

Воробьев В.М., д-р техн. наук
Захарченко В.А., канд. техн. наук
Тихонов В.В., канд. техн. наук
Ильенко С.С.
Мухин В.В.

ОТКАЗОБЕЗОПАСНОСТЬ ЭРГАТИЧЕСКОГО ИНТЕГРИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА «ЭКИПАЖ – ВОЗДУШНОЕ СУДНО – СРЕДА» И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ СТАТИСТИКА

**Кафедра автоматизации и энергоменеджмента
Национального авиационного университета**

Анализируются и обобщаются статистические материалы по авиационным происшествиям тяжёлых самолётов и ошибках экипажей за длительный срок эксплуатации, и формируются выводы и рекомендации по совершенствованию авиационной транспортной системы

Введение

Мировая авиационная статистика педантично классифицирует авиационные происшествия (АП) за периоды времени: по типам ВС, этапам полета [1 - 5]. Обобщения АП проводятся по единым критериям оценки (в относительной форме), но этот анализ носит абстрактный характер, в силу чего утрачена информация о своевременных и грамотных действиях экипажей при отказах авиационной техники. То есть вероятность благополучного исхода полета как глобального критерия эффективности и качества функционирования авиационной транспортной системы не была своевременно использована и не развита для последующего поколения ВС и экипажей.

В отечественной практике уровень безопасности полетов [3, 4] оценивают следующими относительными показателями:

- количеством АП на 1 млн. часов налета (полетов) Кап;
- количеством катастроф (с гибелью людей) на 1 млн. часов налета (полетов) Кк;
- количеством погибших в катастрофах, из числа находившихся на борту ВС на 1 млн. перевезенных пассажиров Кпог 1млн. пас.;

– количеством погибших в катастрофах (из числа находившихся на борту ВС) на 1 млн. пассажиро-километров Кпог 1млн. п-км.

Статистика отказов авиационной техники

На рис. 1 - 11 [1 - 5] показана статистика изменения за 50 лет: количества погибших на 1 млн. пассажиров и на 1 млрд. пассажиро-км в СССР и СНГ (1957.....2007 г.г.); количества катастроф на 1 млн. налета в СССР и СНГ, США и ИКАО: количества погибших в катастрофах на 1 млн перевезенных пассажиров (рис. 2 и 3) и количества погибших в катастрофах на 1 млрд. пассажиро-километрах (рис. 8 - 10).

Обеспечение безопасности полетов является комплексной задачей, решаемой на всех этапах жизненного цикла наукоемкой авиационной продукции: <проектирование> → <сертификация> → <серийное производство> → <эксплуатация>. Прежде всего наиболее эффективный результат удастся получить, когда уровни безопасности полетов закладываются в ВС и функциональные системы (ФС) при проектировании; при создании средств управления воздушным движением; при отборе и обучении летных и инженерно-технических экипажей.

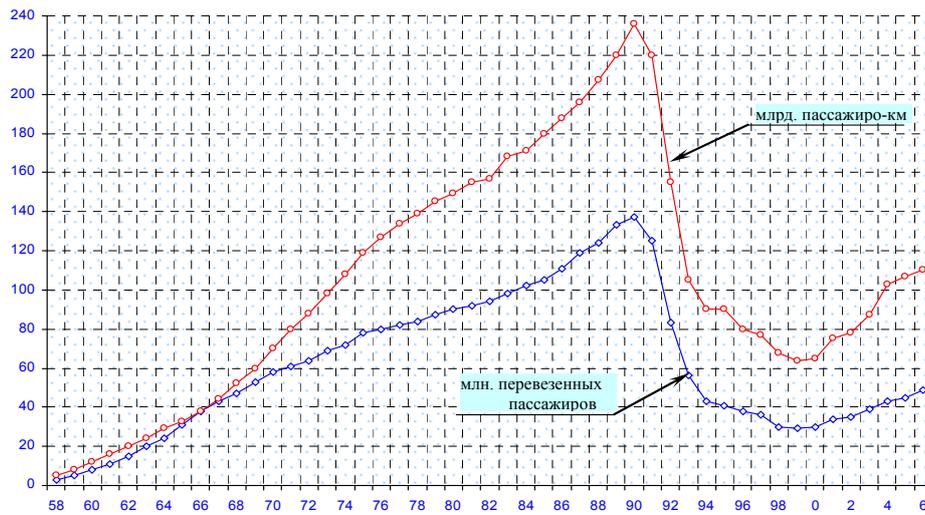


Рис. 1. Количество тяжелых самолетов с ГТД, находившихся в эксплуатации на авиалиниях СССР в начальный период их освоения

Л_{ср}, км

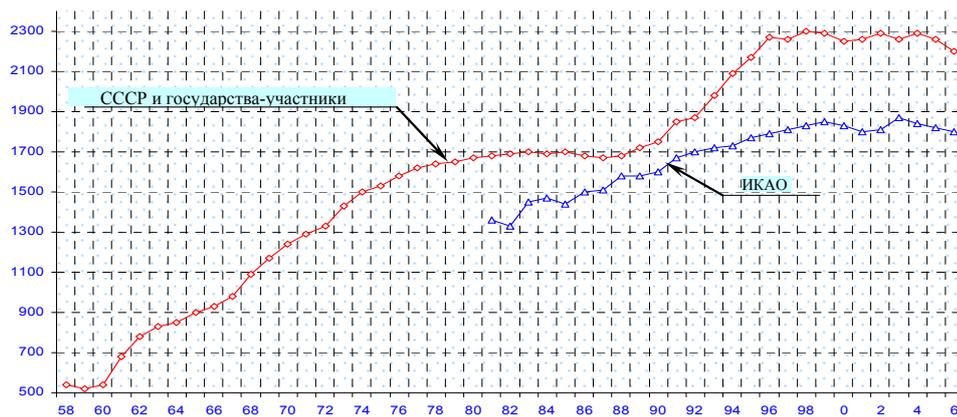


Рис. 2. Количество тяжелых самолетов с ГТД, находившихся в эксплуатации на авиалиниях СССР в начальный период их освоения

