

КОНТРОЛЬ И ИСПЫТАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ИХ СИСТЕМ

УДК 629.7.018

ВОЗМОЖНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ БОРТОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ НАЗЕМНЫХ И ЛЁТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ

Патрикеев С.А.

*ОКБ Сухого,
ул. Поликарпова, 23А, а/я 483, Москва, 125284, Россия
e-mail: pro1377@mail.ru*

Испытания являются важной составляющей процесса создания авиационных комплексов (АК), наиболее ответственным этапом их жизненного цикла. Доминирующая роль в испытаниях АК принадлежит лётным испытаниям (ЛИ), на которые, по статистике, расходуется около половины трудовых и материальных ресурсов, необходимых для создания АК, а их продолжительность достигает 40% всей продолжительности цикла создания. Срок и стоимость выполнения лётной оценки тактико-технических характеристик АК определяются прежде всего методом проведения испытаний. Поэтому совершенствование методологии ЛИ должно быть непрерывным процессом, который опережает процессы создания и модернизации АК.

Ключевые слова: лётно-конструкторские испытания, бортовое оборудование, траектория полёта, оптимизация планирования испытаний.

Основные современные тенденции развития авиации в мире базируются на том, что качество АК определяется в основном не только характеристиками носителя, но и возможностями комплекса бортового оборудования (КБО) [4].

Современные боевые действия характеризуются скоротечностью, являются высокоманевренными и проходят в условиях оперативно меняющейся тактической (оперативно-тактической) обстановки. Характер подобного тактического (оперативно-тактического) фона диктует необходимость круглосуточного и всепогодного применения авиации как с подготовленных в радиотехническом отношении аэродромов, так и с необорудованных. В связи с

этим предъявляются высокие требования к своевременности организации и осуществления радиотехнического обеспечения (РТО) на аэродромах.

Анализ применения АК России [14, 15] в локальных вооруженных конфликтах последнего времени показал, что при выполнении задач в условиях горной местности обеспечение экипажей достоверной радионавигационной информацией крайне недостаточное, а в некоторых случаях ее использование практически невозможно [1].

Для оценки соответствия параметров и характеристик средств связи и РТО полетов требованиям нормативно-технической документации и определения их способности обеспечивать полеты лета-

тельных аппаратов (ЛА) в соответствии с предназначением проводится летная проверка средств связи и радиотехнического обеспечения полетов. Из анализа состава мобильной системы РТО следует, что она не в состоянии развернуть средства по полной схеме в минимальные сроки так, чтобы новый аэродром был пригоден для осуществления взлета и посадки при крайне неблагоприятных погодных условиях [2]. Причиной является то, что на вооружении подразделений связи и РТО находятся средства обеспечения инструментального захода самолетов на посадку, которые требуют при развертывании на новой позиции летной проверки. В соответствии с требованиями руководящих документов по безопасности полетов использование для обеспечения полетов радиотехнических средств, не прошедших летную проверку, запрещено [3]. Как правило, летная проверка средств связи и РТО организуется и проводится непосредственно в авиационных формированиях в соответствии с заявками. Летную проверку некоторых средств РТО, например стартовых командных пунктов, радиолокационных систем посадки [13], приводных радиостанций, радиолокационных средств, светосигнального оборудования, можно производить боевым или учебно-боевым самолетом, но проверку средств инструментального захода летательных аппаратов на посадку необходимо проводить специальным самолетом-лабораторией. Такие летные проверки заранее планируются и проводятся только в определенные сроки, указанные в плане проведения летных проверок. Данное обстоятельство негативно влияет на своевременность подготовки новых аэродромов в радиотехническом отношении.

Поэтому полевые аэродромы, аэродромные участки дорог (АУД) оборудуются средствами мобильных подразделений связи и РТО только приводными радиостанциями и радиолокационными системами посадки. Данные аэродромы будут пригодны в радиотехническом отношении для взлета и посадки только в простых и сложных метеоусловиях. Поэтому приоритетным направлением повышения своевременности РТО полетов авиации является уменьшение времени на подготовку системы РТО аэродромов к приему экипажей.

