

УДК 629.735.051.56 (045)

Тимошенко Т.М.

## ОБОСНОВАНИЕ НОРМАТИВНОЙ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПРИБЛИЖЕНИЯ ЗЕМЛИ МЕТОДАМИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ И ИНТЕРПОЛЯЦИИ В МНОГОКОНТУРНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ

Институт электроники и систем управления  
Национального авиационного университета

*Рассмотрены недостатки систем предупреждения приближения земли. Проведен анализ причин вырождения этих систем. Обсуждена нормативная область их применения – полная взлетная (посадочная) дистанция. Изучены характеристики этих систем по специальной номограмме и инженерно-психологическим требованиям к процессам принятия решений*

### Введение

В настоящее время с 1994 года эффективно проводится ряд мероприятий ICAO по внедрению систем раннего предупреждения близости земли (СРПБЗ). Однако еще значительное количество воздушных судов оборудовано системами первого поколения – ССОС, GPWS, СППЗ, которые по принципам функционирования представляют собой вертикальные экстраполяторы.

### Актуальность темы

Предотвращение столкновения с земной поверхностью во время управляемого полета исправных гражданских воздушных судов за последнее время стало одной из основных проблем авиационных властей во всем мире. По данным статистики, именно этот вид авиационных происшествий доминирует среди факторов, которые привели к наиболее тяжелым катастрофам. Чтобы уменьшить вероятность катастроф категории *Controlled Flight into Terrain (CFIT)* в большинстве стран ICAO и США с 70-х годов 20 века стали требовать установку системы, предупреждающую о возможности такого события

В связи с этим ICAO последовательно применяет ряд организационных мероприятий, направленных на ужесточение требований к бортовому оборудованию

гражданских самолетов и совершенствование соответствующих систем [1].

### Постановка задачи

Однако до настоящего времени не проводились научные исследования по обоснованию областей применимости различных типов систем предупреждения CFIT, а также инженерно-психологических оценок располагаемого времени у экипажа для предотвращения CFIT. Кроме внедрения СРПБЗ необходимо повысить эффективность эксплуатации систем первых поколений, так как они еще стоят на значительном количестве воздушных судов мировой авиации.

Приборы и системы, существующие в настоящее время и получившие широкое применение, сигнализируют об опасном сближении самолета с поверхностью, основываясь на показаниях барометрических систем воздушных сигналов (барометрический высотомер) или радиовысотомера, сигналы которых преобразуются в соответствующие звуковые и визуальные предупреждения. **Эти системы можно разделить на две группы: системы, работающие в вертикальной плоскости, и системы, работающие в горизонтальной плоскости.**

К системам предотвращения столкновения самолета с поверхностью земли, работающим в вертикальной плоскости относятся: система сигнализации сближения с опасной скоростью (ССОС), разра-

ботанная в 1976 г., *Ground proximity warning system (GPWS)* – в 1974 г. и система предупреждения приближения земли (СППЗ) – в 1990 г. Системы ССОС и *GPWS* используют метод интерполяции и относятся к системам первого поколения, а система СППЗ – метод экстраполяции и относится к системам второго поколения.

Сегодня на первый план стала выдвигаться функция раннего предупреждения приближения к поверхности земли. За рубежом системы с этой функцией обозначаются как *EGPWS (Enhanced ground proximity warning system)* – усовершенствованные системы предупреждения приближения земли. *EGPWS* отличается наличием обширной встроенной базы данных о рельефе местности и по оценке зарубежных специалистов является значительным шагом вперед по сравнению с обычными системами *GPWS*, работающими на основе данных бортового радиовысотомера.

С технической точки зрения раннее предупреждение осуществляется путем вывода на экран дополнительно устанавливаемого в кабине пилотов устройства данных о высоте профиля местности, над которой пролетает самолет. Высотный профиль при этом вводится в вычислитель в виде базы данных, созданной на основе электронной карты местности. Таким образом, к традиционному высотомеру добавляется предупреждающая поправка по высоте.

