

**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА.
ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАБОТКИ И
АНАЛИЗА ПОЛЁТНОЙ ИНФОРМАЦИИ КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ
ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЁТОВ**

Одним из приоритетных направлений деятельности авиакомпании является комплексный подход к обеспечению безопасности полётов, который предполагает активный поиск упреждающих мероприятий с целью их предупреждения и устранения. Для профилактики авиационных событий широко используются результаты анализа полётной информации (ПИ), накопленной системами регистрации параметров полёта.

На основе использования данных, полученных от бортовых средств регистрации ПИ, решаются следующие задачи:

- анализ выдерживания режимов полёта и соблюдения правил лётной эксплуатации воздушного судна (ВС);
- контроль работоспособности авиационной техники;
- анализ выполнения технологии работы экипажа;
- анализ работы экипажа с диспетчером управления воздушным движением (УВД) как на русском, так и на английском языке;
- определение причин авиационных происшествий (АП) и инцидентов.

Полётная информация используется также для:

- совершенствования профессиональной подготовки лётного состава;
- объективной оценки технического состояния ВС;
- контроля за поддержкой лётно-технических характеристик ВС;
- анализ качества выполнения полётов экипажами ВС.

Совершенствование лётного мастерства экипажей является одним из основных видов работ, проводимых командным составом лётных подразделений по повышению безопасности полётов. Одним из факторов решения этой задачи является метод самообучения для повышения функциональных характеристик экипажей на основе анализа результатов контроля совокупности своих полётов с помощью и под наблюдением руководства лётного подразделения – авиационной эскадрильи (АЭ) и лётного отряда (ЛО).

Для этого необходимо обеспечить своевременное предоставление экипажам как результатов оперативного контроля полётов, так и результатов обобщения совокупности

полётов, а руководству лётных подразделений – информацию для выработки «управляющих» мероприятий, позволяющую:

- определять причины массовых отклонений;
- выявлять экипажи, требующие особого внимания, и определять стереотипы их действий;
- оценивать динамику изменения основных показателей качества пилотирования выбранных экипажей и АЭ за заданные периоды.

Если регулярно передавать экипажам для анализа достоверные результаты компьютерного контроля отдельных полётов, а также выявленные путём обобщения по совокупности полётов систематические ошибки и отклонения, то большинство экипажей начнёт исправлять свои систематические ошибки без дополнительных вмешательств со стороны руководства АЭ и ЛО.

Некоторым экипажам (при необходимости) может быть оказана помощь в виде:

- периодического информирования о средних значениях показателей качества каждого командира воздушного судна (КВС) с ранжированием по уровню обобщённого показателя качества пилотирования на основании анализа результатов контроля 20 последних полётов (информация доступна всем);
- собеседования с инженером ЛО по контролю качества полётов с анализом ситуаций собственных и чужих полётов;
- собеседования с инженером или командиром АЭ по результатам обобщения совокупности полётов;
- корректировки индивидуальной программы подготовки данного экипажа с учётом результатов обобщения;
- отработки отдельных элементов полёта на тренажере или самолёте с целью ликвидации неправильно привитых навыков;
- разбора типовых и особых ситуаций с личным составом АЭ с демонстрацией примеров из банка данных характерных полётов.

И только в исключительных случаях применяются меры административного воздействия.

Информационное обеспечение процесса совершенствования лётного мастерства экипажей должно включать в себя два основных компонента:

- поиск грубых отклонений от правил выполнения полётов, т.е. ситуаций, связанных с выходами значений параметров пилотирования за ограничения и допуски;

– детализированный контроль качества выполнения полётов с анализом точности пилотирования на наиболее сложных этапах полёта (взлёте, заходе на посадку и посадке), при котором имеется возможность выявления незначительных ошибок в действиях экипажей и их количественного описания по непрерывной шкале значений т.н. показателей качества.

С этой целью на этапах полёта, выполняемых по стандартизированной методике (на взлёте и заходе на посадку), когда диспетчер УВД может повлиять только на начало этих этапов, производится оценивание точности управления, и при снижении её показателей производится поиск факторов (причин) снижения качества.