Характерные для последних лет высокие темпы разработки и создания бортового оборудования вошли в противоречие с длительным сроком эксплуатации планера и двигателя [6]. Разрешение этого противоречия предполагает разрыв единого жизненного цикла АК как совокупности летательного аппарата и его оборудования и переход к логически связанным разделенным циклам создания ЛА и КБО [7].

Ярким примером современной идеологии восстановления авиационного парка служат концепции модернизации АК [8]. Одним из результатов перехода к новой идеологии является изменение традиционной схемы при проведении испытаний модернизированных (МиГ-29, Су-25) и экспериментальных (ПАК ФА) ЛА, заключающееся в проведении разделенных, но логически связанных испытаний ЛА и КБО, сочетании отдельных этапов и переносе центра тяжести испытаний ЛА и (или) КБО на летную часть как наиболее информативную. В истребителе пятого поколения США F-35 новая идеология заключается в программе ЛИ, предусматривающей создание единой модели истребителя для ВВС, ВМФ и морской пехоты. Данная модель, по оценкам специалистов МО США, должна сократить расходы на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы почти вдвое.

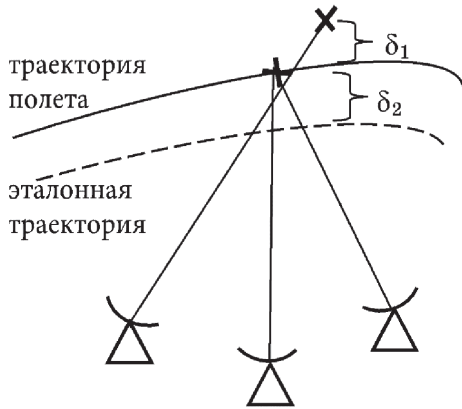
В работе представлены исследования развития бортовых систем наблюдения (Т. Абдирасулулу, Е.В. Алексеев, Д.Н. Данилов, Г.Г. Жук, А.С. Ташходжаев, А.В. Убайчин, А.В. Филатов). Ранее подобные исследования были проведены коллективом авторов в области автоматизированной системы управления рисками при разработке систем бортовых измерений (В.В. Бондарцев, Т.Г. Токмакова, А.А. Бордуков), а также с моделями с погрешностями (А.Н. Новиков, А.Н. Миронов, С.В. Пузанков). Особое внимание уделялось разработке системы преодоления шумов (В.В. Орешко, А.И. Куликов, П.Е. Романов, Ю.В. Плотникова) и методик оценки предлагаемых изменений (В.В. Пятков, П.В. Васильев, А.В. Мелешко, Д.А. Шеломанов).

Постановка задачи

В нынешних условиях основным фактором, определяющим стоимость и сроки формирования авиационного парка [5], является фактор оптимального использования всех видов ограниченных ресурсов [10]. Летно-модельный и цифро-натурный методы испытаний, которые сейчас используются в практике ЛИ, не учитывают специфики трансформации схемы испытаний АК и не ориентированы на минимизацию затрат при проведении непосредственно летного (натурного) эксперимента (ЛЭ) [12]. Поэтому возникает потребность поиска новых подходов к проведению ЛИ [11], обеспечивающих эффективность ЛЭ при сложившейся схеме испытаний, и снижению расходов всех видов ресурсов [7]. Такие подходы реализуются на основе организации управления ЛЭ по информационным критериям [9].

Изложение основного материала исследований

Пусть планируются летно-конструкторские испытания ЛА, сущность которых — дать ответ на вопрос, каким образом реализовано полетное задание (см. рисунок) с точностью не хуже заданной. Средства полигонного измерительного комплекса планируется задействовать для внешнетраекторных измерений координат и параметров движения контролируемого объекта.



δ_1 — погрешность измерений
 δ_2 — погрешность решения задачи
 Полетное задание

Номенклатура (качество и количество) этих средств внешнетраекторного контроля должна быть такой, чтобы решение об успешности (или неуспешности) пуска можно было принять с заданной вероятностью (в контексте ошибок первого и второго рода).

Удельная (в пересчете на одно измерение) стоимость привлечения каждого i -го средства измерений C_{yi} задана. Точностные характеристики каждого i -го средства считаем известными. В случае однопараметрической системы — это дисперсия σ_i^2 , а для многомерной системы — ковариационная матрица K_i .