$\times 10^4$ пасс·км/час

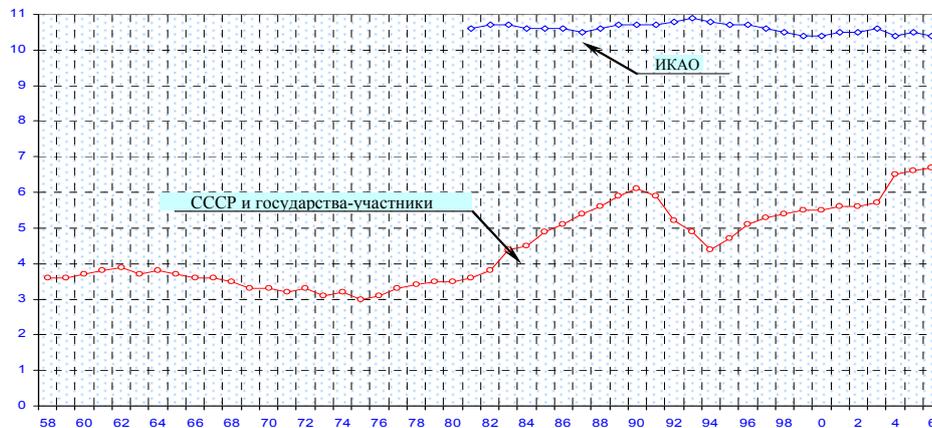


Рис. 3. Количество тяжелых самолетов с ГТД, находившихся в эксплуатации на авиалиниях СССР в начальный период их освоения

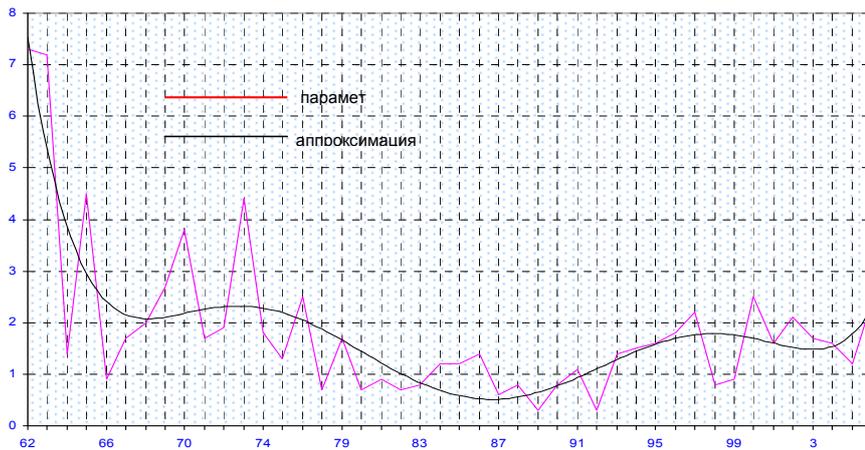


Рис. 4. Количество катастроф на тяжелых самолетах с ГТД на 1 млн. часов налета при пассажирских перевозках в СССР и государствах-участниках Соглашения по годам

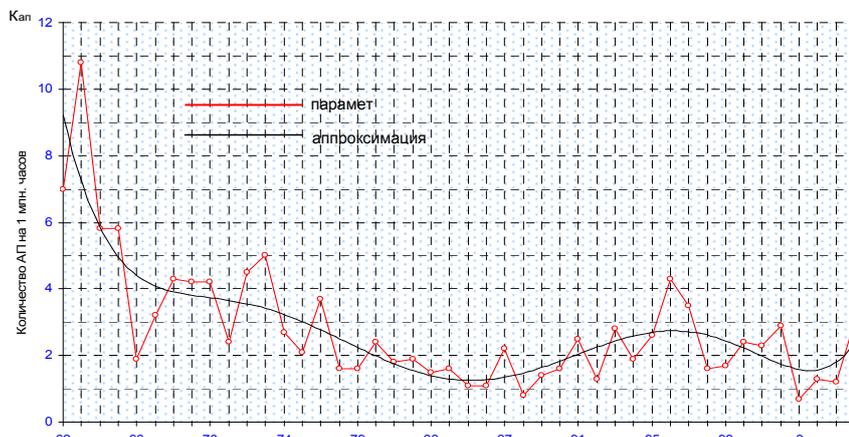


Рис. 5. Количество авиационных происшествий на тяжелых самолетах с ГТД при пассажирских перевозках на 1 млн. часов в СССР и государствах-участниках

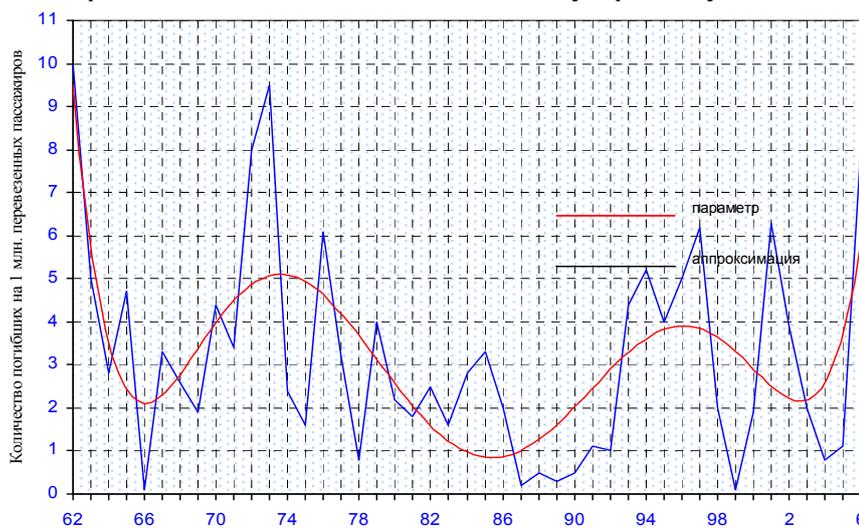


Рис. 6. Количество погибших в катастрофах тяжелых самолетов с ГТД на 1 млн. перевезенных пассажиров в СССР и государствах-участниках Соглашения по годам