Так, например, качество пилотирования на продолженной глиссаде от высоты принятия решения (ВПП) до порога взлётно-посадочной полосы (ВПП) оценивается по точности «попадания» в окно заданных размеров на пороге ВПП с выдерживанием рекомендованных значений приборной и вертикальных скоростей.

Значения показателей качества в общем случае вычисляются на основе четырёх компонентов: фактического, номинального, максимально и минимально допустимых значений контролируемых сигналов:

- высоты пролёта порога ВПП;
- бокового отклонения при пролёте порога ВПП;
- приборной скорости при пролёте порога ВПП;
- вертикальной скорости при пролёте порога ВПП.

Для получения обобщённой оценки действий экипажа на рассматриваемом подэтапе используются частные показатели качества (ЧПК):

$$Q_{pj} = (Q_h + Q_z + Q_v + Q_{vy}) / 4,$$

где Q_{pj} – обобщённая оценка на j -ом подэтапе; Q_h – ЧПК «выход на порог ВПП по высоте»; Q_z – ЧПК «выход на порог ВПП по боковому отклонению»; Q_v – ЧПК «выход на порог ВПП по приборной скорости»; Q_{vy} – ЧПК «выход на порог ВПП по вертикальной скорости».

Каждый ЧПК является безразмерной величиной, изменяющейся в пределах от 0 до 1 и зависящей от номинальных, максимальных (\max) и минимальных (\min) значений по отношению к фактическому (f).

Аналогичным образом формируются Q_z , Q_v , Q_{vy} . Такая форма представления ЧПК проста в понимании лётным составом, так как предельные значения определяющих параметров берутся из документации, регламентирующей действия экипажа, и позволяет определять обобщённые оценки как подэтапов, так и этапа в целом.

Все ЧПК имеют одинаковую важность и позволяют количественно оценить точность пилотирования. Отметим оценку двух наиболее ответственных этапов.

1 этап. Этап захода на посадку условно разделён на 4 подэтапа, точность пилотирования на которых оценивается следующими наборами ЧПК:

1 Подэтап «Выпуск механизации и вход в глиссаду». Оценивается по «попаданию» в окно заданных размеров с выдерживанием рекомендованных значений приборных и вертикальных скоростей после придания посадочной конфигурации на рубеже входа в глиссаду RUN (RUN – удаление от порога ВПП, соответствующее пролёту высоты $H_g=200\text{м}$ при точном следовании самолёта по глиссаде. Высота $H_g=200\text{м}$ соответствует высоте пролёта дальнего приводного радиомаяка (ДПРМ) при стандартной схеме расположения маяков). Оценка точности управления производится при пролёте ДПРМ, где в соответствии с принятой методикой пилотирования процессы придания посадочной конфигурации, балансировки и вписывания в глиссаду должны быть закончены.

На рассматриваемом подэтапе используются следующие частные показатели качества:

Q_{11} – «Своевременность придания посадочной конфигурации»;

Q_{12} – «Выход на рубеж входа в глиссаду по приборной скорости»;

Q_{13} – «Положение самолёта на глиссаде на рубеже входа»;

Q_{14} – «Выход на рубеж входа по вертикальной скорости»;

Q_{15} – «Выход на рубеж входа по боковому отклонению».

Обобщенная оценка за данный подэтап Q_{p1} имеет вид:

$$Q_{p1}=(Q_{11}+Q_{12}+Q_{13}+Q_{14}+Q_{15})/5.$$

2 Подэтап «Полёт по глиссаде». Анализ действий на участке рубеж входа ДПРМ-БПРМ (ближний приводной радиомаяк) производится аналогично подэтапу «полёт по продолженной глиссаде» с помощью следующих частных показателей качества:

Q_{16} – «выход на БПРМ по приборной скорости (V)»;

Q_{17} – «выход на БПРМ по высоте (H)»;

Q_{18} – «выход на БПРМ по вертикальной скорости (V_y)»;

Q_{19} – «выход на БПРМ по боковому отклонению (Z)».