Эталонная траектория (определенная полетным заданием) на этапе планирования испытаний может быть пересчитана в систему координат (параметров, которые измеряются) каждого средства измерений на любой момент полетного времени t_j . Обозначим этот вектор r_{ij} эталонными параметрами для i -го средства на момент времени t_i .

Измерения при испытаниях, проводимых этими средствами измерений, обозначим r_{ij} . Разницу между измеренным параметром \hat{r}_{ij} и эталонным значением r_{ij} обозначим как

$$y_{ij} = \hat{r}_{ij} - r_{ij}. \tag{1}$$

В этих различиях содержатся ошибки реализации заданного полетного задания и погрешности измерений i -го средства. Результирующая корреляционная матрица имеет вид

$$K_{ip} = K_i + K_{\text{ц}}, \tag{2}$$

где $K_{\text{ц}}$ — неизвестная корреляционная матрица погрешностей реализации заданной траектории.

Определим возможные гипотезы относительно результата испытательного полета ЛА:

H_0 — гипотеза, которая заключается в том, что полетное задание выполнено с точностью не хуже необходимой (пуск удачный);

H_1 — гипотеза, которая заключается в том, что полетное задание не реализовано с требуемой точностью (пуск неудачный).

Сама постановка и ответ на вопрос о том, что означает «точность оценки векторного параметра не хуже (хуже, лучше, не лучше ли) необходимой», сложны и недостаточно изучены даже в теоретическом плане. Поэтому стоит снять неоднозначное толкование этого вопроса.

В ряде фундаментальных и прикладных исследований намечены пути и предложены принципы получения критериев планирования наблюдений при оценке параметров движения объектов, которые обеспечивают необходимые и достаточные условия достижения точности оценки не хуже заданной и могут быть положены в основу теоретического решения проблемы.

В рамках решаемой проблемы задача планирования привлечения средств полигонного измерительного комплекса для внешнетраекторного контроля ЛИ и принятия решения об успешности реализации полетного задания с заданной вероятностью (в контексте ошибок первого и второго рода) является весьма сложной и требует для своего решения дополнительных теоретических исследований.

Основой для этого может стать совместное использование и развитие методов и выводов теории информации [19], математической статистики (прежде всего, статистической теории принятия решения) и математической теории планирования экспериментов.

Введем статистическое описание наблюдений для условий, когда справедливы определенные ранее гипотезы H_0 и H_1 относительно возможного результата испытательного пуска контрольной цели. Обозначим через $f_0(Y)$ и $f_1(Y)$ плотности вероятностей совокупного вектора наблюдений Y при ус-

ловии справедливости одной из гипотез H_0 и H_1 соответственно.

Совокупный вектор наблюдений в общем случае содержит составляющие вектора наблюдений Y_i каждого i -го средства измерений полигонного измерительного комплекса:

$$Y^T = \| Y_1^T Y_2^T \dots Y_i^T \dots Y_n^T \|. \quad (3)$$

Элементами частичных векторов Y_i являются наблюдения i -го средства измерений полигонного измерительного комплекса (в общем случае многопараметрические) в моменты времени t_i , так что

$$Y^T = \| y_{i1}^T y_{i2}^T \dots y_{ij}^T \dots y_{im_i}^T \|, \quad (4)$$

где m_i — количество наблюдений i -го средства измерений.

Без потерь целостности дальнейших рассуждений правомерно считать, что погрешности наблюдений различных измерительных средств полигонного измерительного комплекса взаимонезависимы. С учетом этого условные (по гипотезам) плотности вероятностей могут быть представлены в виде

$$f_k(Y) = \prod_{i=1}^n f_k(Y_i), \quad (5)$$

где $k = 0, 1$.

Ограничим наше рассмотрение случайной составляющей возможных отклонений во время испытаний траектории полета контрольной цели от расчетной и будем называть ее случайной погрешностью реализации заданной полетным заданием (эталонной) траектории. Эта составляющая погрешности отражает степень группировки реализованной траектории относительно эталонной (определяемой полетным заданием) и не отражает систематического отклонения (если таковое имеется) параметров полета контрольной цели от заданных.

