нестандартных ситуациях (т.е. поведенческий аспект);
- отношение к содержанию компетентности и объекту ее приложения (ценностно-смысловой аспект, выступающий и как мотивационный);
- эмоционально-волевая регуляция процесса и результата проявления компетентности.

Необходимо разграничивать понятия: «компетенции» как некоторой программы, образа, сценария и «компетентности» как реализации личностью этого когнитивного потенциала, т.е. проявления личностного качества.

Компетентностный подход как новая парадигма результативно-целевого подхода к образованию приводит к принципиально иной системе образовательного процесса, а точнее к сдвигам во всей системе образовательного процесса. Поскольку цель задается по-новому, то и система выстраивается иначе.

При проектировании образовательного процесса с позиций компетентностного подхода необходимо освоить методы описания целей - результатов.

Цель задает соответствующие структуру и содержание, виды учебной и профессиональной деятельности, показатели и оценочные средства этой деятельности. Понятно, что с позиций компетентностного подхода необходима модульная организация процесса обучения.

Модуль – это целевой функциональный узел, в котором объединены учебная составляющая и технология овладения ею.

Содержание модуля соотносится с компетенцией. Для каждого модуля формулируется четкая и измеряемая задача. При этом необходимо сохранить и учебные дисциплины, которые играют роль методологической базы. Использование технологического подхода к организации образовательного процесса вынуждает преподавателей изменять способы работы с учебной информацией, требует четкого структурирования информации, ее дозирования с учетом возможностей обучающихся, выбора разнообразных и адекватных способов представления учебного материала.

В литературе можно встретить определения профессиональных, общих (ключевых, базовых, универсальных), академических и других компетенций.

Компетенции широкого спектра использования, обладающие определенной универсальностью, получили название «ключевых».

Ключевые компетенции определяют реализацию специальных компетентностей и конкретных компетенций. Одни и те же ключевые компетенции обеспечивают продуктивность различных видов деятельности. Ключевые компетенции обеспечивают универсальность специалиста и поэтому не могут быть чрезмерно специализированными.

С другой стороны, выделяют профессиональные (специальные) компетенции, которые определяют готовность и способность специалиста действовать в соответствии с требованием дел, методически организовывать и самостоятельно решать задачи и проблемы, а также оценивать результаты своей деятельности.

Эти компетенции выражают профессиональный профиль специалиста.

Рекомендации ИКАО по применению компетентностного подхода

В документах Международной организации гражданской авиации (ИКАО) реализация компетентностного подхода продемонстрирована на примере разработки принципиально новой программы подготовки пилотов в составе многочленного экипажа - Multi-Crew Pilot License (MPL).

Толчком к разработке этой программы послужили результаты проведенных в 2000 году исследований, на основе которых был сделан вывод, что стандарты ИКАО не соответствуют новым технологиям в области подготовки персонала и авиационной техники.

Поэтому в октябре 2002 года было принято решение разработать совершенно новый метод подготовки пилотов. В результате была разработана, по мнению экспертов, комплексная программа первоначального обучения, которая позволяет из кандидата в пилоты с нулевым налетом подготовить второго пилота, способного после обучения немедленно приступить к работе в составе многочисленного экипажа на самолетах нового поколения с электронной индикацией. При этом сроки подготовки пилота и затраты на нее по сравнению с традиционными програм-

мами подготовки должны быть меньше. По прогнозам ИКАО новая программа должна стать стандартом первоначального обучения вторых пилотов.

Разработка программы MPL является первым, начиная с 1944 года, фундаментальным пересмотром методологии подготовки пилотов гражданской авиации. До сегодняшнего дня уровень подготовки пилотов оценивался главным образом только опытом летной работы. Сомнения в том, что общее количество часов налета у пилотов характеризует уровень их квалификации и профессионализма, возникли более 20 лет назад, когда была разработана программа подготовки пилотов «Спектр».

Основными особенностями программы MPL является перенос основной части практической подготовки на тренажеры, уделение большего внимания подготовке пилота для работы в составе экипажа современного самолета с электронной индикацией.

Широкому внедрению программы MPL препятствует отсутствие законодательной базы во многих государствах. За этим, кроме обычных бюрократических преград стоят сомнения в возможности создания в ближайшее время соответствующей материально-технической базы в первую очередь тренажеров, позволяющих обеспечить необходимое качество подготовки при сокращении объема учебных полетов и срока обучения.

Эта проблема особенно остро стоит перед российскими летными учебными заведениями, располагающими в основном устаревшим парком тренажеров и учебных воздушных судов. Однако Федеральные авиационные правила (ФАП) «Требования к членам экипажа воздушных судов, специалистам по техническому обслуживанию воздушных судов и сотрудникам по обеспечению полетов (полетным диспетчерам) гражданской авиации» предусматривают подготовку пилотов по программе MPL.

Следует отметить, что при всей своей радикальности, рекомендации по разработке программы MPL основываются на имеющемся опыте подготовки операторов эргатических систем.

В первую очередь сохранена этапность подготовки пилотов, о необходимости которой свидетельствует опыт подготовки различных категорий операторов. Но в отличие от традиционной трехэтапной системы подготовки (теоретическая, тренажерная и летная подготовка) в рамках компетентностного подхода определены четыре этапа с соответствующими уровнями компетенции:

- основные навыки пилотирования;
- уровень 1 (базовый);
- уровень 2 (промежуточный);
- уровень 3 (продвинутый).

Детальные рекомендации по применению компетентностного подхода для разработки программы MPL изложены в документе ИКАО «Подготовка персонала». В документе в общем виде излагаются принципы и процедуры, подлежащие использованию при разработке и применении компетентностного подхода к обучению летного состава, а также детализируются четыре уровня компетенции и технические средства подготовки и обучения (ТСПО), необходимые для их освоения (табл. 1).

Применяемые в табл. 1 сокращения:

ПВП - правила визуальных полетов;

ППП - правила полетов по приборам;

CRM - управление ресурсами;

LOFN - программа тренажерной подготовки, ориентированная на выполнение полета в реальном времени.

Таблица 1

Уровни компетенции и ТСПО, необходимые для освоения программы подготовки летного состава с использованием компетентностного подхода

Уровни компетенции	Виды подготовки	Средства тренажерной и летной подготовки (минимальные требования)
Основные навыки пилотирования (Core Flying Skills) Базовая подготовка на самолете, управляемом одним пилотом	- CRM; - полеты по маршруту по ПВП; - самостоятельный полет; - полеты по основным приборам; - основы полета; - процедуры в кабине	Самолет с одним или несколькими двигателями. FTD, тип I
Базовый (Basic) Начало выполнения полетов в составе многочленного экипажа и полетов по приборам	- CRM; - полеты по маршруту по ППП; - вывод самолета из нежелательного состояния; - ночные полеты; - полеты по ППП	Самолет с одним или несколькими двигателями FTD, тип II
Промежуточный (Intermediate) Выполнение полетов в составе многочленного экипажа на самолете с газотурбинными двигателями	- CRM; - LOFT; - особые процедуры; - обычные процедуры; - многочленный экипаж; - полеты по ППП	FTD, тип III
Продвинутый (Advanced) Квалификационные отметки о типе, ориентированные на условия деятельности авиакомпаний	- CRM; - отработка посадки; - всепогодные полеты; - LOFT; - особые процедуры; - обычные процедуры	Многодвигательный самолет с газотурбинными двигателями и многочисленным экипажем FTD, тип IV

Возвращаясь к отечественному опыту подготовки операторов эргатических систем, можно отметить, что программа MPL основывается на следующих принципах:

1. Особое внимание уделяется определению целей обучения, обеспечивающих требуемый уровень профессиональной подготовки (ПП) для действий как в нормальных, так и в особых ситуациях.

2. С учетом многоэтапности процесса подготовки необходимо обеспечить перенос компетенций, полученных на предыдущем этапе, на следующий этап с учетом того, что эти процессы имеют динамический, а не статический характер, а их эффективность зависит от степени усвоения предыдущей задачи.

3. Подготовка пилотов должна осуществляться с учетом перспектив развития авиационной техники (АТ), что обеспечивается на основе использования современных учебных воздушных судов (ВС) и тренажеров со «стеклянной кабиной».

4. Индивидуальное обучение с самого начала должно иметь целью подготовку пилота к работе в составе экипажа, поэтому с самого первого этапа в программе присутствует дисциплина CRM.

5. Содержание обучения должно обеспечивать формирование знаний о процессах, характеризующих как машинный, так и «человеческий» компоненты системы.

6. Обеспечение необходимого уровня мотивации обучающихся.

7. Организация непрерывного контроля результатов обучения, основанного как на оценке по нормативным показателям, так и по результатам контроля алгоритма работы обучающегося.

8. Разделение сложной деятельности на отдельные действия или группы действий, не допуская при этом дробления профессиональной деятельности на отдельные, не имеющие самостоятельной цели операции.

9. Применение мультимедийных средств обучения, что повышает эффективность усвоения материала.

Изучение документов ИКАО на английском и русском языках приводит к необходимости уточнения используемой терминологии. В издании на русском языке уже упоминавшегося документа ИКАО «Подготовка персонала» термин «competency-based training and assessment» переводится как «квалификационная система подготовки и оценки» и определяется как «система подготовки и оценки, для которой характерны ориентация на результаты. В документе особое внимание уделяется стандартам эффективности выполнения операций, а также разработке учебного курса на основе установленных стандартов эффективности».

При этом под квалификацией понимается сочетание навыков, знаний и отношения к делу (the skills, knowledge and attitudes), необходимых для выполнения той или иной задачи в соответствии с установленными стандартами.

Следует отметить, что в других публикациях ИКАО на русском языке термины «the skills, knowledge and attitudes» переводятся как «уровень навыков, знаний и профессиональной осведомленности», из чего можно сделать вывод, что терминология в этой области подготовки авиационного персонала находится в стадии формирования.

В то же время в отечественных научных публикациях используется термин «компетентностный подход», на основе которого в настоящее время ведется разработка федеральных государственных стандартов третьего поколения.

Термин «competency-based» как перевод с английского языка «competency-based education» используется и при изучении вопросов подготовки авиационного персонала, где отмечается сложившаяся тенденция перехода в профессиональном образовании от квалификационного подхода к компетентностному.

И в заключении обсуждения терминологических проблем необходимо отметить, что в Дополнении В к Приложению 1 к Конвенции о международной гражданской авиации «Выдача свидетельств авиационному персоналу», определяются уровни компетенции для обладателей свидетельства пилота многочленного экипажа самолета.

Представляется, что при проведении научных исследований проблем подготовки летного состава целесообразно использовать принятые в научной литературе термины «компетентностный подход», «компетенция» и «компетентность».

ЛИТЕРАТУРА

1. Дос. 9868. Подготовка персонала. Правила аэронавигационного обслуживания. - Монреаль: ИКАО, 2006.
2. Приложение 1 к Конвенции о международной гражданской авиации. Выдача свидетельств авиационному персоналу - Изд. 10-е. - Монреаль: ИКАО, 2006.
3. Сборник вопросов для проверки знаний членов экипажей самолетов Ил-86, Ил-76, Ту-154, Ту-134, Як-42. - М.: Министерство транспорта РФ; Департамент воздушного транспорта, 1992.
4. Синицкий А. Самолет в учебном классе // Авиатранспортное обозрение. - 2005.

5. Человеческий фактор. Сборник материалов № 5. Эксплуатационные последствия автоматизации в оборудованных передовой техникой кабинах экипажа: Циркуляр ИКАО 234-AN/142.
6. **Челышкова М.Б.** Разработка педагогических тестов на основе современных математических моделей: учеб. пособие. - М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1995.
7. Airbus-320[^] Flight Crew Training Manual.
8. Boeing-777: Training Manual.

THE COMPETENCY-BASED EDUCATION OF PILOT

Avdeev N.N.

This article is devoted to analysis of the competency-based education of pilot and the recommendations about its application.

Key words: the competency-based education, the flight structure, profession education.

Сведения об авторе

Авдеев Николай Николаевич, 1947 г.р., окончил МИИГА (1976), пилот-инженер, соискатель кафедры аэродинамики, конструкции и прочности ЛА МГТУ ГА, автор 2 научных работ, область научных интересов – летная эксплуатация и безопасность полетов воздушных судов.

УДК 656.7.08

КОНЦЕПЦИЯ ЕДИНОГО ДЛЯ ЭКСПЛУАТАНТОВ ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА (АВИАКОМПАНИЙ) И ПОСТАВЩИКОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ (СИСТЕМ ОрВД) ПОКАЗАТЕЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЁТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Ю.М. КОЛИТИЕВСКИЙ

В статье рассматривается концепция единого для авиатранспортной системы России показателя оценки уровня безопасности полётов воздушных судов, который предлагается использовать в перспективной автоматизированной системе упреждающего управления указанным уровнем. Данный показатель включает в себя совокупность независимых друг от друга совместных событий (отказы авиатехники, человеческий фактор, непредвиденные заранее воздействия внешней среды, сближения ВС друг с другом и препятствиями и т.п.), каждое из которых при определённых обстоятельствах может привести к катастрофе воздушного судна.

Ключевые слова: безопасность полётов, упреждающее управление, группа событий, класс события, риск катастрофы.

В соответствии с рекомендациями ИКАО, приведёнными в документе [1], безопасность представляет собой состояние, при котором риск причинения вреда лицам или нанесения ущерба имуществу снижен до приемлемого уровня и поддерживается на этом либо более низком уровне посредством непрерывного процесса выявления источников опасности и контроля факторов риска [1, п. 1.2.3].

При оценке приемлемости конкретного вида риска, связанного с определённой опасностью, необходимо всегда учитывать как вероятность опасного случая, так и степень серьёзности потенциальных последствий, в силу чего показатели, используемые при решении вопроса о приемлемости риска, должны быть двумерными [1, п. 13.2.1].

С учётом изложенного ИКАО предлагает следующую двумерную концепцию риска: предполагаемый риск, ассоциируемый с опасным событием, должен зависеть как от “степени вероятности” возникновения данного события, так и от “степени серьёзности” его последствий.

Для реализации указанной концепции ИКАО требует от всех эксплуатантов воздушного транспорта (ЭВТ), организаций по техническому обслуживанию, поставщиков обслуживания воздушного движения (систем ОрВД) и сертификационных эксплуатантов аэродромов внедрения систем управления безопасностью полётов (СУБП), одобренных государством. Указанные системы должны обеспечивать решение следующих задач [1, п. 1.4.5]:

- обнаруживать фактические и потенциальные угрозы безопасности;
- гарантировать принятие конкретных мер, необходимых для уменьшения факторов риска;
- обеспечивать непрерывный мониторинг и регулярную оценку достигнутого уровня безопасности полётов.

При разработке указанных СУБП необходимо иметь в виду, что обеспечение безопасности полётов каждого из воздушных судов (ВС) от его взлёта до посадки – это непрерывный динамический процесс, включающий в себя: аэропорт, управление воздушным движением, cabinный экипаж, наземную службу эксплуатационного обеспечения, диспетчерскую службу и т.п., в силу чего для обеспечения надёжного управления безопасностью полётов необходимо учитывать все указанные выше компоненты авиатранспортной системы РФ (АТС).

С учётом изложенного системы СУБП, разрабатываемые в интересах как эксплуатантов воздушного транспорта (авиакомпаний), так и поставщиков обслуживания воздушного движения (систем ОрВД), должны быть функционально связаны между собой, а показатели качества

их функционирования (в первую очередь безопасность, регулярность и экономичность полётов ВС) – едиными для указанных выше СУБП.

В подтверждение этого в аналитической записке “О состоянии ОрВД в воздушном пространстве РФ в 2004 г.”, направленной Российской ассоциацией эксплуатантов воздушного транспорта в адрес Министра транспорта РФ (№ 10.14/2-17/27 от 11.02.2005 г.) подчёркивается, что в существующей системе ОрВД РФ “... не организован объективный мониторинг состояния безопасности воздушного движения на базе количественных критериев оценки. Поэтому проводимые в ЕС ОрВД самооценки достигнутого уровня не всегда соответствуют аналогичным оценкам авиаперевозчиков. Отсутствие объективных оценок не позволяет системе ОрВД осуществить сравнение состояния безопасности воздушного движения в различных районах и зонах обслуживания, объективно судить о приоритетах инвестиций и видах необходимых работ по совершенствованию. В результате воздушное пространство РФ не является однородным с точки зрения качества предоставляемого обслуживания, как это требует ИКАО.”

Учитывая изложенное, ниже предлагается следующая концепция единых для авиатранспортной системы России (АТС) показателей оценки уровня безопасности полётов (БП) воздушных судов.

Анализ авиакатастроф (происшествий) и предпосылок к ним (инцидентов, именуемых ниже как события) показал, что они происходят в силу ряда объективных и субъективных причин и представляют собой совокупность независимых друг от друга совместных событий, каждое из которых при определённых условиях может привести к катастрофе. При этом сами события имеют разную значимость (“вес”), то есть принимают разное “долевое участие” в предполагаемой катастрофе.

Задачи, которые предполагается решать в рамках указанной концепции, состоят в следующем:

1. Требуется распределить указанную совокупность по группам, состоящим из однородных событий.

2. В соответствии с двумерной концепцией риска необходимо разработать количественные показатели оценок уровня БП воздушных судов, которые учитывали бы как особенности каждой из групп событий, так и их значимость (“вес”) в предполагаемой катастрофе.

3. Необходимо обосновать требования к единым для ЭВТ и ЕС ОрВД РФ показателям оценок качества аэронавигационного обслуживания (АНО) воздушных судов, обеспечиваемого рядом разнотипных и разноточных систем ОрВД.

4. Обосновать принципы взаимодействия каждой из систем ОрВД с бортовыми системами предупреждения столкновений (БСПС) воздушных судов, обслуживаемых указанными системами.

5. Обосновать необходимость разработки единого для всех систем ОрВД комплекса аппаратно-программных средств (КАПС), обеспечивающего объективный контроль качества АНО воздушных судов каждой из указанных систем в интересах эксплуатантов воздушного транспорта, то есть авиакомпаний.

Для решения первой задачи проведём группировку совокупности фиксируемых событий, каждое из которых при определённых условиях может привести к катастрофе, на ряд групп однородных (т.е. обладающих близкими признаками) событий, обусловленных следующими факторами:

- отказы авиатехники (первая группа; $i = 1$);
- человеческий фактор (вторая группа; $i = 2$);
- непредвиденные воздействия внешней среды (третья группа; $i = 3$);
- сближения ВС друг с другом и препятствиями на расстоянии, при которых возникают различной значимости риски (угрозы) катастроф, в данном случае столкновений (четвёртая группа; $i = 4$).

Решение второй задачи сводится, на наш взгляд, к следующему. Учёт анализа катастроф показал, что величина риска (угроз) их возникновения обусловлена появлением ряда независимых друг от друга совместных событий, каждое из которых при определённых условиях (то есть при определённой частоте появления событий, имеющих различную значимость в величине риска катастрофы) может привести, если не принять соответствующих мер, к катастрофе. Очевидно, что для определения количественной меры величины риска (угрозы) катастрофы необходимо прежде всего оценить значимость (“вес”) каждого из фиксируемых событий в указанной величине. В соответствии с теорией вероятностей указанная значимость (“вес”) характеризуется величиной вероятности данного события, которое может привести к катастрофе при следующих условиях: или указанная вероятность близка к единице, или данное событие, вероятность которого меньше единицы, повторяется на определённом интервале наблюдения (так называемые рецидивные события). Очевидно, что величина вероятности события характеризует не только его “вес” в величине оценки риска катастрофы, но и потенциальные последствия его возникновения.

В общем случае вероятность события представляет собой функцию распределения случайной величины, значения которой фиксируются (“измеряются”) в определённом диапазоне её изменения.

Так как применительно к большинству групп приведённых выше событий, когда фиксируются только сами факты их появления и не производится оценка их значимости (“класса”) в риске катастроф, указанная функция распределения, а значит, и вероятность самого события считаются неизвестными. В практике оценки риска катастроф широко используется метод частоты событий, как отношение числа произошедших (зафиксированных на определённом интервале наблюдения) событий к такому их общему числу, при котором происшествие (катастрофа) считается неизбежной.

С учётом изложенного риск катастрофы при фиксации событий i -й группы может быть представлен в следующем виде

$$q_i = \frac{n_{ij}}{n_{0ij}} = n_{ij} \cdot P_{ij}, \quad (1)$$

где n_{ij} – число событий i -й группы j -го класса (значимости), зафиксированных на определённом интервале наблюдения; n_{0ij} – максимальное число указанных событий, при котором катастрофа считается неизбежной;

$$P_{ij} = \frac{1}{n_{0ij}}, \quad (2)$$

– риск появления события i -й группы j -й значимости (класса).

Очевидно, что риск катастрофы q_i при увеличении числа n_{ij} событий увеличивается и при $n_{ij} = n_{0ij}$ будет равен единице.

Ниже предлагается единый не только для всех четырёх групп событий, но и для методов определения их частоты и вероятностей способ классификации класса (значимости) данных событий.

Суть данного способа состоит в том, что вероятность события, представляющая собой неизвестную для наблюдателя непрерывную функцию распределения случайной величины, приводится к дискретному виду посредством выбора в диапазоне её изменения от нуля до единицы ряда характерных точек, соответствующих приведённым выше рискам P_{ij} появления событий i -й группы j -го класса.

В соответствии с рекомендациями документа [1], реализованными в работе [2], классы (значимость) событий классифицированы следующим образом.

$j = 1$ (класс 1): данные события непосредственно не влияют на безопасность, но в определенных условиях могут привести к потенциальной угрозе катастрофы;

$j = 2$ (класс 2): при появлении события данного класса приемлемое значение $Y_{\text{БП}}^*$ уровня безопасности полётов хотя и обеспечивается, но нужно провести ряд мероприятий упреждающего характера по недопущению последующего снижения уровня БП;

$j = 3$ (класс 3): появление события данного класса (значимости) оказывает среднюю степень влияния на БП. При этом обеспечиваемое авиатранспортной системой (АТС) значение уровня БП ниже его приемлемого значения $Y_{\text{БП}}^*$, в силу чего требуется оперативное принятие соответствующих мер упреждающего характера по его восстановлению;

$j = 4$ (класс 4): появление события данного класса оказывает сильное влияние на уровень БП. При этом обеспечиваемый уровень БП гораздо ниже его приемлемого значения $Y_{\text{БП}}^*$ и требуется принятие незамедлительных мер по предупреждению (предотвращению) катастрофы и последующему восстановлению величины $Y_{\text{БП}}^*$.

$j = 5$ (класс 5): появление хотя бы одного события данного класса чревато катастрофическими последствиями.

Очевидно, что для того, чтобы не допустить появления событий i -й группы пятого класса нужно фиксировать признаки появления событий предыдущих классов, на основании чего производить упреждающее управление безопасностью.

С учётом изложенного приведённый в выражении (1) риск катастрофы n -го ВС за счёт появления событий i -й группы и пяти классов их значимости может быть представлен в следующем виде

$$q_i(n) = q_{i1} + q_{i2} + q_{i3} + q_{i4} + q_{i5}. \quad (3)$$

Тогда общий риск катастрофы n -го ВС, обусловленный совместным проявлением всех четырёх независимых друг от друга групп событий, имеет вид

$$q(n) = q_1(n) + q_2(n) + q_3(n) + q_4(n). \quad (4)$$

При этом величина уровня безопасности полёта n -го ВС, обеспечиваемая АТС, представляет собой сумму (4) рисков катастроф, приведённую к суммарному налёту $ST_{\text{пол}}(n)$ данного ВС

$$Y_{\text{БП}}(n) = \frac{q(n)}{ST_{\text{пол}}(n)}. \quad (5)$$

Третья задача предлагаемой концепции состоит в обосновании требований к единым для эксплуатантов воздушного транспорта (ЭВТ) и поставщиков обслуживания воздушного движения (систем ОрВД) показателям качества аэронавигационного обслуживания (АНО) воздушных судов, обеспечиваемого рядом разнотипных и разноточных систем ОрВД.

В соответствии с документом [3] в качестве единых для авиатранспортной системы России (Федерального агентства воздушного транспорта – Росавиации) показателей оценки качества АНО воздушных судов, обеспечиваемого каждой из систем ОрВД, предлагаются следующие:

– уровень безопасности полёта (БП) каждого из ВС в зоне ответственности соответствующей системы ОрВД (БП при ОрВД);

– регулярность полётов, определяемая как степень отклонения ВС от плана его полёта во времени;

– экономичность полёта, определяемая как степень отклонения ВС от его экономически выгодной плановой траектории полёта в горизонтальной и вертикальной плоскостях воздушного пространства зоны ответственности соответствующей системы ОрВД.

Ниже приведём метод оценки уровня БП при ОрВД воздушных судов и принципы его использования для остальных групп событий.

Показатель оценки указанного уровня применительно к n -му ВС, обусловленного сближением данного ВС с другими ВС и препятствиями, определим из выражений (3), (4) и (5) применительно к четвёртой группе событий ($i = 4$). С учётом изложенного данный показатель имеет вид

$$Y_{БП}^{(4)}(n) = \frac{q_4(n)}{ST_{пол}(n)}, \quad (6)$$

где $q_4(n) = q_{4j} = q_{41} + q_{42} + q_{43} + q_{44} = q_{45} = n_{41} \cdot P_{41} + n_{42} \cdot P_{42} + n_{43} \cdot P_{43} + n_{44} \cdot P_{44} + n_{45} \cdot P_{45}$. (7)

Здесь в качестве событий приняты сближения n -го ВС с другими ВС на расстояния, при которых возникают риски столкновений (катастроф) различной степени значимости (класса).

В соответствии с рекомендациями ИКАО (п. 17.2.6 руководства [1]) в качестве таких расстояний приняты следующие:

- расстояния, превышающие установленные интервалы эшелонирования $d_{эш}$. При этом, хотя риск столкновения P_{41} не превышает его заданного значения $P_{СТ}^*$, однако возможны потенциально-конфликтные ситуации, которые в будущем, если заблаговременно не будут предприняты меры упреждающего характера, могут привести к риску столкновения определённого класса ($j = 1$, т.е. первый класс значимости события; $d_{пкс} = 1,5 \cdot d_{эш}$);

- расстояния, равные установленным интервалам эшелонирования $d_{эш}$. При этом, хотя возникший риск и не превышает его заданного значения $P_{СТ}^*$, существует опасность, если не предпринять упреждающих мер, его увеличения ($j = 2$, т.е. второй класс значимости события);

- расстояния опасного сближения, равные половине установленного интервала эшелонирования ($d_{оп} = 0,5 \cdot d_{эш}$). При этом риск столкновения P_{43} больше его заданного значения $P_{СТ}^*$ и система ОрВД должна принять оперативные меры для предупреждения столкновения ВС ($j = 3$, т.е. третий класс значимости события);

- расстояния сближения ВС на дальности $d_{БСПС}$, при которых срабатывают бортовые системы предупреждения столкновений (БСПС) одного или обоих ВС. При этом риск столкновения P_{44} увеличивается настолько, что требуется срочное принятие мер по предупреждению столкновения ($j = 4$, т.е. четвёртый класс значимости события);

- расстояния сближения конфликтующих ВС на дальности $d_{СТ}$, соизмеримые с геометрическими размерами обоих ВС. При этом риск столкновения P_{45} принимает такое значение, при котором происшествие (в данном случае столкновение) считается неизбежным ($j = 5$, т.е. пятый класс значимости события).

Очевидно, что показатель уровня безопасности воздушного движения, обеспечиваемого системой ОрВД, равен сумме рисков столкновений совокупности N ВС, отнесённой к их суммарному налёту, и может быть представлен в следующем виде

$$Y_{ОВД} = \frac{1}{SST_{пол}} \cdot \sum_{n=1}^N q_4(n). \quad (8)$$

В настоящее время в соответствии с приведённой в работе [4] методикой рассчитаны применительно к четвёртой группе событий риски столкновений (риски появления событий указанной группы) пяти классов значимости.

Величины заданного риска столкновений $P_{СТ}^*$ определялись исходя из следующих соображений. В соответствии с п. 1.4.13 руководства [1] для эксплуатантов авиакомпаний показатель безопасности полётов составляет 0.5 авиапроисшествий с человеческими жертвами на 100000 часов полётного времени. Так как при этом допускается не более 0.5 авиапроисшествий на 10^5 часов налёта каждого из ВС, то заданное (приемлемое) значение уровня БП, учитывающее события всех четырёх групп, будет равно следующей величине

$$Y_{\text{БП}}^* = \frac{0,5}{10^5} = 5 \cdot 10^{-6}. \quad (9)$$

Ниже в интересах повышения надёжности обеспечения авиатранспортной системой безопасности полётов воздушных судов будем считать, что приведённое выше значение заданного уровня $Y_{\text{БП}}^*$ относится к событиям не только всех групп, но и к каждой из указанных групп в отдельности.

В этом случае применительно к четвёртой группе ($i = 4$; БП при ОВД) заданное значение риска катастроф (при пропускной способности воздушной трассы более 20 ВС/ч) будет равно $P_{\text{СТ}}^* = 5 \cdot 10^{-6}$.

С учётом изложенного риски появления событий четвёртой группы пяти классов значимости равны своим следующим значениям:

$$P_{41} = 1,58 \cdot 10^{-8}; P_{42} = P_{\text{СТ}}^* = 5 \cdot 10^{-6}; P_{43} = 1,58 \cdot 10^{-3}; P_{44} = 1,4 \cdot 10^{-2}; P_{45} \approx 1.$$

Фиксируя число появления событий разного класса значимости, т.е. фиксируя количество сближений ВС на расстояния, равные $1,5 \cdot d_{\text{эш}}$; $d_{\text{эш}}$; $0,5 \cdot d_{\text{эш}}$; $d_{\text{БСПС}}$ и $d_{\text{СТ}}$, рассчитываем соответствующие риски q_{4j} катастроф и затем в соответствии с выражением (6) – обеспечиваем в текущий момент времени значение уровня безопасности полёта при ОВД каждого из воздушных судов.

Для количественной оценки уровня БП, обусловленного проявлением всех групп событий, необходимо унифицировать для остальных групп ($i = 1, 2 \text{ и } 3$) классы значимости событий. Другими словами, какой бы природы событие не было бы (т.е. какой бы из групп событий оно не принадлежало), однако дискретные значения рисков катастроф для каждого из классов значимости должны быть одинаковыми для всех указанных групп. Так как пределы изменения рисков (от нуля до единицы) и заданное значение риска $P_{\text{кат}}^*$ катастроф являются одинаковыми для всех групп событий, то и риски P_{ij} появления i -х групп событий j -й значимости (класса) должны быть также одинаковыми для всех групп событий. При этом, по аналогии с рисками четвёртой группы событий, риски для групп $i = 1, 2 \text{ и } 3$ должны быть равны следующим значениям:

$$P_{11} = 1,58 \cdot 10^{-8}; P_{12} = P_{\text{кат}}^* = 5 \cdot 10^{-6}; P_{13} = 1,58 \cdot 10^{-3}; P_{14} = 1,4 \cdot 10^{-2}; P_{15} \approx 1. \quad (10)$$

Что касается фиксации фигурирующего в выражении (1) числа n_{ij} событий i -й группы j -го класса значимости, то, применительно к группам 1, 2 и 3 событий, существует большая проблема их классификации и последующей стандартизации по степени значимости (ожидаемым последствиям). Например, такие события, как отказы авиатехники ($i = 1$), влекут за собой последствия различной степени тяжести (значимости). Одни отказы, ввиду их незначительных последствий, могут быть и не замеченными, а появление других влечёт за собой ощутимые последствия, вплоть до авиакатастрофы. На наш взгляд, для определения числа n_{ij} указанных выше событий прежде всего необходимо провести анализ уже произошедших событий первой, второй и третьей групп на предмет определения частоты их появления и ожидаемых последствий. Затем, на основании данных экспертных оценок произвести в информационных базах данных по БП воздушных судов классификацию указанных событий по пяти классам значимости в интересах последующего заблаговременного их предотвращения.

Для оперативного упреждающего управления безопасностью полётов (SMS-метод в СУБП) необходимо, чтобы информация о состоянии воздушного судна, записываемая в бортовые регистрирующие устройства (так называемые “чёрные ящики”), передавалась бы по каналам воздушной радиосвязи также и на наземные приёмные пункты в интересах глобальной системы мониторинга состояния полётов ВС в реальном масштабе времени (по данным работы [2]: по прототипу ACARS (“Airobys”, “Boeing”, как аналога FORAS).

Четвёртая задача предлагаемой концепции состоит в обосновании принципов взаимодействия каждой из систем ОрВД с бортовыми системами предупреждения столкновений (БСПС) обслуживаемых указанными системами воздушных судов.

Учитывая особую значимость проблемы обеспечения системами ОрВД безопасности воздушного движения (БВД), данные системы должны не повышать, как это прописано в настоящее время в ряде существующих нормативных документов, величину уровня указанной безопасности, а, в силу своего предназначения, обеспечивать его заданное значение в реальных условиях их функционирования.

Неучёт указанных условий приводит к тому, что оценка обеспечиваемого каждой из систем ОрВД уровня БВД производится, как правило, с настолько большими отклонениями от его истинного значения, что требование обеспечения указанными системами заданного уровня безопасности теряет смысл.

На наш взгляд, для решения указанной задачи прежде всего должны быть решены следующие проблемы:

во-первых, оценка обеспечиваемого системой ОрВД уровня безопасности должна производиться не посредством обработки данных об уже произошедших событиях, а с учётом количественных оценок величины угроз столкновений, исходящих от конкретных пар ВС в текущий момент времени;

во-вторых, учитывая тот факт, что в указанной выше оценке уровня БВД полностью учесть реальные условия функционирования системы ОрВД невозможно, для каждой из систем ОрВД должна быть строго обоснована величина допустимых (в терминологии ИКАО - приемлемых) пределов изменения заданного уровня БВД.

В этом случае можно говорить о гарантированном обеспечении указанными системами заданного уровня БВД, под которым будем понимать его обеспечение в строго заданных для каждой из систем пределах.

Пятая задача предполагаемой концепции состоит в обосновании необходимости разработки единого для всех систем ОрВД комплекса аппаратурно-программных средств (КАПС), обеспечивающего объективный контроль качества АНО воздушных судов каждой из систем ОрВД в интересах эксплуатантов воздушного транспорта, то есть авиакомпаний.

При решении указанной задачи необходимо учитывать следующие обстоятельства.

Так как каждое из воздушных судов в процессе его полёта (от взлёта до посадки) обслуживается рядом независимых друг от друга разнотипных систем ОрВД, то качество аэронавигационного обслуживания (АНО) данного ВС каждой из систем ОрВД является различным. Это, в свою очередь, не позволяет эксплуатантам воздушного транспорта (ЭВТ) объективно оценить вклад каждой из этих систем в обеспечение требуемого качества АНО соответствующих ВС и, в частности, произвести дифференцируемую оплату оказываемых данными системами услуг.

Как подчёркивалось выше, ИКАО требует однородности воздушного пространства (ВП) с точки зрения равнозначного качества АНО воздушных судов каждой из обслуживающих его систем ОрВД. Однако, так как указанные системы являются разнотипными, разноточными и разрабатываются различными разработчиками, то в настоящее время обеспечить с их помощью одинаковое для всех систем ОрВД качество АНО воздушных судов в принципе невозможно.

С учётом изложенного требование однородности ВП может быть обеспечено, на наш взгляд, посредством выполнения следующих условий:

во-первых, внедрения в практику авиатранспортной системы России (то есть Росавиации) единых как для эксплуатантов воздушного транспорта (авиакомпаний), так и поставщиков обслуживания воздушного движения (систем ОрВД) алгоритмов приведённых выше количественных показателей оценок качества АНО воздушных судов;

во-вторых, учёта степени достоверности указанных выше оценок. Для этого, наряду с количественной оценкой качества АНО воздушных судов, обеспечиваемой каждой из систем ОрВД,

нужно, чтобы также производился расчёт величин доверительных интервалов указанных оценок в интересах последующего определения степени их достоверности;

в третьих, обеспечения объективности указанных выше оценок, которая достигается за счёт исключения субъективизма в оценках каждой из систем ОрВД качества АНО воздушных судов, обусловленного тем, что данные оценки проводятся каждой из систем ОрВД независимо друг от друга с помощью собственных алгоритмов, показателей, различающихся друг от друга аппаратно-программных средств и т.п.

На наш взгляд, указанная объективность может быть обеспечена за счёт использования, кроме единых в рамках АТС (Росавиации) алгоритмов оценок, также и единого для всех систем ОрВД “инструмента измерений” в виде специально разработанного КАПС, который производил бы объективные (то есть независимые от взаимодействующих с ним систем ОрВД) оценки как качества АНО воздушных судов каждой из систем ОрВД, так и величины доверительных интервалов ошибок этих оценок.

При этом не требуется предъявлять специальные требования к программно-аппаратурным средствам самих систем ОрВД, а необходимо обеспечить взаимодействие указанного КАПС с каждой из этих систем на базе специально разработанных протоколов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дос. 9859 AN/460. Руководство по управлению безопасностью полётов. - Монреаль: ИКАО, 2006.
2. Матвеев Г.Н. Метод упреждающего управления безопасностью полётов воздушных судов в авиационных предприятиях: дисс. ... канд. техн. наук. - М., 2010.
3. Концепция Федеральной целевой программы модернизации ЕС ОрВД РФ: распор. Правительства РФ от 29.12.2007г. №1974-Р.
4. Колитиевский Ю.М. Методы оценки обеспечиваемого системой ОрВД уровня безопасности воздушного движения при использовании нетрадиционных критериев обнаружения конфликтных и потенциально-конфликтных ситуаций // Научный Вестник МГТУ ГА, серия Эксплуатация воздушного транспорта и ремонт авиационной техники. Безопасность полётов. - 2004. - № 74(8).

THE CONCEPT UNIFORM FOR USERS OF AIR TRANSPORT (AIRLINES) AND SUPPLIERS OF SERVICE OF AIR TRAFFIC (SYSTEMS ATM) OF THE INDICATOR OF THE ESTIMATION OF LEVEL OF SAFETY OF FLIGHTS OF AIRCRAFTS

Kolatievsky Y.M.

In article the concept uniform for aviatransport system of Russia of an indicator of an estimation of level of safety of flights of aircrafts which is offered to be used in the perspective automated system of anticipatory management of the specified level is considered. The given indicator includes set of joint events independent from each other (refusals aircraft technicians, the human factor, influences of environment unforeseen in advance, rapprochements of aircrafts with each other and obstacles, etc.), each of which under certain circumstances can lead to aircraft accident.

Key words: safety of flights, anticipatory management, group of events, event class, risk of accident.

Сведения об авторе

Колитиевский Юрий Михайлович, 1937 г.р., окончил ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского (1968), доктор технических наук, главный научный сотрудник отдела ГосНИИ ГА, автор более 130 научных работ, область научных интересов – безопасность полётов воздушных судов.

УДК 629.735.015

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ РИСКОВ РЕАЛИЗАЦИИ АВИАЦИОННЫХ КАТАСТРОФ С УЧЕТОМ ВНЕДРЕНИЯ ПРЕДОТВРАЩАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОЛЁТОВ АВИАКОМПАНИЙ

О.О. МОРОЗОВА

Статья представлена доктором технических наук, профессором Зубковым Б.В.

В статье рассматривается подход к управлению рисками реализации катастроф в процессе эксплуатации воздушного судна. В основе управления рисками учитывается эффективность мероприятий, предотвращающих авиационные события. Вводится новое понятие – вероятность предотвращения. Данная методика позволяет усовершенствовать процесс принятия решения по предотвращению авиационных событий в системе управления безопасностью полётов авиакомпании.

Ключевые слова: безопасность, риск, управление, эффективность, предотвращение.

Управление безопасностью полётов предполагает снижение уровня рисков реализации авиационных событий до приемлемого значения путём внедрения конкретных предотвращающих мероприятий. При этом финансовые ресурсы, которые авиапредприятие может выделить на повышение уровня безопасности полётов, ограничены. Одним из главных условий вложения средств в различные проекты авиакомпании – эффективность. Поэтому важное значение в системе управления безопасностью полётов имеет первоочередное вложение средств в реализацию мероприятий по предотвращению авиационных катастроф, которые будут снижать и/или устранять риски с наибольшим значением вероятности их возникновения и предполагаемого ущерба.

Проблеме внедрения и функционирования системы управления безопасностью полётов в авиационных организациях посвящено много работ. Среди них можно выделить работы [1-12], связанные с оценкой, анализом, расчетом степени серьёзности, вероятности риска, методологией построения системы управления безопасностью полётов, управлением рисками и др.

В данной работе предлагается методика оценки рисков возникновения авиационных событий с учетом эффективности внедряемых предотвращающих мероприятий в системе управления безопасностью полётов авиакомпаний.

С целью упрощенного представления методики в статье рассматриваются авиационные события – катастрофы.

Предположим, что в рамках системы управления безопасностью полётов внедрено мероприятие М по предотвращению катастрофы (рис. 1). До внедрения предотвращающего мероприятия М интенсивность катастроф составляет λ_1 , после внедрения – λ_2 .

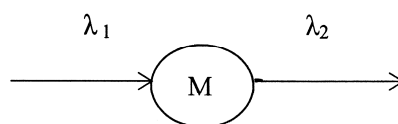


Рис. 1. Граф предотвращения катастроф путем внедрения мероприятия М

В случае, если $\lambda_2 < \lambda_1$, то в результате внедрения мероприятия по предотвращению катастроф часть авиационных событий фильтруется, парируется, уничтожается. Если $\lambda_2 = \lambda_1$, то мероприятие не работает, все авиационные события случаются.

Эффективность предотвращающих мероприятий характеризуется вероятностью предотвращения. Вероятность предотвращения – это отношение интенсивности предотвращенных катастроф $\lambda_{\text{пр}}$ (по итогам реализации какого-либо мероприятия) к сумме интенсивностей предотвращенных и непредотвращенных катастроф (общее число)

$$P_{\text{пр}} = \frac{\lambda_{\text{пр}}}{\lambda_{\text{пр}} + \lambda_{\text{непр}}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{пр}}$ - вероятность предотвращения катастроф; $\lambda_{\text{непр}}$ - интенсивность непредотвращенных катастроф; $\lambda_{\text{пр}}$ - интенсивность предотвращенных катастроф.

По каждому фактору предотвращающих мероприятий может быть несколько. Одно мероприятие может предотвращать несколько факторов.

Условные обозначения вероятностей предотвращения мероприятий приведены в табл. 1.

