

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА

Одним из приоритетных направлений деятельности авиакомпании (АК) "Волга-Днепр" – эксплуатанта самолетов Ан-124-100 является комплексный подход к обеспечению безопасности полетов, который предполагает активный поиск унреждающих аварийных факторов с целью их устранения или избежания. Для профилактики авиационных событий широко используются результаты анализа полетной информации, накопленной системами регистрации параметров полета. На основании использования данных, полученных от бортовых средств регистрации полетной информации, решаются следующие задачи:

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

Полетная информация используется также для:

- совершенствования профессиональной подготовки летного состава;
- объективной оценки технического состояния воздушных судов (ВС);
- контроля за поддержкой летно-технических характеристик ВС;
- анализа качества выполнения полетов экипажами ВС.

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

Для этого необходимо обеспечить своевременное предоставление экипажам как результатов оперативного контроля полетов, так и результатов обобщения совокупности полетов, а руководству летных подразделений – информацию для выработки "управляющих" ме

роприятий, 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 полетов, а также выявленные путем обобщения по совокупности полетов систематические ошибки и отклонения, то большинство экипажей начнет исправлять свои систематические ошибки без дополнительных вмешательств со стороны руководства АЭ в 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 обобщенного показателя качества пилотирования на основании анализа результатов контроля 20 последних полетов (информация вывешивается для всеобщего обозрения);

- собеседования с инженером ЛО по контролю качества полетов с анализом ситуаций собственных и чужих полетов;

- собеседования с инженером или командиром АЭ по результатам обобщения совокупности полетов;

- корректировки индивидуальной программы подготовки данного экипажа с учетом результатов обобщения;

- отработки отдельных элементов полета на тренажере или самолете с целью ликвидации неправильно привитых навыков;

- разбора типовых и особых ситуаций с личным составом АЭ с демонстрацией примеров из банка данных характерных полетов

И только в исключительных случаях применяются меры административного воздействия.

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

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

- детализированный контроль качества выполнения полетов с анализом точности пилотирования на наиболее сложных этапах полета (взлете, заходе на посадку и посадке), при котором имеется возможность выявления незначительных ошибок в действиях экипажей и их количественного описания по непрерывной шкале значений (показателей качества).

С этой целью на этапах полета, выполняемых по стандартизированной методике (на взлете и заходе на посадку), где диспетчер УВД может повлиять только на начало этих этапов, производится оценивание точности управления и при снижении ее показателей производится поиск факторов (причин).

Так, например, качество пилотирования на продолженной глиссаде (от высоты принятия решения (ВПР) до порога взлетно-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 четырех компонентов: фактического, номинального, максимально и минимально допустимых значений контролируемых сигналов

– высоты пролета порога ВПП: $H_{Pном} = 15$ м, $H_{Pmax} = 23$ м, $H_{Pmin} = 7$ м;

– бокового отклонения при пролете порога ВПП: (предельное – $ZRR = 0.5 * S_{ВПП}$, $S_{ВПП}$ – ширина ВПП);

– приборной скорости при пролете порога ВПП: ($V_{max} = V_{REF} + 25$, $V_{ном} = V_{REF}$, $V_{min} = V_{REF} - 15$);

– вертикальной скорости при пролете порога ВПП ($VY_{ном} > = -4$ м/с, $VY_{min} = -5$ м/с).

Для получения обобщенной 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} – обобщенная оценка на j 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).

Такая форма представления ЧПК проста в понимании летным составом, так как предельные значения определяющих параметров берутся из документации, регламентирующей действия экипажа, и позволяет определять обобщенные оценки как подэтапов, так и этапов 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 разделен на четыре 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 РУИ (РУИ - удаление от порога ВПП, соответствующее пролету высоты $H_1 = 200$ м при точном следовании самолета по глиссаде. Высота $H_1 = 200$ м соответствует высоте пролета дальнего приводного радиомаяка (ДПМ) при стандартной схеме расположения маяков). Оценка точности управления производится при пролете ДПМ, 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 самолета 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 "Полет по глиссаде"

Анализ действий на участке рубеж входа (ДПМ) - ближний приводной радиомаяк (БПМ) производится аналогично подэтапу "полет по продолженной глиссаде" с помощью следующих частных показателей качества:

Q_{16} - "выход на БПМ по приборной скорости";

Q_{17} - "выход на БПМ по высоте";

Q_{18} - "выход на БПМ по вертикальной скорости";

Q_{19} - "выход на БПМ по боковому отклонению".

Обобщенная оценка на подэтапе "Полет по глиссаде" Q_{P2} имеет вид:

$$Q_{P2} = (Q_{16} + Q_{17} + Q_{18} + Q_{19})/4.$$

3 Подэтап "Полет по продолженной глиссаде"

Оценка действий на участке БПРМ(ВПР)-порог ВПП производится по следующим

ЧПК:

Q_{20} – "Выход на порог по высоте";

Q_{21} – "Выход на порог по вертикальной скорости";

Q_{22} – "Выход на порог по приборной скорости";

Q_{23} – "Выход на порог по боковому отклонению".

Обобщенная 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 ЧПК:

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

Обобщенная оценка за этот подэтап имеет вид:

$$Q_{P4} = (Q_{24} + Q_{25} + Q_{26} + Q_{27})/4.$$

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

$$Q_{\text{эл}} = (Q_{P1} + Q_{P2} + Q_{P3} + Q_{P4})/4.$$

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

2 Этап. Этап взлета.