Безусловно, появление систематической составляющей траекторной погрешности крайне нежелательно и может свидетельствовать о наличии ошибки в конструкции изделия, неисправности одной (или нескольких) его систем, ошибок в полетном задании и т. п. Аналогом может служить «сбивание прицела» при приемлемой кучности пулевой стрельбы по мишени. Наличие систематической составляющей траекторной погрешности может быть обнаружено только в серии испытательных пусков.

Вопрос учета систематической составляющей погрешности реализации заданной траектории рассмотрим отдельно.

Будем считать также, что совокупность наблюдений не содержит аномальных («сбойных») наблюдений (грубых промахов) и принадлежит одной генеральной совокупности, а различие условных (по гипотезам) плотностей вероятностей $f_0(Y)$ и $f_1(Y)$ состоит только в различии некоторых параметров θ , которые определяют характеристики точности реализации полетного задания.

В частности, при рассмотрении случайной составляющей погрешности реализации заданной траектории составляющими параметров могут быть элементы ковариационных матриц K_{Ω_0} и K_{Ω_1} , что, по сути, и характеризуют условия справедливости конкурирующих гипотез H_0 и H_1 .

С учетом последних выкладок условные (по гипотезам) плотности вероятностей можно представить в виде:

$$f_0(Y) = f(Y/\theta_0); \quad (6)$$

$$f_1(Y) = f(Y/\theta_1), \quad (7)$$

где θ_0 — вектор параметров в некоторой точке области значений Ω_0 , в которой выполняются условия справедливости гипотезы H_0 ; θ_1 — соответственно точка в области Ω_1 справедливости гипотезы H_1 ; $f(Y/\theta)$ — плотность вероятности вектора наблюдений при произвольном значении θ .

Для фиксированных значений θ_0 и θ_1 в областях Ω_0 и Ω_1 , определяющих условия справедливости гипотез H_0 и H_1 , по определению могут быть записаны выражения для информационных мер I_{01} и I_{10} . Это, по сути, выражения для определения среднего количества информации заданного объема, содержащегося в выборке наблюдений, для распознавания в пользу H_0 против конкурирующей гипотезы H_1 и в пользу H_1 против H_0 соответственно. При условии, что справедлива гипотеза H_0 , определяющий вектор параметров

$$\theta = \theta_0 \in \Omega_0, \quad (8)$$

а при справедливости гипотезы H_1

$$\theta = \theta_0 \in \Omega_1. \quad (9)$$

Соответственно,

$$I_{01} = \int_0^Y f(Y/\theta_0) \times \ln \frac{f(Y/\theta_0)}{f(Y/\theta_1)} dY; \quad (10)$$

$$I_{10} = \int_0^Y f(Y/\theta_1) \times \ln \frac{f(Y/\theta_1)}{f(Y/\theta_0)} dY. \quad (11)$$

По сути выражения (10), (11) позволяют при известной статистике и объеме наблюдений подсчитать количество информации, которая содержится в выборке наблюдений и может быть использована для принятия решения в пользу гипотез H_0 и H_1 соответственно, при фиксированных (заданных) значениях θ_0 и θ_1 .

Нетрудно заметить, что если $\theta_0 = \theta_1$, то при любом объеме выборки и при любой статистике наблюдений отличительная информация I_{01} и I_{10} тождественно равна нулю. Это отражает тот очевидный факт, что нельзя различить ситуации, которые не имеют отличительных признаков.

Подчеркнем также, что нахождение значения определяющего параметра в каждой из точек области Ω_0 соответствует ситуации справедливости гипотезы H_0 , а каждое из значений $\theta \in \Omega_1$ (любая точка области Ω_1) соответствует ситуации справедливости гипотезы H_1 .

Таким образом, фиксированные значения определяющих параметров $\{\theta_0, \theta_1\}$ вполне задают значение информации выражений (10), (11) и являются аргументами этих функций $I_{01}(\theta_0, \theta_1)$ и $I_{10}(\theta_0, \theta_1)$.

Воспользуемся еще одним известным в теории информации результатом, а именно системой неравенств, устанавливающей требования к количеству информации I_{01} и I_{10} , которая должна содержаться в выборке наблюдений для того, чтобы решение о справедливости одной из гипотез H_0 или H_1 можно было принять с заданной вероятностью в контексте значений ошибок первого и второго рода α, β .