### Решение задачи

Недостаток систем вертикальной экстраполяции заключается в том, что они не могут эффективно работать в горной местности. Ошибки, допущенные в руководствах летной эксплуатации (РЛЭ), привели к тому, что в настоящее время системы предупреждения столкновения с земной поверхностью заменяют на системы раннего предупреждения, которые работают в горизонтальной плоскости. И, хотя, казалось бы, это должно решить существующую проблему, на самом деле это приводит к проблеме иного рода – столкновению воздушного судна с земной

поверхностью при пологом склоне (скате) рельефа. Пример – столкновение А-320 с водной поверхностью около Сочи в 2006 году. На ВС стояла *EGPWS*, которая сработала, когда времени на принятие решения до удара оставалось всего 13 сек. [2].

К причинам ошибок в РЛЭ можно отнести отсутствие: нормативного анализа по НЛГС, анализа характеристик систем ССОС, анализа структурной и функциональной схем ССОС, общей характеристики ССОС (*GPWS*) как двухканальной допусковой автомата, а также неучет условия  $H_{уст} = H_{отн} (H_{абс})$  по ВПП.

Докажем, что системы ССОС являются потенциально-опасными при полетах в горной местности, т.к. для пилотов не обеспечивается необходимое время для принятия решения до столкновения с земной поверхностью (рис. 1 - 4) [3].

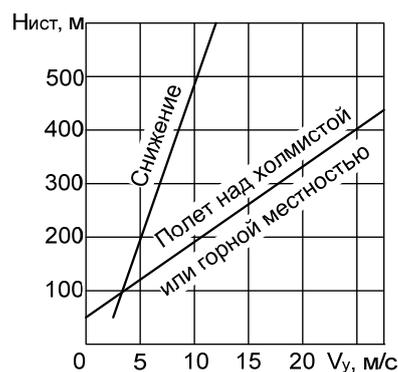


Рис. 1. Характеристика типовой ССОС (*GPWS*) с ложной областью – «полет над холмистой или горной местностью»

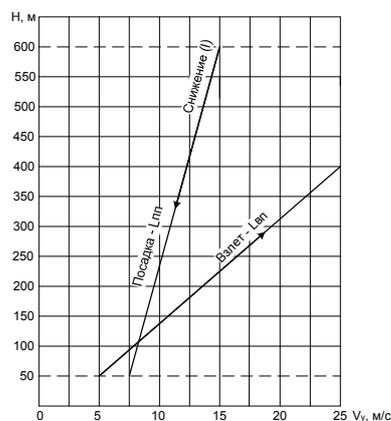


Рис. 2. Характеристика типовой ССОС (*GPWS*) с нормативной областью – взлет, посадка по полным дистанциям  $L_{ВП}$  и  $L_{ПП}$