Обобщенная оценка на подэтапе «полёт по глиссаде» Q_{p2} имеет вид:

$$Q_{p2}=(Q_{16}+Q_{17}+Q_{18}+Q_{19})/4.$$

3 Подэтап «Полёт по продолженной глиссаде». Оценка действий на участке БПРМ (ВНР)-порог ВПП производится по следующим ЧПК:

Q_{20} – «Выход на порог по высоте (H)»;

Q_{21} – «Выход на порог по вертикальной скорости (Vy)»;

Q_{22} – «Выход на порог по приборной скорости (V)»;

Q_{23} – «Выход на порог по боковому отклонению (Z)».

Обобщённая оценка имеет вид:

$$Q_{p3}=(Q_{20}+Q_{21}+Q_{22}+Q_{23})/4.$$

4 Подэтап «Приземление и пробег». Качество выполнения операций при приземлении характеризуется следующими ЧПК:

Q_{24} – «Мягкость приземления»;

Q_{25} – «Продольная точность приземления»;

Q_{26} – «Боковая точность приземления»;

качество операции торможения на пробеге характеризуется следующими ЧПК:

Q_{27} – «Остаток ВПП на скорости 100км/ч».

Обобщённая оценка за этот подэтап имеет вид:

$$Q_{p4}=(Q_{24}+Q_{25}+Q_{26}+Q_{27})/4.$$

Обобщённая оценка точности пилотирования в целом на этапе захода на посадку и посадке имеет вид:

$$Q_{ин}=(Q_{p1}+Q_{p2}+Q_{p3}+Q_{p4})/4.$$

Кроме того, по информации контролируемых полётов выполняется поиск ситуаций, связанных с выходами значений параметров пилотирования за пределы установленных для них ограничений и допусков. Полный перечень этих ситуаций приведён в описании алгоритмов оперативного контроля.

2 Этап – этап взлёта. Для анализа пилотирования на данном этапе предусмотрен контроль четырёх видов взлёта:

нормальный взлёт;

взлёт в условиях контроля уровня шума;

прерванный взлёт;

продолженный взлёт при отказе двигателя.

Условно этап взлёта (кроме прерванного взлёта) разбивается на четыре подэтапа: разбег (от выхода на ВПП до отрыва от неё);

- набор высоты 120 м;
- уборка механизации с одновременным разгоном до скорости V_4 ;
- разгон самолёта от момента окончания уборки механизации до наивыгоднейшей скорости набора высоты.

Для контроля точности управления на взлёте используются следующие частные показатели:

Q_1 – «Дистанция разбега»;

Q_2 – «Скорость отрыва от ВПП»;

Q_3 – «Средняя скорость на участке $H=10-120$ м»;

Q_4 – «Средний градиент набора высоты на участке $H=10-120$ м»;

Q_5 – «Скорость начала уборки закрылков»;

Q_6 – «Скорость конца уборки закрылков»;

Q_7 – «Градиент набора высоты при $V=450$ км/ч».

Формула вычисления значений обобщённых оценок точности пилотирования на взлёте имеет вид:

$$Q_{вз} = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7) / 7.$$

Кроме того, по информации контролируемых полётов выполняется поиск ситуаций, связанных с выходами значений параметров пилотирования за пределы установленных для них ограничений и допусков. Полный перечень этих ситуаций приведён в описании алгоритмов оперативного контроля.

Отметим особенности действий экипажа на этапах подготовки к взлёту, набора высоты, полёта по маршруту и снижения.

На этапах взлёта и захода на посадку действия экипажа и профиль полёта в значительной мере стандартизованы и слабо зависят от команд службы УВД. Однако на этапах подготовки к взлёту (от запуска двигателей до выхода на ВПП), набора высоты, полёта по маршруту и при снижении действия экипажа в основном определяются воздушной обстановкой и командами диспетчера УВД.

