

УДК 629.735.051.56(045)

Тимошенко Т. М., Пономарева А. Ю.
Національний авіаційний університет, Київ

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ БОРТОВЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ ИСПРАВНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ С ВОДНОЙ И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТЯМИ

В статье обобщается опыт эксплуатации систем предупреждения приближения земли, доказывается, что они являются системами принятия решения, дается обобщение статистики типовых авиационных происшествий категории CFIT. В статье также предлагается новый метод аппроксимации существующих зон срабатывания, а также устройство, учитывающее недостатки существующих систем.

Международная организация гражданской авиации (ИКАО) придает большое значение решению проблем авиационных происшествий (АП) категории CFIT (Controlled flight into terrain) – столкновению исправных воздушных судов с земной или водной поверхностью. Согласно мировой статистике АП данная категория занимает одно из первых мест по количеству аварий (катастроф) и количеству погибших. Именно поэтому появилась необходимость в создании системы, которая бы своевременно предупреждала экипаж о попадании в ситуацию, развитие которой может привести к такому непреднамеренному столкновению.

Такие системы появились в начале 70-х годов 20-го века, и к настоящему времени существует достаточно большое количество моделей и модификаций систем предупреждения приближения земли как западного, так и восточного производства. Условно их можно разделить на две группы:

- системы I поколения, работающие в вертикальной плоскости – вертикальные экстраполяторы (например, CCOС, GPWS, СППЗ);
- системы II поколения, работающие в горизонтальной плоскости – горизонтальные экстраполяторы (например, СРПБЗ, EGPWS, TAWS).

Общепринято считается, что данные бортовые системы безопасности относятся сенсомоторным системам. Это означает, что в случае появления аварийной сигнализации, пилот (экипаж) должен среагировать на нее в течение 3-4 секунд. Но это нереально и данное время не обеспечивает положительный исход аварийной ситуации.

Согласно требованиям инженерной психологии по продолжительности времени принятия решений в сложных условиях минимальная (нижняя) граница этого времени – 20 секунд. Это объясняется тем,

что принятие решения – сложный логико-психологический процесс, который состоит из следующих задач: определение сигнала, отличие (идентификация) сигнала, опознание (декодирование) ситуации, выбор стратегии и построение плана действий. Кроме того продолжительность времени принятия решений увеличивается с ростом числа логических условий и при наличии зон сомнений. Необходимо также отметить, что данные системы обладают большим количеством ложных срабатываний, в связи с чем пилоты, зная это, могут отложить какие-либо действия в ответ на сигнализацию пока не дождутся двойного или тройного подтверждения сигнала.

Следует заметить, что характеристики систем I поколения, которые даются в руководствах по летной эксплуатации имеют ложную область применения – полет над горной или холмистой местностью. Ложность эта подтверждается номограммой определения максимально располагаемого времени у экипажа до столкновения с горными препятствиями (рис.1). Данная номограмма построена только для систем предупреждения I поколения.

Время, оставшееся у экипажа для принятия решений до столкновения ВС с земной поверхностью зависит от таких показателей, как скорость ВС и крутизна склона гор. Из номограммы видно, что чем круче склон горы (сопки, скалы и т.д.) и чем выше скорость воздушного судна, тем меньше времени на принятие решения остается у экипажа. Следовательно, применение систем предупреждения I поколения в горной местности является потенциальной опасностью и может привести к авиационному происшествию или катастрофе.