С учетом принятых ранее обозначений эти информационные неравенства имеют вид:

$$I_{01}(\theta_0, \theta_1) \geq \beta \ln \frac{\beta}{1-\alpha} + (1-\beta) + (1-\beta) \ln \frac{1-\beta}{\alpha}; \quad (12)$$

$$I_{10}(\theta_0, \theta_1) \geq \alpha \ln \frac{\alpha}{1-\beta} + (1-\alpha) + (1-\alpha) \ln \frac{1-\alpha}{\beta}. \quad (13)$$

Левые части соотношений (12), (13) определяются в соответствии с выражениями (10), (11) и численно равны (для фиксированных $\theta_0 \in \Omega_0$ и $\theta_1 \in \Omega_1$) количества информации.

Правые части неравенств (12), (13) определяют необходимое количество отличительной информа-

ции в пользу H_0 против H_1 и в пользу H_1 против H_0 соответственно для принятия решения о справедливости одной из этих гипотез с заданными значениями ошибок первого и второго рода α, β .

Информационные неравенства (12) и (13) количественно описывают основной постулат теории информации о том, что нельзя из выборки наблюдений извлечь отличительной информации больше, чем ее там содержится.

Однако непосредственное использование соотношений (10), (11) и (12), (13) для решения задач планирования наблюдений при обеспечении ЛИ невозможно ввиду неопределенности значений параметров θ_0 и θ_1 , что соответствует известной в статистической теории принятия решений ситуации параметрической априорной неопределенности.

Анализ

Параметрическая априорная неопределенность в рамках сформулированной задачи имеет ряд специфических отличий от ситуаций, рассмотренных в рамках статистической теории принятия решений.

Во-первых, значения параметров, определяющих гипотезы H_0 и H_1 , не определены (априори) в пределах своих множеств значений Ω_0 и Ω_1 , отвечающих за состояние системы: H_0 — «да», система соответствует требованиям и H_1 — «нет», система не соответствует требованиям.

Во-вторых, поскольку в предположении использования информационных методов для оптимизации этапа планирования наблюдений на отрезке обеспечения полигонных испытаний ЛА недопустима ситуация, когда необходима вероятность в контексте ошибок первого и второго рода, принятие решения [16] окажется недостижимым из-за недостаточности отличительной информации в выборке наблюдений.

С учетом этого принцип «в среднем достаточно» может оказаться неприемлемым как слишком оптимистичный, а принцип минимакса — как слишком пессимистический (осторожный) и, как следствие, излишне затратный в реализации.

Пути и методы преодоления параметрической априорной неопределенности целесообразно определять на основе комплексного использования подходов к решению этой проблемы, применяемых в математической статистике (точнее — статистической теории принятия решений) и подходов, которые развиваются в рамках теории информации.

Выводы

Обоснованный информационно-стоимостной подход, общая постановка и пути решения задачи планирования наблюдений с использованием средств полигонного измерительного комплекса при проведении ЛИ летательных аппаратов обеспечивают эффективность летного эксперимента при сложившейся схеме испытаний и требованиях минимального расходования всех видов ресурсов.

Доказанные соотношения и трактовка результатов открывают возможность получения необходимых аналитических выражений информационных мер для оптимизации плана наблюдений средств полигонного измерительного комплекса.

При использовании данной методики эффективность предложенных моделей составила порядка 9—15% прироста по экономическим показателям, увеличения управляемости аппаратов и общих структур на 15—20%. Таким образом, общая эффективность представленной модели составляет порядка 20%, что позволяет отнести ее к качественно новым структурам управления полетами.