Таблица 1

Факторы катастроф	Мероприятия по предотвращению катастроф					
	M_{K1}	M_{K2}		M_{Kx}		M_{Kz}
Φ_{K1}	$P(M_{K1}/\Phi_{K1})$	$P(M_{K2}/\Phi_{K1})$		$P(M_{Kx}/\Phi_{K1})$		$P(M_{Kz}/\Phi_{K1})$
Φ_{K2}	$P(M_{K1}/\Phi_{K2})$	$P(M_{K2}/\Phi_{K2})$		$P(M_{Kx}/\Phi_{K2})$		$P(M_{Kz}/\Phi_{K2})$
Φ_{K3}	$P(M_{K1}/\Phi_{K3})$	$P(M_{K2}/\Phi_{K3})$		$P(M_{Kx}/\Phi_{K3})$		$P(M_{Kz}/\Phi_{K3})$
Φ_{K4}	$P(M_{K1}/\Phi_{K4})$	$P(M_{K2}/\Phi_{K4})$		$P(M_{Kx}/\Phi_{K4})$		$P(M_{Kz}/\Phi_{K4})$
...						
Φ_{Ka}	$P(M_{K1}/\Phi_{Ka})$	$P(M_{K2}/\Phi_{Ka})$		$P(M_{Kx}/\Phi_{Ka})$		$P(M_{Kz}/\Phi_{Ka})$
Φ_{Ka+1}	$P(M_{K1}/\Phi_{Ka+1})$	$P(M_{K2}/\Phi_{Ka+1})$		$P(M_{Kx}/\Phi_{Ka+1})$		$P(M_{Kz}/\Phi_{Ka+1})$
...						
Φ_{Km}	$P(M_{K1}/\Phi_{Km})$	$P(M_{K2}/\Phi_{Km})$		$P(M_{Kx}/\Phi_{Km})$		$P(M_{Kz}/\Phi_{Km})$

Выражение (1) для мероприятий, предотвращающих катастрофы

$$P(M_{Kx}/\Phi_{Ka}) = \frac{\lambda_{\text{пр}K}}{\lambda_{\text{пр}K} + \lambda_{\text{непр}K}}, \quad x = \overline{1, z}, \quad a = \overline{1, m},$$

где $P(M_{Kx}/\Phi_{Ka})$ - условная вероятность предотвращения катастроф; $\lambda_{\text{непр}K}$ - интенсивность непредотвращенных катастроф; $\lambda_{\text{пр}K}$ - интенсивность предотвращенных катастроф.

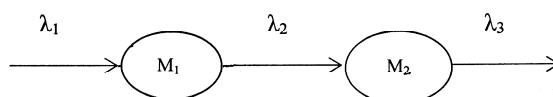


Рис. 2. Граф предотвращения катастроф путем внедрения нескольких мероприятий M_1 и M_2

На рис. 2 показан граф предотвращения катастроф путем внедрения нескольких мероприятий M_1 , M_2 , где λ_1 - интенсивность катастроф до внедрения мероприятий M_1 и M_2 ; λ_2 - интенсивность катастроф после внедрения мероприятия M_1 и до внедрения мероприятия M_2 ; λ_3 - интенсивность катастроф после внедрения мероприятий M_1 и M_2 .

Если мероприятий по предотвращению катастроф несколько (рис. 2), то расходы на внедрение мероприятия $C_{\text{ПК}}$ будут суммироваться, и результирующая вероятность предотвращения $P_{\text{ПК}}$ будет равна произведению вероятностей предотвращения по итогам внедрения каждого мероприятия:

$$\begin{aligned} \overline{C}_{\text{ПК}} &= \sum_{j=1}^n \overline{C}_{\text{ПК}j}; \\ P_{\text{ПК}} &= \prod_{i=1}^n P_{\text{ПК}i}. \end{aligned} \quad (2)$$

Результирующая вероятность предотвращения мероприятий, предупреждающих катастрофы

$$P(M_{Kx} / \Phi_{Ka}) = P_{xa} = \prod_{x=1}^z P(M_{Kx} / \Phi_{Ka}).$$

Если вероятность предотвращения равна нулю, то мероприятия являются неэффективными, все события в этом случае реализуются. Если вероятность предотвращения по результатам внедрения предотвращающих мероприятий равна единице, то авиационные события устранены и соответственно мероприятия являются эффективными.

Авиационные события представляют собой поток событий, обладающий следующими свойствами [14]:

- стационарность;
- ординарность;
- отсутствие последствия.

Таким образом, можно предположить, что поток авиационных событий представляет собой простейший пуассоновский поток.

Вероятность предотвращения тесно связана с риском реализации катастрофы.

В современной терминологии понятие «риск» имеет различное определение. Например, во втором издании РУБП ИКАО риск для безопасности полётов представляет собой оценку последствий опасности, выраженную в виде прогнозируемой вероятности или серьёзности, при этом на контрольный ориентир принимается наихудшая предвидимая ситуация [15].

В соответствии с ГОСТ Р 51897-2002 риск – это сочетание вероятности события и его последствий [16].

Согласно ГОСТ Р 51897-2002 риск – это сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести этого ущерба [17], в Федеральном законе «О техническом регулировании» (от 27.12.2002 № 184-ФЗ) риск – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда [18].

Если предположить, что авиационные события представляют собой простейший поток событий, в частности катастроф, то риск возникновения катастроф будет определяться формулой

$$R = P(K) \overline{C_K}, \quad (3)$$

где $\overline{C_K}$ – средний ущерб от катастрофы; $P(K)$ – вероятность реализации катастрофы.

С учётом всех возможных причин катастроф

$$R = \lambda_K T \sum_{\alpha=1}^{\mu} \sum_{a=1}^m P(\Phi_{Ka}/K_a) \overline{C_{\alpha a}}, \quad (4)$$

где λ_K – интенсивность катастроф, ч⁻¹; T – налёт, ч; $P(\Phi_{Ka}/K_a)$ – условная вероятность возникновения причины катастрофы; K_a – катастрофа по α -причине; $\overline{C_{\alpha a}}$ – средний ущерб от катастрофы по α -причине.

Выбор конкретных предупреждающих мероприятий можно сделать на основании принципа Парето. Для этого необходимо вычислить риски авиационных событий, сортировать и выбрать те, которые наиболее эффективно повлияют на снижение общего риска

$$\max_{a \in m, \alpha \in \mu} R = \max T [\lambda_K \sum_{\alpha=1}^{\mu} \sum_{a=1}^m P(\Phi_{Ka}/K_a) \overline{C_{\alpha a}}].$$

Учитывая вероятность предотвращения катастроф, рассчитывается уровень снижения рисков. С учетом (2) при внедрении предотвращающих мероприятий значение риска возникновения катастрофы составит

$$R'_{K\Sigma} = \lambda_K T \sum_{\alpha=1}^{\mu} \sum_{a=1}^m P(\Phi_{Ka}/K_a) \overline{C_{\alpha a}} \prod_{x=1}^z P(M_{Kx} / \Phi_{Ka}). \quad (5)$$

Сокращение риска реализации катастроф от внедрения предупреждающего мероприятия

$$\Delta R_K = R_{K\Sigma} - R'_{K\Sigma};$$

$$\Delta R_K = \lambda_K T \sum_{\alpha=1}^{\mu} \sum_{a=1}^m P(\Phi_{Ka}/K_a) \overline{C_{\alpha a}} [1 - \prod_{x=1}^z P(M_{Kx}/\Phi_{Ka})]. \quad (6)$$

Формула (6) записана для одного воздушного судна. При наличии в авиакомпании нескольких типов воздушных судов, а также несколько воздушных судов одного типа необходимо рассчитывать риск для всего парка самолётов. Если принять за ω – число типов самолётов, $\omega = \overline{1, \Omega}$; v – конкретное воздушное судно внутри типа $v = \overline{1, N_{\omega}}$, то риск катастроф будет определяться формулой

$$\Delta R_K = \sum_{\omega=1}^{\Omega} \sum_{v=1}^{N_{\omega}} \lambda_{K\omega} T_{\omega v} \sum_{\alpha=1}^{\mu} \sum_{a=1}^m P(\Phi_{Ka}/K_a) \overline{C_{\omega a a}} [1 - \prod_{x=1}^z P(M_{Kx}/\Phi_{Ka})].$$

Полученные выражения риска (3)-(6) могут быть записаны с учётом всех типов авиационных событий (катастроф, аварий, серьёзных инцидентов и инцидентов). Формулы учитывают интенсивность событий, ущерб, причины их реализации и эффективность предотвращающих мероприятий.

Таким образом, методика позволяет установить взаимосвязь между величиной риска авиационных событий и значением вероятности предотвращения мероприятий, предупреждающих возникновение авиационных событий. На основании этого можно выстроить иерархию рисков, которые необходимо устранять в первую очередь, и выбрать соответствующие предотвращающие мероприятия, которые будут снижать уровень риска с наибольшим эффектом.

В дальнейшем методику возможно использовать для решения оптимизационной задачи определения уровня вероятности предотвращения событий, который будет обеспечиваться при минимальных суммарных затратах на устранение возможного ущерба и обеспечение безопасности полётов авиакомпании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гузий А.Г., Лушкин А.М., Розина О.А. Проблемы разработки и внедрения системы управления безопасностью полетов в авиакомпаниях. Анализ причин их возникновения и путей решения // Проблемы безопасности полетов. Научно-технический журнал. - 2009. - Вып. 1. - С. 11-22.
2. Гузий А.Г., Лушкин А.М., Хаустов А.А. и др. Вероятностный подход к совокупному количественному оцениванию уровня безопасности полётов по «пирамиде рисков» гражданской авиации России // Проблемы безопасности полётов. Научно-технический журнал. - 2010. - Вып. 1. - С. 12-20.
3. Гузий А.Г., Лушкин А.М., Чуйко Т.А. Априорное оценивание вероятности авиационного события в системе управления безопасностью полётов в авиакомпании // Проблемы безопасности полётов. Научно-технический журнал. - 2009. - Вып. 2. - С. 3-10.
4. Евдокимов В.Г. Методические основы оценки безопасностью полётов и управления рисками в авиационных системах // Международный авиационно-космический журнал «АвиаСоюз». - 2011 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.promvest.info/news/actual.pht> (дата обращения 09.12.2012).
5. Евдокимов В.Г. Современные подходы к управлению безопасностью на основе теории риска. Концепция приемлемого уровня безопасности авиационного комплекса России // Международный авиационно-космический журнал «АвиаСоюз». - 2010 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.aviasouz.com/teor-riska.html> (дата обращения 09.12.2012).
6. Евдокимов В.Г. Современные тенденции в совершенствовании системы обеспечения безопасности полётов // Международный авиационно-космический журнал «АвиаСоюз». - 2010 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.atpr.ru/upload/iblock/69e/42-43.pdf> (дата обращения 09.12.2012).
7. Зубков Б.В., Прозоров С.Е. Методический подход к оценке риска в системе управления безопасностью полётов // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2011. - № 174. - С. 7-12.
8. Зубков Б.В., Шаров В.Д. Теория и практика определения рисков в авиапредприятиях при разработке системы управления безопасностью полётов. - М.: МГТУ ГА, 2010.

9. Кулавский В.Г., Кудрявцев А.А. Управление эксплуатационной безопасностью авиакомпаний // Проблемы безопасности полётов. Научно-технический журнал. - 2011. - Вып. 3. - С. 32-48.
10. Лебедев А.М., Лобанов С.Д., Механошин В.С. К вопросу создания риск-менеджмента на авиапредприятии // Научный Вестник УВАУ ГА (И). - 2008. - № 1. - С. 145-150.
11. Прозоров С.Е. Безопасность и экономичность полётов // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2011. - № 174. - С. 25-27.
12. Шаров В.Д., Макаров В.П. Методология применения комбинированного метода FMEA-FTA для анализа риска авиационного события // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2011. - № 174. - С. 18-24.
13. Безопасность полётов / Р.В. Сакач и др. - М.: Транспорт, 1989.
14. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и её инженерные приложения: учеб. пособие для студ. втузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательский центр «Академия», 2003.
15. Doc. 9859 AN/474. Руководство по управлению безопасностью полетов. - 2-е изд. - Montreal: ICAO, 2009.
16. ГОСТ Р 51897-2002. Менеджмент риска. Терминология и определения [Электронный ресурс]. URL: <http://www.remontnik.ru/docs/10135/> (дата обращения 18.12.2012).
17. ГОСТ Р 51898-2002. Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты [Электронный ресурс]. URL: <http://www.docload.ru/Basesdoc/11/11614/index.htm> (дата обращения 18.12.2012).
18. Федеральный закон № 184-ФЗ от 27.12.2002 (в действующей редакции).

**DETERMINATION OF THE VALUES OF THE RISK OF FATAL ACCIDENTS
WITH THE CONSIDERATION OF THE IMPLEMENTATION OF PREVENTING
MEASURES IN THE FLIGHT SAFETY MANAGEMENT SYSTEM OF THE AIRLINE**

Morozova O.O.

In that article are considered the risk management approach of occurrence of disasters in the process of the operation of the aircraft. In the basis of risk management is taken into account the effectiveness of prevention activities. Introduces a new concept - the probability of the prevention. This method improves the decision-making process on the prevention of aviation events in the flight safety management system of the airline.

Key words: security, governance, risk, efficiency, prevention.

Сведения об авторе

Морозова Ольга Олеговна, окончила УВАУ ГА (2009), аспирантка УВАУ ГА (И), область научных интересов – математическое моделирование.

УДК 629.7.051.53

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СРЕДЫ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

В.Д. ШАРОВ

Статья представлена доктором технических наук, профессором Зубковым Б.В.

В статье исследуется возможность применения логико-вероятностной теории безопасности для оценки риска выполнения полетов, связанного с воздействием различных факторов естественной и искусственной среды.

Ключевые слова: авиационное событие(АС)/происшествие(АП), фактор опасности, среда.

Под окружающей средой понимаются все внешние условия и воздействия, влияющие на безопасность полета (БП). Среда делится на природную и искусственную. Возможна классификация факторов среды по различным признакам: физической природе, характеру влияния на ВС и экипаж, этапам полета, интенсивности воздействия, дискретности, взаимозависимости и т.д. [3].

На сайте Фонда безопасности полетов (FSF) <http://aviation-safety.net/index.php> все события, связанные со средой, разделены на подгруппы: УВД и навигация, столкновения, внешние воздействия, авиационная безопасность (АБ) и погодные условия. События, приведшие к гибели людей и потере ВС в статистике FSF – это не только катастрофы и аварии в смысле ПРАПИ ГА-98, но и катастрофические последствия актов незаконного вмешательства, серьезные повреждения ВС на земле, в том числе и от природных факторов.

К группе «Среда» в статистике FSF отнесены также случаи поражения гражданских ВС боевыми самолетами и средствами ПВО. За 34 года из-за применения оружия по гражданским самолетам произошло 82 АС, из них 69 АП, в которых погибло 1937 чел. Далее будем все перечисленные типы событий называть авиационными происшествиями (АП).

На рис. 1 представлена гистограмма абсолютного числа АП за 1977-2011 гг. по группе факторов «Среда» и по другим факторам, а на рис. 2 – доля АС, АП и количества погибших в авиакатастрофах, связанных с внешней средой, от общего количества.

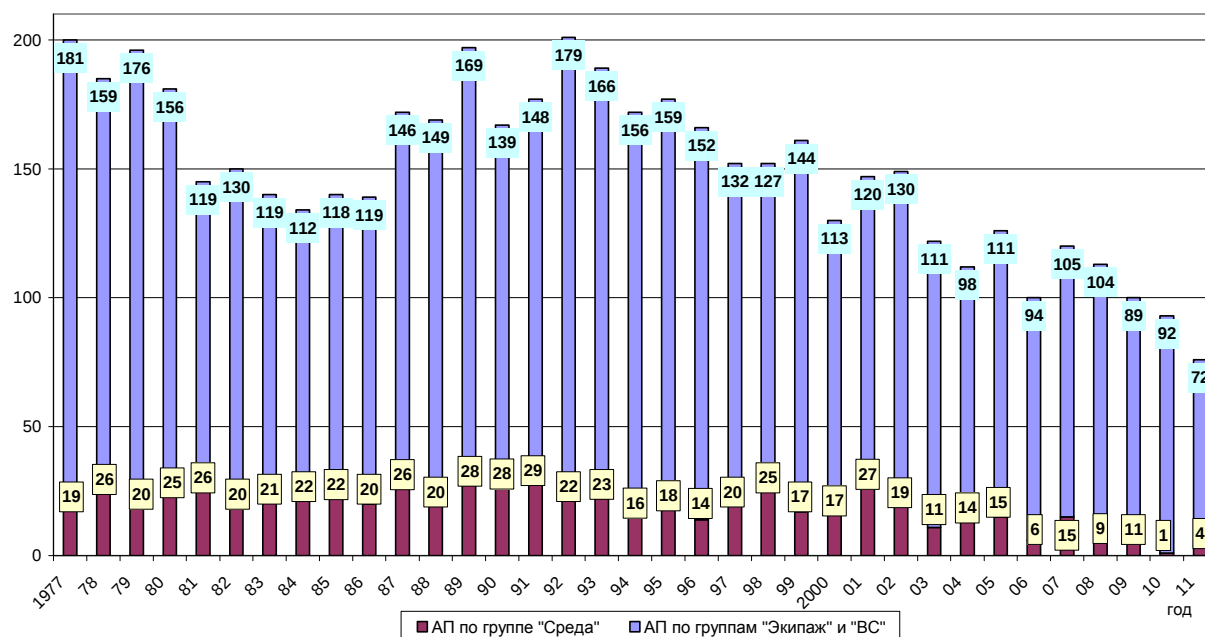


Рис. 1. Статистика авиационных происшествий за 1977-2011 гг. по данным FSF

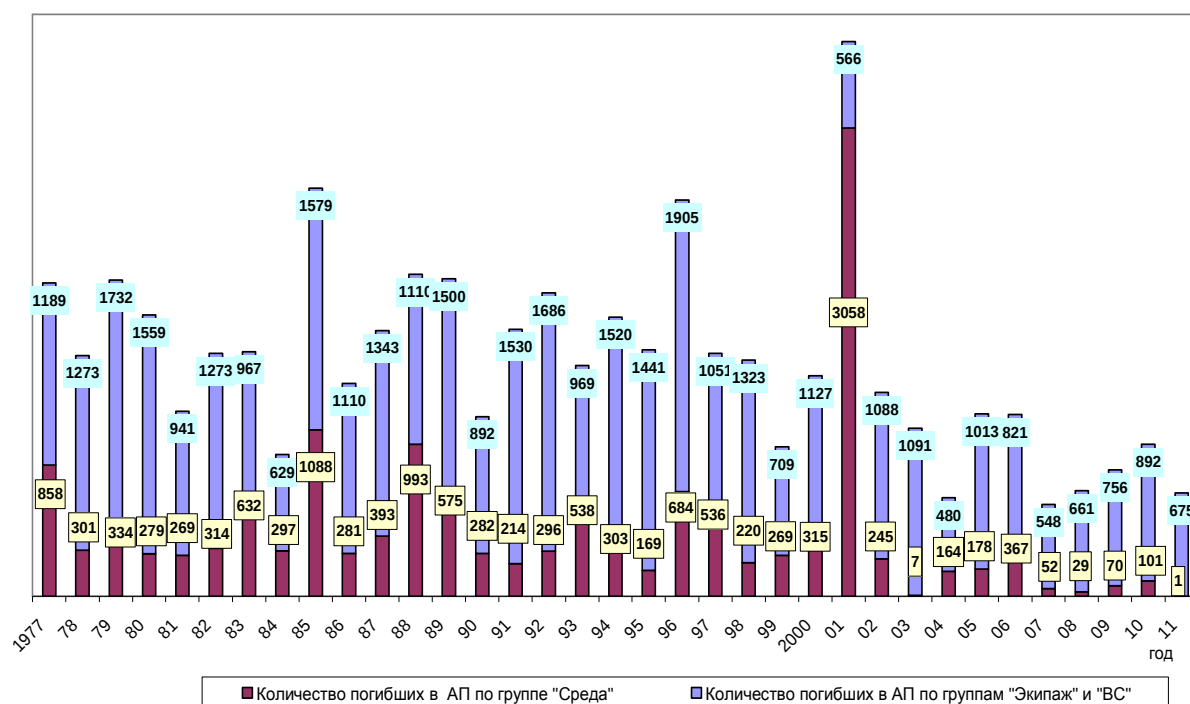


Рис. 2. Распределение числа погибших за период 1977-2011 гг.

Из графиков видно, что хотя доля АП по группе «Среды» не превосходила 20%, количество погибших в этих АП почти всегда превышало это значение и в отдельные годы составляло до 40% и более от общего количества.

На основе анализа статистики АП можно выделить **четыре укрупненные категории событий**, в которых факторы среды играют ключевую роль:

1. *События типа CFIT*. Большинство этих событий происходит в районе аэродромов со сложным рельефом, при недооценке неблагоприятных метеоусловий, некачественном УВД и отказах средств навигации и связи. Эти события традиционно выделяются в отдельную категорию из-за их серьезности (как правило, это катастрофы) и высокой повторяемости.

2. *События, связанные с выполнением взлета/посадки*. К таким событиям относятся все события при заходе на посадку, посадке и взлете, за исключением CFIT. Эти события могут быть связаны с отказами техники и ошибками экипажа, но важным усугубляющим фактором является среда, прежде всего, сложные метеоусловия, а также особенности аэродрома, плохое состояние ВПП, недостатки УВД, отказы наземных средств посадки.

3. *Столкновения с различными объектами* (другие ВС, аэродромная техника, птицы, животные и люди) выделяются в отдельную категорию из-за высокой повторяемости и серьезности. Это непосредственное воздействие окружающей среды.

4. *События, связанные с авиационной безопасностью*, представляют собой по статистике FSF наибольшую опасность из всех факторов среды. К ним относятся террористические угрозы, поражение ВС оружием, неконтролируемые действия пассажиров, нарушение правил перевозки опасных грузов и т.д.

Для оценки риска может быть использована известная **логико-вероятностная теория безопасности (ЛВТБ) профессора И.А. Рябинина** [1; 2]. Сущность ЛВТБ состоит в том, что структура системы (построения логических цепей событий и связей элементов) описывается математической логикой, а количественная оценка надежности и безопасности производится с помощью теории вероятностей. При этом используется специально разработанный математический аппарат – логико-вероятностное исчисление.

Детерминированная логическая модель позволяет выявить опасные комбинации элементов - иницирующих условий (ИУ) и иницирующих событий (ИС) - которые могут перевести систему в опасное состояние (ОС). Под ОС понимается состояние, при котором возникает ущерб «большого масштаба». ЛВТБ позволяет рассчитать вероятность попадания системы в ОС.

Расчет начинается с построения сценария опасного состояния (СОС). На этом этапе нужно уяснить, каким образом может возникнуть ОС. Аналитическое описание опасного состояния осуществляется с помощью логической функции опасности системы (ФОС), аргументами которой являются ИС и ИУ, обозначаемые в дальнейшем как z_i . Составление ФОС сводится к составлению кратчайших путей опасного функционирования (КПОФ), представляющие собой такую конъюнкцию ИС и ИУ, ни одну из компонент которой нельзя изъять, не нарушив опасного функционирования системы.

Каждый такой путь представляется в виде булевой функции

$$\Phi_i = \bigcap_{i \in K_{\Phi_i}} z_i,$$

где K_{Φ_i} - множество номеров ИС и ИУ, соответствующих данному i -му кратчайшему пути ОС; $\cap$ - знак конъюнкции (логического умножения).

Каждое ИС (ИУ) принимает одно из двух значений: $z_i = 1$ - если i -е условие выполняется (произошло); $z_i = 0$ - если i -е условие не выполняется (не произошло).

Каждая реальная система имеет конечное число КПОФ.

Условие ОС системы записывается в виде дизъюнкции (логическое отрицание, обозначается $\cup$) всех имеющихся КПОФ

$$y = (z_1 \dots z_m) = y(z_m) = \bigcap_{i=1}^d \Phi_{\text{ш}} = \bigcup_{i=1}^d \left[\bigcap_{i \in K_{\Phi_i}} z_i \right]. \quad (1)$$

Вероятность истинности булевой функции (1) представляет собой численное выражение опасности системы

$$P(\text{ОС}) = P\{y(z_1, \dots, z_m) = 1\}. \quad (2)$$

Для расчета этой вероятности необходимо заменить в ФАЛ все логические переменные вероятностями их истинности. Для выполнения этой операции в ЛВТБ разработаны специальные методы замещения: разрезания, ортогонализации, рекуррентный (или табличный), алгоритм наращивания путей.

Рассмотрим вариант расчета вероятности опасного состояния среды для аэродрома. При построении СОС используем выделенные 4 категории событий. В соответствии с принципом ЛВТБ необходимо определить иницирующие события (ИС) и иницирующие условия (ИУ). В качестве ИС могут быть назначены события, состоящие в проявлении факторов опасности (ФО), играющих основную роль в возникновении событий каждой из четырех категорий. Другие ФО учитываются как ИУ.

На рис. 3 представлен возможный вариант структуры СОС. В качестве ИС выбраны четыре фактора: $z_1 - z_4$, семь других отнесены к ИУ. Логическим блоком «и» обозначены конъюнкции (логическое умножение), а блоком «или» - дизъюнкции (логическое сложение) соответствующих ИС и ИУ.

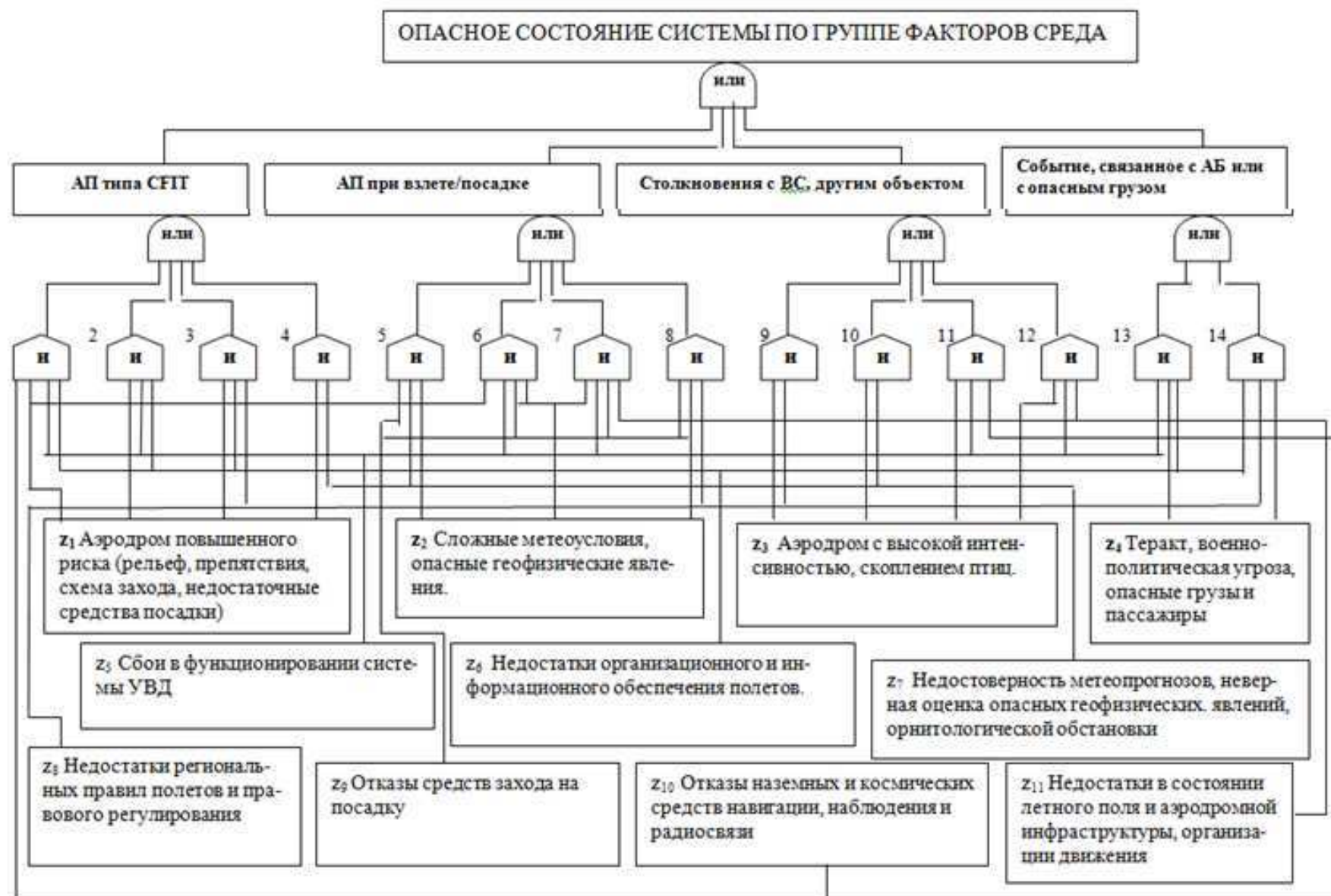


Рис. 3. Формирование опасного состояния по группе факторов «Среда»

Конъюнкции и дизъюнкции логических элементов по каждому логическому блоку в соответствии с их нумерацией на рис. 3 представлены в табл. 1.

Таблица 1

Блок «или» (категория события)	Блоки «и» (КПОФ)	Номера логических переменных: ИС и ИУ в составе ФАЛ
СФИТ	1	1,5,6,10
	2	1,5,6,11
	3	1,6,8
	4	1,7
АП на взлете/посадке	5	2,7,9
	6	2,5,9,10
	7	2,5,9,11
	8	2,8,9
Столкновение	9	3,8
	10	3,7
	11	3,5,10
	12	3,5,11
Авиационная безопасность	13	4,5,6
	14	4,6,8

Для удобства записи ФАЛ используется матричная форма, в которой конъюнкции обозначаются расположением логических символов в строке, а дизъюнкции их расположением в столбце. Например, для блока СФИТ имеем ФАЛ

$$f(z_i) = (z_1 \cap z_7) \cup (z_1 \cap z_6 \cap z_8) \cup (z_1 \cap z_5 \cap z_6 \cap z_{11}) \cup (z_1 \cap z_5 \cap z_6 \cap z_{10}),$$

после упрощения

$$f(z_i) = z_1 \cap z_7 \cup z_6 \cap z_8 \cup z_5 \cap z_{10} \cup z_5 \cap z_{11} = z_1 \cap z_7 \cup z_6 \cap z_8 \cup z_5 \cap z_{11} \cup z_{10}$$

ее можно записать в матричной форме

$$\begin{vmatrix} z_1 & z_7 & & & \\ & z_6 & z_8 & & \\ & & z_5 & z_{11} & \\ & & & z_{10} & \end{vmatrix}.$$

После аналогичных преобразований по всем категориям событий в целом для ФАЛ опасной ситуации по группе факторов "Среда" имеем матричную форму (3).

$$f(z_1, \dots, z_{11}) = \left| \begin{array}{c|c|c|c} z_1 & z_7 & & \\ & z_6 & z_8 & \\ & & z_5 & z_{11} \\ & & & z_{10} \\ z_2 & z_9 & z_7 & \\ & & z_6 & \\ & & z_5 & z_{10} \\ & & & z_{11} \\ z_3 & z_7 & & \\ & z_6 & & \\ & z_9 & z_{10} & \\ & & z_{11} & \\ z_4 & z_6 & z_5 & \\ & & z_8 & \end{array} \right| \quad (3)$$

Следующей и наиболее сложной задачей является замена логических переменных z_i вероятностями их истинности. В данном случае использованы результаты применения рекуррентного алгоритма для аналогичной по структуре ФАЛ приведенного в [2]

$$\begin{aligned} P(OC) = & Q_3 Q_7 + Q_3 S_7 Q_8 + Q_1 S_3 Q_7 + Q_2 S_3 Q_8 Q_9 + Q_4 Q_5 Q_6 S_8 + Q_4 S_3 Q_6 Q_8 + Q_3 Q_5 S_7 S_8 Q_{11} + \\ & Q_1 S_3 S_4 Q_6 S_7 Q_8 + S_1 Q_2 S_3 Q_7 S_3 Q_9 + Q_3 Q_5 S_7 S_8 Q_{10} S_{11} + Q_2 S_3 Q_5 S_7 S_8 Q_9 Q_{11} + Q_1 S_3 Q_5 Q_6 S_7 S_8 S_9 Q_{11} + \\ & + Q_2 S_3 Q_5 S_7 S_8 Q_9 Q_{11} + Q_1 S_3 Q_5 Q_6 S_7 S_8 S_9 Q_{11} + Q_2 S_3 Q_5 S_7 S_8 Q_9 Q_{11} S_{11} - [Q_1 Q_2 S_3 Q_7 Q_8 Q_9 + \\ & + Q_3 Q_4 Q_5 Q_6 Q_7 S_8 + Q_2 S_3 Q_4 S_6 S_8 S_9 + Q_1 S_3 Q_4 Q_6 Q_7 Q_8 + Q_1 S_3 Q_4 Q_5 Q_6 Q_7 S_8 + Q_3 Q_4 Q_5 Q_6 S_7 S_8 Q_{11} + \\ & + Q_1 Q_2 S_3 Q_4 Q_6 Q_7 Q_8 Q_9 + Q_1 Q_2 S_3 S_4 Q_3 S_7 Q_8 Q_9 + Q_3 Q_4 Q_5 Q_6 S_7 S_8 Q_{10} Q_{11} + S_1 Q_2 S_3 Q_4 Q_5 Q_6 Q_7 S_8 Q_9 + \\ & + Q_2 S_3 Q_4 Q_3 Q_6 S_7 S_8 Q_9 Q_{11} + Q_1 Q_2 S_3 S_4 Q_3 Q_6 S_7 S_8 Q_9 Q_{11} + Q_2 S_3 Q_4 Q_5 Q_6 S_7 S_8 Q_9 Q_{10} S_{11} + \\ & + Q_1 Q_2 S_3 S_4 Q_5 Q_6 S_7 S_8 Q_9 Q_{10} S_{11}], \end{aligned} \quad (4)$$

где Q_i - исходные вероятности истинности или «опасности» аргументов системы (3); $S_i = 1 - Q_i$ - соответственно вероятности «безопасности» этих элементов.

Из выражения (4) и вычисляется вероятность перехода АТС в опасное состояние. Полученное значение $P(OC)$ сравнивается со средним («фоновым») значением по «светофорному принципу» и принимается решение о степени опасности полета и принятии дополнительных мероприятий.

Исходные вероятности могут быть получены на основе статистики или с помощью экспертных опросов. Но ЛВТБ позволяет оценить вклады каждого из ИС и ИУ в итоговое $P(OC)$ и без известных Q_i на основании того, что «вес» аргумента в монотонной булевой функции есть частный случай его «значимости» при одинаковой опасности всех аргументов, равной 0,5.

Вычисление «значимости» g_{zi} аргументов выполняется по формуле

$$g_{zi} = \sum_{f=1}^k 2^{-(r_f-1)} - \sum_{j=1}^l 2^{-(r_j-1)}, \quad (5)$$

где k, r_f – число и ранг ортогональных конъюнкций, содержащих аргумент z_i ; l, r_j – число и ранг ортогональных конъюнкций, содержащих логическое отрицание z_i' .

Ортогональными называются конъюнкции, все члены которых попарно ортогональны, т.е. их произведения равны 0. Полученное по формуле (5) распределение g_{Qi} для рассматриваемой ОС представлено в табл. 2.

Таблица 2

g_{z1}	g_{z2}	g_{z3}	g_{z4}	g_{z5}	g_{z6}
0,181	0,105	0,137	0,0680	0,171	0,147
g_{z7}	g_{z8}	g_{z9}	g_{z10}	g_{z11}	g_{Qc}
0,306	0,235	0,104	0,033	0,033	0,695

Как видим, самым опасным является наличие особых геофизических условий региона полетов и аэродромов (сложный рельеф, наличие препятствий, особенности схем аэродромов). Этот результат не вызывает удивления и подтверждается опытом.

Среди ИУ наибольшим весом обладает недостоверность прогнозирования метеоусловий, опасных метео и геофизических явлений и орнитологической обстановки. Далее следуют: несовершенство правил полетов в регионе и недостатки правового регулирования, сбои в системе УВД. Эти результаты были бы неочевидны без проведенного анализа и являются хорошей подсказкой для разработки мероприятий.

Таким образом, показано, что:

1. Применение ЛВТБ позволяет сформировать синтезированную функцию оценки по группе факторов «Среда» и решить задачу по прогнозированию повышенной опасности для аэродромов назначения.
2. Дополнительно, даже при отсутствии исходных вероятностей ИС и ИУ, ЛВТБ позволяет объективно выявлять наиболее опасные места, причины и иницирующие условия, побуждая специалистов концентрировать усилия на решении первостепенных задач.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Постановления Правительства РФ № 218.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. - СПб.: Политехника, 2000.
2. Можаяев А.С., Алексеев А.О., Громов В.Н. Автоматизированное логико-вероятностное моделирование технических систем (Руководство пользователя ПК АСМ версии 5,0). - СПб.: Военный инженерно-технический университет, 1999.
3. Зубков Б.В., Шаров В.Д. Теория и практика определения рисков в авиапредприятиях при разработке системы управления безопасностью полетов. - М.: МГТУ ГА, 2010.

ASSESSMENT OF AN ENVIROMENT INFLUENCE ON FLIGHT SAFETY

Sharov V.D.

This article is devoted to research of use of logical- probabilistic theory for flight safety risk connected with different factors of natural and manmade environment.

Key words: aviation incident/accident, hazard, environment.

Сведения об авторе

Шаров Валерий Дмитриевич, 1955 г.р., окончил Академию ГА (1977), кандидат технических наук, заместитель директора департамента предотвращения авиационных происшествий ГрК «Волга-Днепр», автор более 50 научных работ, область научных интересов – безопасность полетов, аэронавигация.

УДК 629.7.076

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИКИ ПИЛОТИРОВАНИЯ

В.П. МАКАРОВ

Статья представлена доктором технических наук, профессором Зубковым Б.В.

В статье представлена методика прогнозирования опасных отклонений параметров техники пилотирования на основе анализа данных средств объективного контроля.

Ключевые слова: прогноз, отклонение, вероятность, закон распределения, статистика.

Стратегия управления безопасностью полетов (БП) включает в себя три метода сбора и анализа данных о БП [1]:

- реактивный (ответный) метод реагирует на уже произошедшие авиационные события;
- превентивный метод активно идентифицирует факторы опасности путем анализа деятельности организации;
- прогностический (предупреждающий) метод анализирует характеристики системы в ее предстоящей производственной деятельности.

Первый (традиционный) метод основан на расследовании инцидентов, происшествий, на соответствии нормам и ориентирован на результат. При этом авиационно-транспортная система (АТС), как предполагается, в большинстве случаев работает по ее расчетным характеристикам.

Два последних основаны на характеристиках и ориентированы на процесс. Предполагается, АТС не работает в большинстве случаев по ее расчетным характеристикам, имеют место отклонения: допустимые и опасные.

Примером практического применения превентивного метода в условиях авиакомпании (АК) является анализ полетной информации по результатам расшифровки средств объективного контроля, позволяющий выполнять мониторинг деятельности экипажа, работоспособности систем воздушного судна. Данный мониторинг направлен на выявление отклонений в технике пилотирования летного состава, сбоев в функционировании систем воздушного судна (ВС), являющихся факторами опасности и потенциальными причинами авиационных событий. Оперативное принятие мер по устранению выявленных недостатков обеспечивает предотвращение в будущем событий, негативно влияющих на БП. Как отмечено в руководстве по управлению БП [1], меры по уменьшению рисков, разработанные на основании прогностических данных о БП, почти полностью блокируют проявление факторов опасности в авиационные события.

Одним из инструментов прогнозирования событий в системе управления БП является анализ тенденций. Возникающие негативные тенденции (отклонения) в деятельности АК могут указывать на зарождающиеся факторы опасности. Для оценки значимости выявляемых тенденций применимы статистические методы [2]. Следует определить верхние и нижние пределы приемлемости характеристик (допустимые и опасные отклонения), сравнивать с ними текущие показатели. Анализ тенденций можно также использовать для выдачи «аварийного предупреждения», если характеристики близки к выходу за приемлемые пределы.

Рассмотрим применение превентивного и прогностического методов управления БП на примере фактора опасности «Посадка на повышенной скорости над порогом ВПП», который является одним из признаков нестабилизированного захода на посадку и может быть причиной грубой посадки, выкатывания за пределы ВПП.

Характеристикой, определяющей опасность рассматриваемого фактора опасности, может быть выбрана вероятность отклонения фактического значения скорости полета от нормативного значения над входным торцом ВПП

$$\Delta V = V_{\text{Факт}} - V_{\text{Норм}}.$$

В качестве граничного значения было задано отклонение по скорости, равное 20 км/ч. Тогда для прогнозирования посадки на повышенной скорости требуется оценить вероятность события $\{\Delta V > 20\}$.

По значениям $V_{\text{Факт}}$ и $V_{\text{Норм}}$ в 100 полетах, выполненных одним пилотом, была сформирована и описана нормальным законом распределения статистика отклонения ΔV (рис. 1)

$$f(\Delta V) = 7,5 \cdot \left(\frac{1}{\sigma(\Delta V)\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\Delta V - M(\Delta V))^2}{2\sigma^2(\Delta V)}} \right), \quad (1)$$

где математическое ожидание $M(\Delta V) = -6,88$; стандартное отклонение $\delta(\Delta V) = 7,83$.

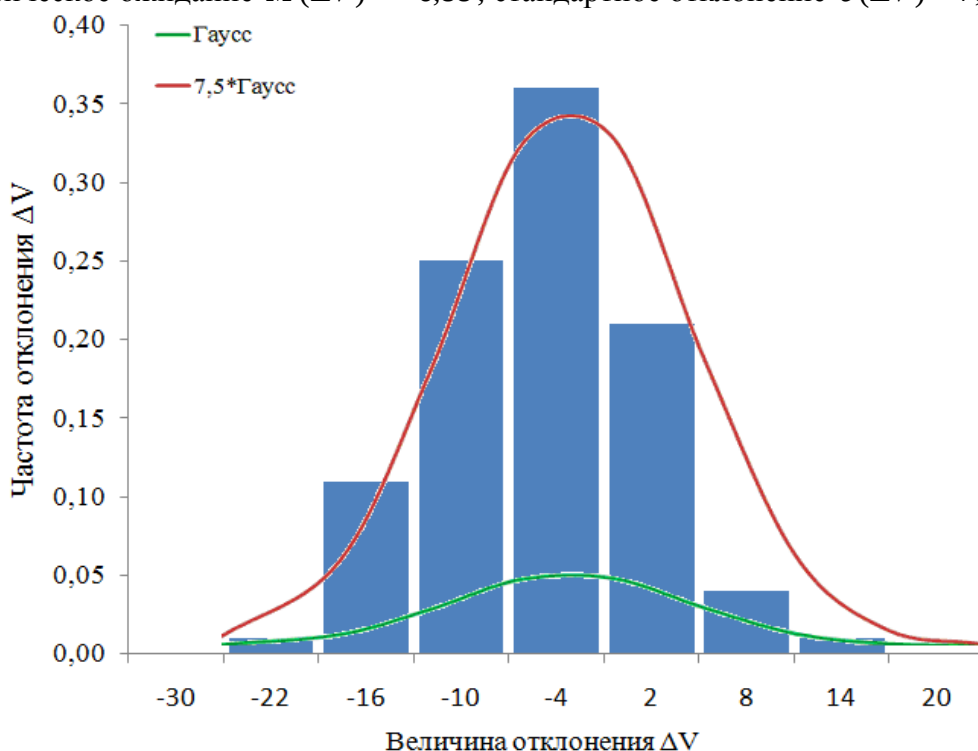


Рис. 1. Статистика ΔV

Вероятность превышения скорости посадки более чем на 20 км/ч от нормативного значения вычислим по формуле

$$P(\Delta V > 20) = 1 - \Phi\left(\frac{20 - (-6,88)}{7,83}\right) = 0,0003. \quad (2)$$

Применим для оценки вероятности события $\{\Delta V > 20\}$ как альтернативное решение, методику, изложенную в [3].

Используется математический аппарат статистики экстремальных значений. Экстремальные значения $\Delta V_{\text{э}}$ (максимальные и минимальные) параметра ΔV подчиняются так называемым асимптотическим законам распределения независимо от вида распределения самой величины ΔV . Таким асимптотическим законом для описания распределения максимальных значений случайной величины ΔV является двойное экспоненциальное распределение

$$F(\Delta V) = e^{-e^{-v}}, \quad (3)$$

где v – нормированное уклонение от моды.