К сожалению, данные о воздушной обстановке и команды служб УВД не фиксируются на используемых регистраторах параметрической информации. Поэтому контроль качества действий экипажа на этих этапах производится исключительно путём определения ситуаций выходов значений пилотажных параметров за установленные для них ограничения и допуски в соответствии с алгоритмами разработчика воздушного судна, представленными в соответствующих описаниях алгоритмов для каждого типа ВС.

В заключение остановимся на определении обобщённого показателя качества выполнения полёта в целом и на выявлении факторов снижения качества пилотирования.

Качество выполнения каждого полёта оценивается значением обобщенного показателя качества Q_p :

$$Q_p = (p + f + Q_{вз} + Q_{зп}) / 4,$$

где p – показатель, учитывающий факт наличия ситуаций выходов значений контролируемых сигналов за установленные для них ограничения или допуски;

$p=1$ при отсутствии выходов за ограничения; $p=0$ при наличии хотя бы одного выхода; f – частота выходов за ограничения; $f=1/(m+1)$, m - количество выходов; $Q_{вз}$ – обобщённый показатель качества выполнения взлёта; $Q_{зп}$ – обобщённый показатель качества выполнения захода на посадку и посадки.

Значения обобщённых показателей качества для полётов в целом Q_p и их составляющие p , f , $Q_{вз}$, $Q_{зп}$ автоматически заносятся в соответствующие базы данных и используются при статистическом анализе данных за заданный период наблюдения для выявления экипажей, требующих повышенного внимания руководства.

В предлагаемой методике анализа качества полёта учтены возможные корректировки руководства по лётной эксплуатации с целью адаптации методики пилотирования в странах СНГ к методике пилотирования, применяемой в международных полётах, в которых с целью экономии авиатоплива, воздушного пространства и лётного времени допускаются следующие изменения:

- более поздний выпуск шасси;
- выход на глиссаду в районе ДПРМ;
- выпуск и довыпуск закрылков на глиссаде.

Для учёта этих изменений нет необходимости дорабатывать программное обеспечение оперативного контроля, а достаточно скорректировать отдельные константы.

Для решения задачи определения негативных стереотипов действий каждого КВС, обусловленных неправильно привитыми или неустановившимися навыками пилотирования, при оперативном контроле полёта производится выявление факторов (причин) снижения значений конкретных показателей качества.

Поиск факторов осуществляется после определения частных показателей качества, только в том случае, если хотя бы один ЧПК принимает значение меньше 0,7. Значение ЧПК, равное 0,7, называется машинным уровнем поиска и соответствует по большинству оцениваемых параметров нормативу на оценку «хорошо».

При выявлении факторов для определения ошибок пилотирования при заходе на посадку в качестве эталона используется модель захода на посадку в условиях второй категории ИКАО. При поиске факторов фиксируются все возможные отклонения от принятого эталона без выделения основных причин, так как проблема их программного определения по наблюдению за одиночным полётом может не иметь однозначного решения.

Например, если при заходе на посадку высота пролёта порога ВПП будет менее 11 м, что соответствует значению Q20 менее 0,7, производится поиск факторов (причин) из следующего набора:

- полёт ниже глиссады от БПРМ;
- подныривание под глиссаду;
- велика вертикальная скорость на продолженной глиссаде;
- резкие или частые изменения режима двигателей;
- раннее дросселирование двигателей;
- невыдерживание вертикальной скорости на продолженной глиссаде.

Если ни одна из этих причин не выявляется, то определяется фактор «высота пролёта порога ВПП менее рекомендованной», устанавливающий факт неопределённости результатов машинного поиска вследствие ограниченного перечня регистрируемых сигналов или неполного описания возможных причин.

Задача анализа факторов снижения значений показателей качества возлагается на инженера лётного отряда по контролю качества полёта с привлечением материалов обобщения совокупности полётов, в которых факторы, характеризующие типичные ошибки, определяются по величине частоты их повторения.

Полный набор факторов для каждого ЧПК приведён в соответствующих разделах описания алгоритмов оперативного контроля.