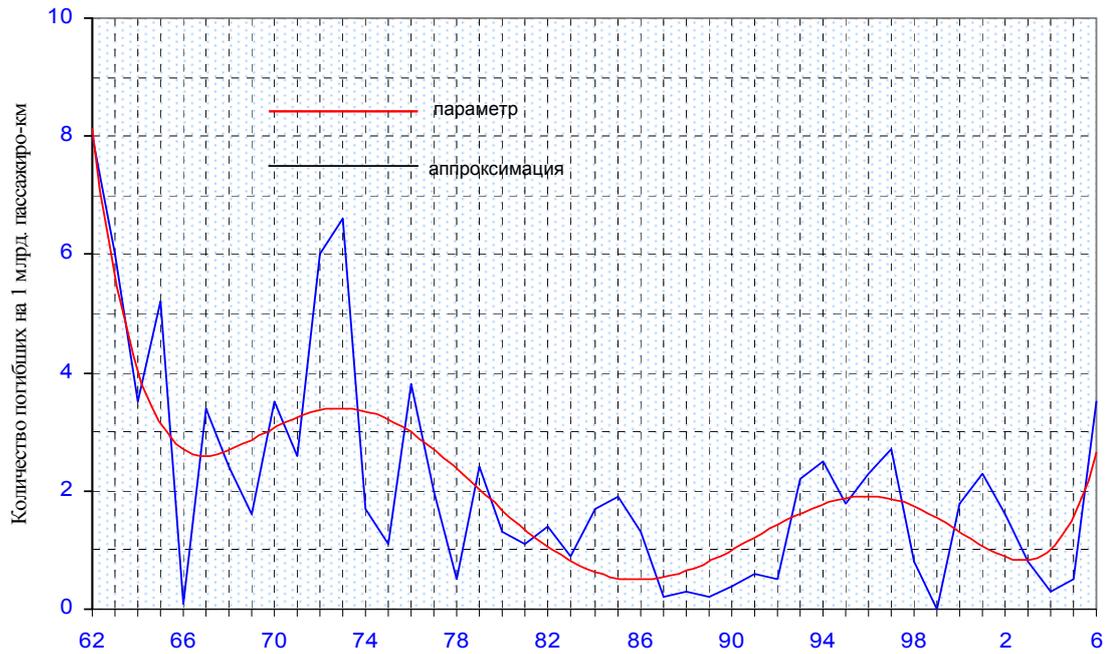


Рис. 7. Количество погибших в катастрофах тяжелых самолетов с ГТД на 1 млрд. пассажиро-км в СССР и государствах-участниках Соглашения по годам

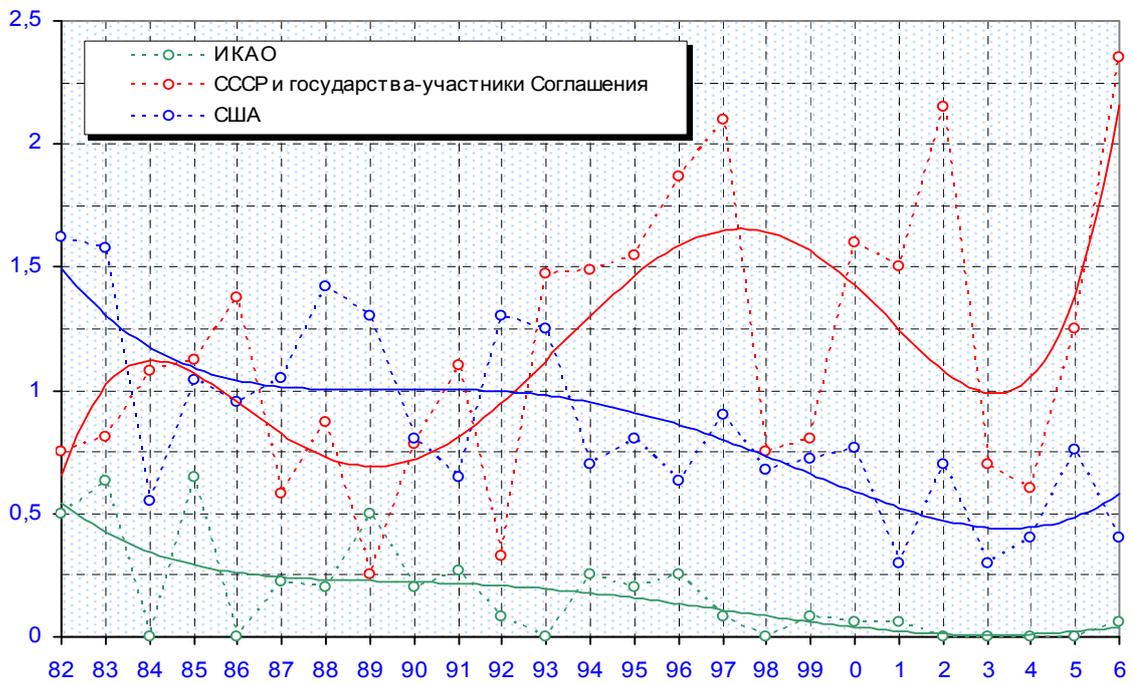


Рис. 8. Количество катастроф на 1 млн. часов налета тяжелых самолетов при регулярных и нерегулярных пассажирских перевозках в СССР и государствах-участниках Соглашения США, ИКАО по годам