Библиографический список

1. Абдирасулулу Т., Алексеев Е.В., Данилов Д.Н., Жук Г.Г., Таишходжаев А.С., Убайчин А.В., Филатов А.В. Бортовая микроволновая радиометрическая система с высокой динамикой измерения // Динамика систем, механизмов и машин. 2016. Т. 2. № 1. С. 62-65.
2. Бондарцев В.В., Токмакова Т.Г., Бордуков А.А. Принципы построения автоматизированной системы управления рисками при проведении летного эксперимента // Промышленные АСУ и контроллеры. 2016. № 2. С. 11-15.
3. Бондарцев В.В., Токмакова Т.Г., Бордуков А.А. Принципы построения автоматизированной системы управления рисками при разработке систем бортовых измерений // Авиакосмическое приборостроение. 2016. № 10. С. 37-41.
4. Новиков А.Н., Миронов А.Н., Пузанков С.В. Методика построения математической модели изменения во времени критической составляющей погрешности измерений в бортовых измерительных системах космических аппаратов с метрологическим самоконтролем // Информация и космос. 2016. № 2. С. 118-126.
5. Орешко В.В., Куликов А.И., Романов П.Е. Влияние свойств кабельной сети и датчиков-преобразующей аппаратуры на точность измерения аналоговых медленно меняющихся параметров бортовыми радиотелеметрическими системами // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2016. Т. 14. № 8. С. 61-70.
6. Плотникова Ю.В. О выборе способа аппроксимации сильно зашумленных данных // Молодежный научно-технический вестник. 2016. № 11. С. 6.
7. Пятков В.В., Васильев П.В., Мелешко А.В. Методика оценки точности измерения текущих навигационных параметров летательного аппарата с бортовым автоответчиком // Вестник воздушно-космической обороны. 2016. № 2 (10). С. 101-106.
8. Шеломанов Д.А. Многокритериальное проектирование бортовых комплексов управления космических аппаратов // Авиакосмическое приборостроение. 2016. № 9. С. 3-10.
9. Быков А.В. Средства расчётно-экспериментальных исследований аэроупругой устойчивости высокоманевренных ракет // Вестник Московского авиационного института. 2012. Т.19. №1. С. 65-74.
10. Татаренко Д.С., Шутлов П.В., Ефанов В.В., Роговенко О.Н. Способ определения баллистических характеристик неуправляемых объектов // Вестник Московского авиационного института. 2012. Т. 23. № 3. С. 77-83.
11. Пашко А.Д., Донцов А.А. Методика расчета ошибок определения траектории управляемой ракеты и параметров движения активного элемента защиты // Вестник Московского авиационного института. 2017. Т. 24. № 3. С. 60-71.
12. Bachelder E. Novel Helicopter Flight Director and Display // Advances in Human Factors and System Interactions (AHFE 2016). Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors and System Interactions, July 27-31, 2016. — Walt Disney World(r), Florida, USA. 2017, pp 349-361.
13. Bharath H.P., Narahari H.K., Sriram A.T. Design of an Aircraft Wing for Given Flight Conditions and Planform Area // Innovative Design and Development Practices in Aerospace and Automotive Engineering. I-DAD, February 22-24, 2016. — Springer Singapore. 2017, pp. 271-279.
14. Mishra P., Tripathi N. Testing as a Service // Trends in Software Testing. Eds. H. Mohanty, R.J. Mohanty, A. Balakrishnan. — Springer Singapore. 2017, pp. 149-176.
15. Chua Z., Causse M. Aging Effects on Brain Efficiency in General Aviation Pilots // Advances in Neuroergonomics and Cognitive Engineering. Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Neuroergonomics and Cognitive Engineering, July 27-31, 2016. — Walt Disney World(r), Florida, USA. 2017, pp. 243-254.
16. Cookson S. Culture in the Cockpit: Implications for CRM Training // Advances in Cross-Cultural Decision Making. Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Cross-Cultural Decision Making (CCDM), July 27-31, 2016. — Walt Disney World(r), Florida, USA. 2017, pp. 119-131.
17. Holness A.E., Perez-Rosado A., Bruck H.A., Peckerar M., Gupta S.K. Multifunctional Wings with Flexible Batteries and Solar Cells for Robotic Birds // Challenges in Mechanics of Time Dependent Materials. Proceedings of the 2016 Annual Conference on Experimental and Applied Mechanics. 2017. Vol. 2, pp. 155-162.
18. Kim S.Y., Cooper J., Carroll A., Murugappan S. Purple Sky Framework Towards the Flight Deck of the Future