Для анализа пилотирования на данном этапе предусмотрен контроль четырех видов взлета:

- нормальный взлет;
- взлет в условиях контроля уровня шума;
- прерванный взлет;
- продолженный взлет при отказе двигателя.

Условно этап взлета (кроме прерванного взлета) разбивается на четыре подэтапа:

- разбег (от выхода на ВПП до отрыва от нес);

- набор высоты 120 м;
- уборка механизации с одновременным разгоном до скорости V4;
- разгон самолета от момента окончания уборки механизации до наивыгоднейшей скорости набора высоты.

Для контроля точности управления на взлете используются следующие частные показатели:

Q₁ - "Дистанция разбега";

Q₂ - "Скорость отрыва от ВПП";

Q₃ - "Средняя скорость на участке H = 10-120 м";

Q₄ - "Средний градиент набора высоты на участке H = 10-120 м";

Q₅ - "Скорость начала уборки закрылков";

Q₆ - "Скорость конца уборки закрылков";

Q₇ - "Градиент набора высоты при V = 450 км/ч".

Формула вычисления значений обобщенных оценок точности пилотирования на взлете имеет вид

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

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

Отметим особенности действий экипажа* на этапах подготовки к взлету, набора высоты, полета по маршруту и снижения.

На этапах взлета и захода на посадку действия экипажа и профиль полета в значительной мере стандартизованы и слабо зависят от команд службы УВД. Однако на этапах подготовки к взлету (от запуска двигателей до выхода на ВПП), набора высоты, полета 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 путем определения ситуаций выходов значений пилотажных параметров за установленные для них ограничения и допуски в соответствии с алгоритмами разработчика ВС, представленными в соответствующих описаниях алгоритмов для каждого типа ВС.

В заключение остановимся на определении обобщенного показателя качества выполнения полета в целом и на выявлении факторов (причин) снижения качества пилотирования.

Качество выполнения каждого полета 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;

$Q_{вз}$ – обобщенный показатель качества выполнения взлета;

$Q_{зп}$ – обобщенный показатель качества выполнения захода на посадку и посадки.

Значения обобщенных показателей качества для полетов 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 полета учтены возможные корректировки РЛЭ по адаптации методики пилотирования в странах СНГ к методике пилотирования, применяемой в международных полетах, в которых с целью экономии авиатоплива, воздушного пространства и летного времени допускаются следующие изменения:

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

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

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

Поиск факторов осуществляется после определения ЧПК, только в том случае, если хотя бы один из них принимает значение, меньшее 0.7. Значение, равное 0.7, называется ма-

шинным 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 полетом может не иметь однозначного решения.

Например, если при заходе на посадку высота пролета порога ВПП будет менее 11 м что соответствует значению Q_{20} менее 0.7, производится поиск факторов (причин) из следующего набора:

- полет 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 пролета порога ВПП менее рекомендованной", устанавливающий факт неопределенности результатов машинного поиска вследствие ограниченного перечня регистрируемых сигналов или неполного описания возможных причин.

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

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

Представление материалов оперативного контроля экипажам для самообучения

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

Обобщенный бланк состоит из четырех разделов:

в первом разделе приводятся опознавательные данные полета (код КВС, дата, время, рейс, маршрут, номер борта) и значения обобщенного 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;

четвертый раздел выдается только в случае наличия выходов за ограничения на этапах взлета и посадки и содержит "портрет" соответствующего этапа полета.

Для решения этих задач в авиакомпании внедрен современный программно-аппаратный комплекс "Монстр".

Программно-аппаратный комплекс "Монстр" включает программы: копирования полетной информации с носителей на жесткий диск компьютера, подготовки файлов градуировочных зависимостей, фильтрации сбоев, определения этапов полета, управления базой данных аэропортов, количественного и логического анализа ("Портрет полета" 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 взлета и посадки; осуществлять синхронизацию записи радиообмена экипажа и изменения значений любых регистрируемых параметров. Причем на мониторе траекторию полета самолета можно разворачивать во все стороны, вверх и вниз. Движение метки самолета осуществляется в реальном времени с выдачей цифровых значений выбранных параметров. Впечатляющим моментом при анализе полета является автоматическое движение ВС по траектории полета с синхронным звуковым сопровождением. Прекрасно слышно внутреннюю и внешнюю связь. Анализируется выполнение инструкции по взаимодействию и технологии работы экипажа по этапам полета. Внешняя связь с диспетчером, соблюдение фразеологии радиообмена или другой радиосвязи 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 расчетные параметры, облегчающие анализ информации. Имеется возможность совмещать изображения траек-

тории захода на посадку и карты местности. Создается новая версия программного обеспечения позволяющая создавать трехмерные реконструкции движения самолета по его траектории, а также вид внутри кабины с изображением приборных досок и приборов.

Следует отметить хорошую приспособленность комплекса "Монстр" к различным условиям обработки полетной информации, в чем сказывается большой опыт и тесное сотрудничество разработчика и специалистов АК "Волга-Днепр".

Современный программно-аппаратный комплекс обработки и анализа полетной информации "Монстр" в сочетании с постоянной методической работой позволяет создавать в рамках АК высокоэффективную систему управления качеством полетов. Низкая цена, простота и удобство в работе делают эти комплексы необходимым атрибутом в работе со средствами объективного контроля каждой авиакомпании РФ.