Распределение (3) справедливо при условиях, что экстремальные значения случайной величины в реализациях независимы и эта случайная величина не ограничена либо справа (для наибольшего значения), либо слева (для наименьшего значения), либо в обоих направлениях. Для параметра ΔV перечисленные условия выполняются.

Процедура построения закона распределения (3) по данным параметра ΔV в выполненных полетах исследуемого пилота сводится к следующему:

1. Исходными данными являются k значений ($k=1 \div 100$) параметра ΔV , рассматриваемые как экстремальные значения $\Delta V_{\text{эк}}$.

2. Значения $\Delta V_{\text{эк}}$ располагаются в вариационный ряд в порядке возрастания $\Delta V_{\text{э}1} < \Delta V_{\text{э}2} < \dots < \Delta V_{\text{эк}} < \dots < \Delta V_{\text{э}100}$.

3. Для каждого члена вариационного ряда вычисляются его накопленная частота

$$F(\Delta V_{\text{эк}}) = \frac{k}{N+1}, N = 100 \quad (4)$$

и нормированное уклонение

$$v_k = -\ln[-\ln F(\Delta V_k)]. \quad (5)$$

4. В координатах ΔV , v наносятся точки, соответствующие экстремальным значениям $\Delta V_{\text{эк}}$ и вычисленным по формуле (5) значениям нормированного уклонения v . Через полученные точки проводится аппроксимирующая линия, которая является искомой функцией распределения параметра ΔV (рис. 2).

Для рассматриваемой статистики параметра ΔV получили полиномиальную линию 2-й степени (достоверность аппроксимации $R^2 = 0,988128$)

$$v = 0,0026(\Delta V)^2 + 0,211(\Delta V) + 1,8245. \quad (6)$$

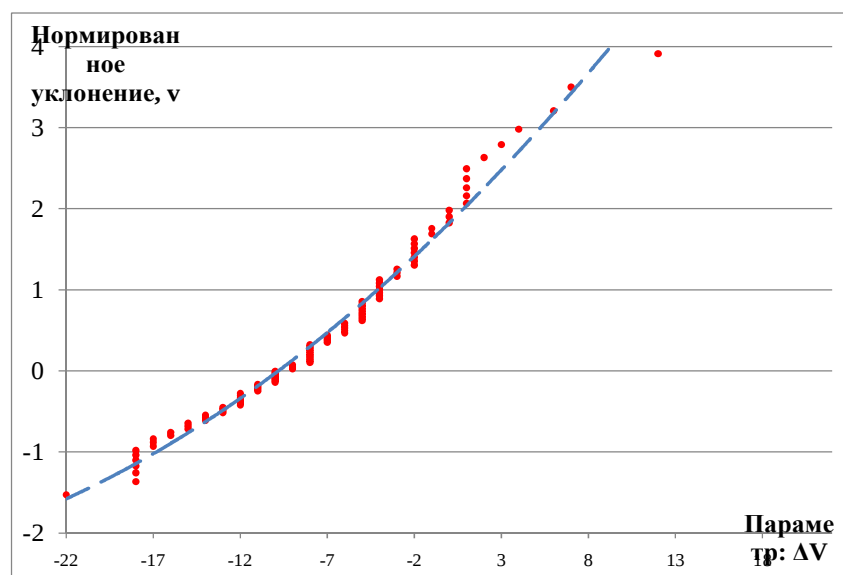


Рис. 2. Плотность двойного экспоненциального распределения параметра ΔV

Вероятность превышения скорости посадки более 20 км/ч от нормативного значения вычислим по формуле

$$P(\Delta V > 20) = 1 - F(20) = 1 - e^{-e^{-0,0026 \cdot 20^2 + 0,211 \cdot 20 + 1,8245}} = 0,000838. \quad (7)$$

Разница в значениях вероятности события $\{\Delta V > 20\}$, полученная при расчетах по формулам (2) и (7), может быть обоснована погрешностями, допущенными при подборе нормального закона распределения (1).

Необходимы дополнительные исследования о применимости методики, изложенной в [3], для расчета других параметров техники пилотирования, закон распределения которых может быть отличным от нормального распределения.

Важной задачей является определение критических вероятностей опасных отклонений параметров техники пилотирования для обоснования необходимости принятия корректирующих действий, направленных на предотвращение проявления факторов опасности.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Постановления Правительства РФ № 218.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Дос 9859-AN/460.** Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП). - 2-е изд. - Монреаль: ИКАО, 2009.
2. **Орлов А.И.** Прикладная статистика. - М., 2004.
3. Безопасность полетов летательных аппаратов / под ред. В.С. Иванова. - М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2003.

THE METHOD OF FORECASTING OF DANGEROUS DEVIATIONS OF FLIGHT PARAMETERS

Makarov V.P.

The article presents the method of forecasting of dangerous deviations of flight parameters on the basis of the analysis of the objective data.

Key words: forecast, deviation, probability, distribution, statistics.

Сведения об авторе

Макаров Валерий Петрович, 1987 г.р., окончил МГТУ ГА (2009), методист департамента предотвращения авиационных происшествий ГрК «Волга-Днепр», автор более 10 научных работ, область научных интересов - риск-менеджмент, анализ надежности, управление безопасностью полетов.

УДК 658.56:65.01

МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Л.Н. ЕЛИСОВ, Н.И. ОВЧЕНКОВ

В статье рассматривается проблема моделирования структуры средств обеспечения транспортной безопасности аэропорта в динамике ее существования.

Ключевые слова: транспортная безопасность, средства обеспечения, динамическая структура, моделирование.

Для решения задач обеспечения транспортной безопасности в аэропорту используется комплекс методов и средств различного назначения, реализованных с применением принципиально различных подходов и построенных на различной элементной базе. При этом предполагается их совместное использование в целях решения единой комплексной задачи. С другой стороны, аэропорт действует в условиях постоянно изменяющейся внешней среды, причем динамика может быть достаточно экстремальной.

Можно предположить, что структура средств обеспечения транспортной безопасности аэропорта должна быть динамической, следовательно, модель структуры также должна быть динамической.

При создании комплекса средств обеспечения защиты (ИТСО) мы полагаем базироваться на следующих принципах: принцип обеспечения комплексного подхода к выполнению требований транспортной безопасности; принцип последовательных рубежей защиты; принцип равнопрочности границ зон транспортной безопасности; принцип декомпозиции сложных сценариев действия нарушителей на последовательность связанных простых действий нарушителей; принцип адаптивности и сценарного управления решением инцидентов; принцип регулярности контроля функционирования и защиты от человеческого фактора; принцип оперативности получения информации; принцип обеспечения надежности и живучести; принцип разумной достаточности (адекватности угрозам).

Реализация комплекса ИТСО должна учитывать требования нормативных документов, результаты оценки уязвимости и план обеспечения транспортной безопасности; предполагать разработку стандарта предприятия или другого документа, устанавливающего порядок разработки и внедрения единого интегрированного комплекса ИТСО; оценку тактико-технических характеристик и согласования центрального оборудования систем безопасности; построение системы осуществляется с применением открытых решений, модернизация, дооснащение и поддержка системы не должна требовать обязательного привлечения компании инсталлятора.

Для наиболее раннего обнаружения нарушителя, его сопровождения по территории объекта, определения характеристик нарушителя и определения критических элементов, находящихся под угрозой, ИТС создает на пути движения нарушителя несколько эшелонированных рубежей защиты, которые проходят по границам зон, покрывают территорию аэродрома, подступы к критическим элементам и защищают сами критические элементы.

Все элементы, входящие в систему защиты границы зоны транспортной безопасности, должны иметь сопоставимую эффективность. В системе защиты границ зон должны быть включены уязвимые места, снижающие защищенность данных зон.

Аэропорт имеет множество критических элементов, каждый из которых может быть уязвим для нескольких типов угроз. Каждая из угроз для каждого из критических элементов может быть реализована по множеству сценариев возможных действий нарушителей. В соответствии с принципом декомпозиции сложные сценарии действий нарушителей по реализации той или иной угрозы раскладываются на логико-алгоритмическую последовательность простых действий нарушителей, которые могут быть обнаружены теми или иными техническими средствами [1; 2].

При реализации угроз нарушители могут использовать различные тактики действий. При использовании тактики открытого нападения, наиболее характерными будут следующие действия нарушителей: открытое проникновение в здание АВК и другие критические элементы, открытое преодоление ограждения, силовой прорыв автотранспортного средства через КПП, силовой прорыв автотранспортного средства через ограждение, перелет ограждения на легкомоторном летательном аппарате, дельтаплане и т.п.

При использовании тактики обманного проникновения наиболее характерными будут следующие действия нарушителей: пронос запрещенных предметов и веществ, нарушение пропускного режима, провоз с использованием автотранспортных средств, несанкционированное перемещение между зонами внутри АВК через дверные проемы и несанкционированное проникновение на КЭ, перемещение нарушителя из технологического сектора в перевозочный сектор (и наоборот) под видом выполнения служебных обязанностей, пересечение с потоком пассажиров,двигающихся на посадку, под видом исполнения служебных обязанностей.

При использовании тактики скрытого проникновения наиболее характерными будут следующие действия нарушителей: несанкционированное перемещение между зонами внутри АВН через дверные проемы, скрытое несанкционированное проникновение на КЭ вне контролируемой зоны, скрытое несанкционированное проникновение на КЭ внутри зоны транспортной безопасности, несанкционированное проникновение между зонами внутри АВК через коммуникации, конструкции, несанкционированное проникновение в здание АВК через выход, окна, технологические двери и т.п.

Представленная лингвистическая модель системы обеспечения транспортной безопасности аэропорта дает возможность перейти к структуре средств обеспечения такой безопасности (СОТБ).

При формировании структуры СОТБ будем использовать эволюционный подход, т.е. будем считать, что СОТБ создается впервые и находится в начальной точке своего жизненного цикла. Исходные позиции для создания СОТБ: цель создания определена, ниша на рынке авиационных услуг сформирована, проведены исследования, которые подтверждают экономическую целесообразность создания СОТБ, получены финансовые и другие ресурсы, получены все необходимые решения и согласования в государственных и иных директивных органах, имеется вся распорядительная документация, скомплектован первоначальный штат сотрудников.

В таком случае становится задача разработки базовой структуры СОТБ, т.е. ядра. Базовая структура включает минимально необходимый состав средств обеспечения авиационной безопасности. Дальнейшие исследования реальных условий осуществления СОТБ своих функций предполагают появление совокупности средств, обеспечивающих решение комплекса специфических задач, связанных с изменяющимися условиями внешней среды, т.е. появляется сетевой базис, который можно считать внешней структурой СОТБ. Развитие внешней структуры авиапредприятия выдвигает требования, которые заставляют пересматривать и развивать внутреннюю структуру.

С учетом фактора времени как внешняя, так и внутренняя структуры СОТБ трансформируются с целью удовлетворения вновь возникающих требований.

В таком случае обобщенная динамическая структура современного авиапредприятия будет иметь следующий вид (рис. 1).

Конфигурация структуры СОТБ включает три составляющие: критерии деятельности, ядро системы и сетевой базис структуры [3; 4].

Критерии включены в структуру, потому что вся остальная структура работает для их достижения, т.е. хотя критерий и не может быть элементом системы, тем не менее, он формирует функциональные связи между элементами, входит в них составной частью и потому может быть включен в структуру СОТБ.

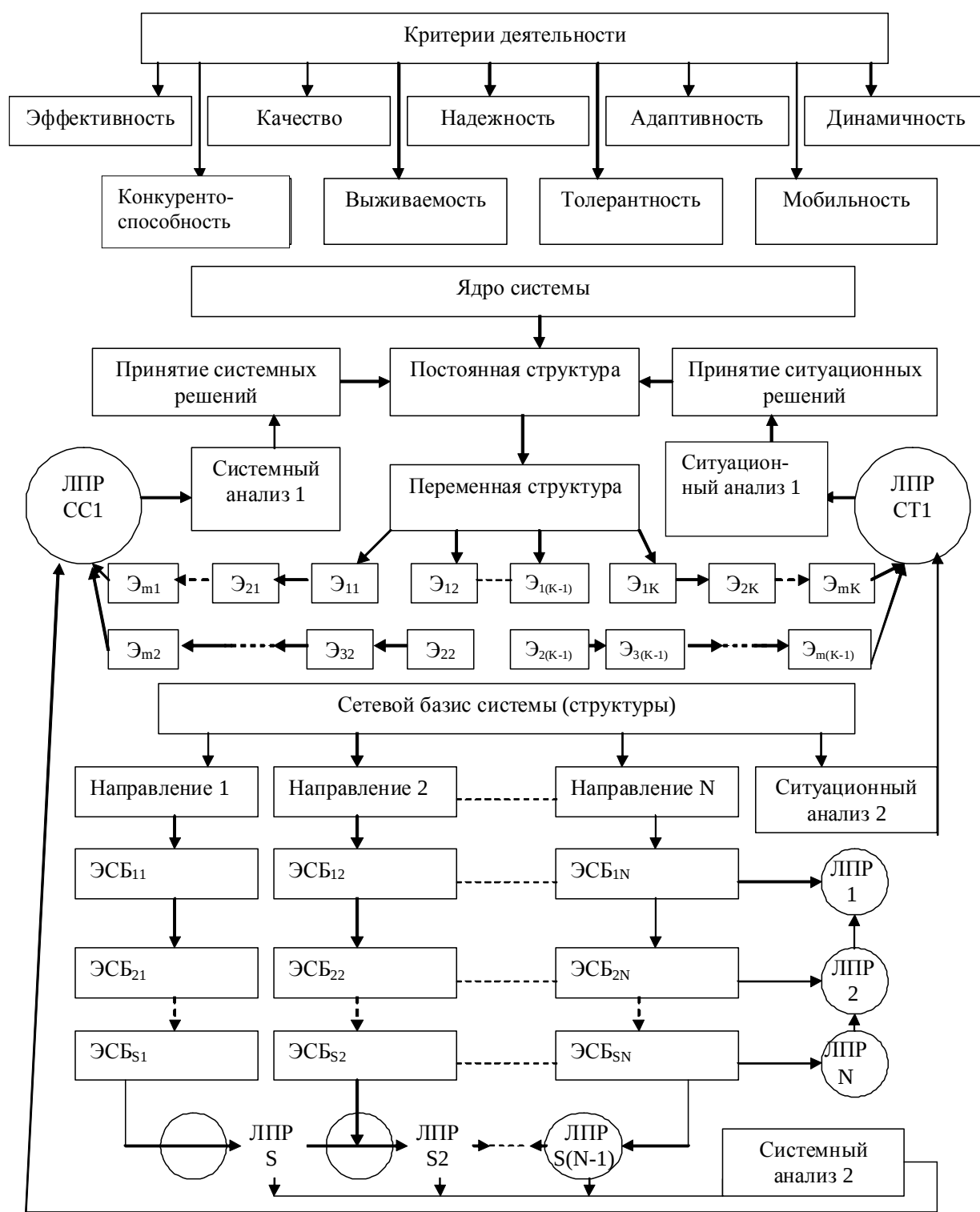


Рис. 1. Архитектура обобщенной динамической структуры СОТБ

Ядро системы состоит из постоянной и переменной структуры. Постоянная структура формируется исходя из первоначальных целей и задач СОТБ, а переменная отражает динамику развития структуры, причем именно внутренних отношений. Архитектура переменной структуры формируется на основе решений, принимаемых лицами (управленцами) высшего уровня иерархии ЛПР_{СС1} и ЛПР_{СТ1}, полученных в результате системного и ситуационного анализа. Систем-

ный анализ предполагает исследование структуры СОТБ как сложной системы в терминах теории сложных систем, а ситуационный анализ рассматривает последовательность ситуаций в динамике и оценивает их с точки зрения влияния на структуру. В результате принятых решений формируется внутренняя структура СОТБ, отражающая совокупность генеральных критериев и удовлетворяющая их требованиям на данном этапе развития.

Дальнейшее развитие СОТБ предполагает появление новых сфер деятельности и, как следствие, новых средств обеспечения авиационной безопасности, образующих новую архитектуру сетевого базиса системы.

Каждое новое направление деятельности СОТБ включает некоторую совокупность элементов сетевого базиса ($ЭСБ_{11}$ - $ЭСБ_{s1}$), ($ЭСБ_{12}$ - $СБ_{s2}$)...($ЭСБ_{1N}$ - $ЭСБ_{sN}$). За каждое направление отвечает один из ЛПР среднего уровня иерархии ($ЛПР_{s1}$ - $ЛПР_{s(N-1)}$), осуществляющих системный анализ, и ($ЛПР_1$ - $ЛПР_N$), осуществляющих ситуационный анализ. Результаты анализа поступают на вышший уровень ($ЛПР_{сс1}$, $ЛПР_{ст1}$), где используются при принятии соответствующих решений.

Таким образом, на определенном этапе развития СОТБ его структура становится сложной системой, состоящей из множества элементов, имеющих функционально-различное производственное назначение, связанных между собой достаточно сложной системой отношений. При этом указанная структура должна отвечать требованиям соответствующих критериев. Отсюда возникает вопрос: структура какого типа требуется на данном этапе? От ответа на этот вопрос зависит успех стратегического развития СОТБ и эффективность системы.

Анализ этапов развития технологий безопасности позволил определить 5 классов систем.

1. Класс «А»: автономные системы с простейшими охранными функциями. Решения такого класса можно назвать системами лишь условно, поскольку они представляют собой набор оборудования, выдающего простые сигналы, без какой-либо обработки данных.

2. Класс «В»: системы безопасности с центральной обработкой информации. Первое поколение интегрированных систем безопасности. Ориентированы на сбор и выдачу оператору совокупности разнородных сигналов с последующей «ручной» обработкой.

3. Класс «С»: интегрированные системы безопасности с развитыми аналитическими возможностями. Системы этого класса вывели на первый план аналитические функции.

4. Класс «D»: комплексные системы управления безопасностью. Основные характеристики класса:

- интеграция технических средств и оргмероприятий в единый комплекс на основе политики безопасности;
- система строится на основе модели защиты предприятия, в рамках которой отрабатываются все типы угроз и сценарии организованного противодействия им;
- автоматизация всего цикла реагирования на угрозы, от обнаружения до ликвидации, с последующим анализом предпринятых мер;
- высокий уровень аналитики: система ориентирована на минимизацию человеческого фактора, поддержку принятия решений и большую часть задач по анализу событий и ведению инцидентов берет на себя. Оператор является подтверждающим лицом и исполнителем регламентов, которые отрабатываются системой в масштабе объекта, что обеспечивается за счет технологий сценарного управления инцидентами.

5. Класс «Е»: адаптивные системы глубокой интеграции средств безопасности. Система включает развитую структуру центров анализа параметров внешней и внутренней среды, подсистему ситуационного анализа и динамической перестройки структуры, подсистему динамического прогнозирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елисов Л.Н. Качество профессиональной подготовки авиационного персонала и безопасность воздушного транспорта: монография. - М.:ИЦППС, 2006.

2. Елисов Л.Н., Баранов В.В. Управление и сертификация в авиационной транспортной системе: монография. - М.: Воздушный транспорт, 1999.
3. Елисеев Б.П., Елисов Л.Н. Системотехническое управление образовательными комплексами: монография. - М.: МГТУ ГА, 2012.
4. Статистические методы анализа безопасности сложных технических систем / под ред. В.П. Соколова. - М.: Логос, 2001.

MODEL OF THE DYNAMIC STRUCTURE OF TRANSPORT SECURITY

Elisov L.N., Ovchenkov N.I.

The problem of modeling the structure of airport transportation security in the dynamics of its existence.

Key words: transport security, dynamic structure, modeling.

Сведения об авторах

Елисов Лев Николаевич, 1945 г.р., окончил Пензенский политехнический институт (1967), доктор технических наук, действительный член Петровской академии наук и искусств, профессор кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности МГТУ ГА, автор более 200 научных работ, область научных интересов - системотехника, квалиметрия, проблемы безопасности воздушного транспорта.

Овченко Николай Иванович, 1966 г.р., окончил Ярославский государственный университет (1990), соискатель ученой степени МГТУ ГА, генеральный директор ООО ПСЦ «Электроника», автор 16 научных работ, область научных интересов - системы авиационной безопасности, квалиметрия, системотехника.

УДК 629.735

ОЦЕНКА РИСКОВ ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ И ЛЁТНОГО СОСТАВА ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ШУМА И ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Ю.А. БОЛЬШУНОВ, Б.Н. МЕЛЬНИКОВ, Н.И. НИКОЛАЙКИН

В статье оцениваются риски здоровью населения вблизи аэропортов и профессиональные риски экипажей воздушных судов при воздействии шума и выбросов загрязняющих веществ, являющихся результатом деятельности гражданской авиации.

Ключевые слова: авиация, риск, шум, загрязнение атмосферы.

Экологические факторы среды обитания играют значительную роль не только в обеспечении условий и нормальных процессов жизнедеятельности населения вблизи аэропортов, но и членов экипажей воздушных судов (ВС), состояние здоровья которых непосредственно затрагивает современные аспекты безопасности выполнения авиаперевозок. Многочисленные гигиенические исследования последнего десятилетия, направленные на решение задач, поставленных мировым авиационным сообществом, связаны с оценкой риска здоровью населения, во-первых, от воздействия авиационного шума (АШ), во-вторых, от локального и глобального химического загрязнения атмосферы. При этом мировое сообщество прилагает значительные усилия для обеспечения совместимости быстро развивающейся гражданской авиации (ГА) с возрастающими требованиями охраны окружающей среды (ОС).

В принятых недавно резолюциях 37-й Ассамблеи, определяющих политику ИКАО в области охраны окружающей среды А37-18 и А37-19 [1; 2], существенно расширен круг рассматриваемых международным сообществом проблем авиаэкологии, причём важным является произошедшее изменение приоритетов. На первый план выдвигаются вопросы повышения топливной эффективности самолётов новых поколений и снижения за счёт этого выбросов в атмосферу парниковых газов (ПГ), влияющих на климат нашей планеты.

Количественная оценка масштабов неблагоприятного воздействия трех основных факторов на здоровье населения представлена на рис. 1 [3], которая объясняет причину изменения приоритетов в сфере защиты окружающей среды от воздействия международной ГА. Влияние деятельности авиации на изменение климата обусловлено ростом выбросов ПГ авиадвигателями (АД). Для авиации это прежде всего CO_2 , которые пропорциональны изменению потребления авиатоплива (сгорание 1 кг авиакеросина приводит к выбросу 3,16 кг CO_2). Прогноз ИКАО роста общего потребления авиатоплива в начале XXI в. для разных сценариев использования самолётов новых поколений с новыми улучшенными методами их эксплуатации приведён на рис. 2.

Принятые в 2011 г. отечественные методические рекомендации по экономической оценке рисков здоровью населения при воздействии факторов среды обитания [4] используются для стоимостного расчета ущерба здоровью населения от различных факторов среды, включая АШ. Такие оценки, основанные на концепции «затраты-выгоды», повышают результативность принимаемых управленческих решений и эффективность использования ресурсов и средств, оптимизируют управление рисками здоровью, снижают преждевременную смертность населения.

Исходные данные для такой оценки включают:

- виды предполагаемых заболеваний от различных негативных факторов ОС;
- прогнозируемую численность подвергнувшихся различным заболеваниям (включая смертельные случаи) от анализируемых негативных факторов ОС, отнесённую к 1 тыс. человек по каждой возрастной группе, по годам и по местопребыванию;

- прогнозируемое число случаев смерти от негативного влияния факторов среды обитания, отнесённое к 100 тыс. человек по каждой возрастной группе и категории населения на протяжении жизни;
- предполагаемую возможность нарушения репродуктивной функции населения;
- а также иные (менее точные) показатели риска.

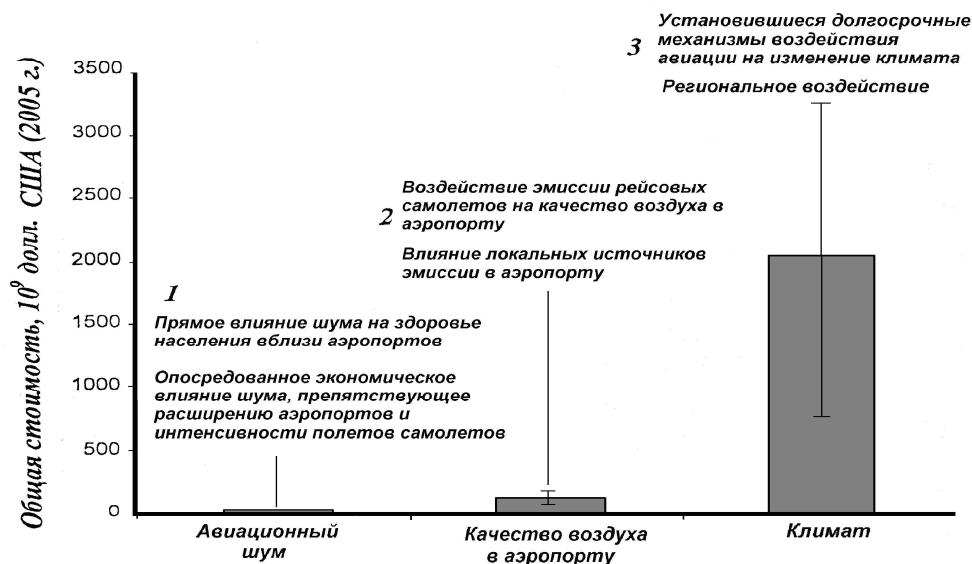


Рис. 1. Сравнительная оценка общих затрат, необходимых для снижения последствий от воздействия авиационного шума (1), локального загрязнения атмосферы в аэропортах (2) и глобального изменения климата (3)

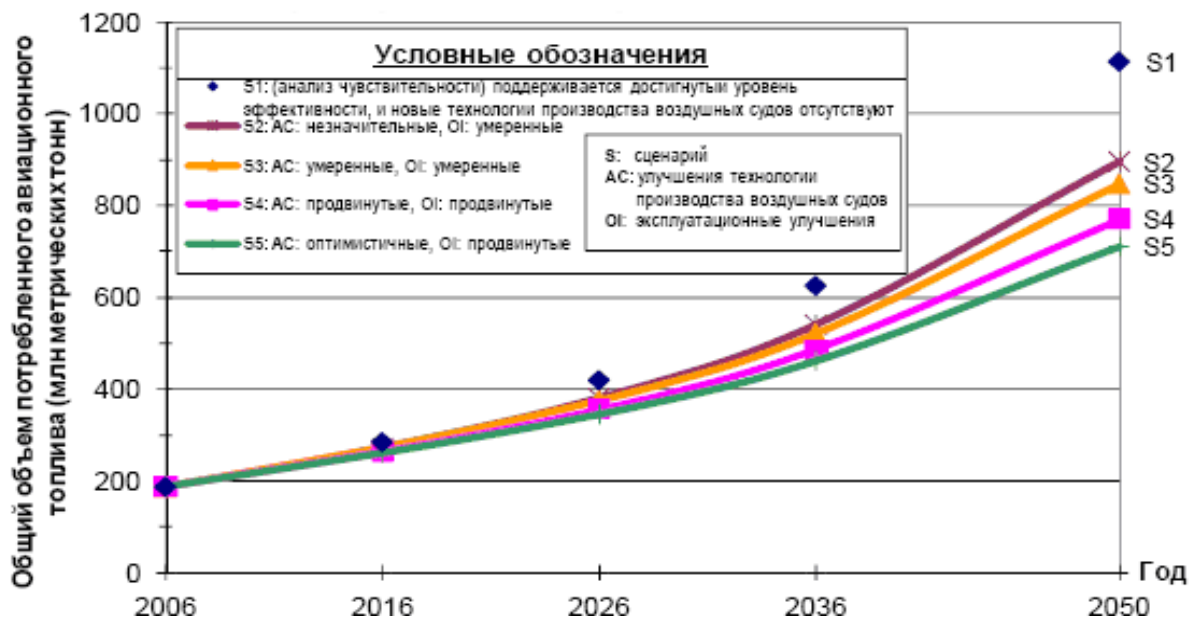


Рис. 2. Прогнозы роста общих объемов потребления авиационного топлива (совместно международные и внутренние перевозки) в период с 2006 по 2050 гг. (результаты смоделированы для 2006, 2016, 2026 и 2036 гг., а затем экстраполированы, применительно к 2050 г.) [5]

Методические рекомендации [4] в 2012 г. получили развитие в рекомендациях Роспотребнадзора России [6] по оценке риска здоровью населения в сфере воздействия шума различных видов транспорта.

В последнее время специалистами (экспертами) международной ГА подготовлено значительное количество обобщений (обзоров) по материалам научных исследований зарубежных и российских авторов. Анализ ряда многолетних зарубежных публикаций, цитируемых в настоящей статье, а также обобщение аналогичных отечественных материалов по указанной тематике свидетельствуют о заметном вкладе транспортного шума в негативное влияние на здоровье населения.

В практике Евросоюза и Агентства охраны окружающей среды США (US EPA – *Environmental Protection Agency*), при определении влияния (локального и глобального) на здоровье населения выбросов авиацией загрязняющих атмосферу веществ, а также при расчёте затрат, необходимых для сохранения здоровья, используются расчетные модели, предусматривающие оценку: показателей эмиссии всех наземных источников и АД всех ВС; фонового загрязнения района вблизи заданного аэропорта; изменения показателей загрязнения атмосферы аэропортов за анализируемый период времени; а также зависимости реакции человека от величины концентраций ЗВ и особенности влияния этих веществ на здоровье человека.

В рамках выполнения многолетних научно-исследовательских работ по международной программе *PARTNER (Partnership for Air Transportation Noise and Emission Reduction)* создан ряд моделей влияния выбросов авиадвигателей ВС на здоровье населения и стоимостной оценки затрат на его поддержание. На рис. 3 показаны элементы используемой в США модели, учитывающей основные «первичные» выбросы, а на рис. 4 – структурная схема, используемая в практике Евросоюза и Агентства охраны окружающей среды США (US EPA), учитывающая параметры загрязнения атмосферы вблизи аэропортов, приведённые в [3].

Комитетом САЕР (*Committee on Aviation Environmental Protection* – Комитет ИКАО по защите окружающей среды от воздействия авиации) на своем 8-м заседании в 2010 г. были уточнены экологические прогнозы ИКАО на ближайшую четверть века по ряду сценариев, а именно по сценарию № 1, в котором текущее состояние принимается неизменным, и по сценариям №№ 2-4, учитывающим постепенное повышение внедрения разнообразных эксплуатационных и технических усовершенствований.

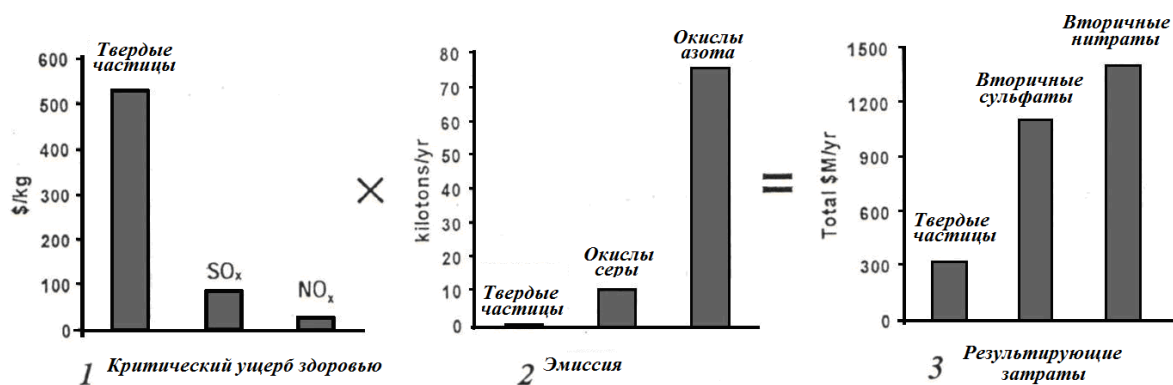


Рис. 3. Элементы модели стоимостной оценки влияния загрязняющих веществ, выбрасываемых авиацией, на здоровье населения и затрат на его поддержание с учётом первичных выбросов твёрдых частиц (PM), оксидов азота (NO_x) и оксидов серы (SO_x) с использованием модели AEDT: 1 – удельные затраты на поддержание здоровья, утрачиваемого в результате воздействия загрязняющих веществ (PM , NO_x и SO_x); 2 – объёмы выбросов загрязняющих веществ за год; 3 – общие затраты на поддержание здоровья населения

Анализ изменения объемов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ с отработавшими газами авиадвигателей воздушных судов (рис. 5) на ближайшие 25 лет [5] выявил перспективу значительного увеличения (с 0,25 млн. т в 2006 г. до 0,52...072 млн. т в 2036 г.) объема выбросов оксидов азота (NO_x) в зоне аэродрома (от поверхности земли до высот 3000 футов или 914 м [7]). Абсолютный прирост объема выбросов NO_x составит 208...288%, а среднегодовой прирост за

рассматриваемый период – 2,4...3,5%, что меньше прогнозируемых темпов роста пассажиропотока. Аналогичные прогнозы сделаны специалистами САЕР и по выбросам в зоне аэродрома твердых частиц.

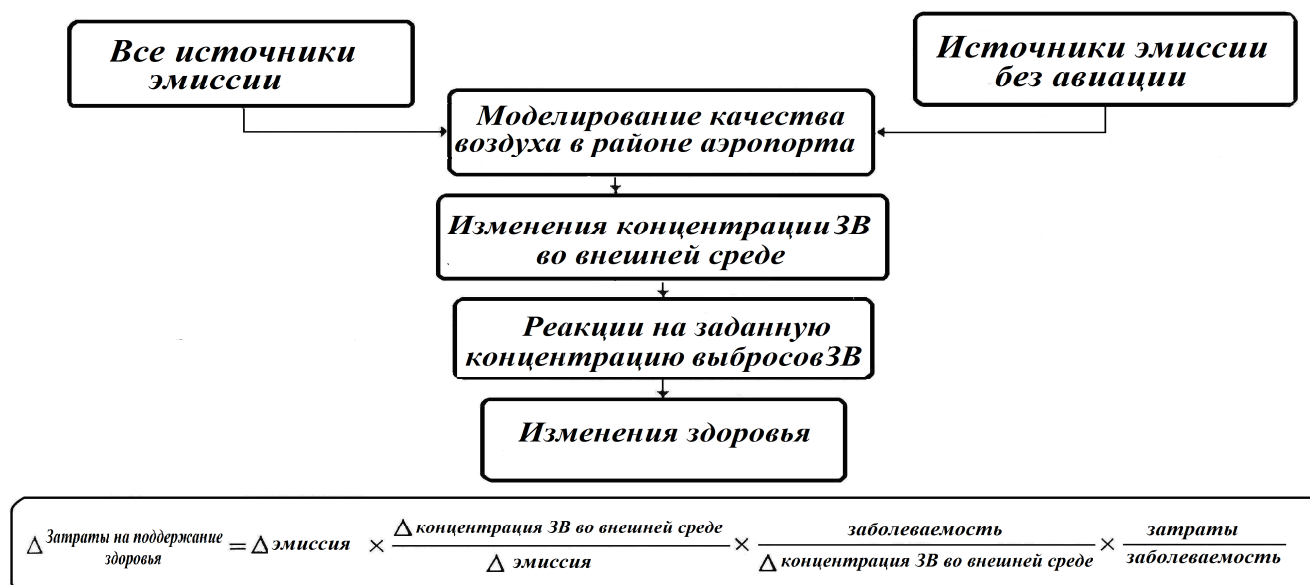


Рис. 4. Схема оценки влияния параметров загрязнения атмосферного воздуха вблизи аэропортов на здоровье населения (А) и затрат на его сохранение (Б)

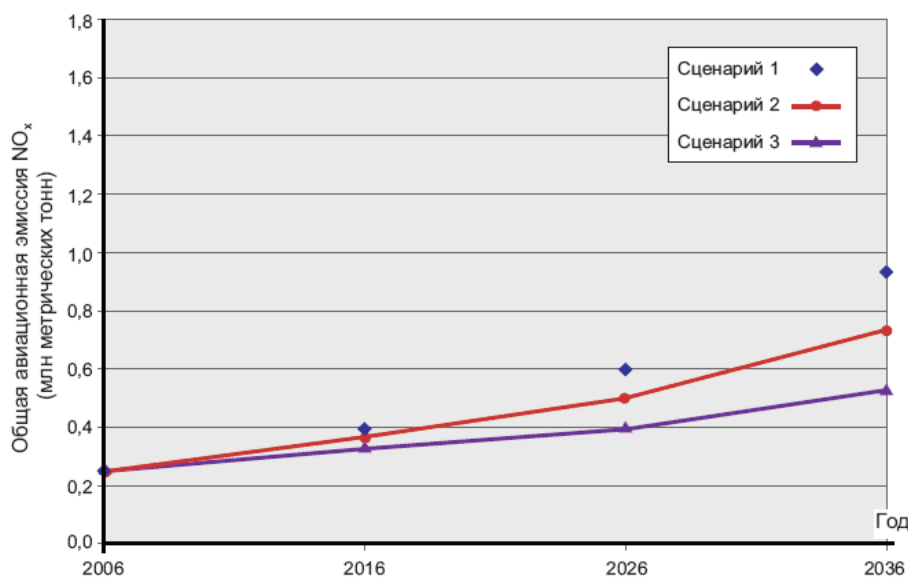


Рис. 5. Изменение объема выбросов оксидов азота (NO_x) в зоне аэродрома (до высот 3000 футов или 914 м) в ближайшие 25 лет

На высотах свыше 3000 футов (914 м) увеличение выбросов NO_x с 2,5 млн. т в 2006 г. к 2036 г. достигнет 4,6...6,3 млн. т, т.е. абсолютный прирост составит 184-252%, а среднегодовой – 2...3%.

Результаты исследований кумулятивного воздействия выбросов твердых частиц PM_{10} (размером 10 микрон) для различных концентраций приведены на рис. 6.

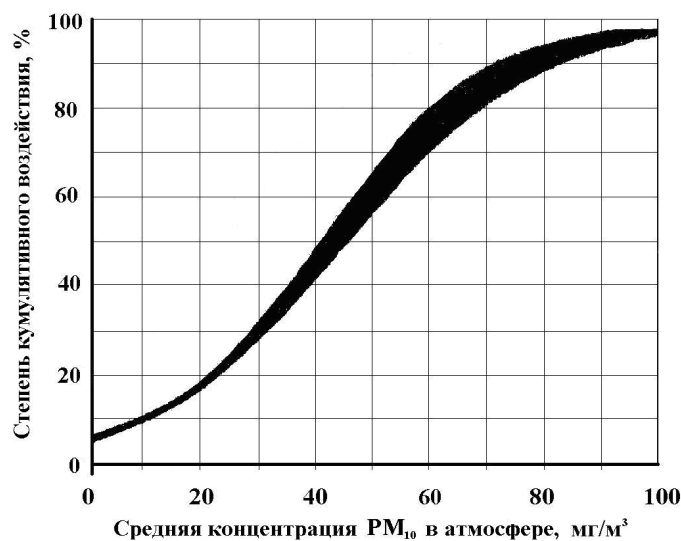


Рис. 6. Оценка раздражающего действия выбросов твердых частиц как функция их средней концентрации

В последнее десятилетие особое внимание мировой общественности привлекает необходимость уменьшения воздействия шума в ночное время. Снижение качества сна, частые пробуждения, как установлено, вызывают неблагоприятное воздействие и заметное влияние на состояние здоровья человека. Проблема особенно актуальна для авиации в свете новых требований ИКАО, а также Директив Европейского Сообщества 2002/30/ЕС и 2002/49 /ЕС [8; 9]. Анализ обширной информации в этой области, полученной в процессе современных национальных исследований в сочетании с известными работами зарубежных специалистов (пример совместных усилий, направленных на достижение общих целей), позволяет реализовать комплексный подход к решению международным сообществом актуальных проблем авиаэкологии [10; 11].

Основными направлениями авиационной деятельности, непосредственно связанными с проблемой сохранения здоровья населения во всём мире, являются:

- регламентация и разработка мер по уменьшению воздействия АШ, создаваемого на местности в районе размещения жилой застройки вблизи аэропортов и вертодромов;
- снижение воздействия АШ в ночное время суток за счёт рациональных приемов землепользования и ограничения полётов;
- защита лётных экипажей от воздействия АШ в кабинах и защита от шума пассажиров авиатранспорта.

На период до 2036 г. в мире (при допущении, что численность населения, проживающего вблизи аэропорта не будет меняться по отношению к базовому 2006 г.) при любых сценариях использования новых технологий производства авиатехники и всех новых улучшениях процесса эксплуатации ВС прогнозируется [5] увеличение численности населения, подвергаемого воздействию АШ (рис. 7).

Признано, что за это время количество населения, страдающего от авиационного шума в 65, 60 и в 55 DNL будет увеличиваться неуклонно, и если в 2006 г. шуму в 55 DNL подвергалось около 21,2 млн. человек, то в 2036 г. от шума будет страдать от 26, 6 до 34,1 млн. человек. Значит абсолютный рост составит 25...61%, а средний годовой прирост – 0,7...1,6%, что намного меньше прогнозируемого роста объёмов авиаперевозок.

Сравнительная оценка относительных рисков роста сердечно-сосудистых заболеваний населения, проживающего вблизи крупных аэропортов, обусловленных воздействием авиационного шума, выполненная в работах [12; 13], приведена на рис. 8.

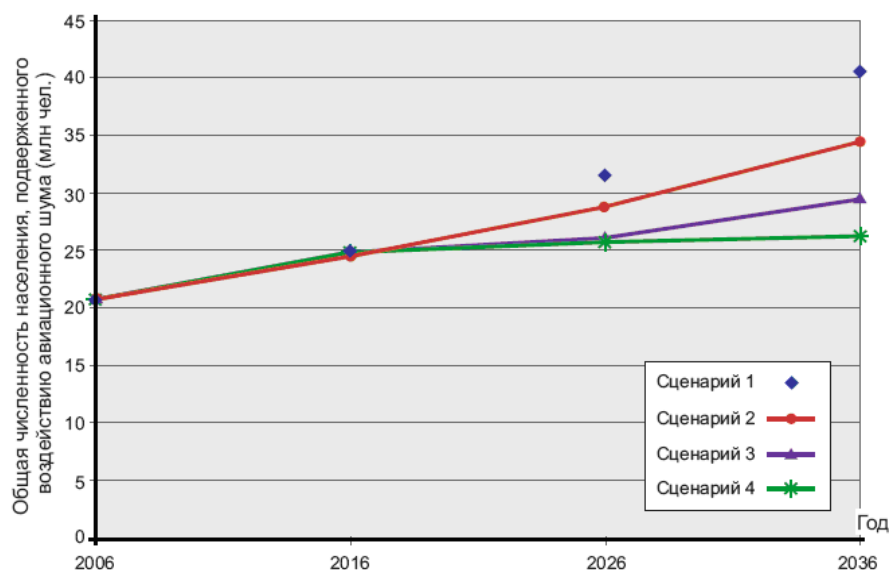


Рис. 7. Прогнозы ИКАО по изменению общей численности населения в мире, подвергающегося воздействию АШ с уровнем $DNL \geq 55$ дБА на ближайшие 25 лет

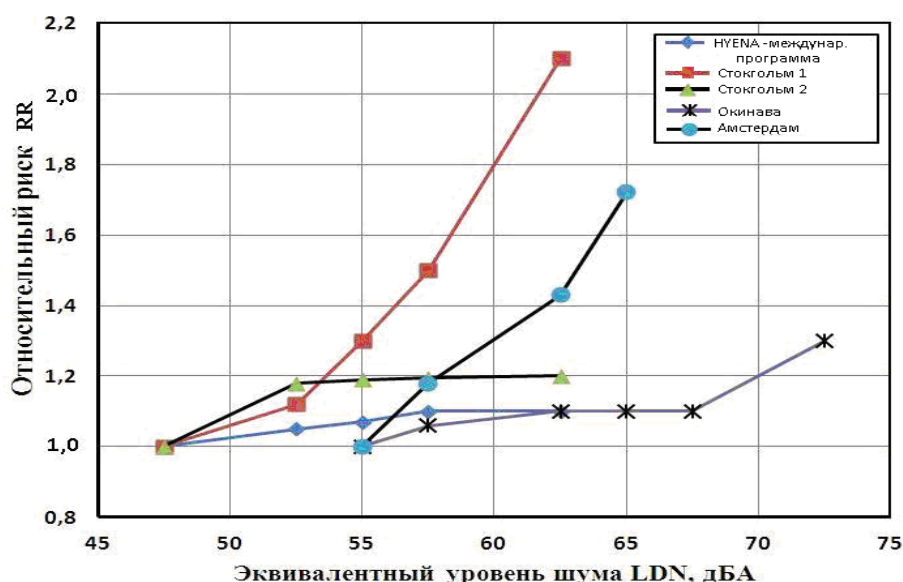


Рис. 8. Зависимость роста сердечно-сосудистых заболеваний вблизи крупных аэропортов от авиационного шума

Особенностью профессиональной деятельности лётных экипажей при международных полетах на авиалиниях большой протяженности является их длительное пребывание (8-10 часов) в кабине с характерным уровнем шума в самолетах ряда ведущих авиакомпаний, в диапазоне 77...89 дБА, причем в 40% летного времени на экипаж воздействует окружающий шум с уровнем 85 дБА и выше, а в 80% случаев шум достигает и превышает 80 дБА.