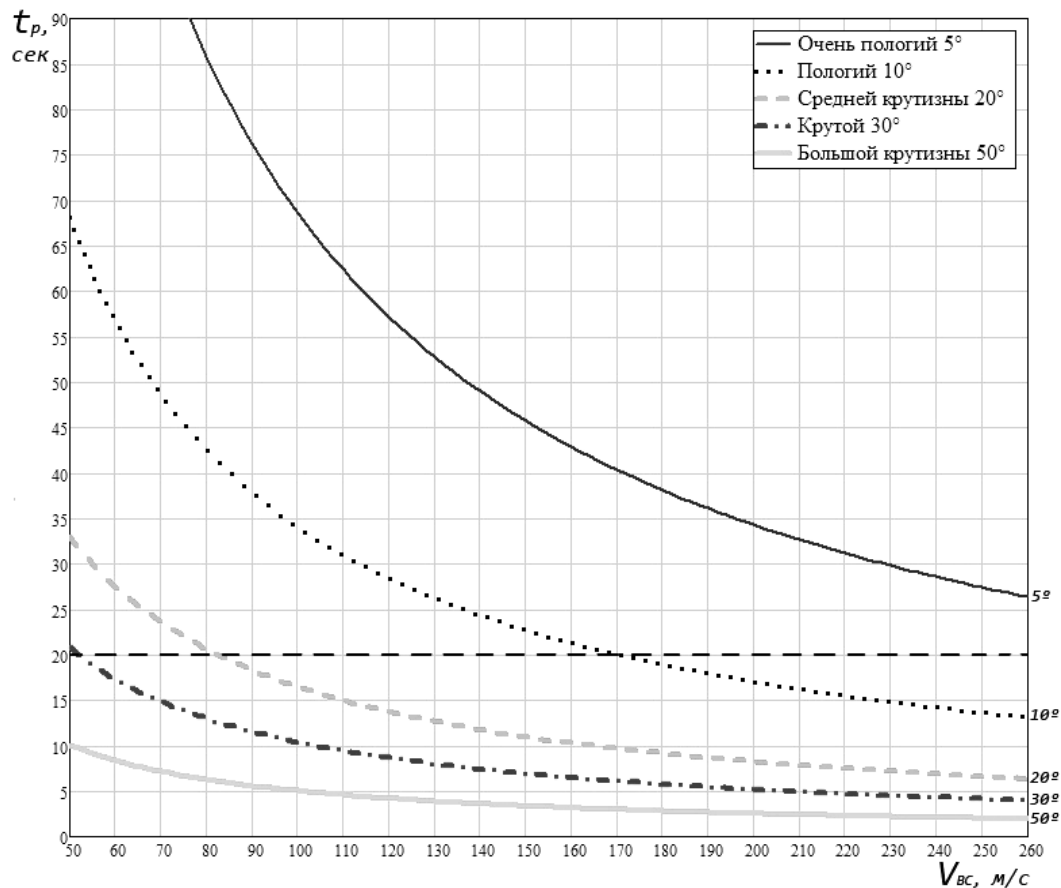


Рис. 1. Номограмма определения максимально располагаемого времени у экипажа до столкновения с горными препятствиями (горы, сопки, скалы и т.д.) в зависимости от крутизны склона гор

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что системы предупреждения приближения земли относятся к системам принятия решений, и ни в коем случае нельзя рассматривать их как сенсомоторные системы, а нормативной областью применения этих систем являются этапы взлета и посадки по полным взлетной и посадочной дистанциям. Следует добавить также, что данные системы должны применяться только в многоконтурной системе управления,

где функцию горизонтальной экстраполяции выполняют посадочные радиолокаторы.

Эти выводы подтверждаются практическими данными – статистикой типовых авиационных происшествий категории CFIT за последние 30 лет (табл. 1). Из таблицы видно, что все АП произошли при крутых склонах ($\approx 38^\circ$) гор и при недостаточном времени на принятие решение ($t_{\text{рсп}} \approx 12$ секунд), которое значительно меньше нижней границы, определенной нами согласно требованиям инженерной психологии.