- Experience: Through Co-design, Rapid UX Prototyping, and User Testing // Advances in Human Aspects of Transportation. Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Transportation, July 27-31, 2016. — Walt Disney World(r), Florida, USA. 2017, pp 851-862.
19. Schutte P., Goodrich K., Williams R. Synergistic Allocation of Flight Expertise on the Flight Deck (SAFEdeck): A Design Concept to Combat Mode Confusion, Complacency, and Skill Loss in the Flight Deck // Advances in Human Aspects of Transportation. Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Transportation, July 27-31, 2016. — Walt Disney World(r), Florida, USA. 2017, pp. 899-911.
20. Orloff M.A. Directed Development of Systems // ABC-TRIZ: Introduction to Creative Design Thinking with Modern TRIZ Modeling. — Cham, Springer International Publishing. 2017, pp. 217-322.
21. Reva O., Borsuk S., Mushgyul-Ogli B.M., Shirin-Ogli P.M. New Approach to Determination of Main Solution Taking Dominant of Air Traffic Controller During Flight Level Norms Violation // Advances in Human Aspects of Transportation. Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Transportation, July 27-31, 2016. — Walt Disney World(r), Florida, USA. 2017, pp. 137-147.

CAPABILITIES OF ONBOARD INNOVATION MEASURING SYSTEMS WHILE GROUND AND FLIGHT TESTS

Patrikeev S.A.

*Sukhoi Company,
22, Polikarpova str., Moscow, 125286, Russia
e-mail: pro1377@mail.ru*

Abstract

The main modern aviation development trends are based on the fact that aircraft qualities are defined not only by carrier characteristics but also by onboard equipment complex capabilities.

High rates of airborne equipment development and creation intrinsic to recent years have come into contradiction with long service life of airframe and engine. Resolution of this conflict supposes abruption of an aircraft common life cycle as an aggregate of an aircraft and its equipment and shift to logically interrelated separate cycles of aircraft and onboard equipment complex development.

The problem discussed herein consists in optimum employment of cost and time resources in aircraft flight and engineering test practice.

Particularly, the flight and engineering tests are described, which essence consists in giving the answer to the question on how the flight task was realized with the accuracy not worse than the specified one.

Parametric expected uncertainty within the problem formulated has some specific distinctions from situations discussed within statistical decision theory.

First of all, the values of the parameters, which define the hypotheses under checking. These parameters, H_0 and H_1 , are not defined (a priori) within the sets of their values Ω_0 and Ω_1 , responsible for the system state

(H_0 — the system complies with the requirements, H_1 — it does not), and are defined in the sense of the system state (“YES” — H_0 , “NO” — H_1).

Secondly, inasmuch as on the assumption of employing information methods for optimization of surveillance planning stage at the interval of an aircraft’s ground tests the situation, when the probability in the context of alpha and beta errors is required, is inadmissible. The decision making in this case will turn out to be unobtainable due to the lack of information in the sample of observations.

Substantiated information and cost approach, general formulation and the ways of resolving the problem of surveillance of ground measuring complex means while performing aircraft flight and engineering tests, ensures the effectiveness of flight tests with existing test pattern and requirement for minimum consumption of all kinds of resources.

Proved relationship and interpretation of the results open a possibility of obtaining analytical expression of informational measures necessary within the framework of the problem discussed and formulation of the task for ground measuring system equipment observation plan optimization.

While application of this method, the effectiveness of proposed models was about 9—15 % of augmentation

in terms of economic indicators, and instruments and general structures controllability by 15–20 %. Thus, general effectiveness of the proposed model equals to about 20%, which allows for attributing it to qualitatively new flight controllability structures.

Keywords: flight development tests, onboard equipment, flight path, test planning optimization.