Анализ факторов и примеры их практической реализации в условиях длительных полетов самолета В-747 на международных авиалиниях, определяющих взаимосвязь между риском появления усталости членов летного экипажа с учётом показателей нагрузки, сна, суточного температурного минимума поверхности тела, настроения и производительности труда экипажа ВС [14], приведён на рис. 9.

Для предупреждения потери слуха членов летных экипажей (NIHL – *Noise Induced Hearing Loss*) в качестве исходных обычно используются рекомендации медицинского Руководства ИКАО (док. 894-AN/895, 1985) и Директивы Совета Европейского сообщества от 12 мая 1986 г. (86/188/ЕС). Современное состояние проблемы и используемые пути ее эффективного решения в авиакомпании British Airways представлены в работе [15].

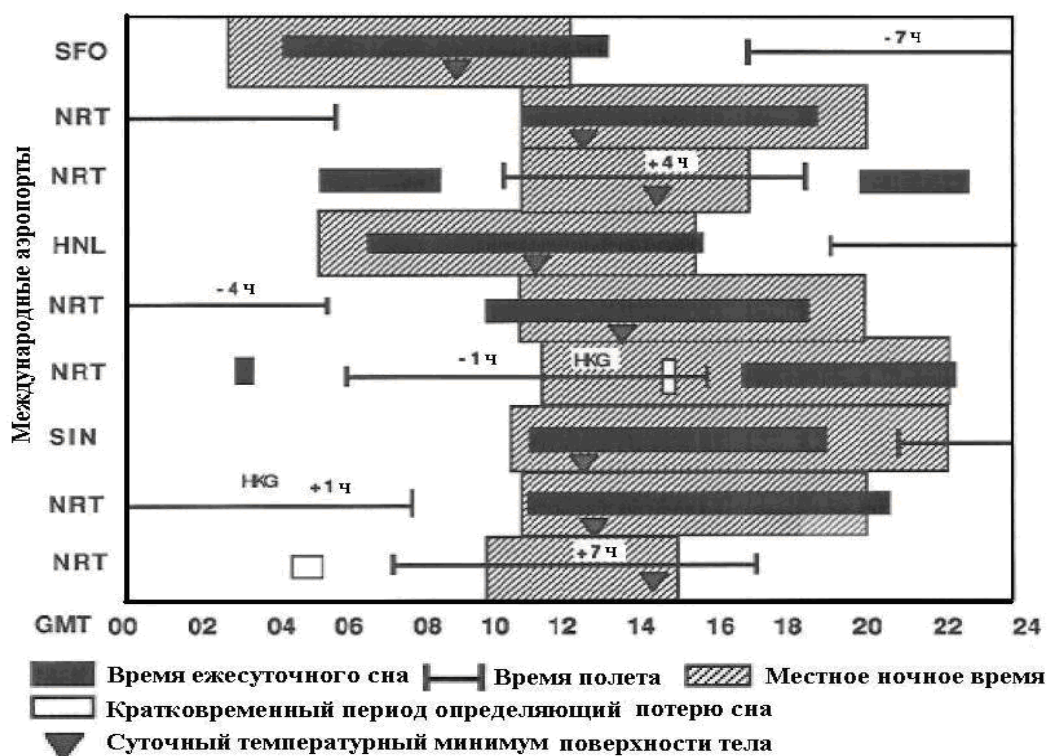


Рис. 9. Зависимость усталости членов летного экипажа от факторов условий их труда на международных авиалиниях (SFO- Сан-Франциско, NRT – Нарита (Токио), HNL – Гонолулу, SIN – Сингапур, HKG – Гонконг; GMT *Greenwich Mean Time* – астрономическое время по Гринвичу)

Для устранения преждевременной усталости членов летных экипажей и повышения за счет этого уровня безопасности полетов используются рекомендации ИКАО [14]. Улучшения достигаются, например, за счет оптимальной организации предполетного отдыха и ночного сна членов экипажа.

Основными механизмами влияния авиационного шума на здоровье населения являются: физиологическое, психологическое, раздражающее воздействия и помехи сну и процессу обучения. Кроме того, при оценке негативности воздействия шума учитываются и такие показатели, как уровень комфорта или качество жизни, время болезни и продолжительность жизни людей, а также состояние здоровья населения в конкретных регионах.

В связи с возникающими трудностями построения «обычных» зон воздействия АШ, где сохраняется нормальный сон населения при ночных полетах самолетов, прежде всего из-за АШ с уровнем, близким к фоновому (обычно в области 50-60 дБА), на практике все чаще используется информация, указывающая на вероятность пробуждения человека в шумных зонах. Пример построения дополнительных специфических зон воздействия шума, определяющих вероятность пробуждения человека от АШ, приведен на рис. 10 [16].

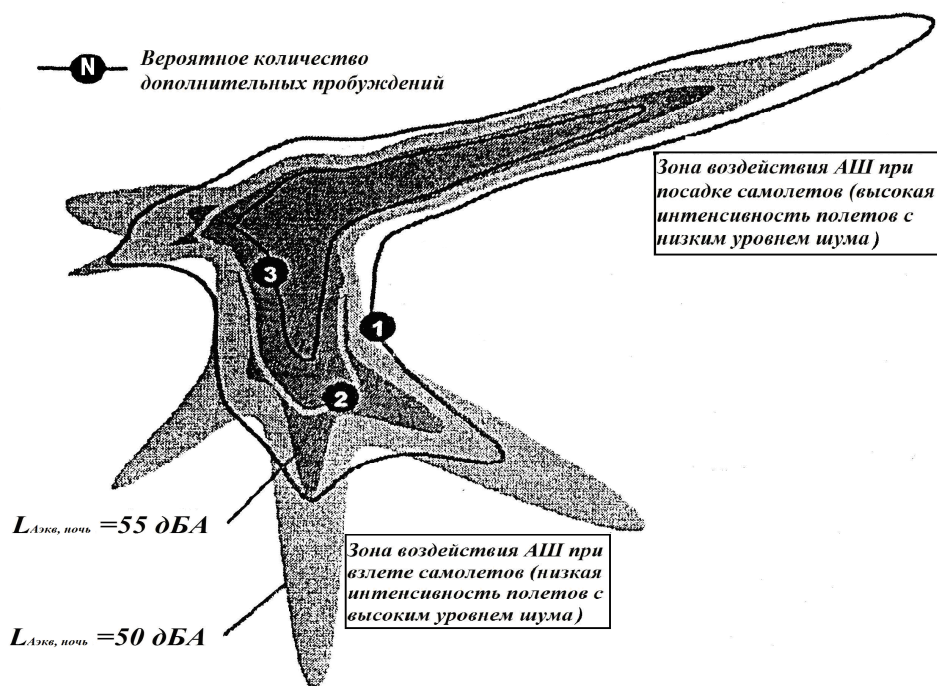


Рис. 10. Зоны воздействия шума в окрестностях аэропорта Франкфурт

Специалистами FAA, NASA с участием представителей транспортного ведомства Канады разработана [3] новая методология расчетной оценки экологического воздействия авиации на глобальном, региональном и локальных уровнях, схема которой показана на рис. 11. Эта методология позволяет на основании входных показателей, определяющих политические, рыночные, технологические и эксплуатационные сценарии воздействия авиации на окружающую среду, определять выходные показатели системы «затраты-выгоды» при использовании различных мер по уменьшению воздействия авиации на различные элементы структуры, включая население.

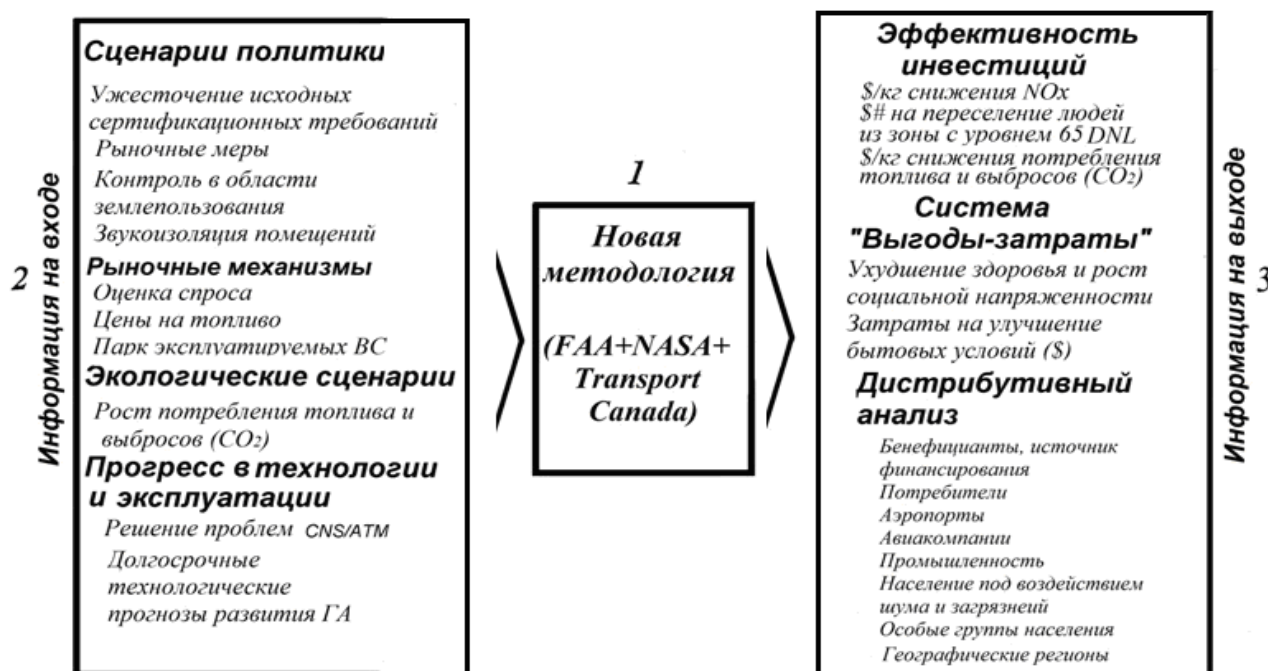


Рис. 11. Основные элементы новой международной методологии количественной оценки воздействия авиации на окружающую среду

Представленный выше материал свидетельствует, что авиационный шум с характерным эквивалентным суточным уровнем LDN(LDEN)¹ около 65...70 дБА, воздействующий на население близи крупных аэропортов РФ и стран ЕС, оказывает значительное воздействие на его здоровье, особенно из-за нарушения сна в ночное время. Для ряда европейских аэропортов АШ риск заболевания увеличивается практически вдвое. Систематическое воздействие АШ повышает кровяное давление, частоту сердцебиений человека, формирует условия для ишемической болезни сердца и предынфарктного состояния.

На основании изложенного анализа негативного воздействия АШ на ОС и на здоровье людей, возникающего при авиаперевозках, целесообразно следующее:

- ускорить внедрение в практику российской ГА санитарных правил, касающихся санитарно-защитных зон аэропортов, аэродромов и вертодромов;
- обновить требования государственного стандарта по регламентации авиационного шума вблизи российских аэропортов (ГОСТ 22283-88 [17]) с использованием критерия LDEN, который в соответствии с ГОСТ Р 53187-2008 [18] уже введен в отечественную практику оценки воздействия на население шума любых источников, включая АШ;
- разработать для отечественной ГА практические рекомендации по классификации самолетов на основании характеристик создаваемого ими шума на местности с использованием системы QC² с целью определения возможности их эксплуатации в ночное время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Док. 9958. Сводное заявление о постоянной политике и практике ИКАО в области охраны окружающей среды. Общие положения, авиационный шум и местное качество воздуха: Резолюция А37-18. - Монреаль: ИКАО, 2011. - Ч. 1. - С. 62-78.
2. Док. 9958. Сводное заявление о постоянной политике и практике ИКАО в области охраны окружающей среды. Изменение климата: Резолюция А37-19. - Монреаль: ИКАО, 2011. - Ч. 1. - С. 78-86.
3. **Waitz I.A.** Evaluation Environmental Impacts. PARTNER. March 19, 2008, 20 p. по данным док. Partnership for Air Transportation Noise and Emission Reduction (PARTNER). Waitz I.A. Evaluating Environmental Impacts. March 19, 2008.
4. Методические рекомендации к экономической оценке рисков для здоровья населения при воздействии факторов среды обитания: МР 5.1.0029-11: утв. 31.07.2011 г. - М., 2011.
5. Нынешние и будущие тенденции в области авиационного шума и эмиссии авиационных двигателей. Документ ИКАО А37-W/26. - Монреаль: ИКАО, 2010.
6. Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума: МР 2.1.10.0059-12: утв. 23.03.2012 г. - М., 2012.
7. **Николайкина Н.Е., Николайкин Н.И., Матягина А.М.** Промышленная экология. Инженерная защита биосферы от воздействия воздушного транспорта. - М.: Академкнига, 2006.
8. Директива Европейского Парламента и Совета 2002/30/ЕС от 26.03.2002 г. // Official Journal of the European Communities, 28.03.2002. L85. P. 40-46.
9. Директива Европейского Парламента и Совета 2002/49/ЕС от 25.06.2002 г. // Official Journal of the European Communities, 18.07.2002. L189. P. 12-25.
10. Док. 9829. Инструктивный материал по сбалансированному подходу к управлению авиационным шумом. AN/451. - Монреаль: ИКАО, 2008. - 2-е изд.
11. Документ ИКАО А37-WP/108. Решение проблемы воздействия авиации на окружающую среду в рамках комплексного подхода. - Монреаль: ИКАО, 2010.
12. **Babisch W., van Kamp I.** Guidelines for community noise impact assessment and mitigation. Final report, I-INCE Publication №11-1, 2011, March.
13. **Jarup L. et al.** Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study (Гипертония и воздействие шума вблизи аэропортов: исследования по программе HYENA). Environ. Health Perspect., 2008, March, v.116, №3, P. 329-333.

¹ LDEN эквивалентный уровень средневзвешенного суточного шума (Европейский показатель DEN – день, вечер, ночь. Американский вариант LDN – день-ночь)

² Quota Count system – система, используемая в Великобритании и некоторых других странах Европы для снижения шума от ВС в ночное время (например, для лондонских аэропортов с 23:30 до 06:00).

14. Doc. 9966. Руководство ИКАО «Fatigue Risk Management Systems – FRMS. Manual for Regulators». - Монреаль: ИКАО, 2011.
15. **Bagshaw M.** Hearing loss of the flight desk-origin and remedy. An investigation of unilateral hearing loss amongst professional flight crew (Тугоухость и меры защиты органов слуха членов летных экипажей воздушных судов. Исследования потери слуха у профессионально работающих лиц летного состава), 2001.
16. **Samel A. et al.** Sleep disturbances: what are adequate descriptions? (Помехи сну: каков адекватный критерий оценки воздействия?) – Istanbul: Inter-Noise 2007, № 434.
17. **ГОСТ 22283-88.** Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки и методы его измерения. - М.: Изд. стандартов, 1989.
18. **ГОСТ Р 53187-2008.** Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий. - М.: Стандартинформ, 2009.

ESTIMATION OF RISKS TO CIVIL AIRCRAFT CREWS AND POPULATION HEALTH RESULTED FROM NOISE AND EMISSIONS

Bolshunov Yu.A., Melnikov B.N., Nikolaykin N.I.

In article risks to health of population near to the airports and professional risks of aircrafts crews are estimated as a result from influence of civil aviation activity noise and emissions.

Key words: aviation, risk, noise, air pollution.

Сведения об авторах

Большунов Юрий Александрович, 1960 г.р., окончил МИИГА (1983), сотрудник ОАО «Аэрофлот», автор 15 научных работ, область научных интересов – инженерная экология, экологическая безопасность ГА, организация производства на транспорте.

Мельников Борис Николаевич, 1935 г.р., окончил ХАИ (1960), кандидат технических наук, начальник отдела охраны окружающей среды от воздействия авиации ГосНИИ ГА, автор более 200 научных работ, область научных интересов – экологическая безопасность ГА, защита окружающей среды от акустического и химического воздействия авиации.

Николайкин Николай Иванович, 1950 г.р., окончил МИХМ (1972), академик Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, доктор технических наук, доцент МГТУ ГА, профессор кафедры БП и ЖД МГТУ ГА, автор более 220 научных работ, область научных интересов – инженерная экология, экологическая безопасность ГА, организация производства на транспорте.

УДК 504.6:656; 504.6:654

К ВОПРОСУ ПЛАТЫ ПО КВОТАМ ЕВРОСОЮЗА НА ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ОТЕЧЕСТВЕННЫМИ ВОЗДУШНЫМИ СУДАМИ

Ю.В. СМЕРНОВА

Статья представлена доктором технических наук, профессором Воробьевым В.В.

В рамках снижения выбросов от воздушных судов разрабатываются методики расчёта загрязняющих веществ для формирования рынка бесплатных квот.

Ключевые слова: парниковые газы, воздушные суда, авиационные выбросы.

На протяжении уже более 15 лет Европейский Союз добивается заключения международного соглашения в рамках ООН с целью борьбы с увеличивающейся долей авиации в выбросы парниковых газов, в том числе и через Международную организацию гражданской авиации. ЕС остается приверженным цели заключения международного соглашения и поддерживает работу в рамках ИКАО. На сегодняшний день ИКАО не смогла добиться какого-либо прорыва по данному вопросу, а представленные там страны не смогли достигнуть договоренности по обязывающим глобальным целям и мерам в отношении международной авиации. Резолюция Ассамблеи 2010 года об изменениях климата стала движением вперед в том, что касается установления принципа национальных планов действий в сфере авиации и борьбы с изменениями климата, о которых необходимо сообщать ИКАО. В Резолюции также признается, что некоторые государства принимают меры по снижению авиационных выбросов до 2020 года. Страны-члены ЕС планируют предоставить свои планы действий, а ЕС разрабатывает комплексную систему мер политики, направленных на сокращение авиационных выбросов; Европейская система торговли квотами является лишь одним элементом этой системы.

Начиная с 2010 года, авиакомпании отслеживают свои выбросы, и к 31 марту 2011 года они представили свои отчеты о выбросах курирующим их странам-членам ЕС. Многие авиакомпании также подали запросы на получение бесплатных квот на выбросы по результатам их деятельности в 2010 году. Основываясь на информации, предоставленную странами-членами ЕС, Европейская комиссия подсчитала исходный показатель, в соответствии с которым будет определено, сколько бесплатных квот получают эксплуатанты воздушных судов.

В течение 3 месяцев с момента публикации исходного показателя страны-члены ЕС рассчитывают и опубликуют количество квот, выделяемых каждой авиакомпании в отдельности.

Европейский рынок квот на эмиссию углекислого газа каждый день дает сигналы для определения ежедневной цены квот для стационарных источников и кредитов в рамках механизма чистого развития. На данном этапе активно заключаются договора на продажу квот вплоть до 2015 года.

Данные о стоимости, приведенные ниже, основаны на рыночных ценах, имевшихся на момент публикации данных (табл. 1).

В ближайшие 5-6 лет, пока идет настройка системы, между компаниями, летающими в Европу, 85% квот распределяются бесплатно, остальные 15% квот необходимо покупать на европейской бирже квот. То есть если в 2010 году авиакомпания налетала в Европу 100 тысяч пассажиро-километров, то в 2012 году на весь объем перевозок (за исключением 85 тысяч пассажиро-километров) придется докупать квоты.

Таблица 1

Приблизительная рыночная стоимость бесплатных квот

Год	2012	2013	2014	2015
Бесплатные авиационные квоты (в миллионах квот)	182,6	172,5	172,5	172,5
Стоимость бесплатных квот для авиакомпаний (в миллионах евро)	2160	2180	2304	2465

Расчет идет от показателей объема выбросов углекислого газа авиацией в европейском небе в 2010 году. В перспективе объем бесплатных квот будет сокращаться. Таким способом Евросоюз стимулирует авиаперевозчиков к сокращению выбросов парниковых газов (табл. 2).

Таблица 2

Прогнозируемые изменения в авиационных выбросах

Год	2012	2013	2014	2015
Увеличение авиационных выбросов выше уровня 2004-2006 гг.	+9%	+11%	+14%	+16%
Увеличение авиационных выбросов, превышающее общее количество бесплатных квот (в миллионах тонн CO ₂)	+60,1	+75,6	+81,1	+86,6

Метод распределения квот, предложенный европейскими чиновниками, достаточно простой. Все авиакомпании, которые претендуют на бесплатные сертификаты, должны предоставлять отчетность двух видов. Первая включает сведения о перевозках в тонно-километрах, вторая - о выбросах углекислого газа. На основании первого отчета будут распределяться бесплатные сертификаты: объемные показатели по перевозкам одной авиакомпании будут разделены на объемные показатели перевозок всех авиакомпаний, подавших сведения, на основании чего будет определена доля этого перевозчика в общем количестве сертификатов. Соответственно та авиакомпания, которая перевозит больше пассажиров и грузов на большую дистанцию, сможет претендовать на большее число бесплатных сертификатов. Второй отчет потребует для определения количества выбросов и "расходования" предоставленных и приобретенных дополнительно квот. Известно, что при сжигании одной тонны авиакеросина выделяется 3,15 тонн углекислого газа. Таким образом, учитывая затраты топлива на каждый полет в / из / внутри Европы, можно получить и объем выбросов.

Методики для расчета указанных данных также уже разработаны и доведены до авиакомпаний. Так для расчета тонно-километров расстояние между аэродромами берется на основании сведений, получаемых из аэронавигационного органа (Евроконтроль): к ортодромической дистанции добавляется фиксированная величина 95 километров. Данные о величине коммерческой нагрузки берутся либо из результатов реального взвешивания (в случае с грузоперевозками - из авиагрузовой накладной), либо из расчета 100 кг на одного пассажира и его багаж.

Расплатиться за квоты по перелетам, совершенным в 2012 году, нужно будет до 1 апреля 2013 года, каждая авиакомпания перечисляет деньги определенной стране Евросоюза. В результате авиабилеты могут подорожать на 5-40 евро каждый.

Согласно европейскому законодательству, полеты без разрешений на выброс эмиссий будут наказываться штрафами в размере 100 евро за тонну, а в случае систематического нарушения требований - запретом на осуществление полетов.

Российские авиакомпании смотрят на действия американских перевозчиков, которые уже ввели дополнительный сбор в размере 3 доллара на полеты в Европу. Но пока российские перевозчики о повышении тарифов не объявляли.

В настоящее время Россия уклоняется от принятия решения касательно включения в европейскую систему ETS. Евросоюз предоставил России несколько отсрочек.

Российские власти неоднократно заявляли о своей готовности законодательно запретить своим авиакомпаниям платить за квоты Евросоюзу.

Законодательно запретить платить за квоты можно, но компании не смогут не платить и летать над Европой, это значит, что они будут вынуждены платить, но не смогут списать эти расходы на себестоимость и будут вынуждены платить из прибыли.

Если российские авиакомпании все-таки будут платить Евросоюзу за выбросы парниковых газов, расходы на оплату квот будут закладываться в стоимость авиабилета и практически никак не отразятся на финансовом положении компании, но автоматически будут перекладываться на пассажиров. При этом, как отмечают эксперты авиаотрасли, билеты могут подорожать в диапазоне от 5 до 40 евро.

По отношению к другим странам Россия имеет явные преимущества, российские авиакомпании ежегодно стараются обновить свой парк воздушных судов, приобретая более экономичные и современные самолеты, что уже позволяет сокращать выбросы углекислого газа.

Кроме того, по данным нескольких источников, существует информация, что 99% отечественных авиакомпаний уже предоставили европейцам статистические данные по своим выбросам за 2011 г. и о плановых выбросах на 2012 г., а также объемам перевозок. Эксперты авиационной отрасли практически в унисон утверждают, что российские авиакомпании готовы к включению в систему платы за выбросы парниковых газов¹.

По оценкам Международной ассоциации воздушного транспорта IATA, дополнительные расходы авиакомпаний, вызванные введением европейской системы, составят 900 млн. евро в 2012 г.

По прогнозам экспертов, отечественные авиаперевозчики только в 2012 г. заплатят Европе за квоты 25-30 млн. долл., из которых приблизительно 80% придется на "Аэрофлот", который летает в Европу существенно больше других авиакомпаний, и если в настоящее время оплата квот не представляет серьезной угрозы для пассажиров и авиакомпаний, то в дальнейшем эти суммы будут только увеличиваться за счет сокращения бесплатных квот и увеличения объемов перевозок.

TO THE PAYMENT QUESTION ON QUOTAS OF THE EUROPEAN UNION OF EMISSIONS OF HOTBED GASES BY DOMESTIC AIRCRAFTS

Smirnova Y.V.

Within decrease in emissions from aircrafts design procedures of polluting substances are developed for formation of the market of free quotas.

Key words: greenhouse gases, aircraft, aviation emissions.

Сведения об авторе

Смирнова Юлия Владимировна, окончила МГТУ ГА (2003), кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности полётов и жизнедеятельности МГТУ ГА, автор более 40 научных работ, область научных интересов - экологическая оценка уровня негативного воздействия воздушных судов и наземных объектов на окружающую среду.

¹ [Электронный ресурс]. - URL: <http://top.rbc.ru/economics/28/05/2012/652316.shtml>.

УДК 629.735.083.071.06

АНАЛИЗ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО МЕТОДА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ К ДИАГНОСТИКЕ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Д.С. БОЛЬШОВ, Б.В. ЗУБКОВ

Рассматривается нарушение работоспособности узлов трения, изнашивание агрегатов систем, сцинтилляционный метод диагностики авиационных двигателей, спектральный анализ проб масла, оценка технического состояния авиационного двигателя.

Ключевые слова: частицы износа, сцинтилляционный метод, авиационный двигатель.

Введение

В настоящее время для оценки летной годности (ЛГ) авиационных двигателей (АД) значительно развиваются методы оперативной диагностики, основанные на различных физических принципах, позволяющие контролировать параметры узлов, компонентов и агрегатов. На современном этапе требуется обобщенная оценка состояния технических систем для определения диагностической информации. Из-за высоких требований к точности распознавания объекта и получения информации возникает необходимость внедрения новых методов диагностики АД.

1. Анализ узлов трения по накоплению продуктов износа в масле

Опыт эксплуатации показывает, что часть отказов авиадвигателей связана с нарушением работы узлов трения из-за недопустимых износов. Процесс разрушения изнашиваемых элементов начинается, как правило, с разрушения поверхностного слоя материала под действием высоких контактных напряжений, что проявляется в виде отрывов частиц материала. При этом продукты износа уносятся маслом, циркулирующим в двигателе, а их наличие и концентрация могут служить сигналом возникновения неисправности.

Периодические осмотры маслофильтров при ТО не всегда эффективны, так как 98% частиц имеют размер менее 5 мкм, а ячейки фильтрующих элементов – 7,0–14,0 мкм. Количество продуктов износа, поступающих в масло, зависит от скорости изнашивания, которая, в свою очередь, связана со степенью повреждаемости элемента. На этапе окислительного изнашивания, которое всегда имеет место при нормальной эксплуатации эти скорости невелики, в то время как при нарушении условий работы скорость изнашивания резко увеличивается. Каждому виду износа соответствует определенный вид и состав продуктов. В зависимости от физического состояния трущихся деталей и характера их взаимодействия в различных узлах трения авиадвигателя возможны следующие виды износа:

- усталостный при трении скольжения с образованием обычных мелких частичек прямоугольной формы;
- усталостный при трении качения с образованием тонких частичек в виде шариков;
- адгезионный с образованием частиц в виде прямоугольников;
- коррозионный с образованием пластин, измельченных до тончайшей пыли;
- абразивный с образованием частиц размером 1...15 мкм.

По химическим компонентам продуктов износа идентифицируют следующие элементы авиационного двигателя, омываемые маслом:

- по железу (тела качения, шестерни, рессоры, детали уплотнения и др.);
- по меди (подпятники, маслоуплотнительные кольца, бронзовые и латунные сепараторы подшипников);
- по серебру (посеребренные сепараторы подшипников).

В качестве критерия при установлении технического состояния двигателя используется скорость изменения концентрации продуктов износа в смазывающем масле. Это значение получают в результате анализа проб масла, взятых из нижней точки маслосистемы двигателя через определенные промежутки времени (обычно через 50 часов). Что касается концентрации продуктов износа, то у исправных двигателей это значение для железа редко превышает 3,0 грамма на тонну масла (г/т). Обычно основанием для постановки двигателя на особый контроль служат концентрации 6,0...8,0 г/т. Для элементов Cu, Al, Cr, Ni предельная концентрация составляет от 2,0 до 4,0 г/т. Предлагается сцинтилляционный метод диагностики авиационных двигателей для определения концентрации продуктов износа с помощью спектрального анализа проб масла.

2. Анализ сцинтилляционного метода как метода диагностики авиационных двигателей

Для повышения качества диагностики авиационных двигателей, повышения достоверности информации и качества диагноза рассмотрим сцинтилляционный метод диагностики АД. Изучение понятия сцинтилляции позволит расширенно представить этот метод. Сцинтилляция (от латинского *scintillation* - мерцание) - кратковременная световая вспышка (вспышка люминесценции), возникающая в сцинтилляторах под действием ионизирующих излучений [1]. Впервые этот эффект визуально наблюдал У. Крукс (1903) при облучении α -частицами экрана из ZnS. Атомы или молекулы сцинтиллятора за счет энергии заряженных частиц переходят в возбужденное состояние; последующий переход из возбужденного в нормальное состояние сопровождается испусканием света - С. Механизм С, её спектр излучения и длительность высвечивания зависят от природы люминесцирующего вещества. Яркость С зависит от природы заряженных частиц и от энергии частицы, передаваемой при её пробеге в веществе (например, С α -частиц и протонов значительно ярче С β -частиц). Каждая С – результат действия одной частицы; это обстоятельство используют в сцинтилляционных счетчиках для регистрации элементарных частиц. Сцинтилляционный метод основан на спектральном анализе проб жидкостей. Спектральный анализ – совокупность методов качественного и количественного определения состава объекта, основанная на излучении спектров взаимодействия материи с излучением, включая спектры электромагнитного излучения, акустических волн, распределения по массам и энергиям элементарных частиц и др. В зависимости от целей анализа и типов спектров выделяют несколько методов спектрального анализа. Атомный и молекулярный спектральный анализы позволяют определять элементарный и молекулярный состав вещества соответственно. В эмиссионном и абсорбционном методах состав определяется по спектрам испускания и поглощения. Масс-спектральный анализ осуществляется по спектрам масс атомарных или молекулярных ионов и позволяет определять изотопный состав объекта. Сцинтилляционный метод диагностики авиационных двигателей - это метод, основанный на спектральном анализе жидкостей систем авиационных двигателей, в результате которого можно получить качественную, точную и достоверную информацию о наличии посторонних частиц в жидкостях.

3. Оценка технического состояния авиационных двигателей по результатам спектрального анализа проб масла

Для оценки технического состояния сцинтилляционным методом авиационных двигателей требуется проведение эксперимента - спектральный анализ проб масла. На основе данного эксперимента можно говорить о применимости данного метода к диагностике авиационных двигателей. В г. Иркутске был разработан анализатор масла сцинтилляционный САМ - ДТ - 01 (атомно-эмиссионный плазменный сцинтилляционный спектрометр), который дает возможность сделать оценку технического состояния авиадвигателей ВС, функциональных систем по

результатам анализа проб масла и спецжидкостей. САМ-ДТ работает в диапазоне изменения размеров частиц от единиц мкм до 80 – 100 мкм. Также на базе Иркутского университета гражданской авиации были выполнены исследования по спектральному анализу проб масла на двигателях ПС-90Ф и Д-30КУ/КП и сделана методика по выполнению данной работы, в результате которой произведен сцинтилляционный анализ частиц износа в пробе масла. В качестве примера рассмотрим двигатель ПС-90А. Нарботка ресурса с начала эксплуатации (СНЭ): 4664 часов, наработка после последнего ремонта (ППР): 1640 часов, продукт отбора пробы: мт319а и смыв, точка отбора пробы: КП и МФРАЛЛ. Результаты эксперимента сведем в табл. 1-4.

Таблица 1

Параметры частиц износа (продукт отбора пробы: мт319а, точка отбора пробы: КП)

Элемент	N, см ³	Nпр, см ³	Ср, г/т	Сч, г/т	С, г/т	D, мкм
Al	0		0	0	0	0
Cr	0		0	0	0	0
Ni	0,5	0,5	0	0	0	0,23
Mg	8,5	8	0	0,01	0,01	8,81
Fe	6,5	6	0	0,02	0,02	9,7
Cu	2,5	2,5	0	0	0	2,47
Ag	0,5	0,5	0,05	0	0,05	2
V	0		0	0	0	0

Таблица 2

Состав и количество сложных частиц (продукт отбора пробы: мт319а, точка отбора пробы: КП)

Состав сложных частиц	Количество
Сложных частиц нет	Сложных частиц нет

Таблица 3

Параметры частиц износа (продукт отбора пробы: МФРАЛЛ, точка отбора пробы: смыв)

Элемент	N, см ³	R0	Nпр, см ³	Rпр.	D, мкм	V элем.
Al	21,50	8,90	16,00	6,62	32,84	0,34
Cr	20,50	8,48	2,00	0,83	23,38	9,25
Ni	9,50	3,93	3,00	1,24	6,47	2,17
Mg	1674,50	692,94	1629,00	674,12	14,98	0,03
Fe	527,50	218,29	467,50	193,46	11,30	0,13
Cu	135,50	56,07	130,50	54,00	3,45	0,04
Ag	26,50	10,97	23,00	9,52	5,51	0,15
V	1,00	0,41	0,50	0,21	0,00	1,00

Таблица 4

Состав и количество сложных частиц
(продукт отбора пробы: МФРАЛЛ, точка отбора пробы: смыв)

Состав сложных частиц	Количество	Рейтинг
Mg- Fe-	37	15,31
Cr- Fe-	11	4,55
Al- Mg-	3,5	1,45
Cr- Ni- Fe-	3,5	1,45
Mg- Cu-	2	0,83
Cr- Mg- Fe	1,5	0,62
Fe- Ag -	1,5	0,62
Al- Cr- Fe-	1	0,41
Cu- Ag-	1	0,41
Fe- Cu-	1	0,41
Ni- Fe-	1	0,41
Ag- V-	0,5	0,21
Al- Cr- Ni- Fe-	0,5	0,21
Al- Cr- Ni- Mg- Fe- Cu-	0,5	0,21
Cr- Ni-	0,5	0,21
Mg- Fe- Ag-	0,5	0,21
Ni- Fe- Cu-	0,5	0,21

Сравнение параметров износных частиц в пробах масла с КП двигателя со статистической моделью исправного двигателя показывает, что превышений не наблюдается.

В смыве с маслофильтра РАЛЛ наблюдается высокий уровень рейтинга частиц магния.

Соотношение рейтингов железа и меди указывает на повышенное количество частиц износа в пробе масла, и в то же время высокий уровень рейтинга частиц магния в пробе смыва указывает на отсутствие источника частиц в коробке приводов на момент взятия пробы масла.

Возможно наблюдался разовый выброс частиц в маслосистему двигателя, которые затем осели на фильтроэлементах. При этом, обнаружение магния идентифицируется как повышенный износ сплава МЛ - 5 (корпус маслоагрегатов).

Поскольку ни в смыве, ни в масле не наблюдаются превышения параметров частиц легирующих элементов, в том числе ванадия, техническое состояние трансмиссионной части двигателя в пределах нормы.

Выводы: возможно развитие дефекта в ЦП (дефект в ЦП, шестерня КВД после смещения вперед задевала о корпус ЦП, изготовленного из сплава МЛ-5).

Аналогичные исследования были проведены на рабочей жидкости гидросистем ВС, которые показали возможности сцинтилляционного диагностирования гидросистем. Поэтому можно сделать вывод, что предложенный метод может использоваться практически для всех жидкостно-газовых систем ВС.

В настоящее время имеются техсправки о результатах исследований двигателей, на которых имели место отказы, связанные с работой узлов, омываемых маслом по результатам сцинтилляционного анализа. Количество двигателей, имевших внешние признаки проявления дефектов маслосистемы - 89. В 76 случаях источник дефекта был определен по результатам сцинтилляционных измерений с точностью до узла (функциональной системы) и подтвержден при исследованиях. Шесть двигателей не исследованы или не доставлены на предприятие. На семи двигателях был неверно определен источник образования стружки и повышенного содержания железа и меди в масле.

Исследования показывают применимость сцинтилляционного метода к диагностике авиационных двигателей, как наиболее точного и качественного метода диагностики авиационных газотурбинных и турбовентиляторных двигателей [2]. Метод сцинтилляции применим как к российским авиадвигателям, так и к двигателям иностранного производства, если будет одобрение данного метода Европейскими авиационными властями.

Заключение

Разработанная технология сцинтилляционного диагностирования обеспечивает как оценку технического состояния узлов в двигателе в целом, так и локализацию повреждаемых узлов. Исследования сцинтилляционным методом авиационных двигателей показывают, насколько точно можно определить наличие посторонних частиц в масле, применимость данного метода к диагностике газотурбинных и турбовентиляторных двигателей. Сцинтилляционный метод позволяет значительно повысить достоверность и качество диагноза за счет увеличения объема диагностической информации и снижения влияния видов повреждения на правильность принятия диагностического решения, повысить безопасность эксплуатации газотурбинных и турбовентиляторных двигателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большая советская энциклопедия. - М.: Советская энциклопедия, 1969 - 1978.
2. **Машошин О.Ф.** Диагностика авиационной техники (информационная основа): учеб. пособие. - М.: МГТУ ГА, 2007.

ANALYSIS SCINTILLATION OF THE METHOD AND ITS APPLICATION TO DIAGNOSTICS OF AVIATION ENGINES

Bolshov D.S., Zubkov B.V.

Infringement is considered of working capacity of knots of a friction, wear process of units of systems, scintillation a method of diagnostics of aviation engines, the spectral analysis of tests of oil, the an estimation of a technical condition of the aviation engine is considered.

Key words: deterioration particles, scintillation a method, the aviation engine.

Сведения об авторах

Большов Денис Сергеевич, 1987 г.р., окончил МГТУ ГА (2009), аспирант МГТУ ГА, область научных интересов – управление, безопасность полетов, летная годность ВС.

Зубков Борис Васильевич, 1940 г.р., окончил КИИГА (1966), действительный член Академии наук авиации и воздухоплавания, доктор технических наук, профессор кафедры безопасности полётов и жизнедеятельности МГТУ ГА, автор более 140 научных работ, область научных интересов - вопросы обеспечения безопасности полётов и жизнедеятельности, авиационной безопасности.

УДК 656.7.01.078.13; 658.012.2.656.7

МЯГКИЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ РЕСУРСОВ ПИЛОТА ДЛЯ РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТЕЙ АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Н.И. ПЛОТНИКОВ

Статья представлена доктором технических наук, профессором Зубковым Б.В.

Представлен подход преодоления нечеткости наблюдаемых статистических данных свойств человека методом мягкого оценивания величин для расчета вероятностей рисков авиационных происшествий в зависимости от опыта и возраста пилота. Метод направлен на установление числовой природы ранее не формализуемых свойств человека с целью управления ресурсами надежности пилота.

Ключевые слова: мягкие вычисления, ресурсы пилота, авиационные происшествия, возраст.

1. Введение

Ресурсы надежности пилота наблюдаются в состояниях заданных (номинальных) интервалов значений, соответствующих назначению пилота. Критическим состоянием (КС) называем качественные изменения (изломы, кризисы) ресурсов пилота, когда надежность меняется от номинальных значений величин к граничным (фронтальным, маргинальным) состояниям ресурсов - с соответствующими рисками АП. Точки перехода определяются как пороги ресурсов надежности, устанавливаемые путем статистических исследований и анализов, выводимых из практики летной эксплуатации. В настоящей работе представлен подход преодоления нечеткости наблюдаемых статистических данных свойств человека методом мягкого оценивания величин для расчета вероятностей рисков авиационных происшествий в зависимости от опыта и возраста пилота. Метод направлен на установление числовой природы ранее не формализуемых свойств человека с целью управления ресурсами надежности пилота.

1.1. Проблема установления критических состояний ресурсов пилота

Существует проблема установления КС ресурсов надежности пилота, связанная с нечисловой природой свойств человека. Проблема приписывания чисел (количественного измерения и оценивания) свойствам человека имеет две стороны: а) ограниченность статистики: статистические исследования нередко не дают возможности для измерения показателей ресурсов пилота из-за низкой частотности данных; б) неоднородность свойств, которые обладают различной четкостью и могут измеряться или оцениваться в различных шкалах. Например, показатели ресурсов операционной надежности могут измеряться исчислением налета часов, количеством полетов в заданных интервалах времени. Психологические или социальные показатели ресурсов индивидуальной надежности при отсутствии соответствующих методик измерения могут оцениваться в шкалах наименований или порядка. В статистических анализах установленные зависимости рисков авиационных происшествий (АП) от возраста и опыта пилота в минимальных и максимальных числовых значениях значительно различаются. Если некоторым показателям приписываются числовые значения, установить интервалы показателей, их пороговые значения можно экспертным оцениванием.

1.2. Постановка задачи

Для разрешения проблемы переменные АП и числовые значения налета часов реструктурируются для оценивания и выработки принципов и правил расчета порогов и интервалов КС надежности пилота. В соответствии с принципами интервалы значений оцениваются в шкалах трехуровневой матрицы приемлемого риска АП «светофорной» модели «зеленый-желтый-красный» (1-2-3). Нечеткость статистических данных преодолевается процедурами оценивания, которые называют мягким вычислением (МВ) величин объектов нечисловой природы.