Таблица 1

Статистика типовых авиационных происшествий категории CFIT

Год	Тип ВС	Горы	Угол склона горы α	Имеющееся время до столкновения t_p
1992	A320	Вогезы	Больше 30°	15 сек (GPWS)
15.01.1993	АН-124	Иран Керман	30° - 50°	1 раз – 49 сек 2 раз – 13 сек (ССОС)
12.12.1995	Ил.-76 Су-27 – 3шт.	Вьетнам Камрань	Больше 30°	Меньше 15 сек (ССОС)
7.01.1989	Ил.-76	Ленинакан	Больше 60°	3-5 сек (ССОС)

Продолжение табл. 1

Год	Тип ВС	Горы	Угол склона горы α	Имеющееся время до столкновения t_p
3.04.1996	Б-737	Дубровник	Больше 40°	10 сек (GPWS)
28.08.1996	Ту-154М	Шпицберген	Больше 50°	9 сек (ССОС)
декабрь 1995	Б-757	Колумбия Кали	Больше 35°	9 сек (GPWS)
23.12.2003	АН-140	Иран Исфахан	Больше 50°	7-10 сек (СППЗ)
1998	Як-42	Салоники	Больше 30°	15-17 сек (ССОС)
28.11.1979	ДС10-30	Эребус	Больше 30°	15 сек (GPWS)
Средние α , t_p			$\alpha_{ср} \approx 38^\circ$	$t_{pср} \approx 12$ сек
Вывод:	Типичные катастрофы CFIT произошли в условиях большой крутизны склона гор за последние 25 лет			Очень мало времени для принятия сенсомоторного решения КВС

Для повышения безопасности полетов и решения проблемы АП категории CFIT конструктора разработали усовершенствованные системы предупреждения столкновения ВС с землей, такие как: СРППЗ – система раннего предупреждения приближения земли, СРПБЗ – система раннего предупреждения близости земли, TAWS – Terrain Awareness Warning System, EGPWS – Enhanced Ground Proximity Warning System. Данные системы хорошо работают в горизонтальной плоскости в горах при крутых склонах. Они являются эффективными во время крейсерского полета, но применение их на пологих склонах или во время взлета и посадки имеет некоторые сложности.

По проведенному анализу работы данных систем мы выявили такие сложности в их эксплуатации:

1) проектные: недостаточное участие при проектировании специалистов по авионике, неиспользование инженерно-психологических стандартов, общая сложность конструкции, демонтаж GPWS без обоснования нормативных областей применения и замена запчастей (1994-1996 г.), многоконтурность управления «борт-земля», системы предупреждения только ручные;

2) технологические: полирежимность, ложные срабатывания; отсутствие автоматов увода при $t \leq t_{кр}$, отсутствие применения новейших разработок в области СВЧ технологий, отсутствие перехода от ручных систем к автоматам, слож-

ность принятия решений лётными экипажами в горах;

3) организационные: сложность формирования базы данных по GPS/Глонасс, сложность согласования с работой УВД (ОВД), большой объем данных об аэродромах, отсутствие зоны защиты по $t_{ркр}$ и автоматов увода, статистика АП категории CFIT ВС, оборудованных СРПБЗ фактически без аналитики, сложность внедрения концепции «свободный полет» при предотвращении АП, одноконтурные системы управления и их недостатки;

4) инженерно-психологические: отсутствие анализа характеристик, как интерполяторов, так и экстраполяторов, отсутствие инженерно-психологического анализа характеристик систем, сложность использования сигнализации, ограничения по порогам восприятия, $t_{ркр}$ по человеку-оператору при отсутствии автомата увода на безопасную высоту с учётом границ по эшелонированию работы системы TCAS, перегрузка пилотов.

Чтобы подтвердить наши доводы, мы построили номограмму для систем второго поколения (рис. 2). По номограмме четко видно, что такие системы эффективны при крутых склонах гор. При пологих склонах воздушные суда попадают в зону «фатальности», другими словами – в зону авиационных происшествий. В качестве примера на номограмму нанесены катастрофы, подтверждающие неэффективность применения систем при полетах в местности с пологим релье-

ефом – авиакатастрофа 23 декабря 2002 года самолета А-320 под Сочи и авиакатастрофа 10 апреля 2010 г. с самолетом ТУ-154М в Смоленске.