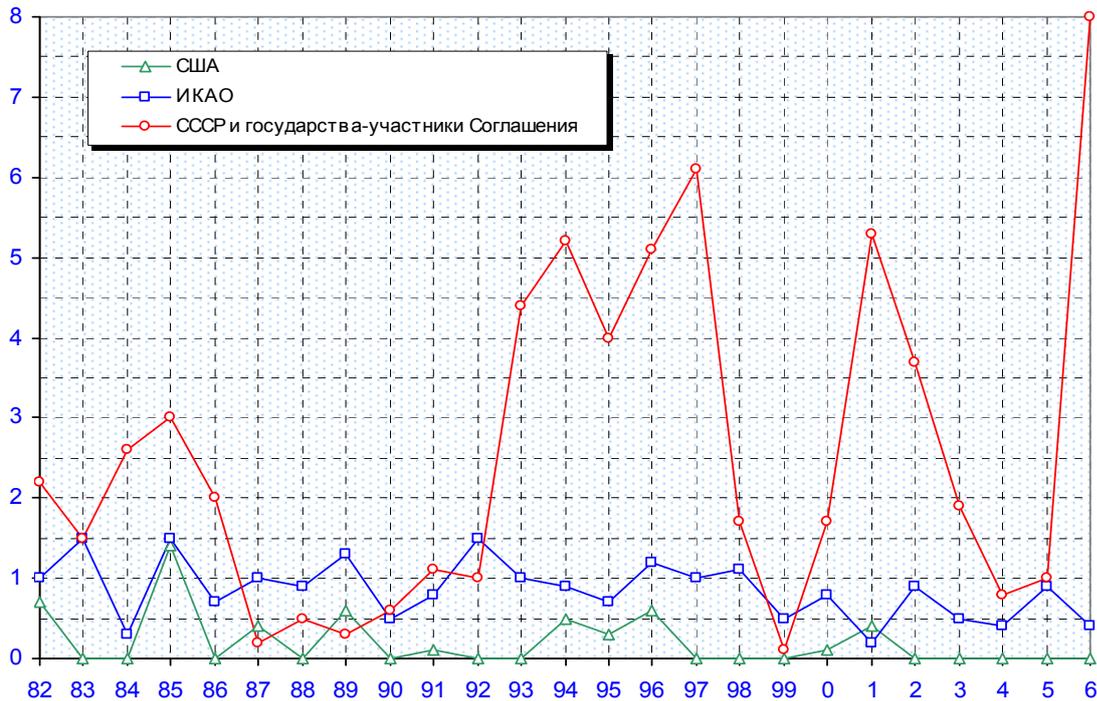


Рис. 9. Количество погибших в катастрофах на 1 млн. перевезенных пассажиров при регулярных и нерегулярных пассажирских перевозках тяжелыми самолетами в СССР и государствах-участниках Соглашения США, ИКАО по годам

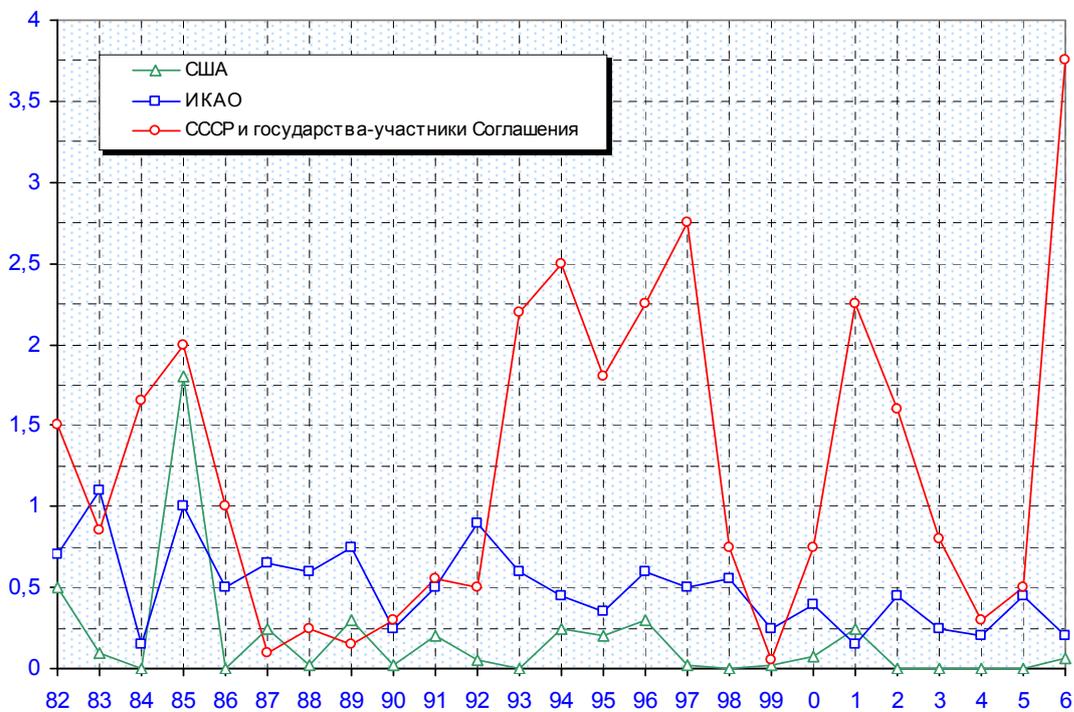


Рис. 10. Количество погибших в катастрофах на 1 млн. пассажиро-км при регулярных и нерегулярных пассажирских перевозках тяжелыми самолетами с ГТД в СССР и государствах-участниках Соглашения, США, ИКАО (без США, СССР-СНГ) по годам

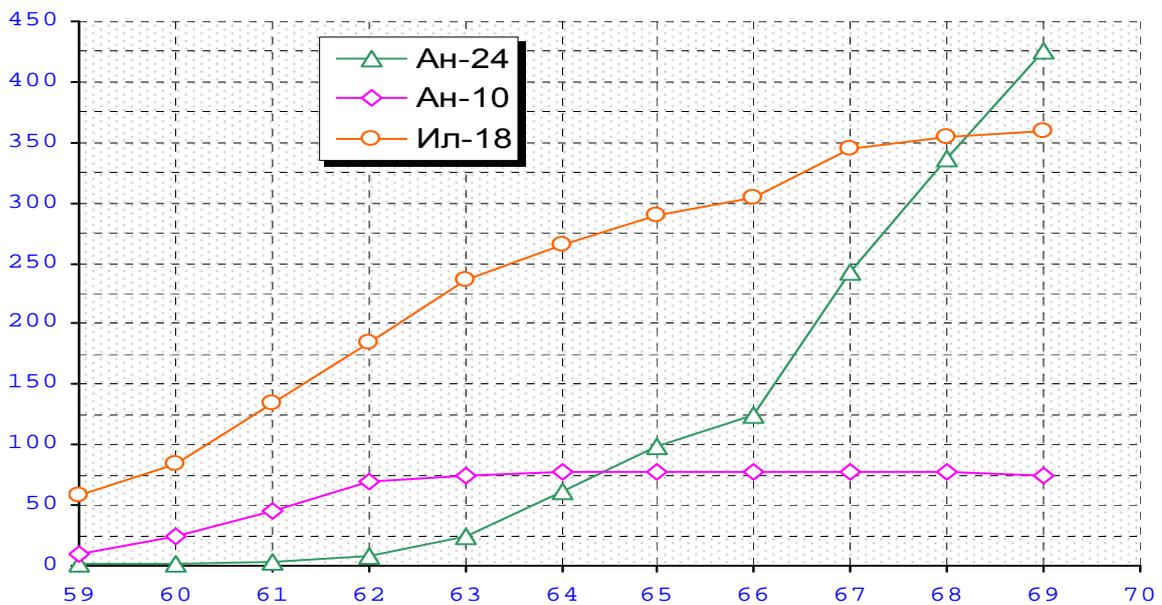


Рис. 11. Количество тяжелых самолетов с ГТД, находившихся в эксплуатации на авиалиниях СССР в начальный период их освоения