2. Обоснование показателей налета часов

2.1. Сводный анализ данных налета часов

В качестве исходного материала использованы статистические наблюдения зависимости надежности профессионального опыта пилотов и анализ причин 2696 авиационных происшествий (АП), в которые были вовлечены более 3000 пилотов. Данные статистические выборки, по известной литературе, являются наиболее значительными в мировой гражданской авиации [4]. Выполнен анализ зависимости надежности общего налета и налета на последнем типе воздушного судна, на котором произошло АП. Исходные данные обладают общей характеристикой подобных анализов – частотной статистической мощностью, недостаточной для непосредственного установления порогов качественных изменений ресурсов пилота. Характер экстремумов изменений исходных данных является основанием для разбиения данных на порядок: 50-100-500-1000-5000-10000->10000 (табл. 1).

Таблица 1

АП от общего налета и от налета на типе ВС

АП/налет часов		Налет на типе ВС							Итого:
		50	100	500	1000	5000	10000	>10000	
Общий налет	50	289	168	146	69	67	12	5	756
	100	281	152	129	52	17	6		637
	500	258	117	84	32	13			504
	1000	210	110	62	20				402
	5000	154	42	38					234
	10000	87	21	8					116
	>10000	47							47
Всего:		1326	610	467	173	97	18	5	2696

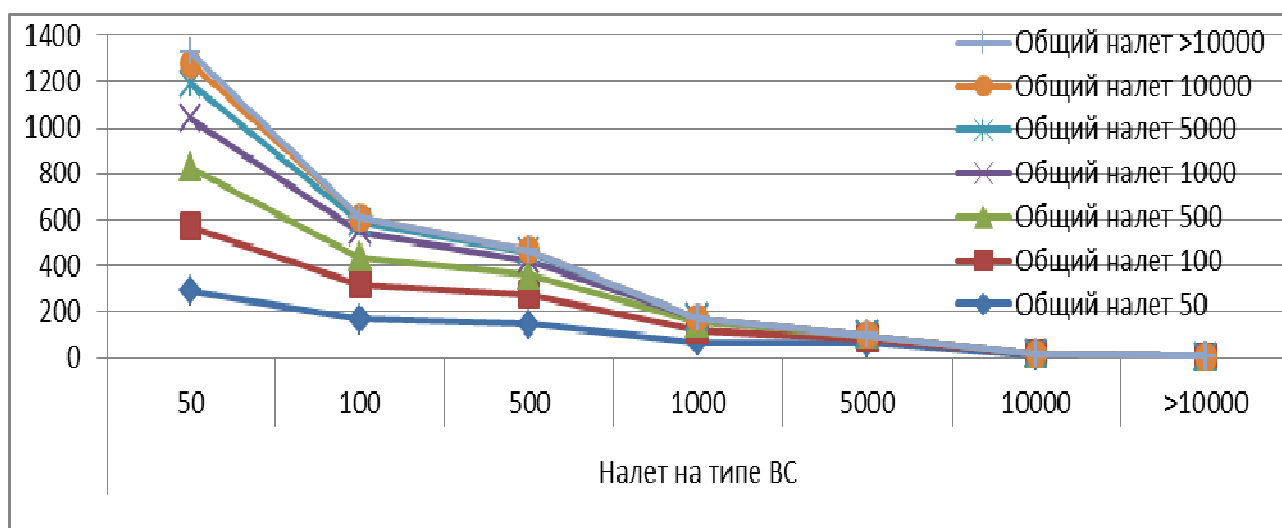


Рис. 1. Зависимость АП от общего налета часов и налета на типе ВС

По данным табл. 1 выстраиваем общий график данных (рис. 1). График показывает качественные изменения ресурсов надежности пилота интервалов общего налета и налета на типе ВС и соответствующих рисков АП. Дальнейшей задачей является вывод числовых значений вероятности АП в соответствии с матрицей риска.

2.2. Расчетные отношения

Для более точного установления качественных изменений ресурсов пилота выполним реструктурирование данных в виде расчета отношений показателей отдельно для общего налета и для налета на типе ВС, взятые из табл. 1. Сформируем два вида отношений статистических рядов данных. Введем аббревиатуры: общий налет часов total flying hours - (tfh) и налет на типе ВС aircraft flying hours - (afh). Для каждого статистического ряда $\{1, 2, \dots, I, \dots, n\} = 50, 100, 500, 1000, 10000, > 10000$ рассчитываются отношения числа АП для данного значения налета часов к каждому следующему значению ряда: $m = A(i) / (A(i)+1)$; q - отношение числа авиационных происшествий $A(i)$ для каждого значения ряда к числу $A(i)$, соответствующих $A(n) = A(>10000)$.

2.3. Расчетные показатели для общего налета

Формируется таблица и расчётные показатели для общего налета часов (табл. 2). Данные таблицы и графики составляют показатели отношений. Показатель $m(tfh) = A(i) / (A(i)+1)$ выявляет среднее значение кратности снижения АП для каждого значения ряда в 1,7 раза. Наиболее очевидными показателями являются кратности для налета 5000, 10000 и >10000 часов (рис. 2). Показатель отношения $q(tfh) = A(i) / A(n)$ показывает, что максимальный показатель кратности для пилота с налетом >10000 часов по отношению к пилоту с налетом 50 часов достигает 16 раз (рис. 3). Данное обстоятельство принимается основанием для установления нижней и верхней границы значений ресурсов пилота и критических состояний примерно в один порядок значений величин.

Таблица 2

Расчетные показатели для общего налета часов

Расчетные показатели	Общий налет						
$tfh = \{1, 2, \dots, I, \dots, n\}$	50	100	500	1000	5000	10000	>10000
$m(tfh) = A(i) / (A(i)+1)$		1,2	1,3	1,3	1,7	2,0	2,5
$q(tfh) = A(i) / A(n)$	16	13,6	10,7	8,6	5,0	2,5	1
$A(i)tfh$	756	637	504	402	234	116	47

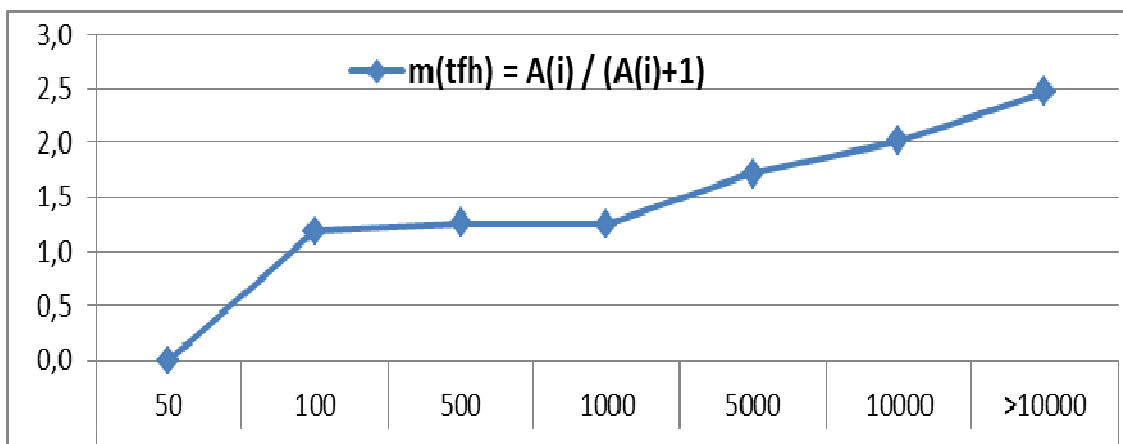


Рис. 2

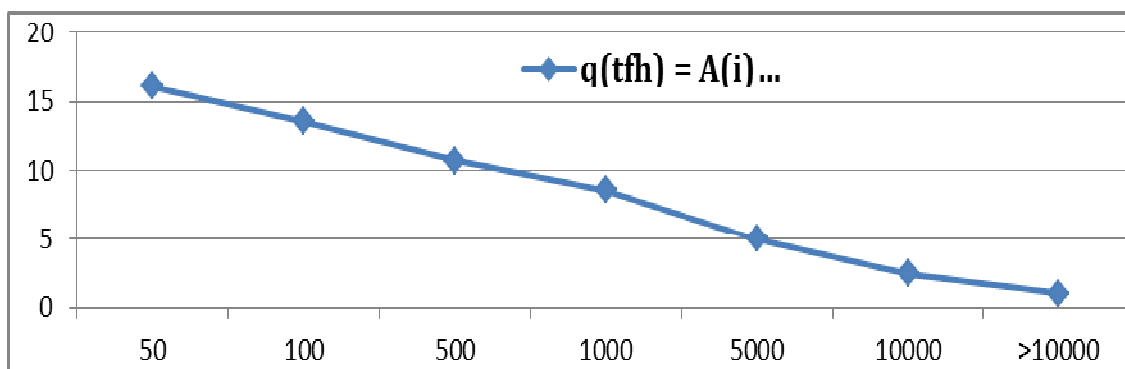


Рис. 3

2.4. Расчетные показатели для налета на типе ВС

Аналогично осуществляется расчет показателей для налета на типе ВС (табл. 3), (рис. 4). Показатель $m(afh) = A(i) / (A(i)+1)$ выявляет среднее значение кратности снижения АП для каждого значения ряда. Показатель отношения $q(afh) = A(i) / A(n)$ показывает, что максимальный показатель кратности для пилота с налетом >10000 часов по отношению к пилоту с налетом 50 часов достигает более двух порядков (рис. 5). График (рис. 5) имеет два относительно четких излома значений 100 и 1000 часов налета.

Таблица 3

Расчётные показатели для налета на типе ВС

Расчетные показатели	Налет на типе ВС						
$afh = \{1, 2, \dots, I, \dots, n\}$	50	100	500	1000	5000	10000	>10000
$m(afh) = A(i) / (A(i)+1)$		2,2	1,3	2,7	1,8	5,4	3,6
$q(afh) = A(i) / A(n)$	265,2	122	93,4	34,6	19,4	3,6	1
$A(i)afh$	1326	610	467	173	97	18	5

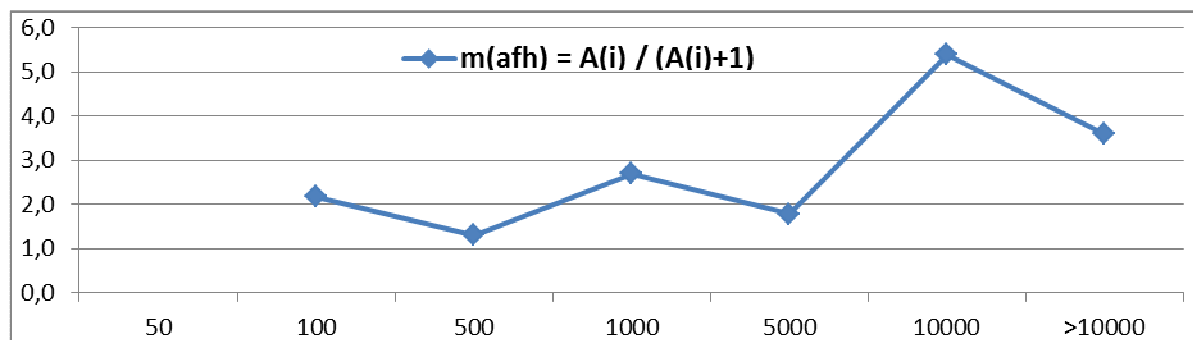


Рис. 4

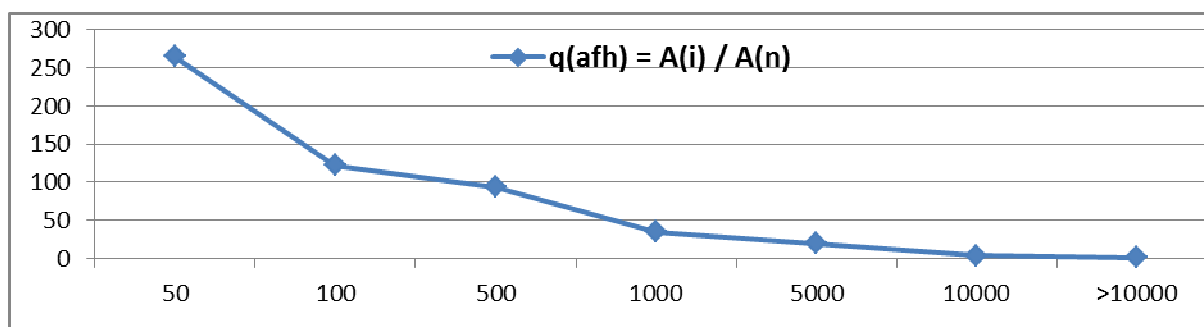


Рис. 5

3. Принцип экспертного оценивания порогов и интервалов показателей

Исследуемый статистический анализ выводится на общем пространстве данных налета часов (50 - >10000). Значения статистического ряда показателей 50, 1000, 10000, >10000 называем порогами надежности величин ресурсов пилота по налету часов. Соседние значения величин называем интервалами надежности. На данном пространстве изменение качества ресурсов пилота оценивается в два порядка величин АП и налета часов. В интервале от 50 до 1000 часов налета надежность увеличивается на один порядок. При общем налете от 1000 до 10000 часов также надежность пилота увеличивается на один порядок. Один порядок изменений значений показателей принимается как общий принцип экспертного оценивания порогов и интервалов надежности пилота и рисков АП. Полагаем, что данный принцип может дополняться правилами для отдельных показателей.

3.1. Установление вероятности приемлемых рисков АП

Пространство данных (50 - >10000) является областью приемлемых рисков АП эксплуатационной деятельности авиакомпаний. Интервал от 50 до 1000 часов налета составляет наибольшие значения рисков АП. В интервале (10000 - >10000) наступает стабилизация навыков пилота без дальнейших значительных изменений ресурсов. Интервал от 1000 до 10000 часов составляет основное пространство эксплуатационной деятельности. Это обстоятельство принимается основанием для экспертного оценивания интервала 1000-10000 часов, как соответствующего значениям средней вероятности мировой статистики АП. В литературе по безопасности полетов цитируется показатель в шкалах интервалов вероятностей для всех причин мировой статистики АП на один миллион полетов. Доля причин, относимая на пилота, указывается 70-80 процентов. Вероятности АП установлены в интервале $10^{-5} \geq P > 10^{-6}$, соответствующем ситуациям на один час налета для воздушного судна (ВС) или для функциональной системы (ФС). Таким образом, все пространство эксплуатационной деятельности – летной эксплуатации по показателям налета часов (50 - >10000) - соответствует диапазону вероятности приемлемых рисков АП $10^{-5} \geq P > 10^{-6}$. Множества всех значений в данном интервале являются основным пространством летной эксплуатации и деятельности авиакомпании на конкурентном рынке. Величина предельного порога допустимой приемлемой надежности принимается равной $P = 10^{-5}$.

3.2. Определение интервалов вероятностей АП

В соответствии с принципом экспертного оценивания на один порядок определяем интервалы вероятности приемлемых рисков АП. Пространство показателей (50 - >10000) структурируется в диапазоне АП $10^{-5} \geq P > 10^{-6}$. Для определения более точных опорных значений вероятности, которые согласуются со светофорной моделью матриц риска, используем данные вывода различных функций зависимости возраста и АП. Для вывода опорных значений вероятности интервала $10^{-5} \geq P > 10^{-6}$ составляется таблица для полиномиальной функции с расчетом вероятности АП на 1000 пилотов по исходным данным при количестве полетов 3800, соответствующих опыту 10 лет. Количество АП на 3800 полетов = $\text{LOG}_{10}(A(i)/38000000)$. Пространство значений полиномиальной функции $y = 0,5568x^2 - 8,0644x + 33,3167$; $R^2 = 0,8029$ и соответствующих вероятностей АП структурируется на четыре интервала значений показателя возраста пилота, соответствующих трехуровневой светофорной модели: (3 – красный, $10^{-5,2} > P > 10^{-5,4}$), (2 – желтый, $10^{-5,6} > P > 10^{-5,8}$), (1 – зеленый, $10^{-5,9} > P > 10^{-6,0}$). Для уровня 2 – желтый установлено два диапазона интервала (табл. 4), (рис. 6).

Таблица 4

АП / возраст пилота

Возраст, годы	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Порядковый номер интервала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АП	32	15	10	8	6	7	8	7	6	5
Полиномиальная	25,8	19,4	14,1	10,0	6,9	5,0	4,1	4,4	5,8	8,4
$P \cdot 10^{-n}$	-5,2	-5,3	-5,4	-5,6	-5,7	-5,9	-6,0	-5,9	-5,8	-5,7
	Красный			Желтый		Зеленый			Желтый	

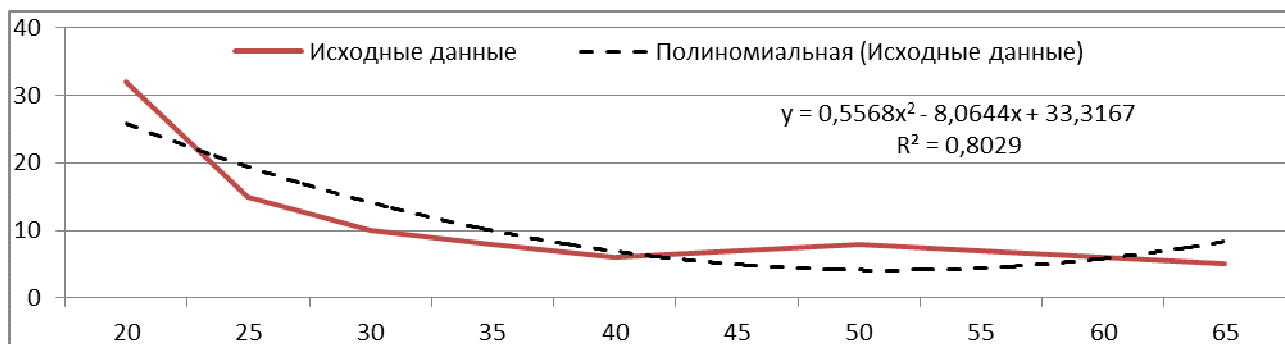


Рис. 6

4. Ключевые ранги ресурсов профессионального опыта пилота

На основании статистического анализа и эмпирических данных в настоящей работе составляются показатели, которые называем *ключевыми рангами (рубежами) опыта* (КРО)¹ профессиональной надежности пилота по налету часов (табл. 5).

Таблица 5

Ключевые ранги ресурсов профессиональной надежности пилота

Ранг	Налет часов	Описание	Уровни в матрицах риска			
			АП: $P \cdot 10^{-n}$	1-2-3	приемлемый риск	«светофор»
1	2	3	4	5	6	7
1	10	Навык первоначальной подготовки	$10^{-5} > P > 10^{-5,4}$	3	Высокий	Красный
2	50	Опыт навыков завершения первоначальной подготовки				
3	100	Опыт закрепленных навыков профессиональной практики				
4	500	Опыт развитых навыков профессиональной практики				
5	1000	Опыт устойчивых навыков профессиональной практики	$10^{-5,4} > P > 10^{-5,8}$	2	Средний	Желтый
6	5000	Опыт надежных навыков профессиональной практики				
7	10000	Опыт профессиональной надежности	$10^{-5,8} > P > 10^{-6}$	1	Низкий	Зеленый

¹ В [2; 3] – опорные фрагменты деятельности (ОФД)

Данная структура количественного исчисления в шкале порядка (рангов) налета часов имеет семь рубежей опыта пилота. Соединение соседних рангов может составлять интервалы профессионального опыта. Количество часов налета является мерой профессионального опыта самостоятельных полетов пилота в роли капитана воздушного судна (КВС) и налета для подготовки второго пилота к роли КВС. Все представленные КРО находятся в пространстве приемлемого уровня трехмерной матрицы риска: (высокий, средний, низкий), уровня 1-2-3, «светофорной» модели «красный-желтый-зеленый». Ранги 1-4 составляют становление профессионального опыта пилота, ранги 4-5 являются основным опытом профессиональной практики, ранг 7 является опытом наибольших ресурсов профессиональной надежности.

Ранг 1. 10 часов. Опыт навыков готовности к первому самостоятельному полету первоначальной подготовки. Первоначальная подготовка пилота – «вывозная программа» имеет продолжительность 7-10 часов. Аналогичный налет составляет при переподготовке пилота на новый тип ВС.

Ранг 2. 50 часов. Опыт навыков завершения первоначальной подготовки.

Ранг 3. 100 часов. Опыт закрепленных навыков профессиональной практики. Интервал налета 50-100 часов практикуется при подготовке вторых пилотов для ввода в должность КВС в полетах с инструктором.

Ранг 4. 500 часов. Опыт развитых навыков профессиональной практики. Налет допусков ко всем видам перевозок.

Ранг 5. 1000 часов. Опыт устойчивых навыков профессиональной практики. Рубеж характерен значительным качественным повышением ресурсов надежности пилота.

Ранг 6. 5000 часов. Опыт надежных навыков профессиональной практики. Кратное повышение ресурсов надежности пилота.

Ранг 7. 10000 часов. Опыт профессиональной надежности. Рубеж максимального уровня ресурсов надежности пилота.

Разработка ранговых структур профессиональной надежности может быть осуществлена по другим показателям: налет на типе ВС, стаж работы на данном типе, стаж полетов в роли КВС. В экспертных опросах установлено, что при стаже полетов на одном типе ВС 10 лет и более достигается рубеж максимального уровня ресурсов надежности пилота. Следовательно, возможны другие режимы текущей профессиональной подготовки - тренировок и проверок. Данный вывод не может быть получен статистическим путем. Будучи выводом эмпирическим, это является полноценным научным основанием для принятия решений.

5. Заключение

Для управления летной эксплуатацией основным показателем или базой наблюдения являются натуральные показатели производственной деятельности, такие как общий налет часов пилота и налет на типе ВС. Необходимо установление связи переменных показателей производственной с вероятностями рисков АП. Статистические исследования и анализы содержат кусочно-заданные функции низкой частотности, данные которых могут уточняться. Это так называемый метод мягких вычислений. Результатом являются достигаемая приемлемая непрерывность числового ряда, которая может разбиваться на интервалы, соответствующие уровням матриц управления риском АП по безопасности полетов. Получены числовые значения рисков вероятностей АП в интервалах трехуровневой матрицы риска светофорной модели 1-2-3 «зеленый-желтый-красный». Важным выводом настоящей работы является утверждение интервала 2 «желтый» как основного пространства эксплуатационной деятельности – компромисс экономической целесообразности и безопасности полетов. Впервые сформированы количественные ранги (рубежи) профессионального опыта пилота по налету часов. Практическим значением выполненной работы являются новые возможности разработки стандартов управления производственными рисками воздушных перевозок, технологий и инструментов принятия решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Плотников Н.И.** Основания профессиональной надежности опыта пилота // Проблемы безопасности полетов. Научно-технический журнал. - 2011. - Вып. 1. - С 4-13.
2. **Коваленко Г.В., Крыжановский Г.А., Сухих Н.Н., Хорошавский Ю.Н.** Совершенствование профессиональной подготовки летного и диспетчерского состава. - М., 1996.
3. **Коваленко Г.В., Микинелов А.Л., Чепига В. Е.** Летная эксплуатация. - М.: Машиностроение, 2007.
4. **Aarons R.N.** Safety statistics for prudent pilot // Business and Commercial Aviation. - 1987. - V. 61. - № 1. - P. 54-57.
5. **Broach D., Joseph K.M., Schroeder D.J.** Pilot age and accident rates report 3: an analysis of professional air transport pilot accident rates by age. - Civil Aeromedical Institute, Human Resources Research Division, FAA. – 2003.
6. **Salvatore S., Stearns M.D., Huntley M.S.Jr., Mengert P.** Air transport pilot involvement in general aviation accidents // Ergonomics. - 1986. - V. 29, № 11. - P. 1455-1467.
7. **Орлов А.И.** Эконометрика: учебник. - М.: Издательство "Экзамен", 2002.
8. Автоматизированная система прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий при организации и производстве воздушных перевозок. Научно-технический отчет, этап 4. - № госрегистрации 01201150118 от 12.01.2011. - Ульяновск, 2012.
9. **Плотников Н.И.** Проектирование транспортных комплексов. Воздушный транспорт: монография. - Новосибирск: ЗАО ИПЦ «АвиаМенеджер», 2010.
10. **Zadeh, Lotfi A.,** «Fuzzy Logic, Neural Networks, and Soft Computing», Communications of the ACM, March 1994, Vol. 37 No. 3, pages 77-84.
11. **Поспелов Д.А.** Ситуационное управление. - М.: Наука, 1986.
12. **Пойа Д.** Математика и правдоподобные рассуждения / под ред. С.А. Яновской. - М.: Наука, 1975.
13. **Рузавин Г.И.** Вероятность и правдоподобные рассуждения // Философия науки. Гносеологические и логико-методологические проблемы. - 1996. - Вып. 2. - С. 163-191.

SOFT COMPUTING METHOD ON NON-NUMERIC OBJECTS AS EXAMPLE OF ACCIDENT PROBABILITIES ASSESSMENT DEPENDING ON THE AGE OF THE PILOT**Plotnikov N.I.**

Presents an approach to overcome the ambiguities observed statistics properties of human soft evaluation method for calculating probabilities of risks of accidents depending on the age and experience of the pilot. The method aims at establishing numerical nature for properties of human resources, which are earlier not to be formalize to manage the reliability of the pilot.

Key words: soft computing resources pilot, aviation accidents, age.

Сведения об авторе

Плотников Николай Иванович, 1946 г.р., окончил Академию гражданской авиации (1973), кандидат технических наук, инженер-пилот, генеральный директор ЗАО Исследовательского проектного центра «АвиаМенеджер», автор более 100 научных работ, область научных интересов - теория информации, теория ресурсов, теория сложных объектов, воздушный транспорт, консалтинг.

УДК 629.735.015:001.891.57

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ САМОЛЕТА НА ЗАКРИТИЧЕСКИХ УГЛАХ АТАКИ

М.И. РАДЧЕНКО

По заказу редакционной коллегии

На основании анализа изменения аэродинамических характеристик при сваливании самолета в штопор, разработан метод учета гистерезиса в их протекании при моделировании движения самолета на закритических углах атаки.

Ключевые слова: метод, угол атаки, самолет, коэффициент.

1. Определение коэффициентов продольных сил

Актуальность создания метода была обусловлена тем, что при моделировании динамического выхода самолета на закритические углы атаки использование аэродинамических характеристик, полученных для стационарного обтекания как при продувках модели в аэродинамической трубе, так и по данным контрольно-записывающей аппаратуры при летных исследованиях не соответствуют их реальным значениям. Это связано с зависимостью этих характеристик от скорости изменения угла атаки.

Моделирование движения самолета на таких углах атаки целесообразно выполнять при исследовании таких режимов, как сваливание, штопор, а также так называемых “сверхманевренных”.

Суть в том, что отрыв пограничного слоя на крыле (будем называть его в дальнейшем срывом потока), как и любое физическое явление не может происходить мгновенно и требует определенного отрезка времени. Назовем его временем отрыва и обозначим $t_{\text{отр}}$. За время $t_{\text{отр}}$ угол атаки изменяется на некоторую величину, которая зависит от скорости его изменения. Соответственно и срыв потока задерживается на эту величину по сравнению с углом атаки, на котором возникает срыв при стационарном обтекании. Именно это приводит к неоднозначности аэродинамических характеристик при равных углах атаки. В связи с этим аэродинамические характеристики, относящиеся к продольному движению самолета, имеют гистерезис в своем изменении по углу атаки.

Для иллюстрации изложенного на графиках (рис. 1 - 6) представлены аэродинамические характеристики самолета, полученные обработкой данных контрольно-записывающей аппаратуры при штопоре самолета.

На рис. 1 показано изменение коэффициента нормальной силы $c_y(\alpha)$, на рис. 2 – изменение коэффициента продольной силы $c_x(\alpha)$, на рис. 3 - изменение коэффициента подъемной силы $c_{y\alpha}(\alpha)$, на рис. 4 - изменение коэффициента лобового сопротивления $c_{x\alpha}(\alpha)$, на рис. 5 представлена поляра первого рода $c_{x\alpha}(c_{y\alpha})$, построенная по этим характеристикам. На рис. 6 показано изменение коэффициента продольного момента $m_z(\alpha)$. На графике рис. 7 изображена зависимость $c_y(\alpha)$, соответствующая стационарному обтеканию самолета.

Имея подобный график (рис. 7) и значение $t_{\text{отр}}$, можно определить коэффициенты и углы атаки, необходимые для моделирования движения самолета на закритических углах атаки с учетом гистерезиса в его аэродинамических характеристиках.

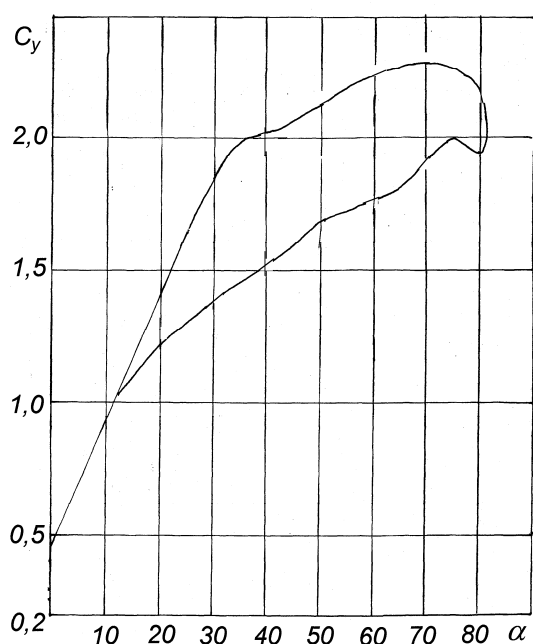


Рис. 1. Зависимость коэффициента нормальной силы от угла атаки

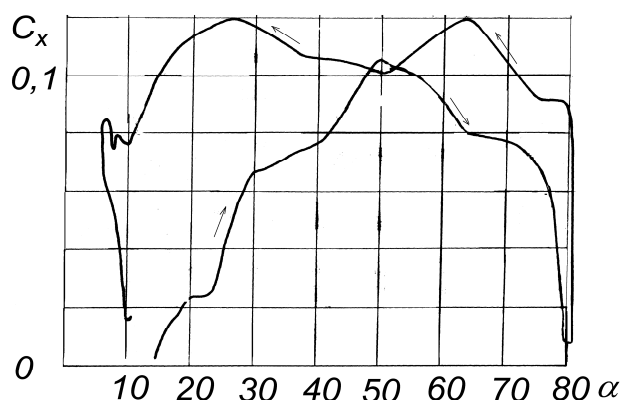


Рис. 2. Зависимость коэффициента продольной силы от угла атаки

Для расчета коэффициента нормальной силы можно использовать формулу, вывод которой был изложен в [2]

$$c_y = c_{y_{\text{unc}}} + c_y^{\alpha} \Delta \alpha \left(1 - \frac{1}{n+1} \bar{S}_{\text{отр}} \right), \quad (1)$$

где $c_{y_{\text{unc}}}$ - значение коэффициента нормальной силы, при котором начинается срыв потока при стационарном обтекании. Ему соответствует угол атаки α_{nc} и отход от линейности зависимости $c_y(\alpha)$; c_y^{α} - определяется по линейному участку зависимости $c_y(\alpha)$; $\Delta \alpha = \alpha_{\text{тех}} - \alpha_{\text{nc}}$ - это разность между текущим значением угла атаки при динамическом его изменении и значением угла атаки, при котором начинается срыв потока при стационарном обтекании; $\bar{S}_{\text{отр}} = \frac{S_{\text{отр}}}{S}$, где $S_{\text{отр}}$ площадь крыла, охваченная срывом потока при данном значении $\alpha_{\text{тех}}$, а S - расчетная площадь крыла.

Определяется $\bar{S}_{\text{отр}}$ по формуле

$$\bar{S}_{\text{отр}} = k(\delta \alpha)^n. \quad (2)$$

Изменение угла атаки $\delta \alpha$ рассчитывается по формуле

$$\delta \alpha = \alpha_{\text{тех}} - \left(\frac{d\alpha}{dt} \right)_{\text{сп}} t_{\text{отр}} - \alpha_{\text{nc}} \quad (3)$$

(при $\delta \alpha \leq 0$, $\delta \alpha = 0$),

где $\left(\frac{\partial \alpha}{\partial t} \right)_{\text{сп}} = \frac{\left(\frac{\partial \alpha}{\partial t} \right)_{\text{тех}} + \left(\frac{\partial \alpha}{\partial t} \right)_{\text{зап}}}{2}$; $\left(\frac{\partial \alpha}{\partial t} \right)_{\text{тех}}$ - производная, соответствующая времени $t_{\text{тех}}$, при

котором $\alpha = \alpha_{\text{тех}}$; $\left(\frac{\partial \alpha}{\partial t} \right)_{\text{зап}}$ - это производная, которая соответствует времени $t_{\text{зап}} = t_{\text{тех}} - t_{\text{отр}}$.

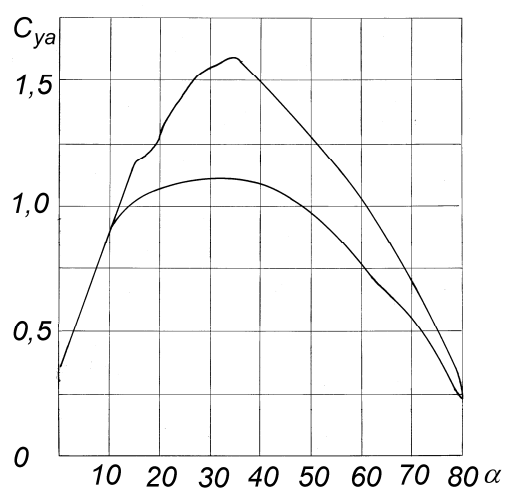


Рис. 3. Зависимость коэффициента подъемной силы от угла атаки

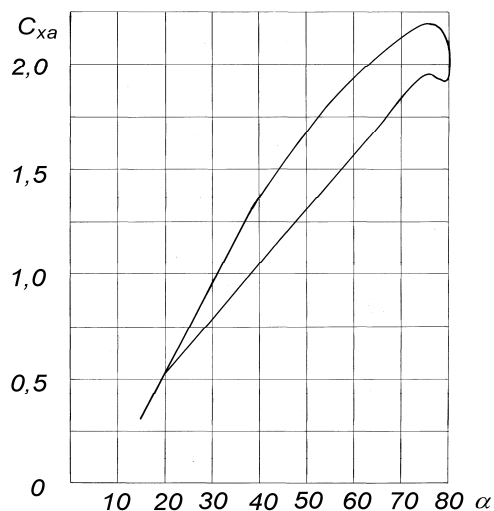


Рис. 4. Зависимость коэффициента лобового сопротивления от угла атаки

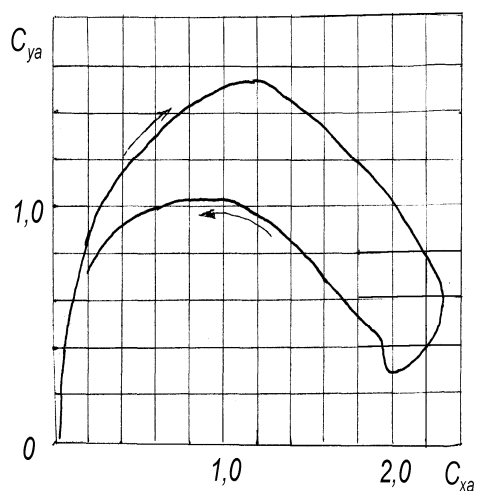


Рис. 5. Поляра первого рода

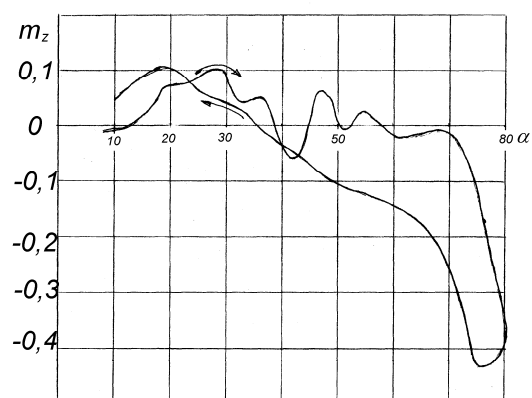


Рис. 6. Зависимость коэффициента момента тангажа от угла атаки

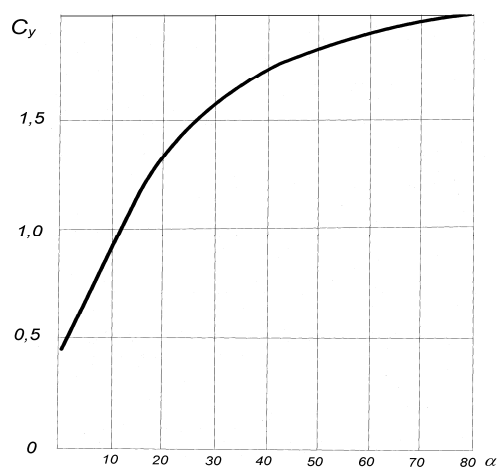


Рис. 7. Коэффициент нормальной силы при стационарном обтекании

Коэффициент **k** и показатель **n** определяются по характеристике $c_y(\alpha)$, соответствующей стационарному обтеканию. С этой целью из формулы (1) выражаем значение

$$\frac{1}{n+1} \bar{S}_{отр} = 1 - \frac{c_y - c_{yuc}}{c_y^\alpha \delta \alpha}, \quad (4)$$

где $\delta \alpha$ определяется по формуле (3) при условии $t_{отр} = 0$, т.е. при стационарном обтекании.

При достижении угла атаки, при котором вся поверхность крыла охвачена срывом потока, выражение (4) стабилизируется по углу атаки (рис. 8), т.е. $\bar{S}_{отр} = 1$, а $\frac{1}{n+1} \bar{S}_{отр} = \text{const}$, опреде-

ляем значение $\frac{1}{n+1}$, а по нему показатель **n**. Используя формулу (2) и найденный показатель **n**, вычисляем несколько значений $S_{отр}$ при стационарном обтекании по формуле

$$\bar{S}_{отр} = \left(1 - \frac{c_y - c_{yuc}}{c_y^\alpha \delta \alpha} \right) (n+1)$$

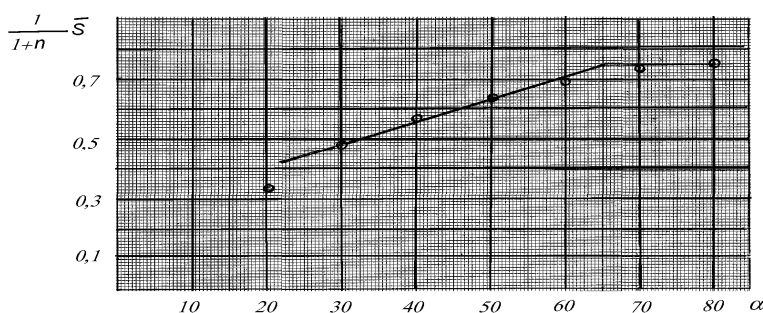


Рис. 8. Определение коэффициента **n**

и рассчитываем коэффициент **k** как среднее значение

$$\frac{\sum_{j=1}^{j=N} \bar{S}_{отрj}}{\sum_{j=1}^{j=N} \delta \alpha_j^n}, \quad (5)$$

где **N** - число выбранных значений $\bar{S}_{отр}$.

Известно [3], что при внезапном приведении в движение эллиптического цилиндра, отрыв пограничного слоя впервые начнется не одновременно с началом движения, а с некоторой задержкой $t_{отр}$. При этом время задержки $t_{отр}$ зависит лишь от геометрических параметров сечения цилиндра и от скорости движения

$$t_{отр} \frac{V}{b} = \frac{16\sqrt{k^2 - 1}}{\left(1 + \frac{4}{3\pi}\right) 3\sqrt{3}k^3(1+k)} \quad \text{при } k^2 \geq \frac{4}{3},$$

где $k = \frac{b}{a}$, **b** и **a** - радиусы эллипса; **V** - скорость невозмущенного потока.

Или иначе для цилиндра $t_{отр} = b \frac{m}{V}$, где **m** - постоянная величина. Применительно к крылу за **b** можно принять среднюю аэродинамическую хорду крыла b_α , за **V** - нормальную составляющую скорости в момент достижения $\alpha_{нс}$.

Для представленных выше характеристик самолета на рис. 1 и рис. 7 $t_{отр}$ можно определить как разницу во времени достижения угла атаки, соответствующего началу срыва потока при динамическом изменении угла атаки и при статическом обтекании - $\alpha_{нс}$. Напомним, что начало срыва потока определяется по отходу от линейности характеристики $c_y(\alpha)$. Найденное в данном примере значение $m = 10,9$ в первом приближении можно использовать и для другого самолета и режима полета

$$t_{отр} = \frac{b_\alpha}{V_y} 10,9c. \quad (6)$$

На графике (рис. 9) показан результат сравнения расчета $c_y(\alpha)$ по предложенным формулам (представлено кружками) с характеристикой $c_y(\alpha)$, полученной по результатам летного эксперимента (сплошная линия).

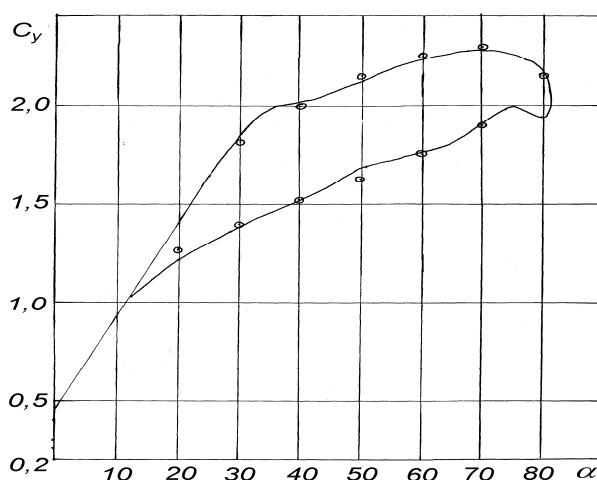


Рис. 9. Результат расчета коэффициента нормальной силы по предложенной методике (обозначено кружками)

Подъемную силу самолета и его лобовое сопротивление можно определить, если известен вектор полной аэродинамической силы $\vec{R}$. Зная коэффициенты нормальной (рис. 1) и продольной (рис. 2) сил и их зависимость от угла атаки, не представляет труда определить изменение коэффициента полной аэродинамической силы c_R

$$c_R = \sqrt{c_y^2 + c_x^2}.$$

Определив угол μ между нормальной и полной аэродинамическими силами, можно судить о соотношении между ними

$$\cos \mu = \frac{Y}{R} = \frac{c_y}{c_R}.$$

На рис. 10 показан результат расчета изменения $\mu(\alpha)$ по представленным выше данным. Из этого графика видно, что максимальное значение угла μ равно $5,3^\circ$. При этом такая величина достигается на сравнительно небольших углах атаки самолета (20°) при их уменьшении ($\alpha < 0$).

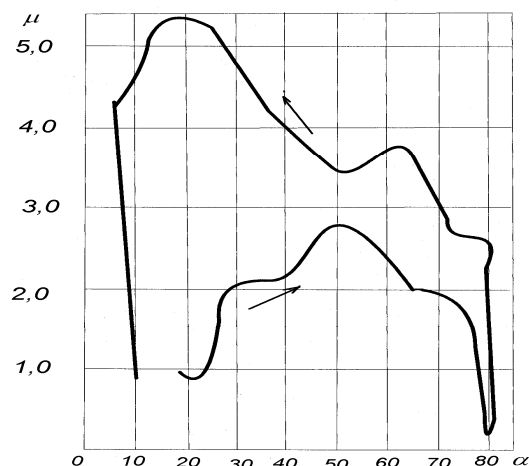


Рис. 10. Изменение угла μ между нормальной и полной аэродинамическими силами

Напротив, в процессе роста угла атаки от 15° до 80° и при его последующем уменьшении до 40° величина μ не превышает 4° . Поскольку $\cos 5,3^\circ = 0,9957$, можно сделать вывод, что разница между полной аэродинамической силой и нормальной ее составляющей не превышает 0,5 %, чем в практических задачах вполне можно пренебрегать и для определения коэффициентов подъемной силы и лобового сопротивления использовать коэффициент нормальной силы.