Принцип работы систем раннего предупреждения основан на «алгоритме впередсмотрящего». В данных системах имеются зоны: предупредительной и аварийной сигнализации, а опасная зона эксплуатации не рассматривается, как

того требуют авиационные документы (РЛЭ и РУБП). Зоны основаны на принципе «пирога» или по-научному – являются закрытыми торами (у закрытого тора центр производящей меридиональной окружности не находится на оси вращения, расстояние от центра O окружности до оси вращения i меньше радиуса r окружности).

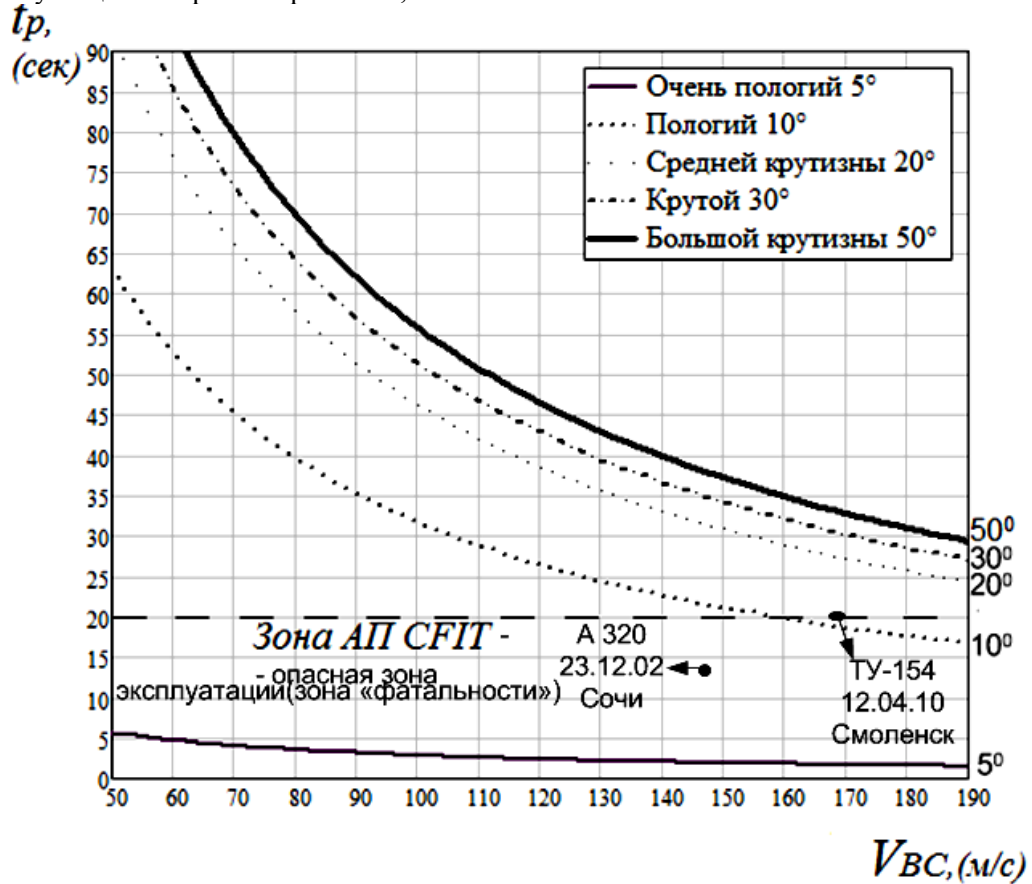


Рис. 2. Номограмма опасных зон эксплуатации и времени t_p для принятия решения летными экипажами при алгоритме «впередсмотрящего» («горизонтальная экстраполяция») для предупреждения АП CFIT

Научный руководитель – Скрипец А. В., проф.