Учитывая высокие требования к создаваемому БРЭО (авионике) и ВС, создать абсолютно надежную структуру (полностью отказоустойчивую) если и возможно, то нецелесообразно по экономическим соображениям. Поэтому при проектировании оценивается глобальный критерий – вероятность благополучного исхода полета при необходимых уровнях резервирования, т.е. из условия обеспечения *отказоустойчивости и отказобезопасности*. Отказ функциональной системы ВС „планируется” на уровне 10^{-7} 1/ч налета; нормируются уровни возникновения особых полетных ситуаций: $Q_{ууп} \leq 10^{-3}$ $Q_{сс} \leq 10^{-5}$ $Q_{ас} \leq 10^{-6}$ $Q_{кс} \leq 10^{-7} \dots 10^{-9}$ на 1 час налета (индексы означают особые полетные ситуации: усложнение условий полета; сложная, аварийная и катастрофическая ситуации).

Постановка задачи

Система управления технической политикой является замкнутой, многоуровневой системой с обеспечением обратной связи “эксплуатант – промышленность”. Процесс реализации *принципа отказобезопасности* условно осуществляется на следующих этапах (уровнях).

1. На первом уровне конструктором реализуется принцип отказоустойчивости технических функциональных систем с сохранением режима „продолжающейся работы” при различных уровнях качества функционирования и единичных отказах в аппаратуре и/или программном обеспечении. Обеспечивается высокая надежность структуры путем использования математического, полунатурного и натурального моделирования. Реализуются принципы технического совершенства, качества функционирования и защиты от возможных ошибок летного состава при управлении функциональными системами.

2. На втором уровне проектировщики обеспечивают выполнение комплексом „экипаж-ВС-среда” функций ВС при единичных отказах за счет введения требуемого уровня резервирования (интегрированные системы с высокой степенью отказоустойчивости и с высокой степенью готовности). Распределяются функции и степень автоматизации процессов управления. Обеспечение *уровня отказобезопасности* функциональных систем осуществляется путем включения экипажа в контур управления, а в случае боль-

ших рисков экипажа управление осуществляется автоматическими системами. Степень опасности и уровень отказобезопасности оценивается и реализуется путем моделирования „на земле” современными методами и комплексами (исследовательские пилотажные стенды). Летную оценку формируют летчики-испытатели и специалисты по наземным стендам и летным испытаниям.

3. *На третьем уровне* конструкторы обеспечивают разработку комплекса жизнеобеспечения людей, их выживаемости, когда авиационное происшествие неизбежно.

4. *На четвертом уровне* конструкторы с эксплуатантом разрабатывают средства и методы подготовки экипажа, снижающими риски и ошибочные действия по управлению ФС, а также выявлению отклонений в системах и действиях экипажа в процессе эксплуатации.

5. *На пятом уровне* эксплуатант выявляет опасные отклонения в работе авиационно-транспортной системы, и совместно с конструктором отрабатывает мероприятия по предотвращению их поведения с целью детального исследования АП. На основе анализа опыта эксплуатации ВС разрабатываются и осуществляются мероприятия по повышению отказоустойчивости ФС, отказобезопасности комплекса „экипаж – ВС – среда”, дается

оценка предельных психофизиологических нагрузок экипажа для снижения вероятности ошибочных действий летного и наземного экипажей.

Важную роль играют статистические оценки эксплуатируемых ВС за длительный период. Они играют роль отрицательной обратной связи динамической системы по корректировке элементов АТС и выявлению закономерностей при образовании „возрастных” отказов и неисправностей, связанных с постепенными отклонениями, переходящими затем во внезапные отказы (старение материалов, износные явления, влияние факторов эксплуатации).

Отказобезопасность двигателей.

Используем эксплуатационную статистику отказов и выключения двигателей Д-30-КП в полете [5] на основе учета 100 инцидентов за длительный период ВТА. В создавшихся ситуациях двигатели выключали с помощью рычага останова двигателя, дублировали самовыключение. Большое число выключений двигателей осуществлялось на основе ложных сигналов систем сигнализации (виброаппаратура, сигнализация пожара). Распределение случаев выключения двигателей по разным причинам на этапах полета и изменении условного коэффициента риска деятельности экипажа $K_{рДЭ}$ приведено в табл. 1.

Таблица 1. Выборка статистики выключения двигателя Д-30-КП на этапах полета

Этап полёта	Средняя продолжительность полётов		Количество отказов	Количество отказов, в %	Коэффициент риска деятельности экипажа
	Δt_i	Минуты			
Взлет	Δt_1	1	16	22	22
Набор высоты	Δt_2	14	17	23	1,64
Полет по маршруту	Δt_3	47	25	34	0,72
Снижение	Δt_4	11	3	4	0,36
Заход на посадку	Δt_5	15	7	10	0,66
Посадка	Δt_6	1	2	3	3
Уход на второй круг	Δt_7	1	3	4	4

Анализ показывает, что наибольшая вероятность выключения двигателя характерна этапам взлета, посадки, ухода на второй круг; другие этапы более благополучны. Вероятность отказа двигателя скачкообразно возрастает при работе на максимальных режимах, а наиболее вероятными причинами отказов являются сле-

дующие: внутреннее разрушение двигателя («стружка в масле» – до 23 %), разрушение опор и заклинивание ротора двигателя; разрушение лопаток турбины. Кроме того, из-за ложной информации аварийных сигнализаторов выключались исправные двигатели (табл. 2).

Таблица 2. Отказы систем аварийной сигнализации двигателей

Характер отказа	Количество отказов, %
Отказ электронного блока сигнализации виброперегрузки	54
Ложные срабатывания сигнализации стружки в масле	16
Отказ усилителя измерения температуры газов	15
Ложное срабатывание системы сигнализации пожара внутри двигателя	15

В большинстве случаев экипажи действовали самостоятельно и грамотно, обеспечивая благополучный исход полетов (табл. 3).