При расчете движения самолета можно не учитывать влияния гистерезиса на зависимость аэродинамических характеристик от угла скольжения.

Во-первых, величина изменения угла скольжения даже при штопоре обычно невелика, а во-вторых, частота его изменения, напротив, существенно больше, чем угла атаки.

2. Определение коэффициента момента тангажа

Сложнее обстоит вопрос с определением коэффициента момента тангажа m_z . Точнее всего можно определять этот коэффициент по полученной для данного самолета зависимости $m_z(\alpha)$ на закритических углах атаки с учетом гистерезиса по методу, изложенному в работе [4].

Рассчитав изменение положения центра давления по углу атаки по зависимости $x_\partial = \frac{m_z}{c_y}$, и предполагая, что это изменение является универсальным для данного самолета, используем его при других режимах. Для этого полученную для конкретного режима зависимость $c_y(\alpha)$ умножаем на $x_\partial(\alpha)$. В первом приближении можно использовать изменение $x_\partial(\alpha)$, которое было рассчитано по зависимостям, представленным на рис. 1 и рис. 6, и показано на рис. 11 для другого самолета.

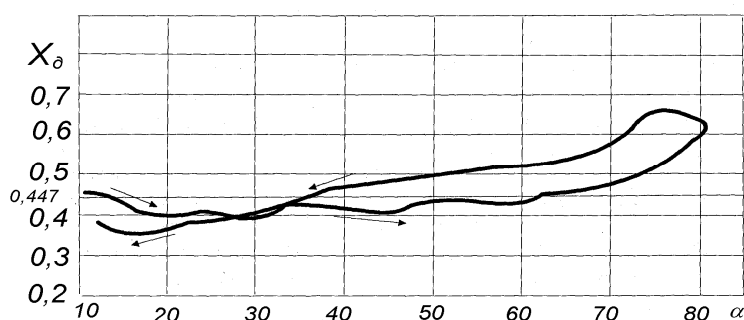


Рис. 11. Изменение центра давления в зависимости от угла атаки

Используя предложенный метод формирования аэродинамических характеристик, учитывающих гистерезис в их протекании, моделирование движения самолета на закритических углах атаки осуществляется, как обычно, с помощью уравнений Эйлера.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Радченко М.И.** Метод моделирования движения самолета на закритических углах атаки // Труды ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского. - М.: Радиотехника, 2008. - № 4. - Т. 80. - С. 33-37.
2. **Попова Н.А., Радченко М.И.** Полуэмпирическая модель гистерезиса изменения коэффициента нормальной аэродинамической силы на больших углах атаки, включая закритические // Научно-методические материалы по вопросам динамики полета и боевого маневрирования. - М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1982.
3. **Шлихтинг Г.** Теория пограничного слоя. - М.: Наука, 1984.
4. **Попова Н.А.** Определение аэродинамических коэффициентов самолета по записям контрольно-записывающей аппаратуры на режиме сваливания // Научно-методические материалы по вопросам динамики полета и боевого маневрирования. - М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1986.

METHOD OF DESIGN OF MOTION OF AIRPLANE ON THE ZAKRITICHESKIKH CORNERS OF ATTACK

Radchenko M.I.

On the basis of analysis of change of aerodynamic descriptions at knocking down of airplane in a cork-screw, the method of account of hysteresis is developed in their flowing at the design of motion of airplane on the supercritical corners of attack.

Key words: method, angle of attack, a plane, a factor.

Сведения об авторе

Радченко Михаил Иванович, 1925 г.р., окончил Омское ВАУЛ (1948), ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского (1959), доктор технических наук, почетный профессор ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, старший научный сотрудник НИИЦ (АКМ и ВЭ) 4 ЦНИИ, автор более 100 научных работ, область научных интересов - оптимизация устойчивости и управляемости самолетов с учетом психофизических свойств летчика.

УДК 629.7.054.07

ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОТОБРАЖЕНИЯ ПРИБОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Н.А. СТОЛЯРОВ, И.Б. КУЗНЕЦОВ

Выполнен анализ принципов формирования полетной информации, получаемой пилотом о воздушном судне. Раскрыт показатель минимально необходимых для качества пилотирования временных затрат пилотом на взаимодействие с полетной информацией.

Ключевые слова: система отображения информации, полетный параметр, изобразительный элемент, интегральный полетный параметр.

Введение

Перспективным и проверенным практикой последних десятилетий направлением эргономического совершенствования систем отображения информации (СОИ) воздушных судов (ВС) является отказ от традиционного цифрового представления полетных параметров (ПП) на отдельных изобразительных элементах (ИЭ) типа «шкала-стрелка», используемого в электромеханических СОИ и в первом поколении электронных СОИ (отечественные ЭСИ-77, СЭИ-85), и наметившийся переход к совмещенной или комплексной аналоговой визуализации ряда ПП, характеризующих пространственное положение ВС и тенденцию в динамике ВС. Для краткости терминологии совмещенную цифровую или аналоговую визуализацию нескольких ПП одним ИЭ или одним фрагментом общего информационного поля СОИ будем называть интегральным полетным параметром (ИПП). Это направление было намечено с середины 80-х годов в эргономических исследованиях по учету влияния человеческого фактора на безопасность полетов и выделено руководителями летных служб США и Великобритании, отметивших среди приоритетных на последующие годы задач задачу оценки допустимых уровней рабочей загрузки на экипаж ВС на конкретных этапах полета и задачу эргономической оценки элементов СОИ, отмечая их эволюцию в сторону аналоговой индикации [1]. Развитие этого направления характеризуется разработкой и испытаниями большого числа разнотипных ИПП, различных по составу комплексируемых ПП и формам их визуализации, и отсутствием теоретической основы этих разработок – общей методологии эргономического проектирования СОИ с интегральными элементами. В данной статье предпринимается попытка установления общих принципов эргономической экспертизы СОИ с интегральными полетными параметрами и разработки методов объективной оценки эргономического качества как отдельного ИПП, так и СОИ с ИПП в целом.

Потенциально заложенные в СОИ с ИПП эргономические достоинства определяются тем, что в традиционных СОИ с раздельной, преимущественно цифровой визуализацией ПП практически достигнуты пределы возможностей по всем основным составляющим эргономического качества СОИ: по информативности, по адекватности представления пилотажно-навигационной информации необходимым управляющим действиям пилота и по селективности или структурированности представления этой информации [2]. Современное техническое оснащение СОИ на цветных дисплеях или жидких кристаллах и информационно-компьютерное обеспечение СОИ допускают широкое использование аналоговой визуализации пространственного положения ВС и его динамики, комплексную визуализацию ряда ПП одним ИЭ, при которых внедряемые формы визуализации отражают специфику выполняемых пилотажных задач. Удачное в эргономическом отношении аналоговое представление пилотажно-навигационной видеоинформации должно упрощать пилоту выделение из

информационного поля СОИ необходимой по полетной ситуации информации и ее переработку: возникает возможность предъявления пилоту информации в форме, приближающейся к оперативной образно-концептуальной модели основных пилотажных задач, что может значительно снизить уровень психофизиологической загрузки пилота при его взаимодействии с СОИ. Определение эргономически грамотных путей реализации этих потенциальных преимуществ СОИ с ИПП требует анализа всех трех вышеперечисленных составляющих эргономического качества СОИ с ИПП, а также разработки системы объективных числовых показателей эргономического качества ИПП.

Исследование вопроса

1. ИЭ любого типа производит преобразование визуализируемых им полетных параметров, значения которых – случайные величины. Согласно фундаментальному положению теории информации преобразование случайной величины не увеличивает количества содержащейся в ней информации, поэтому ИЭ принципиально не способен дать дополнительную информацию о динамике визуализируемых им ПП. Однако при выполнении основных пилотажных задач пилоту необходима информация о близости значений ПП к предельно допустимым и о взаимосвязи динамики различных ПП. Эргономически обоснованная техническая реализация ИЭ ИПП должна предоставлять пилоту такую дополнительную информацию как для повышения информативности СОИ, так и для повышения адекватности представления информации необходимым управляющим действиям пилота.

2. Очевидным эргономическим требованием к ИПП является его информативность, т.е. способность предоставлять пилоту всю необходимую для выполняемой пилотажной задачи информацию о динамике визуализируемых им ПП. Однако понятие информативности как отдельного ИПП, так и СОИ в целом эргономически противоречиво, так как не учитывает объективную ограниченность психофизиологических возможностей пилота по приему и переработке информации. Действительно, превышение информационным потоком приборной информации пропускной информационной способности пилота затрудняет пилоту выделение из информационного поля СОИ действительно необходимой по полетной ситуации информации, что приводит к ухудшению эргономического качества ИПП и СОИ в целом [2].

Одним из числовых показателей информативности ИПП и его ИЭ, в котором учтено отмеченное противоречие, является показатель $\lambda_{\text{ипп}}$ относительной зрительной загрузки пилота по ИПП. Показатель $\lambda_{\text{ипп}}$, аналитический вид которого будет представлен ниже, характеризует минимально необходимые для достижения заданного качества пилотирования временные затраты пилота на взаимодействие с ИПП. Особенность оценки зрительной загрузки пилота по ИПП и его ИЭ состоит в том, что получаемые теоретически, по информативным частотам «собранных» в ИПП полетных параметров значения показателя $\lambda_{\text{ипп}}$ и теоретически оптимальной вероятности $P_{\text{ипп}}$ наблюдения ИПП пилотом характеризуют исключительно эргономическую совместимость полетных параметров, визуализированных ИПП, в то время как эмпирическое значение показателя $\lambda_{\text{ипп}}$ и эмпирическое значение вероятности наблюдения ИПП пилотом отражают как эргономическую совместимость объединенных в ИПП полетных параметров, так и эргономическое качество технической реализации изобразительного элемента ИПП [3].

Для минимизации зрительной загрузки пилота определяющим требованием к эргономической организации ИПП является следующее: на этапах полета или при выполнении пилотажных задач, вызывающих предельно высокую нагрузку пилота по пилотажно-навигационной информации, ИПП не должен искусственно повышать долю каждого из представленных в нем ПП в общем распределении зрительного внимания пилота сверх оптимальной доли этого ПП. В СОИ с индикатором воздушных порывов, теоретически позволяющей пилоту вести контроль полетных параметров по их удвоенным информативным

частотам, такое повышение возникает при визуализации на ИПП полетных параметров с большим разбросом в значениях их информативных частот [3]. Действительно, включенные в ИПП полетные параметры с низкими информативными частотами будут избыточно часто контролироваться пилотом, так как минимально необходимая частота контроля пилотом ИПП совпадает с удвоенной максимальной из информативных частот визуализированных ИПП полетных параметров, а любое обращение пилота к ИПП неизбежно сопровождается снятием с ИПП избыточной для выполнения пилотажной задачи информации о динамике ПП с малыми информативными частотами [4]. Следствием этого является искусственное повышение зрительной загрузки пилота по ИПП и по СОИ в целом по сравнению со зрительной нагрузкой пилота по СОИ с раздельной визуализацией ПП. Таким образом, необходимым условием для эргономической совместимости нескольких ПП в интегральном полетном параметре является близость значений информативных частот этих ПП.

3. Аналитический вид показателя относительной зрительной загрузки пилота по ИПП определяется формулой

$$\lambda_{\text{ИПП}} = T_{\phi} \cdot f_{\text{ИПП}} + T_n \cdot f_{\text{ИПП}}, \quad (1)$$

где T_{ϕ} – средняя продолжительность снятия пилотом информации с ИПП при его однократном обращении к ИПП; $f_{\text{ИПП}}$ – информативная частота ИПП, равная удвоенной максимальной из информативных частот визуализируемых на ИЭ ИПП полетных параметров. Значение $f_{\text{ИПП}}$ равно минимально необходимой для обеспечения заданного качества пилотирования частоте зрительных обращений пилота к ИПП; T_n – средняя продолжительность переноса взгляда пилота с одного элемента СОИ на другой.

Значение $\lambda_{\text{ИПП}}$ равно доли времени, необходимой пилоту для контроля всех объединенных в ИПП полетных параметров при заданном качестве выполнения пилотажной задачи, в общей продолжительности выполнения пилотажной задачи и, таким образом, дает теоретическую оценку зрительной загрузки пилота по ИПП.

Для задачи стабилизации ВС на глиссаде при заходе на посадку минимально возможное значение T_{ϕ} устанавливается методом, который основан на расчете количества информации, необходимого пилоту для стабилизации каждого ПП из ИПП в пределах его допустимых отклонений [5].

Пусть T – продолжительность снижения по глиссаде в секундах. Тогда $N_{\text{ИПП}} = T \cdot f_{\text{ИПП}}$ – минимально необходимое число зрительных обращений пилота к ИПП на этой фазе посадки. Обозначим через $I_{\text{ИПП}}$ (бит) суммарное количество информации, необходимое пилоту для стабилизации всех ПП, представляемых ИПП. Величина $I_{\text{ИПП}}/N_{\text{ИПП}}$ (бит/обращение) характеризует среднее количество информации, которое необходимо снять с ИПП за одно зрительное обращение к ИПП. При максимальной скорости V_I (бит/с) переработки пилотажно-навигационной информации зрительным каналом пилота (обычно предполагается, что V_I находится в пределах 4 – 5 бит/с) средняя продолжительность снятия пилотом информации с ИПП при его однократном обращении к ИПП составит

$$T_{\phi} = (I_{\text{ИПП}}/N_{\text{ИПП}})/V_I = I_{\text{ИПП}} \cdot V_I / N_{\text{ИПП}} \quad (\text{с/обращение}). \quad (2)$$

Полученное по данной оценке T_{ϕ} значение $\lambda_{\text{ИПП}}$ позволяет на начальных этапах эргономической разработки ИПП объективно установить, является ли использование данного типа ИПП допустимым по эргономическим требованиям, так как по значению $\lambda_{\text{ИПП}}$ рассчитывается показатель λ относительной зрительной загрузки пилота по СОИ с ИПП и объективно выясняется, не приводит ли использование этого ИПП к недопустимому возрастанию зрительной загрузки пилота по СОИ [6].

4. При положительном решении вопроса об эргономической целесообразности использования данного ИПП после разработки технической формы его визуализации – конкретного вида ИЭ ИПП и компоновки СОИ с ИЭ ПП на этапах макетных и натурных испытаний объективная оценка эргономического качества СОИ с ИПП и ИЭ ИПП проводится по системе обобщенных числовых показателей, представленных в [6].

Расчет показателя λ относительной зрительной загрузки пилота по СОИ с ИПП выполняется стандартным методом в предположении, что ИЭ ИПП является отдельным прибором или узлом СОИ [6].

Для оценки СОИ с ИПП по траекторно-вероятностному показателю Q и структурному показателю QS определяется теоретически оптимальная вероятность $P_{\text{ипп}}$ наблюдения пилотом ИПП: $P_{\text{ипп}} = \lambda_{\text{ипп}} / \lambda$ [6]. Значение $P_{\text{ипп}}$ характеризует теоретически оптимальную долю ИПП в общем распределении внимания пилота по элементам СОИ при его высокой зрительной нагрузке по приборной информации. По установленному значению $P_{\text{ипп}}$ находятся теоретически оптимальные вероятности переноса взгляда пилота по элементам СОИ и вероятности циклов в зрительном маршруте пилота по СОИ, используемые в структурном показателе QS .

Общая эргономическая оценка СОИ с ИПП по показателям Q и QS проводится методами, изложенными в предположении, что ИЭ ИПП является отдельным прибором или узлом СОИ [6].

5. Объективная числовая оценка эргономического качества ИЭ ИПП, включающая оценку его информативности, дается значением траекторно-вероятностного показателя ИЭ ИПП $Q_{\text{ипп}}$. Для определения аналитического вида этого показателя предполагается, что ИЭ ИПП визуализирует K полетных параметров; $P_{\text{ипп}} = p$ – теоретически оптимальная вероятность наблюдения пилотом ИПП; q – эмпирическая вероятность наблюдения пилотом ИЭ ИПП, устанавливаемая при макетных или натурных испытаниях СОИ с ИПП; D_j – теоретически достигаемая при теоретически оптимальной вероятности наблюдения пилотом ИПП дисперсия j -го ПП (эталонная дисперсия j -го ПП); E_j – эмпирическая дисперсия j -го ПП, устанавливаемая при натурных испытаниях СОИ с ИПП; $j = 1, \dots, K$. В принятых обозначениях

$$Q_{\text{ипп}} = \frac{1}{2^{|p-q|}} \cdot \sqrt{\frac{K}{\sum_{j=1}^K \frac{E_j}{D_j}}} \quad (3)$$

Очевидно, что при $D_j \leq E_j$ для каждого $j = 1, \dots, K$ $0 < Q_{\text{ипп}} \leq 1$, причем $Q_{\text{ипп}} = 1$ тогда и только тогда, когда $p = q$ и $E_j = D_j$ при каждом j , то есть когда теоретически оптимальная и эмпирическая вероятности наблюдения пилотом ИПП совпадают, а качество стабилизации каждого ПП, характеризуемое его эмпирической дисперсией, совпадает с эталонным.

В зависимости от технических особенностей ИЭ ИПП выбор значения эталонной дисперсии входящего в ИПП полетного параметра может производиться одним из двух способов:

- если ИЭ предоставляет пилоту возможность отдельного наблюдения j -го ПП по удвоенной информативной частоте f_j этого ПП, т.е. ИЭ не вынуждает пилота искусственно завышать частоту контроля j -го ПП до $f_{\text{ипп}}$, то D_j полагается равной суммарной дисперсии частотных составляющих этого ПП в диапазоне $(f_j, +\infty)$, не подавляемых стабилизирующим управлением этим ПП;

- если некоторый из ПП, входящих в ИПП, может наблюдаться пилотом только с частотой наблюдения пилотом всего ИЭ ИПП, минимально допустимое значение которой составляет

$f_{\text{ИПП}}$ Гц, то эталонная дисперсия D_j такого j -го ПП полагается равной суммарной дисперсии частотных составляющих этого ПП в диапазоне $(0,5f_{\text{ИПП}}, +\infty)$.

Заключение

Анализ исходных для расчета $Q_{\text{ИПП}}$ величин – значений дисперсий D_j и E_j каждого из входящих в ИПП полетных параметров способен выделить неудачно визуализированный на ИЭ ИПП полетный параметр – для такого ПП эмпирическая дисперсия E_j значительно по сравнению с остальными ПП превышает свое эталонное значение D_j . В свою очередь, малое по сравнению с эталонным значением D_j эмпирическое значение дисперсии E_j показывает, что ИЭ ИПП искусственно завышает частоту контроля пилотом j -го ПП и провоцирует пилота на избыточно высокочастотное стабилизирующее управление этим ПП. Такой эргономический недостаток ИЭ ИПП искусственно повышает зрительную нагрузку пилота, что вследствие возникающего у пилота дефицита времени может привести к недопустимому ослаблению пилотом контроля других ПП, не вошедших в ИПП. Само же значение траекторно-вероятностного показателя ИЭ ИПП, рассчитанное по формуле (3), дает интегральную эргономическую оценку ИЭ ИПП как по качеству стабилизации ПП, вошедших в ИПП, так и по близости характеристик структуры зрительной деятельности пилота по СОИ с ИПП к теоретически оптимальным: чем выше эргономическое качество ИЭ ИПП, тем ближе значение $Q_{\text{ИПП}}$ к единице.

Представленные методы позволяют на начальных этапах проектирования СОИ с ИПП эргономически обоснованно определять состав комплексизируемых в ИПП полетных параметров, а на этапах испытаний СОИ с ИПП – получить объективные числовые оценки эргономического качества ИЭ ИПП и СОИ с ИПП в целом. Дальнейшее развитие этих методов требует в первую очередь исследования эксплуатируемых СОИ с ИПП для установления нормативных значений введенных обобщенных показателей эргономического качества СОИ с совмещенной или аналоговой индикацией полетных параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ошибки пилота: человеческий фактор / пер. с англ. А.С. Щербова. - М.: Транспорт, 1986.
2. Булгаков Д.Н. Некоторые принципы эргономического проектирования СОИ самолета // Техника. Информатика. Экономика, серия Средства отображения информации. - 1991. - Вып. 1.
3. Булгаков Д.Н. Математические методы эргономического проектирования СОИ самолета // Техника. Экономика, серия Средства отображения информации. - 1994. - Вып. 1.
4. Кузнецов И.Б., Столяров Н.А. Формирование основных закономерностей взаимодействия пилота с приборным оборудованием // Журнал «Полет». - 2011. - № 7. - С. 22-26.
5. Булгаков Д.Н. Информационные аспекты эргономического проектирования СОИ самолета // Техника. Информатика. Экономика, серия Средства отображения информации. - 1991. - Вып. 4.
6. Булгаков Д.Н., Столяров Н.Н. Объективные методы эргономической экспертизы СОИ самолета // Научный Вестник МГТУ ГА, серия Аэромеханика и прочность. - 2003. - № 59. - С. 51-56.

ERGONOMIC BASIS OF INSTRUMENT DISPLAY SYSTEM PERFECTION

Stoliarov N.A., Kuznetsov I.B.

Analysis of flight information formation principles, which pilot receives about aircraft is performed. Characteristic of pilot's temporal expenses to interact with flight information on criterion of optimality for piloting quality is shown.

Key words: data display system, flight parameter, pictorial element, integral flight parameter.

Сведения об авторах

Столяров Николай Андреевич, 1939 г.р., окончил МАИ (1963), доктор технических наук, профессор кафедры летной эксплуатации и безопасности полетов УВАУ, заслуженный деятель науки РФ, автор более 100 научных работ, область научных интересов - эргономика, человеческий фактор в авиации, совершенствование процесса подготовки авиационного персонала.

Кузнецов Игорь Борисович, 1955 г.р., окончил Академию ГА (1977), кандидат технических наук, заслуженный работник транспорта РФ, автор 23 научных работ, область научных интересов - летная эксплуатация ВС, исследование вопросов совершенствования пилотирования и подготовки летного состава.

УДК 629.7.08

ВНЕДРЕНИЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС УЧЕБНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ИНОСТРАННЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ «FAROS»

О.Ф. МАШОШИН, А.С. ЗАСУХИН

В статье излагается целесообразность применения, описание и возможности авиационных тренажеров технического обслуживания иностранных воздушных судов.

Ключевые слова: процедурный тренажер, воздушное судно иностранного производства, подготовка авиационных специалистов.

При подготовке специалистов в области технической эксплуатации воздушных судов (ВС) необходимо учитывать тенденцию роста числа иностранных ВС, эксплуатируемых в Российской Федерации выпускниками МГТУ ГА. К сожалению, с каждым годом растёт количество авиационных перевозчиков, эксплуатирующих авиационную технику (АТ) иностранного производства, отказываясь от техники отечественного производства по ряду понятных причин. Именно поэтому необходимо применение новых подходов к подготовке специалистов, которые в будущем будут заниматься эксплуатацией иностранных ВС таких производителей, как Airbus и Boeing. Изучение методов технического обслуживания данных типов ВС и их реализация могут быть осуществлены на процедурных тренажерах французского производителя «FAROS». Тренажеры Airbus Competence Training for Maintenance (ACT Trainer) и Maintenance Training Device (MTD) позволяют виртуально задавать, моделировать и выполнять те задачи, с которыми сталкивается в настоящее время персонал, обслуживающий иностранную АТ.

Процедурный тренажер Airbus Competence Training for Maintenance (ACT Trainer) представляет собой единую систему нескольких компьютеров, расположенных в компьютерном классе (ACT Classroom), занятия в котором проводятся инструктором, контролирующим со своего серверного компьютера все учебные станции класса. Инструктору предоставлена возможность отслеживать со своей станции все операции, выполняемые обучаемыми, скрыто симулировать и задавать отказы и дефекты функциональных систем изучаемого ВС, а также параметры внешней среды (например, температура воздуха, топлива), автоматизированно проводить оценку полученных знаний. Рабочая станция состоит из одного системного блока и двух мониторов, позволяющих одновременно отображать виртуальную детально проработанную 3D модель ВС, анимированную схему изучаемой системы ВС в режиме симуляции текущей ситуации, а также интересующую техническую документацию, что в полной мере способствует комплексному усвоению изучаемого материала. Режим виртуального 3D осмотра ВС (Airbus Virtual Aircraft) позволяет изучать местонахождение, внешний вид и назначение отдельных блоков, агрегатов, деталей и приборов систем самолёта. Виртуальная кабина имеет вид 2D, отображает авионику всех панелей кабины ВС и позволяет управлять всеми имеющимися, как на реальном самолёте, переключателями, выключателями, рычагами и наблюдать на электронных индикаторах и приборах соответствующую информацию. Анимированные схемы (Animated Schematics linked to simulation) позволяют наблюдать работу систем ВС в динамике, т.е. на схеме отображаются все переключения, перемещения, активные связи функциональных единиц систем ВС в режиме симуляции текущей ситуации. Кроме того, здесь также возможно непосредственное управление некоторыми доступными на схеме элементами, такими как клапаны, электропереключатели, электрореле и др., при оперировании которыми индицируется динамика работы схемы. Таким образом, возможно схематично наблюдать влияние одних органов системы ВС на другие органы и работу всей системы в целом (рис. 1, 2).



Рис. 1. Режим 3D осмотра ВС (в кабине)

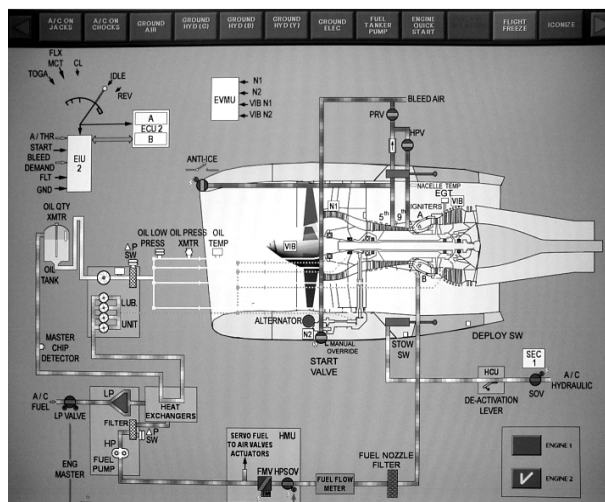


Рис. 2. Анимированная схема системы ВС

Документация (Airbus AirN@v - Electronic Documentation) представлена в виде документов АММ (Aircraft Maintenance Manual) и ТСМ (Troubleshooting Manual). В совокупности, всё перечисленное выше, предоставляет уникальную возможность одновременно совмещать теоретические знания с их практической отработкой на виртуальной модели. Особое внимание необходимо уделить возможности изучения и практического освоения на данном тренажере оборудования встроенного контроля (или самотестирования) ВТЕ (Built-In-Test Equipment). Также к возможностям процедурного тренажера следует отнести: индицирование посредством проектора рабочего окна инструктора для разъяснения студентам какой-либо информации или изучаемого материала; ввод статуса ВС (на эшелоне, на круге, пробег по ВПП, руление, готовый к взлёту, в ангаре); ввод интересующих отказов в конкретной системе для их последующего устранения с возможностью для инструктора сделать это скрыто от студента, чтобы обучаемый имел возможность научиться выявлять отказы по его внешним проявлениям; наличие 3D тренинга проведения работ по встрече или выпуску ВС с последующей проверкой полученных знаний. Тренажер имеет понятный и знакомый всем интерфейс на базе Microsoft Windows, что не только упрощает работу с ним, но и создаёт дополнительные возможности для обновления базы тренажера, добавления в базу тренажера программ по изучению других типов и производителей ВС, например, BOEING.

Тренажер Maintenance Training Device (MTD) разработан совместно с авиастроительной корпорацией AIRBUS, исполнен в виде стандартной кабины ВС типа Airbus с аналогичными панелями (рис. 3). Конфигурация: 9 сенсорных мониторов с индикацией авионики, электронные пульта, рычаги управления, джойстики - аналоги таких же устройств, что на реальном ВС, рабочая станция инструктора, выполненная в виде системного блока и одного монитора. По большому счёту, данный тренажер по функционалу является таким же, что и процедурный тренажер Airbus Competence Training for Maintenance, о котором говорилось выше, только MTD ограничен режимом кабины и, одновременно, развёрнут в плане полноразмерной реальной кабины, т.е. имеет другой облик. Имеет тот же самый функционал и соответственно схожие возможности. Отметим, что тренажер позволяет отрабатывать более чем 140 основных процедур технического обслуживания по AMM и более 80 процедур по TSM. Кроме того, MTD может симулировать полёт по приборам в реальном времени, что позволяет использовать его в процессе переобучения пилотов на иностранный тип ВС в качестве тренажера, который решит задачи первичного ознакомления с кабиной ВС типа Airbus. На тренажере возможна отработка таких навыков, как запуск ВСУ и двигателей, настройка авионики, работа с оборудованием встроенного контроля BITE, работа с компьютером управления полётом Flight Management Computer System (FMCS) и другими вычислителями, предотвращение и устранение отклонений

некоторых параметров в процессе запуска, настройки и работы функциональных систем ВС. На нём также возможно моделирование отказов в различных системах и задание параметров внешней среды. И здесь, как нам представляется, есть возможность решать задачи прогнозирования технического состояния ответственных узлов и функциональных систем ВС зарубежных производителей. Решение прогностических задач, в свою очередь, непосредственно связано с уровнями обеспечения безопасности полетов, что является актуальным. После завершения симуляции доступна информация по анализу проведённых работ и состояния ВС.



Рис. 3. Внешний вид тренажера MTD

Важным достоинством данных тренажеров является универсальность его применения к подготовке специалистов различного профиля. Таким образом, внедрение таких тренажеров в образовательный процесс МГТУ ГА решит проблему неподготовленности выпускников технических специальностей к эксплуатации авиационной техники иностранного производства. Данный вопрос затрагивает достаточно объёмный комплекс мер, требований и пересмотра существующей модели образования для осуществления подобной деятельности в стенах университета, но имеет огромное значение в совпадении требований работодателя и реального наличия навыков, знаний выпускника МГТУ ГА.

INTRODUCTION TRAINING SIMULATOR «FAROS» OF FOREIGN AIRCRAFT MAINTENANCE TO THE EDUCATIONAL PROCESS

Mashoshin O.F., .Zasuhin A.S.

There is the problem of insufficient training of graduates of aviation training institutions to the real operational activities. Multi-purpose training simulators "FAROS" of foreign aircraft maintenance help study, explore and assess the knowledge of future graduates who will work with these aircraft.

Key words: procedural simulator, aircraft of foreign manufacture, aviation training.

Сведения об авторах

Машошин Олег Фёдорович, 1966 г.р., окончил МИИГА (1989), доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технической механики МГТУ ГА, автор более 60 научных работ, область научных интересов - техническая эксплуатация и диагностика авиационной и космической техники, прочность и живучесть авиационных конструкций.

Засухин Александр Сергеевич, 1989 г.р., окончил МГТУ ГА (2012), аспирант МГТУ ГА, автор 1 научной работы, область научных интересов - совершенствование систем подготовки, переподготовки, повышения квалификации и сертификации авиационного персонала.

УДК 629.7.015

УПРАВЛЕНИЕ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ВСТРЕЧИ С ПОДВИЖНЫМ ОБЪЕКТОМ*

М.А. КИСЕЛЕВ

В работе рассматриваются законы управления двухступенчатой динамической системой, обеспечивающие ее встречу с подвижным объектом за минимальное время.

Ключевые слова: система, законы управления, объект, методика решения.

Введение

Задача встречи двухступенчатой динамической системы «самолет - управляемая ракета» представляет собой классическую задачу перехвата. В настоящее время программа (профиль) полета на перехват в вертикальной плоскости определяется [1]:

- базовой программой набора высоты и скорости;
- значением программной скорости, при достижении которой производится сход с базовой программы и выполнение набора высоты при постоянной скорости (числе Маха);
- программой снижения на высоту атаки цели.

Базовая программа формируется на основе оптимальной программы, обеспечивающей быстрое или экономичное (с минимальными затратами топлива) накопление полной механической энергии. Базовая программа состоит из участков с постоянными параметрами (приборной скорости, числа Маха, высоты полета), что упрощает ее реализацию в полете, но ухудшает интегральные параметры набора высоты по сравнению с оптимальной программой. Однако используемые при построении оптимальной, а значит и базовой программ критерии (время накопления энергии или расходуемое при этом топливо) только косвенно характеризуют эффективность решения задачи перехвата. В статье описывается методика, обеспечивающая решение задачи перехвата с использованием критерия, который напрямую определяет эффективность перехвата. А именно критерия «время перехвата» – время от момента обнаружения до момента поражения цели. Приводятся результаты, подтверждающие работоспособность предлагаемой методики, а также результаты оценки влияния дальности обнаружения цели на характеристики перехвата.

1. Постановка задачи

Пусть движение двухступенчатой динамической системы «самолет - ракета» и движение объекта (цели) описывается системой дифференциальных уравнений движения материальной точки в вертикальной плоскости

$$\begin{cases} \frac{dV}{dt} = g(n_{xa} - \sin \theta), \\ \frac{d\theta}{dt} = \frac{g}{V}(n_{ya} - \cos \theta), \\ \frac{dx_g}{dt} = V \cos \theta \cos \Psi, \\ \frac{dy_g}{dt} = V \sin \theta, \\ \frac{dm}{dt} = -c_s, \end{cases}$$

* Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ № МД - 01.10.2011г.

где V - скорость самолета; θ - угол наклона траектории; x_g, y_g - координаты самолета в нормальной земной системе координат; g - ускорение свободного падения; n_{ya}, n_{xa} - нормальная скоростная и тангенциальная перегрузки, рассчитываемые так:

$$n_{xa} = \frac{P \cos(\alpha + \varphi_{дв}) - c_{xa} \frac{\rho V^2}{2} S}{mg}, \quad n_{ya} = \frac{c_{ya} \frac{\rho V^2}{2} S + P \sin(\alpha + \varphi_{дв})}{mg},$$

где α - угол атаки; $\varphi_{дв}$ - угол установки двигателя; $P=f(V,H)$ - тяга силовой установки, $c_{ya}=f(\alpha)$ - коэффициент подъемной силы; $c_{xa}=c_{xa}(c_{ya})$ - коэффициент лобового сопротивления; m - масса самолета; c_s - секундный расход топлива. В качестве управляющих функций используются величины $n_{ya}, \alpha_{руд}$.

Заданы ограничения на управляющие функции и фазовые координаты

$$\begin{cases} V_{мин} \leq V(t) \leq V_{макс}, \\ y_g(t) \geq y_{гмин}, \\ n_{ya мин} \leq n_{ya}(t) \leq n_{ya макс}, \\ |\dot{n}_{ya}(t)| \leq \dot{n}_{ya макс}. \end{cases}$$

Приняты допущения о постоянстве режима работы силовой установки самолета ($\alpha_{руд}=\text{const}$) и неизменном режиме полета цели $(H,V)_ц=\text{const}$.

Необходимо определить управление самолетом $u(t)$, обеспечивающее минимальное время перехвата цели

$$u(t) : \begin{cases} x(t_0) = x_0 \\ x(t_k) \in X^n \\ g\left(x_{ц}(t_0), \frac{dx_{ц}}{dt}\right) = 0, \\ |x_{ур}(t_k) - x_{ц}(t_k)| < \varepsilon \\ t_{пер} \rightarrow \text{Min} \end{cases}, \quad u \in U^m$$

где $x(t)$, $x_{ц}(t)$, $x_{ур}(t)$ – траектории движения самолета, цели, управляемой ракеты.

2. Методика решения задачи перехвата

Алгоритм решения задачи (рис. 1) включает:

- варьирование условий пуска управляемой ракеты по цели;
- варьирование траектории выхода истребителя в условия пуска;
- моделирование полета истребителя, цели и ракеты;
- оценку эффективности перехвата;
- определение оптимальных по времени перехвата условий пуска и траектории выхода

в указанные условия.

В основу методики решения задачи перехвата положена предложенная Киселевым М.А. модификация прямого вариационного метода типа Ритца-Галеркина [2]. Напомним, что прямые методы типа Ритца-Галеркина априори предполагают известным вид решения задачи оптимального управления: уравнение экстремали $x(t)$ представляется линейной комбинацией опорных функций

$$x(t) = \sum_{i=0}^n a_i \varphi_i(t), \quad i = 1 \dots n.$$

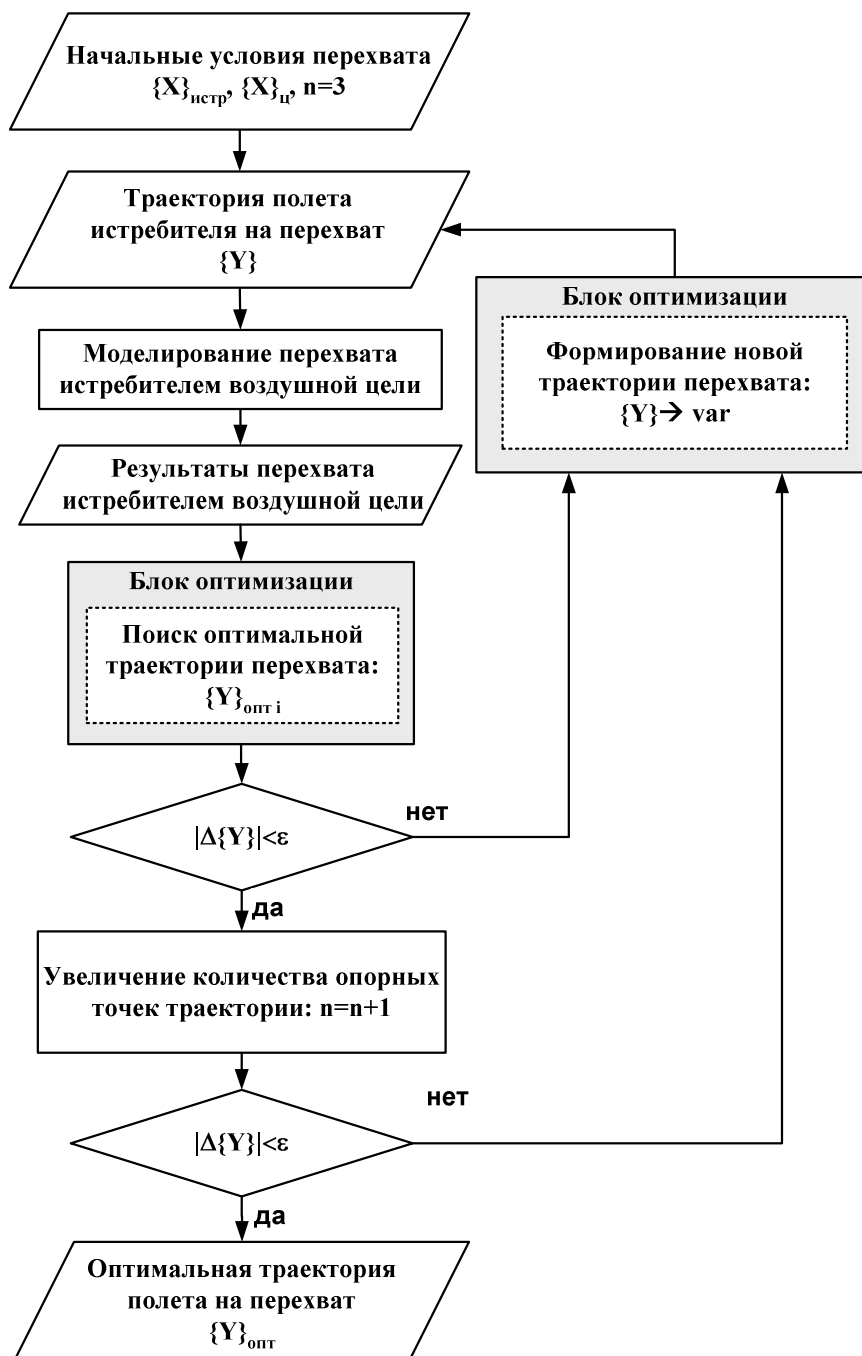


Рис. 1

Это предположение позволяет свести проблему синтеза оптимального управления к задаче поиска экстремума функции многих переменных, т.е. к задаче многопараметрической оптимизации. Действительно, при таком виде уравнения экстремали оптимизируемый функционал

$$J[x(t)] = \int_{t_0}^{t_k} f_0(t, x, \dot{x}) dt$$

становится функцией произвольных постоянных $\{a_i\}$

$$J[x(t)] = J(a_0, a_1, \dots, a_n).$$

Основную проблему применения прямых вариационных методов для решения задач оптимального управления составляет учет ограничений на управления и фазовые координаты. От-

личия в существующих модификациях прямых методов [3; 4; 5], используемых для решения задач динамики полета, обусловлены способом задания траекторий полета, методом поиска экстремума функции многих переменных и механизмом учета ограничений на управляющие функции. Рассмотрим основные особенности используемой модификации прямого вариационного метода.

2.1. Способ задания траектории полета

Траекторию полета истребителя на перехват сформируем сплайн-функцией [6] или, другими словами, набором стыкующихся между собой в опорных точках полиномов 3-й степени. Варьирование положения опорных точек обеспечит поиск наилучшей траектории перехвата. Необходимую точность решения (потребную степень приближения найденной траектории к оптимальной) в соответствии с теоремой Вейерштрасса [6] обеспечим посредством увеличения числа опорных точек n , определяющих траекторию полета. Увеличивать n будем до стабилизации значения минимизируемого функционала (времени перехвата).

Таким образом, траектория полета на перехват определится:

– скоростью, углом наклона траектории и нормальной скоростной перегрузкой в начале полета $X_0(V_0, \theta_0 = 0^\circ, n_{yao} = 1)$;

– углом наклона траектории и нормальной скоростной перегрузки в конце полета $X_k(\theta_k = 0^\circ, n_{yak} = 1)$;

– координатами опорных точек траектории $Y_i(x_{gi}, y_{gi}), i = 0, \dots, n$. Заметим, что из всех опорных точек только одна начальная имеет фиксированное положение, положение остальных точек варьируется.

На участке между опорными точками Y_i и Y_{i+1} траектория описывается параметрическим уравнением вида

$$Y_i Y_{i+1}(\tau) = (1 - 3\tau + 2\tau^2) Y_i + (3\tau^2 - 2\tau^3) Y_{i+1} + (\tau - 2\tau^2 + \tau^3) K_i - (\tau^2 - \tau^3) K_{i+1}, \quad (1)$$

где $\tau \in [0 \dots 1]$, а векторы $K_1, \dots, K_m$ определяются из решения матричного уравнения

$$\begin{bmatrix} 1 & 4 & 1 & & & \\ & 1 & 4 & 1 & & \\ & & \ddots & \ddots & \ddots & \\ & & & 1 & 4 & 1 \\ & & & & 1 & 4 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} K_0 \\ K_1 \\ \vdots \\ K_{n-1} \\ K_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3 & 0 & 3 & & & \\ & -3 & 0 & 3 & & \\ & & \ddots & \ddots & \ddots & \\ & & & -3 & 0 & 3 \\ & & & & -3 & 0 & 3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y_0 \\ Y_1 \\ \vdots \\ Y_{n-1} \\ Y_n \end{bmatrix}$$

2.2. Метод поиска экстремума функции многих переменных

Численный метод отыскания экстремума функции многих переменных состоит из метода глобальной оптимизации и метода локальной оптимизации. Поиск экстремума функции производится в два этапа: на первом этапе на основе использования статистической модели целевой функции определяется область, в которой находится глобальный экстремум, а на втором – поиск в этой области экстремума методом покоординатного спуска с применением метода золотого сечения.