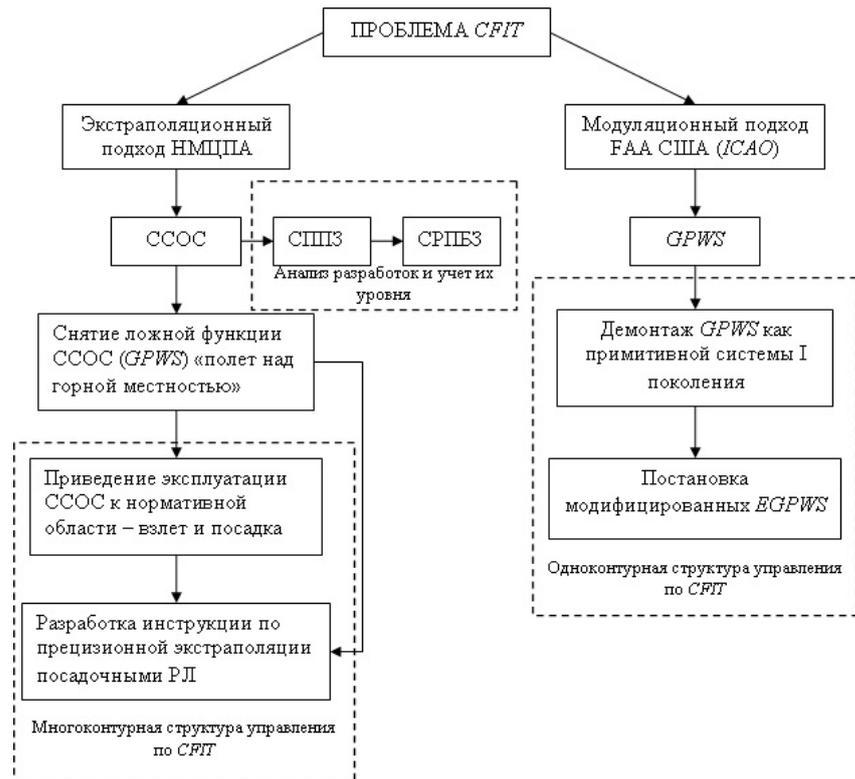


Рис. 3. Два подхода к применению систем предупреждения первых поколений (1995-2010 гг.): НМЦПА – Научно-методологический центр процессного анализа, FAA – Федеральная авиационная администрация, РЛ – радиолокаторы

Для систем, использующих метод интерполяции (ССОС), зависимость располагаемого времени на принятие решения летным экипажем от крутизны склона гор выглядит следующим образом:

$$\alpha 1 \rightarrow tp1; \alpha 2 \rightarrow tp2;$$

$$\alpha 1 > \alpha 2; tp1 < tp2,$$

где  $\alpha 1, \alpha 2$  – углы склонов гор;  $tp1, tp2$  – располагаемое время у летного экипажа до столкновения.

То есть, чем круче склон горы, тем меньше у пилотов времени для принятия решений.

При расчете располагаемого времени у летного экипажа обычно применяются различные виды номограмм. Из литературы известны номограмма Швидченко и другие [4].

Рассмотрим применение номограмм, учитывающих в качестве характеристик крутизну склона горной поверхности и скорости воздушного судна (рис. 4).

Проанализировав номограмму, можно увидеть, что системы вертикаль-

ной экстраполяции эффективно работают при очень пологих и пологих склонах гор, в остальных же случаях они не предоставляют пилотам необходимого времени на принятие решения до удара о земную поверхность.

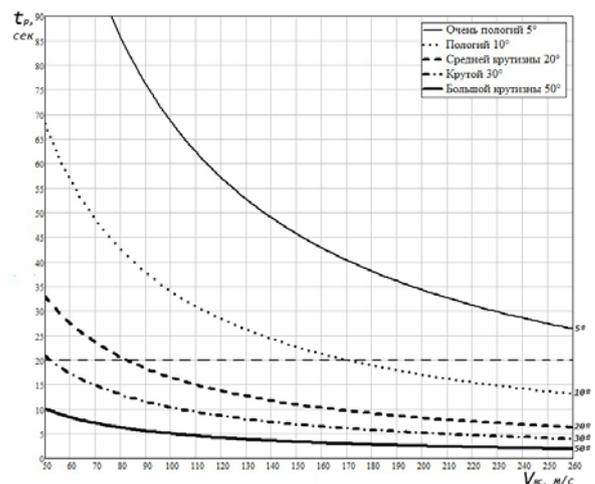


Рис. 4. Номограмма определения максимально располагаемого времени ( $t_p$ ) ССОС, СППЗ, GPWS у летного экипажа до столкновения с горными препятствиями (горы, сопки, скалы и .д.) в зависимости от крутизны склона гор

Заметим также, что с точки зрения инженерной психологии время, необходимое пилоту для принятия решений варьируется от 15-20 секунд и выше, в зависимости от уровня его опыта и сложности обстановки, поэтому системы ССОС, *GPWS* следует применять только на этапах взлета и посадки (рис. 5) [5].

Существенной ошибкой в руководствах по летной эксплуатации стало включение в график зависимостей опас-

ной вертикальной скорости от истинной высоты полета ВС зависимости при полетах над холмистой или горной местностью. Это привело к возникновению двух областей применения систем ССОС (СППЗ, *GPWS*) – нормативной и ошибочной (рис. 5). Именно по этой причине и произошло вырождение систем, работающих в вертикальной плоскости и замена их на системы раннего предупреждения путем прямого демонтажа.