Анализ и обобщение наиболее вероятных ошибок экипажей на основных этапах полета

С позиции системного подхода и вероятностной динамической модели оценки отказобезопасности системы «экипаж – воздушное судно – среда» рассмотрим типовые ошибки экипажей на этапах по-

лета. В зависимости от этапа и условий переменными состояниями являются: характер и темп деятельности экипажа, психофизиологические нагрузки, пространственные и временные ограничения. Эти состояния непосредственно определяют вероятность проявления грубых ошибок экипажей, оцениваемых приближенно коэффициентом риска деятельности экипажа $K_{рде}$. В нормативно-технической литературе эти вероятности могут называться рисками (заказчика и др.).

Таблица 3. Действия экипажа при отказах двигателей

Характер действий	Изменение плана полёта при отказах, в %
Прекращение взлета	10
Возврат и посадка на аэродроме взлета	70
Посадка на запасном аэродроме	1
Продолжение перелета и посадка на аэродроме назначения	19

Коэффициент риска деятельности экипажа изменяется в широких пределах на этапах полета $K_{рде}$ (0,17...28,05) в условиях пространственных и временных ограничений (табл. 4); (рис. 12).

Взлет и начальный этап набора высоты

Разделение этапа взлета весьма условно с позиции пилотирования и управления функциональными системами, так

как для экипажа это единый этап: скорость и высота изменяются от нуля, шасси убираются на высоте 10,7 м, затем убирается механизация крыла; двигатели переводятся на номинальный режим.

Первые три подэтапа выполняются за время $\Delta t_e = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 = 14$ мин. Ошибки нужно исправлять грамотно, количество АП достаточно велико – 27% всех АП и

«уступает» по аварийности только посадке – 32,8%. Средний $K_{рдэ}$ на взлете ≤ 3 .

Таблица 4. Значения коэффициента риска деятельности экипажа по этапам полета

Этапы полета	Продолжительность этапа		Распределение АП		$K_{рдэ}$
	Δt_i	Минут	Количество	% АП	
Взлет	Δt_1	1	5	12,5	4,55
Начальный набор высоты	Δt_2	1	4	7,5	4,1
Выбор высоты	Δt_3	12	2	6,3	0,17
Полет по маршруту	Δt_4	51	15	9,9	0,3
Снижение	Δt_5	10	4	6,0	0,3
Начальный этап захода	Δt_6	11	4	6,8	0,35
Конечный этап захода	Δt_7	3	8	18,2	2,49
Посадка	Δt_8	1	28	32,8	28,05

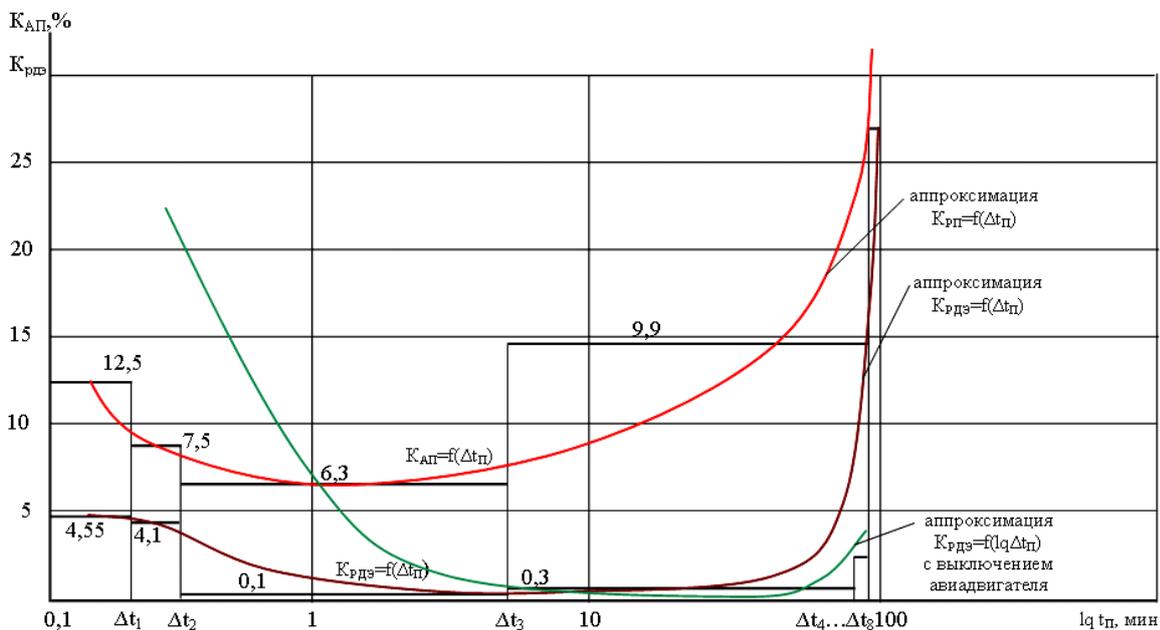


Рис. 12. Значения распределения АП в % и $K_{рдэ}$ по этапам полета

Ошибки на взлете обусловлены качеством подготовки к полетам, грубыми ошибками при работе с ФС. Типовые ошибки: не растопорено управление (полностью или частично); не расторможены колеса, не включены авиагоризонты. Потенциально опасны: столкновение с различными препятствиями на ВПП. Наиболее опасными являются факторы среды: видимость границ ВПП и всевозможных препятствий по ВПП и по курсу.

Усложняющие взлет факторы и их сочетание: большой полетный вес (иногда даже «перегруз»), низкое давление воздуха (горы; штиль; превышение рельефа по

курсу; ночные условия). Кроме того, распространенная ошибка – преждевременная уборка органов механизации вызвана ориентацией экипажа на барометрические показания радиовысотомеров, а не на истинные (геометрические) высоты. Помимо плохой взлетной видимости и ошибок диспетчеров на действия экипажа влияют высокие вероятности отказов двигателей и отказы БРЭО – авионики. Кроме того, существенную роль играет состояние ВПП.

Анализ АП военной и гражданской авиации показывает, что около одной трети АП на взлете удалось бы избежать, ес-

ли бы командиры ВС (КВС) приняли бы своевременно решение о *прекращении взлета*. Промедление в решении на секунды приводило к пересечению торца ВПП и «выкатыванию» ВС.

Рекомендации по анализу АП. Автоматизированный контроль по времени текущих координат до конца ВПП позволяет сформировать сообщение для экипажа о продолжении или прекращении взлета. Эта информация необходима особенно при *сложной особой ситуации* в совокупности факторов: взлете при ограниченной видимости с большим полетным весом и неблагоприятном состоянии ВПП.