Использование статистической модели целевой функции позволяет гарантированно определить область нахождения глобального экстремума, но требует относительно больших вычислительных затрат. Применение метода покоординатного спуска позволяет прогнозировать потребные

вычислительные затраты для уточнения решения задачи с заданной точностью. Для построения статистической модели целевой функции $f(X)$ используется так называемое Ψ -преобразование [7], в основе которого лежит понятие интеграла Лебега. По сути Ψ -преобразование – это определение вероятности того, что исследуемая функция превысит некую заданную величину ζ

$$\Psi(\zeta) = P(f(X) > \zeta), \text{ где } X = \{x_1, \dots, x_n\}.$$

Из этого простого определения следует несколько важных выводов¹:

- Ψ -функция является функцией одной переменной;
- Ψ -функция является непрерывной и монотонно-убывающей;
- аргумент Ψ -функции при ее равенстве нулю соответствует величине глобального экстремума преобразуемой функции $f(X)$.

Таким образом, задача отыскания глобального экстремума функции многих переменных трансформируется в задачу поиска нуля монотонно убывающей функции одной переменной. Главная сложность при этом – получить Ψ -образ оптимизируемой функции.

К сожалению аналитические возможности Ψ -преобразования ограничены рядом простейших функций. Поэтому для решения практических задач используют статистическую модель Ψ -функции

$$\Psi(\zeta) = \int_E - \int \rho(\zeta, X) \cdot \theta(X) dx = \frac{\sum_{i=1}^m [f(X) - \zeta]^1}{s},$$

$$\text{где } \rho(\zeta, X) = [f(X) - \zeta]^1, \quad 1 = 1, 2, \dots; \quad \theta(X) = \begin{cases} 1, & \text{если } f(X) \geq \zeta \\ 0, & \text{если } f(X) < \zeta \end{cases}; \quad m - \text{количество испытаний,}$$

в которых $f(X) > \zeta$; s – общее количество опытов.

В решаемой задаче оптимизируемый функционал – это время перехвата, варьируемые параметры – координаты опорных точек траектории, за исключением начальной.

2.3. Механизм учета ограничений на управляющие функции

Потребная для реализации заданной траектории полета перегрузка определяется путем решения обратной задачи динамики полета

$$n_{\text{ya потр}} = \frac{V^2 \theta'}{g \sqrt{x_g'^2 + y_g'^2}} + \cos \theta_{\text{потр}}, \quad \text{где } \theta_{\text{потр}} = \arcsin \left(\frac{y_g'}{\sqrt{x_g'^2 + y_g'^2}} \right), \quad \theta' = \frac{y_g'' \cdot x_g'^2 - y_g' \cdot x_g' \cdot x_g''}{(x_g'^2 + y_g'^2)^{3/2} \cos \theta},$$

x_g', y_g', x_g'', y_g'' находятся дифференцированием (1) по безразмерному параметру τ .

Если в полете не удастся выдержать требуемую перегрузку $n_{\text{ya потр}}$ (например, требуется $n_{\text{ya потр}} > n_{\text{ya макс}}$), самолет сходит с базовой траектории. Возникшее при этом рассогласование компенсируется позднее при появлении запаса (избытка) по управлению посредством создания перегрузки большей потребной для движения по заданной траектории. Поскольку траектория полета определяется² высотой, углом наклона траектории и перегрузкой, величины рассогласования по этим параметрам и задают потребное изменение значения управляющего параметра

$$\Delta n_{\text{ya зад}} = k_{n_{\text{ya}}}^H \Delta H + k_{n_{\text{ya}}}^\theta \Delta \theta + \Delta n_{\text{ya}}.$$

Полученный закон формирования управляющей перегрузки позволяет реализовать ограничения

¹ Для случая, когда преобразуемая функция $f(x_1, \dots, x_n)$ измерима, выпукла, без симметричных разрывов первого рода

² На текущей дальности, при текущей скорости и заданном режиме работы двигателей

как на ее величину, так и на темп ее изменения. Коэффициенты $k_{n_{ук}}^H$ и $k_{n_{ук}}^\theta$ зависят от режима полета и аэродинамических характеристик самолета и могут рассчитываться при помощи различных методов, исходя из обеспечения заданного качества переходного процесса. Например, при использовании метода стандартных коэффициентов [8] $k_{n_{ук}}^H$ и $k_{n_{ук}}^\theta$ рассчитываются так

$$k_{n_{ук}}^H = \frac{23.04 \cdot m}{\Delta T_{рег}^2 \cdot Y^\alpha} \quad k_{n_{ук}}^\theta = \frac{18 \cdot m \cdot V}{\Delta T_{рег} \cdot Y^\alpha} - 1,$$

где $Y^\alpha = c_{ya}^\alpha qS$, а $\Delta T_{рег}$ – время регулирования. В исследованиях принято $\Delta T_{рег} = 6$ с.

3. Результаты решения тестовой задачи

Начальные условия задачи:

- цель обнаружена на удалении 200 км;
- высота полета цели 20 км, скорость соответствует числу $M=1.58$;
- истребитель в момент обнаружения цели летит на высоте 1 км со скоростью, соответствующей числу $M=0.4$;
- характеристики истребителя, его оборудования и вооружения соответствуют уровню, достигнутому на истребителях 4-го поколения.

Требуется рассчитать время перехвата цели в зависимости от высоты и скорости истребителя в момент пуска, обеспечив выход в условия пуска за минимальное время. Сравнить результат с решением, полученным посредством разработанной методики.

Для решения задачи воспользуемся следующим алгоритмом:

- 1) все пространство «высота-скорость» разобьем на узловые точки с дискретностью $\Delta H=1$ км, $\Delta M=0.1$. Из указанных точек сформируем множество конечных условий полета истребителя на перехват (начальных условий пуска). Кроме того, обеспечим в указанных точках выполнение условий горизонтального полета ($\theta=0^\circ$, $n_{ya}=1$);
- 2) определим траектории, обеспечивающие минимальное время выхода в каждую из узловых точек;
- 3) промоделируем пуски ракет из каждой узловой точки по цели. В случае поражения цели из указанных условий рассчитаем время перехвата;
- 4) на основе полученной информации построим зависимость минимального времени перехвата от высоты пуска и определим траекторию, обеспечивающую минимальное время перехвата;
- 5) сравним полученный результат с решением, найденным посредством предлагаемой методики.

Понятно, что указанный алгоритм решения является достаточно трудоемким и требует значительных вычислительных затрат. Однако в то же время он позволяет, во-первых, оценить влияние высоты и скорости полета на время перехвата воздушной цели. Во-вторых, оценить точность, а значит, и работоспособность разработанной методики.

Результаты решения тестовой задачи представлены на рис. 2 - 4.

На рис. 2 показано влияние высоты и скорости пуска на относительное время перехвата. На рис. 3 представлена зависимость минимального относительного времени перехвата для данной высоты полета от высоты полета. Там же точкой показан оптимальный режим полета, обеспечивающий минимальное время перехвата, найденный на основе разработанной методики. На рис. 4 в координатах «высота - относительное время» представлен оптимальный профиль полета истребителя на перехват, а также траектории полета ракеты и цели.

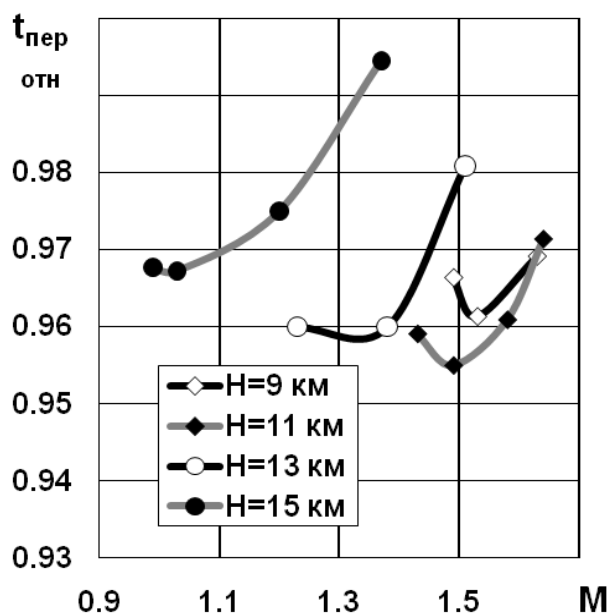


Рис. 2

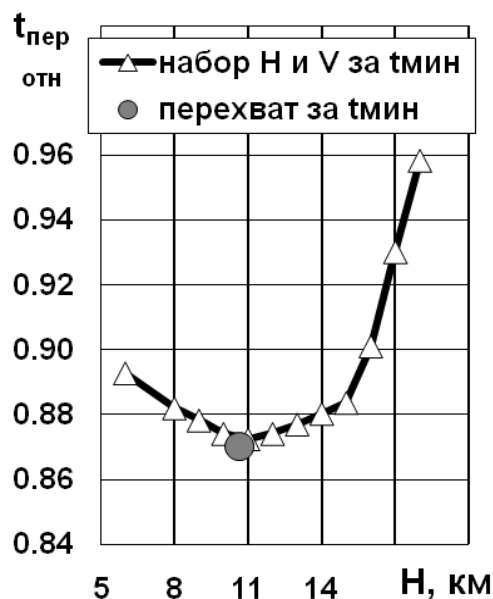


Рис. 3

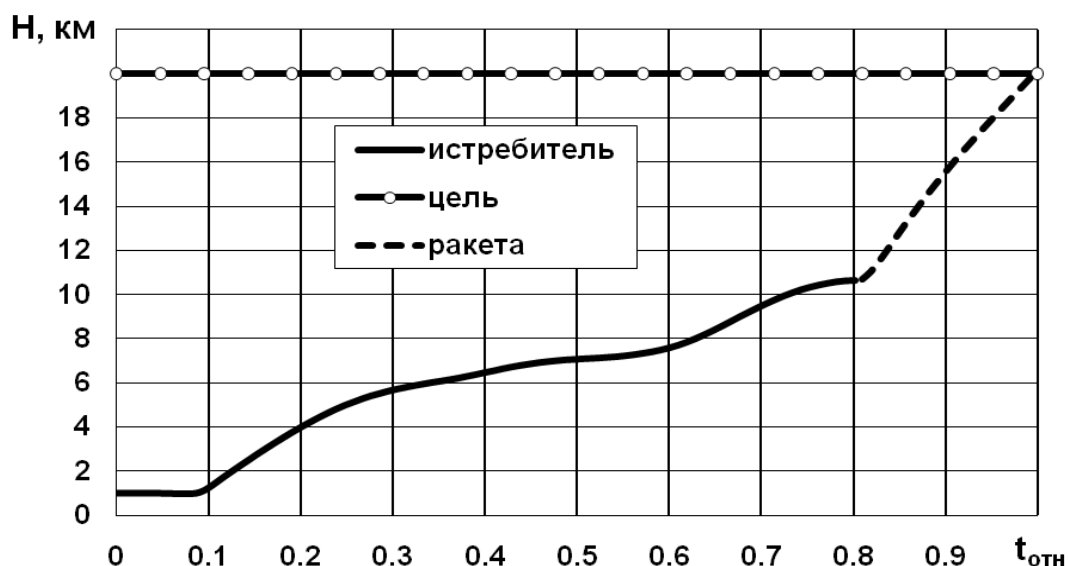


Рис. 4

Из представленных данных следует, что:

- на каждой высоте существует оптимальная скорость пуска;
- с увеличением высоты величина оптимальной скорости пуска уменьшается;
- пуск ракеты с больших высот по сравнению с оптимальной высотой пуска увеличивает время перехвата в данной задаче примерно на 9%;
- разработанная математическая модель обеспечивает высокую точность автоматизированного формирования оптимальной программы перехвата воздушной цели.

4. Исследование влияния дальности обнаружения цели на характеристики перехвата

Начальные условия задачи соответствуют условиям тестовой задачи за исключением того, что дальность обнаружения цели в данной задаче варьируется. Результаты исследований представлены в относительных параметрах на рис. 5-8.

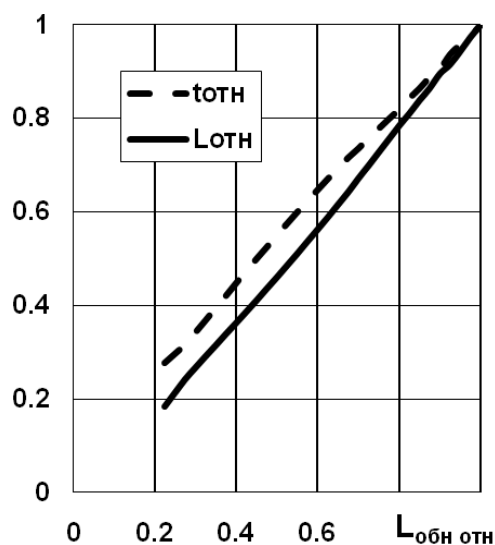


Рис. 5

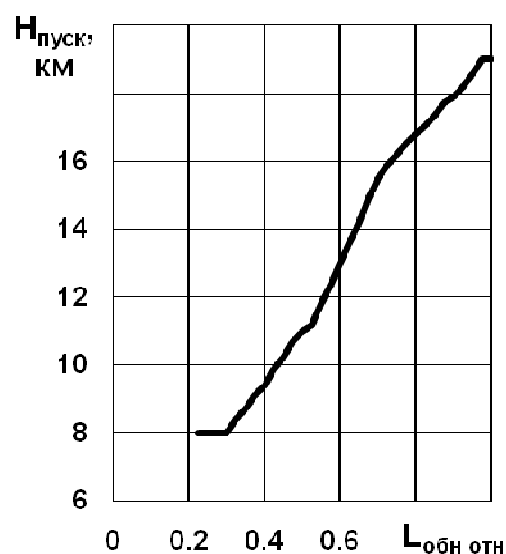


Рис. 6

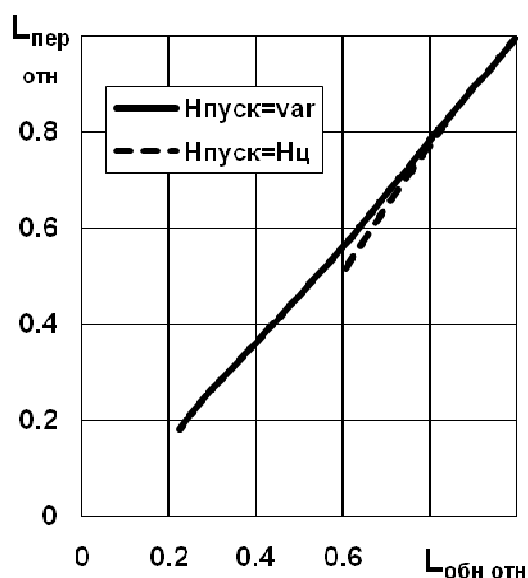


Рис. 7

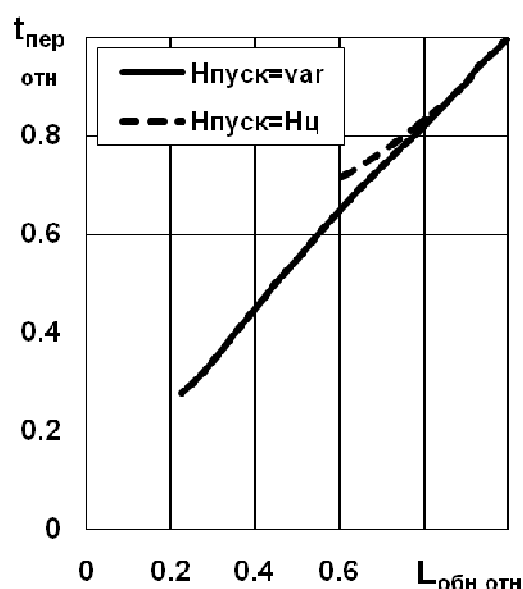


Рис. 8

На рис. 5 в относительных координатах представлены зависимости дальности и времени перехвата от дальности обнаружения цели. Как следует из представленных данных, перехват цели обеспечивается в достаточно большом диапазоне дальностей обнаружения цели: от дальности D_{max} , максимальной по возможностям лоатора до дальности примерно $0.2 D_{\text{max}}$. При уменьшении дальности обнаружения цели уменьшается высота пуска управляемой ракеты. Это видно из рис. 6, на котором представлена зависимость оптимальной высоты пуска управляемой ракеты в зависимости от относительной дальности обнаружения цели. Из рис. 6 следует, что минимальная дальность обнаружения цели, при которой еще возможен ее перехват, ограничена максимально допустимым принижением ракеты относительно цели в момент пуска (в исследованиях величина $\Delta H_{\text{макс}}$ принята равной 10 км).

Интересно заметить, что если не варьировать высоту пуска ракеты, осуществляя стрельбы с высот, близких к высоте полета цели, то время и рубеж перехвата ухудшатся, примерно, до 10%

(рис. 7-8). Кроме того, при этом практически в 2 раза уменьшится интервал дальностей обнаружения цели, при которых возможен ее успешный перехват.

В целом, представленные результаты свидетельствуют о работоспособности предлагаемой методики и возможности ее использования для формирования программ полета на перехват для вновь разрабатываемых истребителей, а также для оценки эффективности программ перехвата существующих боевых авиационных комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авиация ПВО России и научно-технический прогресс: Боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра: монография / под ред. Е.А. Федосова. - 2-е изд., стереотип. - М.: Дрофа, 2004.
2. Киселев М.А., Костин А.М., Тюменев В.Р. К оптимизации управления траекторным движением самолета // Научный Вестник МГТУ ГА, серия Аэромеханика и прочность. - 2008. - С. 138-144.
3. Тараненко В.Т., Момджи В.Г. Прямой вариационный метод в краевых задачах динамики полета. - М: Машиностроение, 1986.
4. Алехин Д.В., Якименко О.А. Подходы к расчету оптимального маршрута при наличии сложного поля ПВО // Научно-методические материалы по вопросам динамики полета и боевого маневрирования. - М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1996. - Ч. II.
5. Нелюбов А.И. Летные характеристики и боевое маневрирование летательных аппаратов. Математические методы расчета боевых маневров, взлета и посадки самолетов с поворотом вектора тяги двигателей. - М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1986. - Вып. 2.
6. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. - М.: Наука, 1986.
7. Чичинадзе В.К. Решение невыпуклых нелинейных задач оптимизации. - М.: Наука, 1983.
8. Михалев И.А., Окоемов Б.Н., Чикулаев М.С. и др. Системы автоматического управления самолетом. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1987.

CONTROL OVER TWO-STAGE DYNAMIC SYSTEM IN THE COURSE OF COLLISION WITH A MOVING OBJECT

Kiselev M.A.

This paper deals with laws of control over two-stage dynamic system to ensure its collision with a moving object in a minimum of time.

Key words: system, control laws, the object, the method of the solution.

Сведения об авторе

Киселев Михаил Анатольевич, 1973 г.р., окончил ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского (1997), доктор технических наук, профессор, заместитель начальника кафедры аэромеханики, систем безопасности и динамики полета ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», автор более 60 научных работ, область научных интересов – динамика полета, формирование облика ЛА, оптимальное управление.

УДК 629.7.017.1

НА ПУТИ К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

П.Д. ЖИЛЬЦОВ, Н.С. НИКИТИН

Статья представлена доктором технических наук, профессором Смирновым Н.Н.

Рассматривается проблема существенного изменения в политике совершенствования авиационной техники и повышения ее эффективности.

Ключевые слова: авиационная техника, эксплуатант, разработчик, совершенствование.

В гражданской авиации в различных ее структурных подразделениях ведется постоянная работа по повышению эффективности и безопасности эксплуатации авиационной техники. Ввиду того, что к настоящему времени существенно изменился удельный вес отечественной авиационной техники по отношению к зарубежной в общем количестве эксплуатируемой техники, изменилось соотношение в значимости и роли двух проблем: эффективности и безопасности. Не умаляя важности каждой из этих проблем, можно, однако, утверждать, что по своей народнохозяйственной значимости безопасность авиационной деятельности вышла на первое место.

Для обеспечения необходимого уровня безопасности полетов в гражданской авиации проводится большая работа: разработана и действует «система поддержания летной годности воздушных судов РФ», постоянно совершенствуется система ТО и Р ЛА (изменение порядка разработки и корректировка регламентов, создание хорошо оснащенных центров ТО и Р), разработан ряд нормативно-технических документов (федеральные авиационные правила, методы оценки соответствия и др.).

Для обеспечения необходимого уровня безопасности полетов в гражданской авиации задействован большой арсенал мероприятий. Так, действующая в настоящее время система сертификации предприятий по ТО и Р регламентирует деятельность федеральных служб, всех категорий, в том числе федеральной службы по надзору в сфере транспорта, а также нацеливает предприятия на выполнение требований, так или иначе значительно повышающих качество работ и, в конечном счете, положительно влияющих на уровень безопасности полетов.

Такой системой охвачен не только заказчик, но и разработчик, поскольку действие системы опирается на нормативно-техническую документацию, ГОСТы, СНИПы и т. д.

Однако мы хотели бы в настоящей статье остановиться на второй проблеме: совершенствование авиационной техники и повышение эффективности ее эксплуатации.

Существуют два пути совершенствования технической эксплуатации авиационной техники:

- оптимизация режимов ТО, использование блочного метода обслуживания, совершенствование регламента ТО, обслуживание по состоянию и т.д.;
- конструктивные решения по обеспечению возможности при эксплуатации обслуживать изделия по состоянию и оперативно дорабатывать конструктивно ненадежные изделия в процессе эксплуатации авиационной техники.

Если первый путь носит консервативный характер, т.е. при эксплуатации авиационной техники с увеличением наработки снижается планка возможных приемов по повышению эффективности эксплуатации, то второй путь стратегически верный, ибо только в конструкции кроются возможности роста эффективности эксплуатации авиационной техники.

В конструкции должны быть заложены и выдержаны все требования заказчика по обеспечению заданных эксплуатационных характеристик, и основой для конструктивного решения должны быть высокоэкономичные современные зарубежные аналоги, технологии, применяемые при производстве передовой авиационной техники.

Для решения вопросов повышения эффективности эксплуатации по второй стратегии необходимо решить главный вопрос: обеспечение научного и технического сопровождения экземпляра авиационной техники разработчиком.

В течение нескольких десятков лет в период дорыночной экономики между заказчиком и разработчиком дискутировался вопрос об организации научного сопровождения экземпляра АТ.

Гражданская авиация как заказчик выдвигала на всех уровнях требования о необходимости такого сопровождения. Разработчик категорически возражал в связи с тем, что при внедрении системы, предусматривающей такой подход, потребовалась бы существенная структурная, документальная, организационная, технологическая перестройка всего процесса заказов авиатехники, выполнение требований заказчика. Это должно было в значительной степени повысить ответственность разработчика за уровень надежности авиационной техники и безопасность полетов.

Существующая в этот период жесткая система централизации в заказах авиатехники, обладающая рядом преимуществ, в то же время создавала в лице разработчика и производителя крепкого, сцементированного монополиста, не заинтересованного в решении задач по научному сопровождению авиационной техники.

Попытки силового давления на разработчика и производителя положительных результатов не дали, поскольку природа жесткого монополизма зиждется на том, что монополисту никогда невозможно навязать любую идею, которая для него не выгодна.

В настоящее время, в период рыночной экономики, было бы целесообразным провести крупную и рациональную реформу заказов в области авиационной техники и внедрить систему сопровождения ее разработчиком от изготовления до отработки назначенного ресурса.

Возможны поиски путей, которые могли бы заинтересовать разработчика согласиться с проектом перехода к обслуживанию авиатехники с ее научным сопровождением до списания.

Некая компенсация затрат на внедрение такой системы может быть осуществлена за счет снижения объема перевозок, выполняемых на отечественных самолетах.

Справедливости ради, следует отметить тот факт, что рост удельного веса импортных самолетов в общем парке эксплуатируемой авиационной техники деформировал идею научного сопровождения в сторону необходимости освоения методов сопровождения, применяемых на зарубежной технике.

Однако, тем не менее, необходимость и значимость разработки системы научного сопровождения АТ достаточно велика и требуется концентрация усилий научных работников, конструкторов, инженеров для внедрения такой системы.

Одновременно с этим необходимо реформировать систему подготовки инженеров (магистров) в МГТУ ГА. Сегодня большая часть дипломных проектов направлена на совершенствование функциональных систем самолета или его компонентов, и, располагая неплохой теоретической подготовкой, студент не может войти в существенное изменение конструкции - что совершенно обоснованно запрещено.

Студентов-механиков можно было бы направить на углубленное изучение конструкции, особенностей эксплуатации авиационной техники, на глубокую учебную и научную обработку материалов по отказам и неисправностям техники.

Единственный престижный вуз - МГТУ ГА при отлаженной системе сопровождения разработчиком авиационной техники на протяжении всего жизненного цикла, кроме обучения студентов, мог бы производить обработку материалов по отказам и неисправностям авиационной техники с выдачей прогнозных рекомендаций разработчику с целью использования данного материала для поиска оптимальных конструктивных решений по вновь разрабатываемой авиационной технике, а также использования полученных наработок для совершенствования ныне эксплуатируемой техники.

Так, на базе существующей структуры МГТУ ГА было бы возможно проводить анализ информации по следующему алгоритму:

- при поступлении информации об отказах АТ, недоработках систем ЛА и АД, нахождении дефектов конструкции планера и двигателя в информационный центр МГТУ ГА, она анализируется, распределяется по соответствующим кафедрам университета в зависимости от тематики;
- на соответствующих кафедрах (кафедра ТЭЛА и АД, ремонта АТ, КПЛА, кафедра АД и т.д.) принимается решение о разработке решения проблемных задач;
- после формирования одного или нескольких способов решения поставленной задачи собирается заседание кафедры, где ее состав знакомится с результатами деятельности и принимается общее решение по поставленной проблематике;
- после одобрения на кафедре проект решения задачи, материал направляется к разработчику в порядке, разработанном МГТУ ГА и соответствующими службами разработчика;
- при утверждении материалов разработчик АТ совместно с представителями МГТУ ГА приступает к реализации проекта в жизнь путем внесения изменений в производственные циклы, издания бюллетеней, директив ЛГ и т.д.

Для обучающихся это принесло бы бесценный опыт в творческой работе, навыки в смежных областях знаний (необходима проработка экономических факторов, факторов охраны труда и природы), и привело бы к повышению интеллектуального уровня выпускников МГТУ ГА. Университет может использовать научные данные, полученные в результате работы групп по решению проблем для расширения программ обучения студентов по соответствующим специальностям.

Другим немаловажным положительным фактором является отработка оптимальных связей МГТУ ГА с предприятиями ГА в рамках разработки описанных проектов, у университета появляются новые функции в структуре ГА, увеличивается значимость его научной деятельности с точки зрения практической применимости.

Ниже приведена целесообразная схема взаимодействия разработчика и эксплуатанта в рыночных условиях.

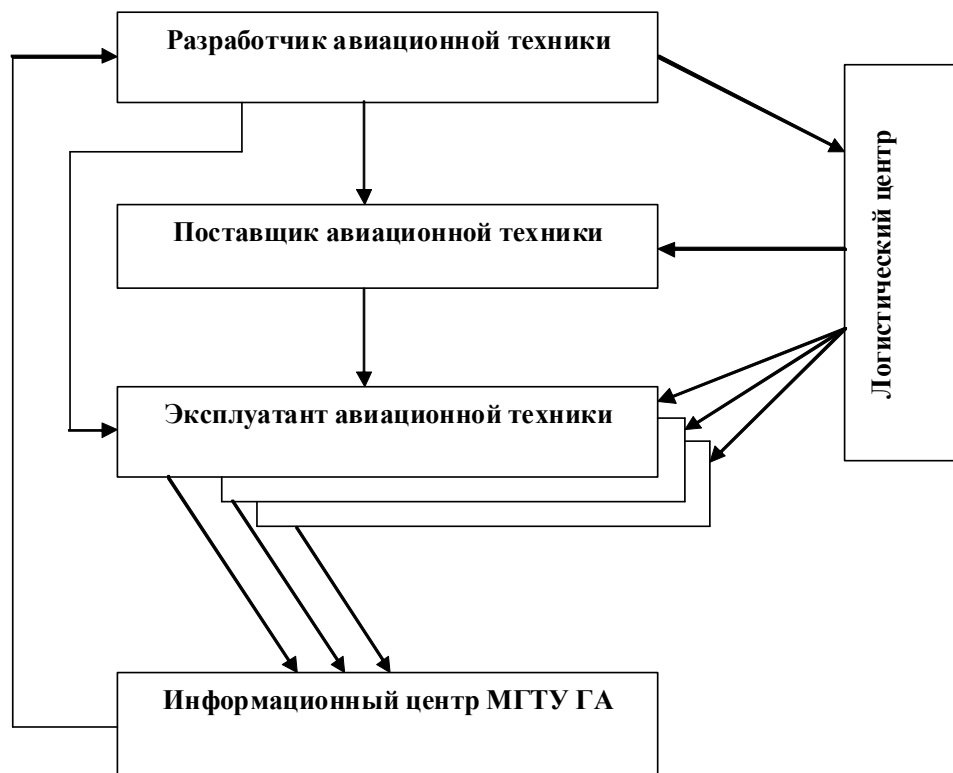


Рис. 1. Схема взаимодействия разработчика и эксплуатанта

При указанной системе взаимодействия эксплуатанта и разработчика целесообразно иметь межведомственный логистический центр, целью деятельности которого явилось бы оперативное обеспечение эксплуатанта материальными ресурсами для поддержания летной годности авиационной техники, в том числе материальными ресурсами, необходимыми для осуществления доработок, разработанных в рамках вышеописанной системы.

Такой центр создается на корпоративных началах с ведущими авиастроительными компаниями и предполагает централизованную и своевременную замену компонентов воздушных судов, эксплуатирующихся в гражданской авиации. Подобные системы централизованного обслуживания предприятий успешно действуют на западе (например, Lufthansa Technik).

В настоящее время, когда весь мир переходит на стандарты CALS применительно к проектированию системных конструкций и намечен прорыв в сокращении сроков создания авиационной техники, создание логистических центров жизненно необходимо.

Затраты на создание центра логистики и информационного центра, показанных на приведенной выше схеме, с избытком окупятся за счет средств, высвобождающихся в результате проводимой оптимизации всей системы, определяющей взаимоотношения разработчика и потребителя по вопросам научно технического сопровождения новой техники.

Таким образом, мы полагаем, что в стратегическом плане эффективность эксплуатации гражданской авиационной техники зависит от качества конструктивной разработки изделий авиационной техники и от выполнения требований заказчика по обеспечению заданных летно-технических характеристик изделия.

Пути же совершенствования авиационной техники должны находиться в руках разработчика, который достигает заданных результатов, используя богатый информационный материал эксплуатанта.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Чинючин Ю.М.** Методология и современные научные проблемы технической эксплуатации летательных аппаратов. - М.: МГТУ ГА, 1999.
2. **Смирнов Н.Н.** К обоснованию концепции сохранения летной годности воздушных судов в современных условиях работы отрасли: межвуз. сб. науч. тр. - М.: МГТУ ГА, 1996.
3. **Бочаров П.П.** Теория вероятностей и математическая статистика. - М., 2005.

ON THE WAY TO IMPROVE AVIATION TECHNOLOGY

Gilitsov P.D., Nikitin N.S.

We consider the problem of significant change in policy to improve aviation technology and increasing its effectiveness.

Key words: aviation technology, operator, manufacturer, improvement.

Сведения об авторах

Жильцов Петр Дмитриевич, 1936 г.р., окончил ХАИ (1959), кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и авиационных двигателей МГТУ ГА, автор 35 научных работ, область научных интересов – надежность авиационной техники.

Никитин Николай Сергеевич, 1987 г.р., окончил МГТУ ГА (2010), аспирант МГТУ ГА, автор 1 научной работы, область научных интересов – системы снабжения ГА, оптимизация процессов.

УДК 621.45 - 62-15:629.1.056

АЛГОРИТМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕМОНТА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ КЛЁПКОЙ

А.М. САВВИНА

Статья представлена доктором технических наук, профессором Макиным Ю.Н.

В статье рассмотрены вопросы алгоритмизации технологического процесса ремонта авиационной техники.

Ключевые слова: клёпка, технологический процесс, ремонт.

В общей теории авиаремонтного производства [1] ключевой задачей является создание автоматизированной системы управления проектированием технологических процессов восстановления совокупности конкретных изменившихся в процессе эксплуатации квалитетических показателей качества изделия авиационной техники (АСУ ПТР). Логика научных исследований в данном направлении [2; 3] диктует необходимость следующего этапа работ: алгоритмизация известных и вновь созданных математических моделей.

Как известно, любой технологический процесс можно представить как самостоятельную целостную систему, характеристиками которой являются состав, последовательность этапов, операций, взаимосвязи, влияние внешних условий и т.д. Поэтому процесс управления такой системой является в первую очередь ее упорядочиванием. Упорядочение системы есть не что иное, как процесс управления системой. Конечная цель управления - обеспечение оптимального процесса производства.

Для АСУ ПТР базой является блок математических моделей технологических процессов восстановления утраченных в процессе эксплуатации показателей качества [4]. В данных работах были показаны возможности выбора оптимального решения технологических процессов при ремонте АТ.

Для моделирования на ЭВМ технологического процесса, заданного с помощью математической модели, надо построить моделирующий алгоритм, который даст возможность воспроизвести модель на машине. Моделирующие алгоритмы будем представлять в виде логической и операторной схем, в которых указана последовательность операторов, каждый из которых представляет одну из групп элементарных операций. Логическая и операторная формы представления алгоритма не учитывают особенностей системы команд различных типов ЭВМ. Учет этих особенностей, построение развернутых схем счета для воспроизведения отдельных операторов алгоритма выполняется при программировании.

Определенную сложность представляет разработка моделирующих алгоритмов моделей технологических процессов ремонта в силу их многокритериальности, наличия в своем составе детерминированных и стохастических подмоделей, необходимости обеспечения их адаптивности и обучаемости.

В данной работе показан один из алгоритмов автоматизированной системы управления проектированием технологических процессов ремонта АТ клепкой (рис. 1). На рис. 1 представлены следующие обозначения:

1. Расчеты для определения размеров накладки, усиления, муфты (операторы 1 - 35):

P_0 и P_n – разрушающее усилие на разрыв ремонтируемого элемента, усиливающей накладки;

P_3 – разрушающее усилие на срез деталей соединения (заклепки, болта, винта);

σ_b – предел прочности при разрыве материала ремонтируемой детали;

F_0, F_1, F_2 – площади сечения детали в опасном, т.е. ослабленном отверстиями сечении; целой детали и детали, ослабленной отверстиями под заклепки;

$P_{ор}$ – ориентированные разрушающие усилия ремонтируемого элемента без учета ослабления сечения заклепками;

$F_{ор.н}$ – ориентированная величина потребной площади сечения накладки;

$F_{2н}$ – площадь ослабления ремонтируемого элемента;

$F_{2н}$ – площадь ослабления накладки отверстиями под заклепки;

n_1 – количество заклепок в одном сечении;

d – диаметр заклепок (мм);

δ – толщина ремонтируемого листа (мм);

B – ширина листа (мм);

$F_{о.н}$ – площадь опасного сечения накладки;

η – коэффициент запаса прочности у накладки по условиям равнопрочности;

n_1 – количество заклепок на одну сторону стыка;

i – количество плоскостей среза;

τ_b – временное сопротивление заклепок на срез (берется в таблицах);

f_3 – площадь среза одной заклепки определяется расчетным путем;

$\sigma_{см}, [\sigma]_{см}$ – предел прочности накладки, профиля, трубы или муфты на смятие;

n – количество заклепок на смятие;

n_2 – количество заклепок в ряду;

N – общее количество заклепок соединения;

n – количество заклепок в одном сечении;

t – расположение заклепок деталей соединения в ряду;

K – расстояние от крайних заклепок до края детали;

l – длина усиливающей накладки с одной стороны стыка;

L – полная длина накладки;

a – длина вырезанного участка детали.

2. Расчеты жесткости конструкции после ремонта клепкой (операторы 36 - 43):

$K_{ш}$ – коэффициент жесткости шва;

Δl_o – удлинение неповрежденного участка силового элемента планера длиной $l_{ш}$;

$\Delta l_{ш}$ – удлинение заклепочного шва при нагружении его растягивающим усилием P при разрушении;

P – прилагаемая нагрузка на заклепочный шов, приводящая к разрушению;

P_1 – нагрузка, приводящая к начальной деформации, но не разрушающая;

$\overline{\Delta l_o}$ – относительное удлинение нормального участка (до повреждения) конструктивного элемента;

$\overline{\Delta l_{ш}}$ – относительное удлинение заклепочного шва.

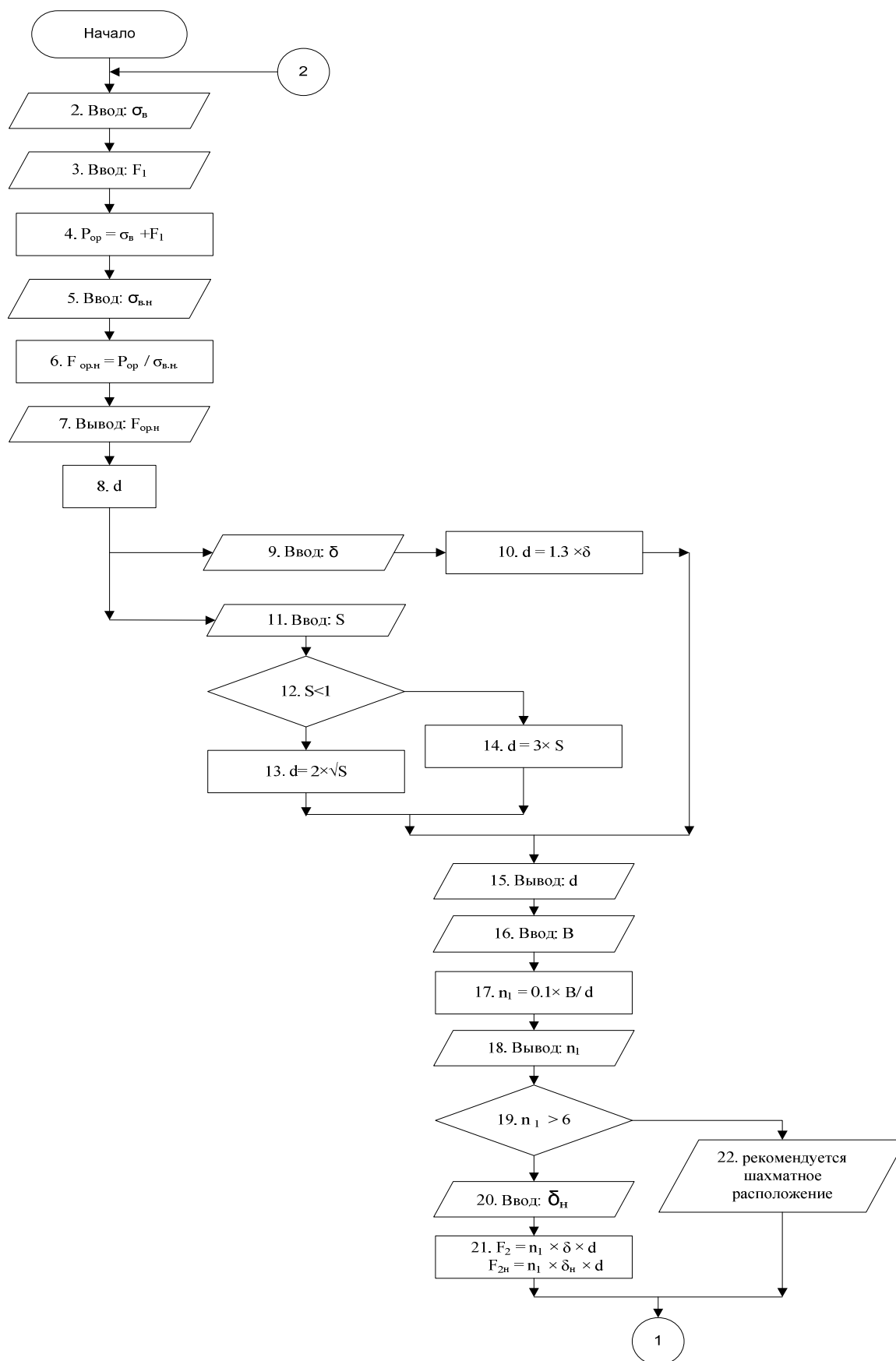
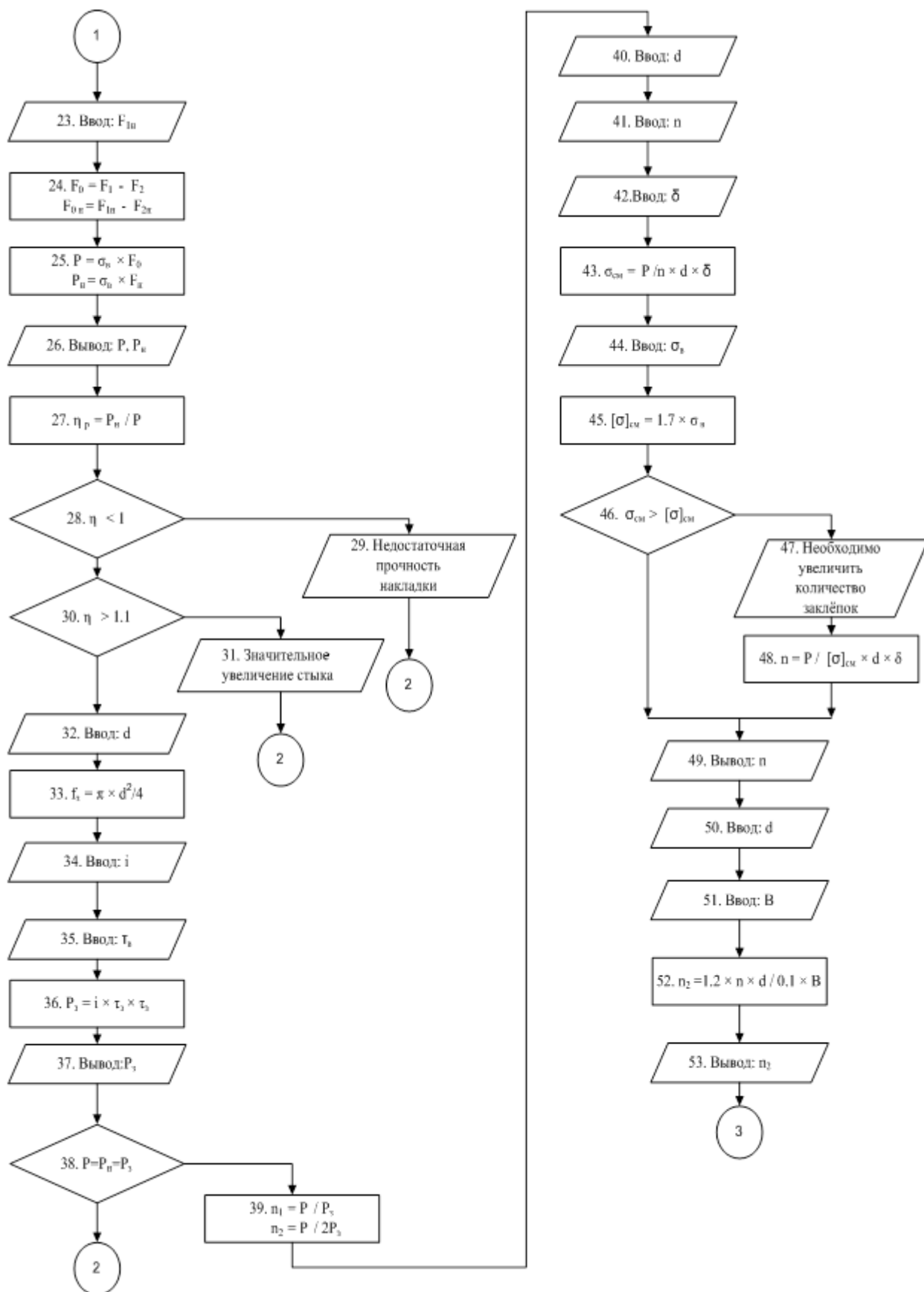
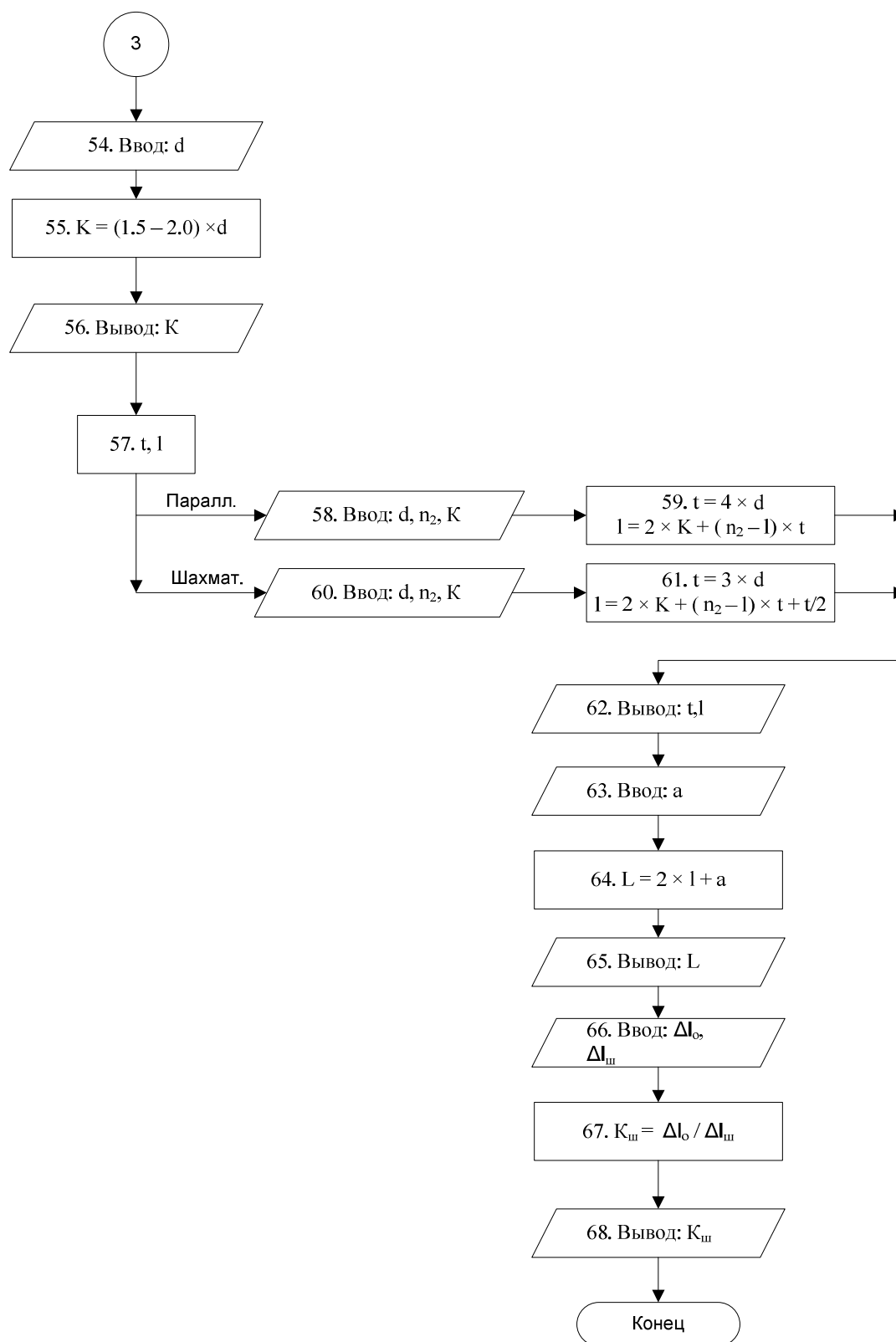


Рис. 1. Схема алгоритма технологических процессов ремонта АТ клепкой



Продолжение рис. 1



Окончание рис. 1

Таким образом, можно алгоритмизировать другие технологические процессы ремонта авиационной техники для создания автоматизированной системы проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Макин Ю.Н.** Основы общей теории авиаремонтного производства. - М.: МГТУ ГА, 2004.
2. **Макин Ю.Н.** Об историческом приоритете МГТУ ГА в разработке общей теории авиаремонтного производства // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2008. - № 129. - С. 30 - 36.
3. **Саввина А.М.** О развитии исследований в МГТУ ГА по разработке общей теории авиаремонтного производства / Научный Вестник МГТУ ГА. - 2012. - № 183. - С. 130 - 135.
4. **Саввина А.М., Макин Ю.Н.** Моделирование «Качества» в АСУ проектированием ремонта // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2012. - № 183. - С. 11-15.