Результаты оперативного контроля полёта особенно на начальной стадии внедрения информационной технологии рекомендуется после просмотра и подтверждения передавать экипажу. Для осуществления разбора выполненного полёта экипажем результаты оперативного контроля выдаются на бумаге в виде обобщённого бланка и фрагментов графиков с участками, содержащими отклонения.

Обобщённый бланк состоит из четырёх разделов:

- в первом разделе приводятся опознавательные данные полёта (код КВС, дата, время, рейс, маршрут, номер борта) и значения обобщённого показателя качества и его составляющих;

– во втором разделе выводятся наименования ситуаций – выходов за ограничения и рекомендованные значения параметров, а также значения параметров, их характеризующие;

– в третьем разделе выводятся наименования частных показателей качества, значения которых менее 0,7, в сопровождении наименований факторов сниженного качества и параметров, их определяющих;

– четвёртый раздел выдаётся только в случае наличия выходов за ограничения на этапах взлёта и посадки и содержит «портрет» соответствующего этапа полёта.

Для решения этих задач в авиакомпании внедрён современный программно-аппаратный комплекс «Монстр».

В 1993 году было выдано техзадание и начата работа над созданием нового программно-аппаратного обеспечения обработки ПИ, накапливаемой бортовой системой регистрации «Тестер-М». Эта система установлена на самолетах АН-124-100, которые в основном составляют парк авиакомпании «Волга-Днепр». Оно получило название «Программно-аппаратный комплекс обработки и анализа полётной информации «Монстр». В 1997 году программно-аппаратный комплекс «Монстр» прошёл сертификацию в ГЦ БП ВТ ФСБТ (АН-124-100 указанием №25.1.5.-104 от 15.06.98 и ИЛ-76 указанием № 25.1.5.-79 от 27.04.99 г.) и был включён в «Реестр специального программного обеспечения систем обработки полётной информации, допущенного к использованию в авиапредприятиях РФ».

Программно-аппаратный комплекс «Монстр» включает следующие программы: копирования полётной информации с носителей на жёсткий диск компьютера, подготовки файлов градуировочных зависимостей, фильтрации сбоев, определения этапов полёта, управления базой данных аэропортов, количественного и логического анализа («Портрет полёта» и «Экспресс-анализ»), копирования и анализа записей радиообмена, управления работой программ комплекса, статистического анализа, автоматизированной обработки.

Программа автоматизированной обработки (просмотра результатов) позволяет: просматривать информацию в виде графиков, цифровых значений, текстовых сообщений, траекторий взлёта и посадки; осуществлять синхронизацию записи радиообмена экипажа и изменения значений любых регистрируемых параметров. Причём на мониторе траекторию полёта самолёта можно разворачивать во все стороны, вверх и вниз. Движение метки самолёта осуществляется в реальном времени с выдачей цифровых значений выбранных параметров. Впечатляющим моментом при анализе полёта является автоматическое движение ВС по траектории полёта с синхронным звуковым

сопровождением, слышно внутреннюю и внешнюю связь. Анализируется выполнение инструкции по взаимодействию и технологии работы экипажа по этапам полёта. Внешняя связь с диспетчером, соблюдение фразеологии радиообмена или другой радиосвязи осуществляется на английском и русском языках.

Программа обладает гибким, интуитивно понятным, дружелюбным интерфейсом. Кроме этого, «Монстр» имеет встроенный язык программирования, позволяющий специалисту записывать алгоритмы для поиска тех или иных событий, создавать расчётные параметры, облегчающие анализ информации. Имеется возможность, при необходимости, совмещать изображения траектории захода на посадку и карты местности.

Создаётся новая версия программного обеспечения, позволяющая создавать трёхмерные реконструкции движения самолёта по его траектории, а также вид внутри кабины с изображением приборных досок и приборов.

Практика показывает: если регулярно передавать экипажам для анализа достоверные результаты компьютерного контроля отдельных полётов, а также выявленные путём обобщения по совокупности полётов систематические ошибки и отклонения, то большинство экипажей начинает исправлять свои систематические ошибки без дополнительных вмешательств со стороны руководства.