Набор высоты. Этап набора высоты характерен вопросами ухудшения устойчивости и управляемости, т.е. возможным выходом на исправных самолетах на *срывные режимы* и как следствие – поспешным исправлением ошибок экипажем.

В современных условиях «тесного» неба увеличивается вероятность опасного сближения с другими ВС. Анализ показывает, что в Европе «в часы пик» 70% экипажей выполняет полеты в режимах снижения или набора высоты, и только 30% ВС находятся на эшелоне. С введением новых правил возросла вероятность грубых ошибок пилотирования и увеличилось количество секторов управления полетами.

В режиме набора высоты возрастает влияние неблагоприятных факторов: уменьшается запас по углу атаки, увеличивается перепад давления кабины и атмосферы, ухудшаются условия деятельности экипажа, возможны случаи разгерметизации.

Рекомендации: текущий автоматизированный контроль работоспособности БРЭО и состояния среды позволяет расширить резервные возможности экипажа и снизить грубые ошибки в технике пилотирования и управления ФС.

Крейсерский полет. Участок Δt_4 протекает в условиях больших высот и при постоянном режиме работы двигателей, на нем произошло 9,9% АП. Для во-

енной авиации этот этап значительно сложнее и ответственней, чем для ГА (боевое применения, дозаправки в воздухе, полеты на малых высотах, строем и т.д.).

В современных условиях введены новые стандарты эшелонирования, полетов по оборудованным трассам, резко возросла плотность полетов. Катастрофа ТУ-154 и В-767 над Германией еще раз высветила неоднозначность поведения двух экипажей, оборудованных ВС системами TCAS. От экипажей требуется осмотрительность, настороженность к командам диспетчеров и визуальная коррекция по ситуации. В данном АП швейцарский диспетчер навязал КВС ТУ-154 неправильную команду, и в результате произошла катастрофа, а КВС излишне доверился диспетчеру. Показательна трагедия катастрофы В-737 под Пермью. Проблема приоритетов при принятии решений реализуется в пределах аэропорта, где КВС однозначно выполняет команды диспетчера. При возникновении скоротечных особых ситуаций типа пожара на ВС приоритет экипажа несомненен, так же при разгерметизации кабины. Экипаж принимает экстренные меры по локализации аварийной ситуации, а затем докладывает «земле», не расходуя дефицитное время на консультации.

Рекомендации: автономная система сигнализации опасного сближения с «землей» искажает информацию о геометрической (истинной) высоте. Достоверную информацию обеспечивает бортовая информационная система, в режиме автоматизированного анализа текущей ситуации и экстраполяции параметров и характеристик полета. Таким образом, информационная система извлекает ложную информацию и одновременно информирует экипаж о приближении реальной опасности.

Снижение, начальный этап захода на посадку и конечный заход на посадку.

А. *Снижение.* Согласно табл. 3 и рис. 13 этап сравнительно благополучен и на него приходится 6% АП, а $K_{рдэ}=0,36$.

Коэффициент риска деятельности экипажа минимален из-за невысокой вероятности отказов ФС, двигатели – в режиме малого газа, т.е. не на напряженных режимах; механизация и шасси убраны. Основные воздействия на этапе: возможные встречи с горными хребтами и увеличенная вероятность попадания в зону турбулентности, обледенения и града. Совершенствование конструкции и повышение отказоустойчивости БРЭО способствует успешному выполнению этапов полёта.

Б. Начальный этап захода на посадку. Этап включает участок траекторного образования начального этапа захода на посадку, но у экипажа синдрома – призывания к опасности.

Траектории включают участки от начала предпосадочного маневра до выхода на посадочную прямую. Аварийность на участке невысока – 6.8% АП, а $K_{РДЭ}=2,49$, т.е. выше, чем на начальном (0,35). Типовые причины возникновения АП: грубые нарушения схемы захода на посадку и выхода на срывные режимы; зазнайство и отсутствие взаимодействия и взаимоконтроля экипажа; пассивность руководителя полетов. Анализ большого объема материалов с характерными ошибками экипажей на этапе начального захода на посадку показывает и классифицирует их на следующие схемы: отклонения от заданной траектории по высоте и направлению; неграмотное использование радиовысотометров и сигнализаторов геометрической высоты (истинной); упрощенный анализ условий полета (видимость, возможность обледенения и др); возможность выхода на режим сваливания, включая обледенение; игнорирование команд диспетчеров.

Предупреждающая информация для экипажа и алгоритмы информационной системы предназначены для запуска систем визуальной и речевой информации. При этом экипаж на навигационном индикаторе получит полное представление о расчетной и текущей траектории предпосадочного маневра в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Возможно

применение автоматических загрузочных устройств и вывод авиадвигателей на взлетный или номинальный режим, чтобы избежать сваливания ВС.

В. Конечный этап захода на посадку. Этап конечного захода ВС на посадку начинается с момента выхода на посадочную прямую и до высоты 15м (до пролета порога ВПП). Мировая статистика констатирует 18,2% АП, а $K_{РДЭ}=2,49$. Типовые АП на этом этапе – следствие грубых ошибок экипажа, а наибольшее влияние оказывает видимость и время суток. В дальней авиации и ВТА 70% АП произошли в ночных условиях при плохой видимости и низкой облачности. Наиболее типичны два вида ошибок:

- при плохой погоде снижение ниже глиссады; по статистике 80% АП (от всех на этапе) стали следствием «клевок» и «ухода под глиссаду»;

- продолжение захода при попадании в зону приземного тумана, когда на высоте выравнивания при включенных посадочных фарах внезапно появляется световой экран, и контакт экипажа с ВПП прекращается.

Избежать негативного эффекта можно следующими путями:

- осуществить посадку на запасном аэродроме;

- применяют способ посадки с противоположным курсом, когда видимость ВПП с концов существенно различна;

- при посадке с образованием светового экрана нужно своевременно быстро выключить посадочные фары и экран исчезает, а ВПП – высвечивается.