References

1. Abdirasuluulu T., Alekseev E.V., Danilov D.N., Zhuk G.G., Tashkhodzhaev A.S., Ubaichin A.V., Filatov A.V. *Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin*, 2016, vol. 2, no. 1, pp. 62-65.
2. Bondartsev V.V., Tokmakova T.G., Bordukov A.A. *Promyshlennye ASU i kontrollery*, 2016, no. 2, pp. 11-15.
3. Bondartsev V.V., Tokmakova T.G., Bordukov A.A. *Aviakosmicheskoe priborostroenie*, 2016, no. 10, pp. 37-41.
4. Novikov A.N., Mironov A.N., Puzankov S.V. *Informatsiya i kosmos*, 2016, no. 2, pp. 118-126.
5. Oreshko V.V., Kulikov A.I., Romanov P.E. *Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy*, 2016, vol. 14, no. 8, pp. 61-70.
6. Plotnikova Yu.V. *Molodezhnyi nauchno-tehnicheskii vestnik*, 2016, no. 11, 6 p.
7. Pyatkov V.V., Vasil'ev P.V., Meleshko A.V. *Vestnik vozdushno-kosmicheskoi oborony*, 2016, no. 2 (10), pp. 101-106.
8. Shelomanov D.A. *Aviakosmicheskoe priborostroenie*, 2016, no. 9, pp. 3-10.
9. Bykov A.V. *Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta*, 2012, vol. 19, no. 1, pp. 65-74.
10. Tatarenko D.S., Shutov P.V., Efanov V.V., Rogovenko O.N. *Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta*, 2012, vol. 23, no. 3, pp. 77-83.
11. Pashko A.D., Dontsov A.A. *Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta*, 2017, vol. 24, no. 3, pp. 60-71.
12. Bachelder E. Novel Helicopter Flight Director and Display. *Advances in Human Factors and System Interactions (AHFE 2016). Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors and System Interactions, July 27-31, 2016*, Walt Disney World®, Florida, USA, 2017, pp. 349-361.
13. Bharath H.P., Narahari H.K., Sriram A.T. Design of an Aircraft Wing for Given Flight Conditions and Planform Area. *Innovative Design and Development Practices in Aerospace and Automotive Engineering. I-DAD (February 22-24, 2016). Springer Singapore*, 2017, pp. 271-279.
14. Mishra P., Tripathi N. Testing as a Service. *Trends in Software Testing*. Eds. H. Mohanty, R.J. Mohanty, A. Balakrishnan. Singapore, Springer Singapore, 2017, pp. 149-176.
15. Chua Z., Causse M. Aging Effects on Brain Efficiency in General Aviation Pilots. *Advances in Neuroergonomics and Cognitive Engineering. Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Neuroergonomics and Cognitive Engineering, July 27-31, 2016*, Walt Disney World®, Florida, USA, 2017, pp. 243-254.
16. Cookson S. Culture in the Cockpit: Implications for CRM Training. *Advances in Cross-Cultural Decision Making. Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Cross-Cultural Decision Making (CCDM), July 27-31, 2016*. Walt Disney World®, Florida, USA, 2017, pp. 119-131.
17. Holness A.E., Perez-Rosado A., Bruck H.A., Peckerar M., Gupta S.K. Multifunctional Wings with Flexible Batteries and Solar Cells for Robotic Birds. *Challenges in Mechanics of Time Dependent Materials. Proceedings of the 2016 Annual Conference on Experimental and Applied Mechanics*, 2017, vol. 2, pp. 155-162.
18. Kim S.Y., Cooper J., Carroll A., Murugappan S. Purple Sky Framework Towards the Flight Deck of the Future Experience: Through Co-design, Rapid UX Prototyping, and User Testing. *Advances in Human Aspects of Transportation. Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Transportation, July 27-31, 2016*, Walt Disney World®, Florida, USA, 2017, pp. 851-862.
19. Schutte P., Goodrich K., Williams R. Synergistic Allocation of Flight Expertise on the Flight Deck (SAFEdeck): A Design Concept to Combat Mode Confusion, Complacency, and Skill Loss in the Flight Deck. *Advances in Human Aspects of Transportation. Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Transportation, July 27-31, 2016*, Walt Disney World®, Florida, USA, 2017, pp. 899-911.
20. Orloff M.A. Directed Development of Systems. *ABC-TRIZ: Introduction to Creative Design Thinking with Modern TRIZ Modeling*. Cham, Springer International Publishing, 2017, pp. 217-322.
21. Reva O., Borsuk S., Mushgyul-Ogli B.M., Shirin-Ogli P.M. New Approach to Determination of Main Solution Taking Dominant of Air Traffic Controller During Flight Level Norms Violation. *Advances in Human Aspects of Transportation. Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Transportation, July 27-31, 2016*, Walt Disney World®, Florida, USA, 2017, pp. 137-147.