ALGORITHM OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF REPAIR AIRCRAFT RIVETING

Savvina A.M.

In clause the questions of algorithmic process of repair of aircraft.

Key words: riveting, technological process, repair.

Сведения об авторе

Саввина Анна Михайловна, окончила МГТУ ГА (2011), аспирантка МГТУ ГА, автор 12 научных работ, область научных интересов – моделирование и алгоритмирование технологических и производственных процессов ремонта авиационной техники.

УДК 629.73-034.71

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СОТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ С АЛЮМИНИЕВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

А.В. САННИКОВ

Статья представлена доктором технических наук, профессором Пивоваровым В.А.

Выполнен анализ влияния влаги на металлический наполнитель сотовых конструкций, выявлены недостатки в существующей системе контроля и оценки технического состояния сотовых конструкций.

Ключевые слова: коррозия, сотовые конструкции, алюминиевые сплавы.

Стремление уменьшить вес воздушного судна привело к широкому распространению сотовых конструкций в авиации. Появившись на воздушных судах в конце 70-х годов в виде панелей для обшивки носовой и хвостовой частей крыла, металлические сотовые конструкции впоследствии стали использоваться для изготовления спойлеров, тормозных щитков, основных звеньев закрылков, хвостовых частей киля и стабилизатора, рулей высоты и направления. Уже к началу 90-х на самолетах семейства Ил-96 и Ту-204 на долю сотовых конструкций из полимерных материалов приходилось до 30% площади фюзеляжа и крыла.

Как известно, сотовые конструкции (СК) представляют собой две листовые обшивки, между которыми помещают сотовый наполнитель, придающий конструкции устойчивость при нагружении. Слой клея между обшивками и сотовым наполнителем, одновременно выполняет функцию соединительного и демпфирующего элемента, а также защищает обшивки от коррозии.

В зависимости от назначения, рабочей температуры и условий нагружения сотовой конструкции, используют наполнители из различных металлических и неметаллических материалов с ячейками различных форм и размеров. Металлические сотовые наполнители изготавливают из алюминиевой фольги, титановых сплавов, нержавеющей стали. Для эксплуатации при температурах до 140°С используются сотовые наполнители из алюминиевых сплавов. В частности, в конструкции воздушных судов Ил-96 и Ту-204 используются соты из алюминиевого сплава Д16.

Активное применение сотовых конструкций позволяет существенно снизить массу воздушного судна без потерь по характеристикам прочности, но при этом накладывает особые требования к эксплуатации, в связи с чувствительностью сотовых конструкций к сосредоточенным нагрузкам. К основным видам дефектов, возникающих при эксплуатации, относятся: царапины, вмятины, проколы, пробой, нарушение сплошности соединения обшивки с деталями каркаса и сотовым наполнителем. Для своевременного обнаружения этих дефектов и восстановления СК в процессе эксплуатации, специалистами ОАО «Туполев» и других организаций (ГосНИИ ГА, ВИАМ, НИАТ) были разработаны специальные методики, которые в настоящее время успешно применяются [1].

Опасными считаются дефекты, вызывающие разгерметизацию СК, что в условиях эксплуатации приводит к попаданию влаги внутрь конструкции. Вода в сотах – крайне нежелательное явление: превращаясь в лед при низких температурах, она может служить причиной отслоения обшивки от сотового наполнителя или разрушения самих сот. Кроме того, влага увеличивает вес конструкции, а в случае, если обшивка или сотовый наполнитель сделаны из металлических материалов, является причиной возникновения коррозии внутренних полостей.

Как было отмечено выше, в качестве материала для изготовления сот в авиастроении используются алюминиевые сплавы. Алюминий обладает высокой коррозионной стойкостью во многих агрессивных средах благодаря склонности к пассивированию. Под пассивностью металлов понимается состояние относительно высокой коррозионной стойкости, вызванное тор-

можением анодного процесса электрохимической коррозии [2]. Даже на воздухе при комнатной температуре в течение 10^{-4} с на поверхности алюминия и его сплавов образуется пленка, предотвращающая дальнейшее разрушение металла [3]. Эта пленка, состоящая из Al_2O_3 или $Al_2O_3 \cdot nH_2O$, в зависимости от условий эксплуатации может быть толщиной от 5 до 100 нм, обладает хорошим сцеплением с металлом и удовлетворяет требованию сплошности. Окись алюминия образуется при $pH=3...9$ [4]. Коррозионную стойкость алюминиевых сплавов определяет чувствительность к различным видам локальной или избирательной коррозии в пассивной области. Местное нарушение пассивного состояния в условиях, при которых его восстановление затруднено, может привести к быстрому разрушению конструкции.

Коррозия алюминиевых сплавов в атмосферных условиях и пресной воде развивается локально в виде отдельных поражений (питтингов), число и размер которых увеличивается при контакте с водой. Однажды образовавшись, питтинг распространяется из-за того, что раствор внутри питтинга становится кислым и окись алюминия не способна образовать защитную пленку непосредственно на металле. В условиях, когда ионы алюминия мигрируют из областей с низким pH , возникающая окись алюминия образует мембрану, еще более изолирующую эти области и тем самым усиливающую кислотность, в результате чего и развивается питтинг. Пути коррозии в таком питтинге, как правило, ориентированы по определенным структурным составляющим – границам зерен. Однажды возникший на поверхности питтинг может продолжать расти в растворах, которые сами по себе не способны вызвать коррозию [5].

При ремонте повреждений сотовых конструкций, вызывающих негерметичность агрегатов (проколы, пробоины, трещины), первым делом проверяется наличие влаги в агрегате. При наличии влаги ее удаляют, сотовый агрегат просушивают. Для удаления влаги из агрегата могут применяться вакуумные мешки, рефлекторные термоизлучатели, панели с лампами накаливания (рис. 1).

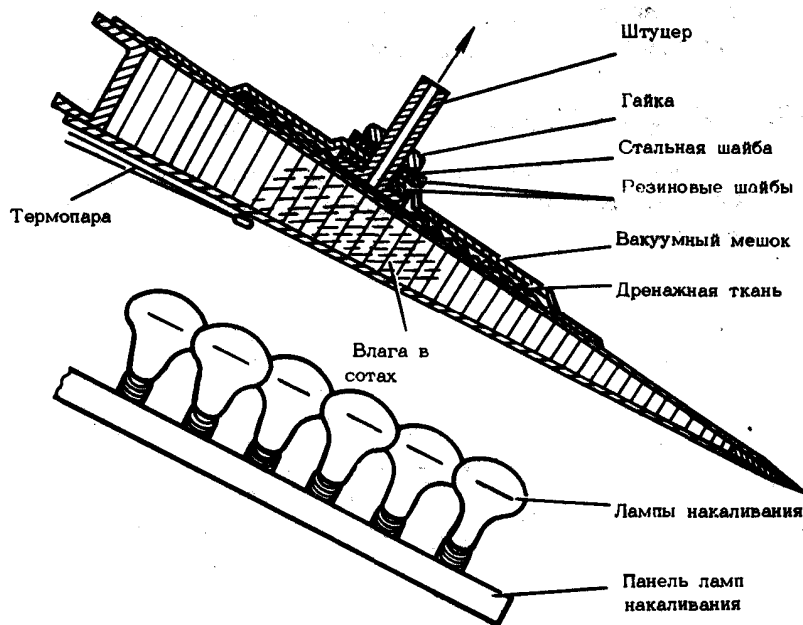


Рис. 1. Удаление влаги из сот

После удаления влаги производят ремонт обшивки: поверхность зачищают шлифовальными шкурками, поверх дефекта (царапины, прокола) устанавливают компенсирующую заплату. При этом не учитываются структурные изменения в сотах, вызванные коррозией. Сочетание

различных типов нагружения и изменения характера коррозионного воздействия на стоянках и в полете, а также эксплуатация воздушных судов в разных климатических зонах затрудняет оценку и прогнозирование развития коррозионных поражений.

Питтинговая коррозия, применительно к алюминиевым сплавам, имеет свойство замедляться по мере своего развития. Однако изменение потерь механических свойств и потерь массы не подчиняется этой закономерности, поскольку они складываются из различных показателей, связанных не только с размером, но и с количеством питтингов, а также с количеством вновь образующихся питтингов. Соответственно изменение потерь механических свойств, связанное с процессом коррозии, происходит с меньшим торможением или даже без него. Более того, потери механических свойств в результате коррозионного воздействия среды существенно зависят от толщины изделия, особенно велики они на образцах, толщиной менее 1,0 мм, которые и используются при изготовлении сотового заполнителя.

Таким образом, развитие коррозионных поражений алюминиевого сотового заполнителя, вызванных воздействием влаги при разгерметизации конструкции, не поддается прогнозированию и может служить причиной его разрушения и, как следствие, разрушения всего агрегата или его выхода из строя. Поэтому необходимо предложить методику диагностирования коррозионных разрушений сотовых конструкций в процессе технического обслуживания воздушных судов и, в частности, рассмотреть возможность применения для этих целей отечественных дефектоскопов ИД-91М, УДЗ-103 «Пеленг» и «ДАМИ-С», прошедших межведомственные испытания и включенных в ведомственный реестр средств контроля, в настоящее время активно использующихся в гражданской авиации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по акустическому импедансному контролю авиационных конструкций из металлических и полимерных композиционных материалов (ПКМ): утв. НЦ ПЛГВС ГосНИИ ГА и ОАО "Туполев" и согласованные с ОАО им. С.В. Ильюшина, ОАО "ОКБ им. А.С. Яковлева" и АНТК "Антонов", 2003.
2. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. - М.: ООО ТИД «Альянс», 2006.
3. Синявский В.С., Вальков В.Д., Калинин В.Д. Коррозия и защита алюминиевых сплавов. - М.: Металлургия, 1986.
4. Сокол И.Я., Ульянов Е.А. и др. Структура и коррозия металлов и сплавов. - М.: Металлургия, 1989.
5. Шраер Л.Л. Коррозия: справочник. - М.: Металлургия, 1981.

THE ANALYSIS OF ALUMINUM HONEYCOMB CORE OPERATION FEATURES

Sannykov A.V.

Water influence on metal honeycomb core of sandwich structure panel is analyzed. Limitations of sandwich structure panel control are detected.

Key words: corrosion, sandwich structure, honeycomb core, aluminum.

Сведения об авторе

Санников Алексей Валериевич, 1988 г.р., окончил МГТУ ГА (2010), аспирант МГТУ ГА, область научных интересов – диагностика и неразрушающий контроль авиационной техники.

УДК 656.7:658

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА К ИНФОРМАЦИИ

Н.А. КУСКОВ

Статья представлена доктором военных наук, профессором Родионовым М.А.

В статье рассматриваются особенности несанкционированного доступа к информации в информационно-телекоммуникационных системах и способы аутентификации пользователей.

Ключевые слова: информационно-телекоммуникационная система, несанкционированный доступ, средства разграничения доступа, аутентификация.

Анализ циркулирования информации в автоматизированных системах (АС) управления производством и коллективами людей позволяет предложить следующие основные способы несанкционированного доступа к информации в компьютерных системах:

- непосредственное обращение к объекту с конфиденциальной информацией (например, с помощью управляемой пользователем программы, читающей данные из файла или записывающей их в него);
- создание программных и технических средств, выполняющих обращение к объекту в обход средств защиты (например, с использованием случайно или намеренно оставленных разработчиком этих средств, так называемых люков);
- модификация средств защиты для осуществления несанкционированного доступа (например, внедрение программных закладок);
- внедрение в технические средства программных или технических механизмов, нарушающих структуру и функции этих средств для осуществления несанкционированного доступа (например, путем загрузки на компьютере иной, незащищенной операционной системы).

Модель нарушителя в руководящих документах ФСТЭК России определяется исходя из следующих предположений:

- нарушитель имеет доступ к работе со штатными средствами информационных телекоммуникационных систем (ИТКС);
- нарушитель является специалистом высшей квалификации (знает все о ИТКС и, в частности, о системе и средствах ее защиты).

Можно выделить следующие уровни возможностей нарушителя, предоставляемые ему штатными средствами ИТКС (каждый следующий уровень включает в себя предыдущий):

- 1) запуск программ из фиксированного набора (например, подготовка документов или получение почтовых сообщений);
- 2) создание и запуск собственных программ (возможности опытного пользователя или пользователя с полномочиями отладки программ);
- 3) управление функционированием ИТКС - воздействие на ее базовое программное обеспечение, состав и конфигурацию ИТКС (например, внедрение программной закладки);
- 4) весь объем возможностей лиц, осуществляющих проектирование, реализацию и ремонт средств ИТКС, вплоть до включения в состав ИТКС собственных средств вычислительной техники (СВТ) с новыми функциями.

С учетом различных уровней возможностей нарушителя выделяют следующие вспомогательные способы несанкционированного доступа к информации в ИТКС, позволяющие нарушителю использовать перечисленные ранее основные способы:

- ручной или программный подбор паролей путем их полного перебора или при помощи специального словаря (взлом ИТКС);

- подключение к критически важным элементам ИТКС в момент кратковременного прекращения работы легального пользователя, работающего в интерактивном режиме и не заблокировавшего свой терминал;
- подключение к линии связи и перехват доступа к ИТКС после отправки пакета завершения сеанса легального пользователя, работающего в удаленном режиме;
- выдача себя за легального пользователя с применением похищенной у него или полученной обманным путем (с помощью так называемой социальной инженерии) идентифицирующей информации;
- создание условий для связи по компьютерной сети легального пользователя с терминалом нарушителя, выдающего себя за легального объекта ИТКС (например, одного из ее серверов);
- создание условий для возникновения в работе ИТКС сбоев, которые могут повлечь за собой отключение средств защиты информации или нарушение правил политики безопасности;
- тщательное изучение подсистемы защиты ИТКС и используемой в ней политики безопасности, выявление ошибочных участков в программных средствах защиты информации в ИТКС, введение программных закладок, разрешающих доступ нарушителю.

В соответствии с руководящими документами ФСТЭК России основными направлениями обеспечения защиты СВТ и АС, это же касается ИТКС, от несанкционированного доступа являются создание системы разграничения доступа (СРД) субъектов к объектам доступа и создание обеспечивающих средств для СРД.

К основным функциям СРД относятся:

- реализация правил разграничения доступа субъектов и их процессов к информации и устройствам создания ее твердых копий;
- изоляция процессов, выполняемых в интересах субъекта доступа, от других субъектов;
- управление потоками информации в целях предотвращения ее записи на носители несоответствующего уровня конфиденциальности;
- реализация правил обмена информацией между субъектами в информационно-телекоммуникационных сетях.

К функциям обеспечивающих средств для СРД относятся:

- идентификация и аутентификация субъектов и поддержание привязки субъекта к процессу, выполняемому для него;
- регистрация действий субъекта и активизированного им процесса;
- исключение и включение новых субъектов и объектов доступа, изменение полномочий субъектов;
- реакция на попытки несанкционированного доступа (сигнализация, блокировка, восстановление объекта после несанкционированного доступа);
- учет выходных печатных форм в ИТКС;
- контроль целостности программной и информационной части СРД и обеспечивающих ее средств.

Итак, основными способами защиты от несанкционированного доступа к информации в ИТКС являются аутентификация, авторизация (определение прав доступа субъекта к объекту с конфиденциальной информацией) и шифрование информации.

Под протоколом в общем случае понимают конечную последовательность однозначно и точно определенных действий, выполняемых двумя или более сторонами для достижения желаемого результата за конечное время.

Присвоение каждому пользователю ИТКС уникального логического имени, под которым он регистрируется в базе данных учетных записей, не только позволяет предоставить разным пользователям ИТКС различный уровень прав в ней, но и дает возможность полного учета всех входов пользователя в систему в журнале аудита.

Доступ к базе данных учетных записей ИТКС как по чтению, так и по записи должен быть разрешен только привилегированному пользователю (администратору).

Для удобства назначения полномочий пользователям ИТКС они могут объединяться в группы в соответствии с должностным положением пользователей в организации и (или) их принадлежностью одному из ее структурных подразделений. Информация о группах пользователей также может размещаться в регистрационной базе данных ИТКС.

Автором в ходе диссертационных исследований рассматриваются способы аутентификации пользователей в ИТКС, которые можно подразделить на три группы.

К **первой группе** относятся способы аутентификации, основанные на том, что пользователь знает некоторую подтверждающую его подлинность информацию (парольная аутентификация и аутентификация на основе модели «рукопожатия»).

Ко **второй группе** относятся способы аутентификации, основанные на том, что пользователь имеет некоторый материальный объект, который может подтвердить его подлинность (например, пластиковую карту с идентифицирующей пользователя информацией).

К **третьей группе** относятся способы аутентификации, основанные на таких данных, которые позволяют однозначно считать, что пользователь и есть тот самый субъект, за которого себя выдает (биометрические данные, особенности клавиатурного почерка и росписи мышью и т.п.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Игнатьев В.А. Информационная безопасность современного коммерческого предприятия. - М.: Юнити, 2012.
2. Шаньгин В.Ф. Компьютерная безопасность информационных систем. - М.: Инфра-М, 2009.

RESEARCH METHODS OF UNAUTHORIZED ACCESS TO INFORMATION

Kuskov N.A.

The article deals with the features of unauthorized access to information in information and telecommunication systems and methods of user authentication.

Key words: information and telecommunication systems, unauthorized access, means of access, authentication.

Сведения об авторе

Кусков Николай Александрович, 1985 г.р., окончил ВА РВСН им. Петра Великого (2002), соискатель ученой степени кандидата технических наук при ВА РВСН им. Петра Великого, автор более 10 научных работ, область научных интересов – информационная безопасность, информационные технологии, технические методы и средства защиты информации.

УДК 347.822.4:37.037.1

ЦЕННОСТНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Д.В. МОРЩИНИНА, В.В. КАРПУШИН, В.И. ШАЛУПИН

Рассматриваются вопросы профессионально-прикладной физической подготовки специалистов гражданской авиации с целью их использования для безопасности полетов.

Ключевые слова: профессионально-прикладная физическая подготовка, физическая культура, безопасность полетов.

Дальнейшее совершенствование авиационной техники, возрастание объема и интенсивности труда предъявляют повышенные требования к качеству подготовки специалистов гражданской авиации.

В связи с этим важную роль имеет обеспечение необходимого уровня профессиональной готовности будущих специалистов, включающее физическую подготовленность, тренированность, работоспособность, развитие профессионально важных качеств (ПВК) и психомоторных способностей. Идея использования средств физической культуры в процессе подготовки человека к труду не является принципиально новой. Еще в 1891 году П.Ф. Лесгафт писал, что вводя физическое образование в профессиональную школу, мы можем достичь искусства в ремесле. Профессор В.В. Гориневский, выступая в 1923 году на съезде врачей, отмечал, что кроме хорошей организации труда, снижающей опасность профессии, кроме улучшения быта и условий труда в санитарном отношении, необходимо улучшить профессиональные качества специалиста путем физических упражнений, которые делают человека приспособленным к более трудной деятельности и стойким к неблагоприятным факторам.

Составная часть физического воспитания, занимающаяся вопросами, связанными с подготовкой к трудовой деятельности, получила свое название – профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП).

Теоретическое обоснование ППФП одним из первых дал В.В. Белинович [1]. Автор определил задачи ППФП, направленные на содействие всестороннему физическому развитию и достижению высокого уровня физической подготовленности учащихся, а также развитие физических качеств, особенно важных для данной профессиональной деятельности и воспитание специфических волевых качеств. Общепринято, что в содержание прикладной физической подготовки должны входить обычные средства – физические упражнения и виды спорта, но подобранные и организованные в соответствии с поставленными задачами.

В основе влияния занятий физическими упражнениями на успешность профессиональной деятельности лежит механизм переноса двигательного навыка, умений, сформированных в области физической культуры, на результат овладения навыками и умениями в трудовой деятельности [7].

Основная направленность занятий заключается в том, чтобы увеличить диапазон функциональных возможностей организма человека, расширить арсенал его двигательной координации, а также обеспечить эффективную адаптацию организма к различным факторам трудовой деятельности.

В 1985 г. Р.Т. Раевский дал определение профессионально-прикладной физической подготовки: *под ППФП понимается подсистема физического воспитания, наилучшим образом обеспечивающая формирование и совершенствование свойств и качеств, имеющих существенное значение для конкретной профессиональной деятельности* [6].

Сущность ППФП состоит в оптимальном использовании средств, методов и форм физического воспитания с целью достижения и поддержания на базе общефизической подготовки ОФП преимущественного развития психических и физических качеств, к которым предъявляют повышенные требования в процессе обучения и освоения профессии [3].

В процессе исследований Р.Т. Раевского было выявлено, что недостаточный уровень развития физических качеств молодых инженеров промышленных предприятий является причиной 24 % всех задержек в работе, аварий, остановкой оборудования, а недостаточный уровень психических качеств и того больше – 37 % ошибок [6].

По данным ученых точно установлено, что общая физическая подготовка не находит непосредственного применения в процессе труда, а лишь создает предпосылки для успешной профессиональной деятельности, опосредованно проявляясь в ней через такие факторы, как состояние здоровья, степень физической тренированности, адаптации к условиям труда [4, 5].

Не вызывает сомнений, что каждая профессия имеет свою двигательную специфику, отличающуюся условиями труда, психофизиологическими характеристиками и предъявляющую различные требования к уровню развития физических качеств, психофизиологических функций и психических свойств и качеств личности.

Известно, что адаптация человека к условиям производства без специальной психофизической подготовки может длиться от 1 года до 5-7 лет [2]. Поэтому учебные заведения гражданской авиации, обучающие профессиональной деятельности (вузы, колледжи и др.), для повышения качества выпускаемых специалистов развивают специфические физические качества, физиологические функции, психические качества, передают соответствующие знания, умения и навыки, необходимые для эффективного овладения конкретными профессиями.

В настоящее время при организации учебного процесса перед каждым учебным заведением гражданской авиации (ГА) ставится задача – вести подготовку специалистов на высоком научно-техническом уровне с применением современных методов организации учебно-воспитательного процесса, обеспечивающих использование ими полученных знаний и умений в практической работе или научных исследованиях. Однако полноценное использование профессиональных знаний и умений возможно только при хорошем состоянии здоровья, высокой работоспособности молодых специалистов, которые могут быть приобретены ими при регулярных и специально организованных занятиях физической культурой и спортом. Следовательно, качество подготовки, в том числе и физической, к предстоящей профессиональной деятельности для каждого молодого специалиста приобретает не только личное, но и социально-экономическое значение.

Исследования показывают, что общая физическая подготовка специалистов ГА не может полностью решить задачи по качественному обслуживанию авиационной техники, так как современный высококвалифицированный труд авиационных инженеров требует, кроме того, определенного профилирования физического воспитания в соответствии с особенностями профессии. Поэтому физическое воспитание студентов в вузах ГА имеет свои специфические особенности: конкретная направленность его как предмета учебного плана определяется не только общими социальными задачами, которые призваны решать физическое воспитание, но и требо-

ваниями, предъявляемыми специальностью, к которой готовят студента. Вследствие этого физическое воспитание студентов авиационных вузов должно осуществляться с учетом условий и характера их предстоящей профессиональной деятельности, а значит, содержать в себе элементы **профессионально-прикладной физической подготовки**, использовать средства физической культуры и спорта для формирования профессионально необходимых физических качеств, навыков, знаний, а также для повышения устойчивости организма к воздействию неблагоприятных факторов профессиональной деятельности.

Эксперты Федеральной авиационной службы (ФАС) считают, что основной причиной авиапроисшествий остается «человеческий фактор», т.е. ошибки летного, диспетчерского и технического состава (79 % от общего количества авиапроисшествий) [8]. Этим и объясняются те высокие требования к летному и диспетчерскому составу в области не только знаний техники, наставлений по производству полётов и руководящих документов по профессиональной подготовке, но и к физической и психофизиологической подготовке, определяющей их надежную работу в условиях профессиональной деятельности. Следовательно, профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) является одним из компонентов при системной организации профессиональной подготовки летного, диспетчерского и технического состава гражданской авиации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белинович В.В. Обучение в физическом воспитании. - М.: Физкультура и спорт, 1959.
2. Ильинич В.И. Профессионально-прикладная физическая подготовка студентов вузов (Научно-методические и организационные основы). - М.: Высшая школа, 1979.
3. Кузнецов В.С. Прикладная физическая подготовка. - М.: Владос, 2003.
4. Макаров Р.Н., Нужный А.А. Основы физической подготовки летного состава ГА. - М.: Воздушный транспорт, 1989.
5. Нужный А.А. Организационно-дидактические основы физической подготовки курсантов-пилотов. - М.: Луга, 1993.
6. Раевский Р. Т. Профессионально-прикладная физическая подготовка студентов технических вузов. - М.: Высшая школа, 1985.
7. Федорова С.В. Профессионально-прикладная физическая подготовка: учеб. пособие. - Владивосток: Дальрыб. ВТУЗ, 2003.
8. Шалупин В.И., Нужный А.А., Карпушин В.В. Основы профессионально-прикладной физической подготовки будущих специалистов ГА. - М.: МГТУ ГА, 2011.

VALUABLE ASPECTS OF PROFESSIONAL AND APPLIED PHYSICAL PREPARATION IN THE COURSE OF TRAINING OF EXPERTS OF CIVIL AVIATION

Morschinina D.V., Karpushin V.V., Shalupin V.I.

Questions of professional and applied physical training of specialists of civil aviation for the purpose of their use for safety of flights are considered.

Key words: professional and applied physical preparation, physical culture, safety of flights.

Сведения об авторах

Морщинина Диана Викторовна, окончила Азербайджанский ГИФК им. С. Кирова (1985), заслуженный работник физической культуры РФ, заслуженный мастер спорта РФ, заслуженный тренер РФ, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физического воспитания МГТУ ГА, автор более 30 научных работ, область научных интересов – физическая культура студентов высших учебных заведений.

Карпушин Валерий Владимирович, 1949 г. р., окончил Смоленский ГИФК (1972), почетный работник высшего профессионального образования РФ, доцент кафедры физического воспитания МГТУ ГА, автор более 20 научных работ, область научных интересов – физическая культура студентов учебных заведений гражданской авиации.

Шалупин Владимир Ильич, 1955 г.р., окончил ВИФК (1979), заслуженный работник физической культуры РФ, кандидат педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой физического воспитания МГТУ ГА, автор более 60 научных работ, область научных интересов – профессионально-прикладная физическая подготовка.

УДК 37.0371:001.85-057.875

ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА В СИСТЕМЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ МГТУ ГА

В.В. АНТИПАС, А.Д. ЖУРБИНА

Статья представлена доктором технических наук, профессором Зубковым Б.В.

Рассматривается необходимость целенаправленного использования средств физического воспитания в соответствии со спецификой профессий в системе подготовки будущих специалистов ГА. Даются рекомендации по снижению риска возникновения профессиональных заболеваний.

Ключевые слова: профессия, специфика, адаптация, физические качества, двигательные навыки, здоровье.

Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП), являющаяся составной частью системы подготовки студентов к будущей профессии, благодаря алгоритму с использованием специально подобранных физических упражнений к конкретной специальности (учитывая психофизические требования, предъявляемые конкретной профессией) позволяет уже в стенах университета адаптировать в определённой степени студентов к их будущей специальности: приобрести те двигательные умения и навыки, физические и психические качества, педагогические навыки, которые в своей совокупности будут необходимы в будущей профессиональной деятельности.

Исходя из психофизических особенностей профессий, все специальности, по которым обучаются студенты нашего университета, можно условно объединить в две группы:

первая группа – малоподвижные работы с небольшими мышечными усилиями, с преобладанием нервного и умственного напряжения; как правило, это монотонный труд, выполняемый сидя, с ограниченными движениями, требующими точной координации, напряжения внимания, зрения (инженеры-программисты, инженеры-экономисты, инженеры-аналитики, диспетчеры);

вторая группа – профессии, сочетающие физическую и умственную деятельность при средних физических усилиях и достаточно большом разнообразии трудовых движений; работа характеризуется частой сменой динамических и статических напряжений (инженеры-механики, инженеры-электрики, инженеры радиоэлектронных систем).

Анализируя характер этих двух групп профессий, мы заметим существенное различие с позиции физической подготовки: для первой группы профессий необходимо средствами физического воспитания компенсировать недостаток двигательной активности, который, как мы понимаем, отрицательно влияет как на качество профессиональной деятельности, так и на функционирование систем организма: из-за недостаточного кровотока (когда в определённых участках тела сосуды и нервы сдавлены) ухудшаются и нарушаются обменные процессы на внутриклеточном уровне, отдельные органы и системы организма не получают должного количества кислорода, питательных веществ и микроэлементов, мышечная система ослабевает; организм человека находится долгое время в дискомфортном состоянии и, в конце концов, начинает болеть. Длительное умственное и нервное напряжение, характерное для этого ряда профессий, ещё более усугубляет картину; в конечном итоге происходит то, что называют профессиональным заболеванием. Особо проблемными органами являются позвоночник (зачастую шейный и поясничный отделы), мышцы шеи, спины, которые долгое время (как в режиме одного рабочего дня, так и в многолетней производственной деятельности) находятся в статическом положении; на протяжении рабочего дня межпозвонковые диски испытывают такую нагрузку,

как, предположим, штангист за тренировку. Вспомнив, что такое позвоночник и что внутри позвоночного канала проходит от головного мозга на протяжении всего позвоночного столба спинной мозг с многочисленными нервными ответвлениями, можно сказать без преувеличения, что позвоночник является «стержнем здоровья» человека. Стоит нарушить иннервацию (из-за сдавливания межпозвонковых дисков), т.е. прохождение нервных импульсов, идущих от головного мозга к конкретному органу, так сразу нарушается его деятельность.

Но, в конце концов, не так всё и плохо, если вспомнить о производственной гимнастике и призвать её на помощь. А если ещё добавить (в недельном цикле) несколько самостоятельных занятий (или, что ещё лучше, занятий в группе под руководством педагога) физической культурой вне рабочего времени, то жизнь становится если не прекрасной, то вполне достойной, т.е. то, что мы называем «в здоровом теле здоровый дух».

Представители второй же группы профессий (по её определению) с позиции двигательной активности имеют значительные привилегии, т.е. характер самой профессиональной деятельности предполагает многообразие двигательных действий разной интенсивности и амплитуды, смены статических поз на динамические действия; работа не монотонна и достаточно разнообразна. В суставах и мышцах нет таких застойных явлений, какие обычно присутствуют при малоподвижном образе жизни.

Подведем небольшой итог к вышесказанному, обозначив некоторые наиболее важные требования этих двух групп профессий с точки зрения психофизических качеств и дав рекомендации к физической подготовке студентов.

Для первой группы профессий очень важным являются: высокая степень статической выносливости мышц туловища, в особенности шеи и спины, хорошая подвижность суставов рук и пальцев и большая точность их движений (ловкость), психоэмоциональная устойчивость к продолжительной однообразной умственной работе, хороший уровень двигательной реакции и высокая степень устойчивости и распределения внимания, хорошая функциональная подвижность нервной системы и хорошее состояние сердечнососудистой и дыхательной систем.

Важнейшим условием для нормальной работы всех органов и систем организма является высокая работоспособность сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Поэтому в процесс физической подготовки необходимо включать упражнения, активизирующие деятельность этих систем: наклоны, повороты, вращения головой; упражнения, связанные с быстрым изменением положения туловища и головы (попеременные рывково-тормозные наклоны туловища во фронтальной и профильной плоскостях, повороты и вращения). Эти упражнения хорошо тонизируют сосуды, обеспечивая усиленный кровоток, тренируют вестибулярный аппарат, обеспечивая улучшение обменных процессов (по данным академика Б.Н. Колосовского). В комплекс физической подготовки следует также включать разнообразные движения глазами (при неподвижной голове), например, вращательные движения, описание «восьмёрки» и др.

Для улучшения статической силы и выносливости мышц спины и шеи необходимо использовать упражнения в изометрическом режиме (или, на первых порах, в медленном динамическом режиме) – это из различных исходных положений удержание туловища (или медленные движения им), упражнения с самосопротивлением для мышц шеи.

В комплексе, разумеется, должны присутствовать общеразвивающие упражнения и на мышцы рук, плечевого пояса и ног как силовой направленности, так и для улучшения суставной подвижности и координационных способностей.

Говоря о второй группе профессий, будем исходить из следующих позиций:

- комплекс упражнений должен быть направлен на всестороннюю физическую подготовку, воспитывающую основные физические качества и двигательные навыки;

- необходимо использовать упражнения для развития статической и динамической выносливости основных мышечных групп;
- включать упражнения, тренирующие вестибулярный аппарат и повышающие его устойчивость к динамическому и статическому равновесию как, например, при передвижении по ограниченной опоре (в том числе и на высоте);
- использовать специальные упражнения, вырабатывающие навыки в лазании и переноске небольших грузов;
- общеразвивающие упражнения по развитию ловкости (координации и точности движений) также должны присутствовать в комплексе.

К средствам, которые могут быть использованы в профессионально-прикладной физической подготовке студентов, можно отнести: широкий спектр гимнастических упражнений - общеразвивающие упражнения, включая упражнения с предметами (мячами, гимнастическими палками, скакалками, обручами), гантелями и амортизаторами, групповые и упражнения в парах, на снарядах (и с ними) массового пользования (гимнастических стенках, скамейках, канате), на спортивных снарядах (брусьях, перекладине, коне, кольцах), акробатические упражнения; разнонаправленные упражнения на тренажерах; эстафеты и подвижные игры, спортивные; легкоатлетические упражнения; занятия на лыжах.

Один из вариантов эффективного проведения занятий по ППФП – это занятия на универсальном гимнастическом городке (разработанном на кафедре физвоспитания МГТУ ГА и установленном на территории стадиона), состоящем из трех одинаковых секций из металлоконструкций (по 15 м каждая), включающих серию гимнастических стенок, разновысоких перекладин, параллельных брусьев, мест для укрепления мышц живота. Занятия можно проводить с высокой моторной плотностью, ибо на одной секции можно задействовать одновременно 30 человек, т.е. учебную группу. Несложно при соответствующей организации учебного процесса использовать гимнастический городок для разных вариантов круговой тренировки; система повторяющихся снарядов позволяет выполнять задания прикладного характера – преодоление препятствий: ходьба на руках (на брусьях), передвижение в висе на руках (на перекладине), прохождение по гимнастическим стенкам, варьируя высоту и многое другое.

Важно отметить особую пользу занятий физической подготовкой на открытом воздухе, когда параллельно с реализацией основных задач физического воспитания (общего оздоровления организма, воспитания основных физических качеств, жизненно-важных двигательных умений и навыков и др.) решается вопрос адаптации организма человека к меняющимся метеоусловиям, в том числе температуре воздуха; т.е. в процессе систематических занятий организм закаливается, что особенно важно представителям второй группы профессий, когда специалисту приходится перемещаться со служебных помещений на аэродром (и наоборот).

Система тестов и контрольных упражнений позволяет отслеживать уровень физической подготовленности студентов и вносить коррективы в процессе всего обучения в университете.

Профессионально-прикладная физическая подготовка, являясь подсистемой физического воспитания, гармонично вплетена в учебную программу кафедры. Успешная реализация задач ППФП возможна при выполнении следующих условий:

- наличие материально-технической базы (спортзалы, площадки, стадион, спортивные снаряды и инвентарь, тренажеры);
- наличие учебно-методической литературы;
- хороший уровень организации физического воспитания в коллективе;
- наличие квалифицированных специалистов – руководителей ППФП;
- просветительская работа среди студентов.

Таким образом, ППФП студентов – это сложный системный процесс, связанный с воспитательной, образовательной и оздоровительной работой, проводимой на кафедре физического воспитания и имеющей важное значение для подготовки специалистов в области гражданской авиации.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Раевский Р.Т.** Профессионально-прикладная физическая подготовка студентов технических вузов: учеб. пособие. - М.: Высшая школа, 1985.
2. Гимнастика и методика преподавания: учеб. для институтов физической культуры / под ред. В.М. Смолевского. - 3-е изд., перераб., доп. - М.: ФИС, 1987.
3. **Антипас В.В.** Оздоровительная гимнастика: пособие. - М.: МГТУ ГА, 2007.
4. **Шевченко А.А., Перевошиков Ю.А.** Основы физического воспитания. - Киев: Высшая школа, 1984.
5. **Арестов Ю.М., Климин В.П.** Контроль и оценка физического состояния студентов учебных заведений гражданской авиации. - М.: МГТУ ГА, 1999.

PROFESSIONALLY-APPLIED PHYSICAL TRAINING IN THE SYSTEM OF MSTUCA STUDENTS TRAINING

Antipas B.B., Jurbina A.D.

The necessity for the purposeful use of physical training means in compliance with the specific features of professions in the system of future CA specialists training are dealt with. Recommendations on reducing the risk of professional diseases are given.

Key words: profession, specific features, adaptation, physical qualities, motor habits, health.

Сведения об авторах

Антипас Владимир Васильевич, 1952 г.р., окончил МОГИФК (1977), старший преподаватель кафедры физического воспитания МГТУ ГА, автор более 15 научных работ, область научных интересов – методическое и техническое обеспечение учебного процесса по физическому воспитанию, эффективность и качество учебных занятий.

Журбина Александра Даниловна, окончила ВГИФК (1971), ВНИИФК (1976), кандидат педагогических наук, доцент кафедры физического воспитания МГТУ ГА, почетный работник высшего профессионального образования, автор более 40 научных работ, область научных интересов - физическая культура и спорт.

ББК 05
Н 34
Св. план 2013 г.

Научный Вестник МГТУ ГА
№ 192

ISBN 978-5-86311-886-4

Свидетельство о регистрации в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) ПИ № ФС77-47989 от 27 декабря 2011 г.

Редакторы Т.М. Приорова, И.В. Вилкова
Компьютерная верстка Т.Н. Котиковой

Подписано в печать 31.05.13 г.

Печать офсетная
17,25 усл. печ. л.

Формат 60x90/8
Заказ № 1602/

15,96 уч.-изд. л.
Тираж 100 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20
Редакционно-издательский отдел
125493 Москва, ул. Пулковская, д. 6а

Подписной индекс в каталоге Роспечати 84254
© Московский государственный
технический университет ГА, 2013