Авиационная статистика АП в военной и гражданской авиации выявила типовые цепочки ошибок экипажа на (заключительном) этапе посадки:

- неточный выход на посадочную прямую по высоте, скорости и направлению стал причиной последующей коррекции энергичными доворотами, с повышенной вертикальной скоростью и «уходом под глиссаду»;

– большая вертикальная скорость до прохода ДПРМ приводила к «клевкам», набору высоты и потере скорости;

– проход до прохода дальнего радиомаяка (ДПРМ) при уменьшенной высоте способствовал отвлечению внимания на выключение фар при световом экране;

– снижение выше расчетной глиссады, исправление ошибки со скоростью $V_y \geq 7..10$ м/с приводит к уходу на второй круг с «задеванием» препятствия, а также увеличению V_y после возникновения светового экрана и приземлению до ВПП.

Рекомендации: Цепочка ошибок экипажей поддается автоматизированному анализу и прогнозированию, использованию речевых сообщений предупреждающего характера.

Г. *Посадка.* Этап посадки ВС с позиции безопасности полетов и авиационной статистики наиболее сложен, на него приходится 32,8% всех АП, $K_{рдэ}=28,05$, т.е. наиболее высокая вероятность того, что будет допущена грубая ошибка в технике пилотирования при эксплуатации функциональных систем. Экипаж работает с высокими психофизиологическими нагрузками, в жестких пространственно-временных ограничениях.

Конфигурация посадки и условия выполнения:

– самолет должен коснуться ВПП на осевой линии и на заданном удалении от торца;

– угол тангажа определенный;

– вертикальная и боковая перегрузки минимальны;

– углы крена и сноса минимальны.

Успех выполнения посадки на 70...80% обеспечивается точностью поддержания этих параметров. Высота, путевая скорость и масса ВС определяют запас кинетической и потенциальной энергии, а, следовательно, длину воздушного полета и пробега. Коэффициент корреляции *высоты пролета торца ВПП и удаления точки касания самолетом* равен 0,85.

Анализ неудачных посадок на тяжелых самолетах показывает, что они предопределены *цепочками ошибок экипажей* при посадочном маневре и на прямой пролета. Около 40% АП при посадке произошли из-за исправления ошибок поспешными действиями экипажа. Определенное демпфирующее действие при посадке оказывают автоматы загрузки.

Уход на второй круг. Уход на второй круг может быть вызван различными причинами, к наиболее традиционным относятся:

– неточный заход на посадку по высоте и направлению;

– превышение высоты и скорости пролета ВПП;

– несоответствие условий полета уровню подготовки экипажа;

– неожиданное попадание в зону приземного тумана или интенсивных осадков;

– грубая ошибка в технике пилотирования.

Во время ухода на второй круг от экипажа требуются грамотные профессиональные действия при работе с ФС. При вынужденном высоком темпе работы возрастает вероятность грубой ошибки экипажа. Наиболее вероятные ошибки экипажа при уходе на второй круг: запоздалое решение на уход, малая высота при пролете препятствий по направлению движения ВС; преждевременная уборка механизации крыла в промежуточное положение и «просадка» самолета; запоздалая уборка и превышение ограничений по скорости с механизацией в посадочной конфигурации; несвоевременная балансировка ВС стабилизатором и, как следствие, большие усилия на штурвале; преждевременный перевод авиадвигателей на пониженный режим работы и уборка механизации крыла.

Выводы

1. Автономная система сигнализации опасного сближения с землей искажает информацию о истинной высоте, поэтому разрабатываемая информационно-

управляющая система должна отсеивать ложную информацию и одновременно информировать экипаж о приближении реальной опасности.

2. Автоматизированный контроль по времени текущих координат до конца ВПП позволяет сформировать сообщение экипажу о продолжении или прекращения взлёта. Информация чрезвычайно необходима при сложной полётной ситуации и действии сочетаний различных факторов, а также взлёте при ограниченной видимости с большим полётным весом и неудовлетворительном состоянии ВПП.

3. Разделение полёта на участки фактически позволяет рассматривать характеристику рисков как динамическую временную зависимость и конкретизировать наиболее напряжённые участки полёта, используя эксплуатационную статистику эргатического комплекса «экипаж – воздушное судно – среда». Установление количественной оценки этих интервалов возможно по коэффициенту риска деятельности экипажа, предложенного в работе [5].

4. В работе [8] с позиции системного подхода и разработанной вероятностной динамической модели оценки отказобезопасности комплекса «экипаж – воздушное судно – среда» определены подходы к оценке степени опасности вблизи границы ожидаемых условий эксплуатации.

5. Анализ причин авиационных происшествий из-за отказов функциональных систем самолётов отечественного производства и аналогов западного производства показал сходные причины и отказы техники, что говорит об одинаковом уровне технического совершенства. Основные причины возникновения АП из-за отказов техники: отказы шасси и силовой установки.

Список литературы

1. Airliner Loss Rater, Aircaims, London TW6 2AS, 2001.

2. World Aircraft Accident Summary – CAA CAP479, Airclams, London TW6/2AS, 1963. – 2004.

3. Отчёты Межгосударственного авиационного комитета по состоянию безопасности полётов в гражданской авиации в странах СНГ, МАК, 1992. – 2004.

4. Анализ безопасности полётов самолётов с газотурбинными двигателями за 50-летний период (1957 – 2006 гг) эксплуатации в ГА СССР и государствах – участниках соглашения о ГА и об использовании воздушного пространства (пассажирские перевозки)/Н.Устименко, М: МАК “Воздушный транспорт”, №48, 49 – 2007.

5. *Шишкин В.Г.* Безопасность полётов и бортовые информационные системы. – Иваново: МИК. – 2005. – 240 с.

6. *Воробьев В.М., Захарченко В.А., Киселев А.Д., и др.* Экспертная оценка отказобезопасности кабинного интерфейса авионики. – К.: НТУ, Автошляховик України. – 2008.

7. *Воробьев В.М., Захарченко В.А., Киселев А.Д., и др.* Современные проблемы и тенденции автоматизации и взаимодействия интегрированного комплекса «экипаж – воздушное судно – среда». – К.: ИК им. В.М. Глушкова НАНУ / Кибернетика и вычислительная техника. – № 153, 154, ч. I, ч. II. – 2008. – С. 66–81. – С. 71–83.

8. *Воробьев В.М., Захарченко В.А., Енчев С.В., и др.* Вероятностная динамическая модель оценки отказобезопасности кабинного эргатического интерфейса // Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук. пр. – К.: НАУ, 2007. – Вип. 4(22). – С. 24–30.

Подано до редакції 25.03.10