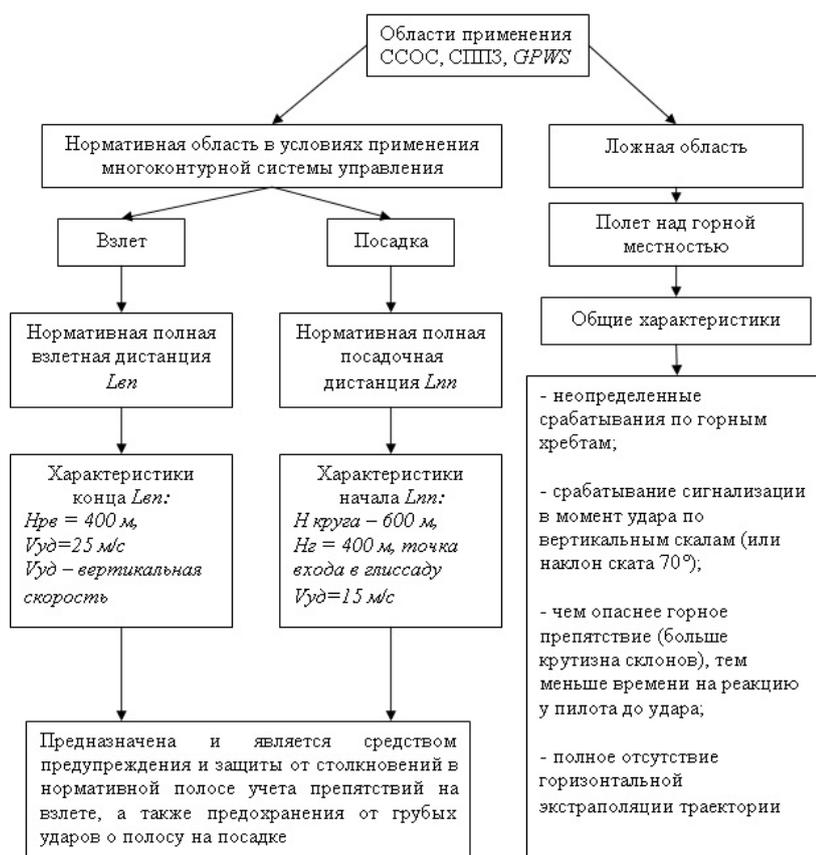


Рис. 5. Области применения систем ССОС (СППЗ, *GPWS*)

По перечню функций ССОС должна применяться:

1. Как средство защиты от столкновения с препятствиями автоматы приближения работают только в пределах зон учета препятствий в пределах полной взлетной (посадочной) дистанции.

2. Как средство защиты (предупреждения) от столкновений с горами (в горной местности) они функционально работать не могут, так как они потенциально-опасны в горах.

3. В качестве средства защиты от столкновений с горами они могут работать только в горах с пологими или очень пологими склонами – до 2-3° наклона. В горах с крутыми склонами более 30° у пилотов недостаточно располагаемого времени для принятия решений. Это подтверждает статистика по авиапроисшествиям категории *CFIT*.

Решение переоснастить самолеты системами раннего предупреждения без обоснования нормативной области применения режимов вертикальной интерпо-

ляции и экстраполяции при сохранении «ложной» области применения этих режимов – ошибочно, т.к. системы раннего предупреждения неэффективно работают на этапах полной взлетной и посадочной дистанций. Это может привести к грубым посадкам на ВПП, либо к столкновению ВС с земной или водной поверхностью. Единственно верным решением является комбинирование систем вертикальной и горизонтальной экстраполяции с определением крутизны склонов гор. Это обеспечит:

1. безопасность полетов при любом рельефе;
2. максимально необходимое время для принятия решений до удара о земную (водную) поверхность;
3. мягкие посадки ВС на ВПП.

### **Выводы**

1. Учитывая то, что системы ССОС, СППЗ, *GPWS* еще стоят на многих ВС восточного и западного производства необходимо для предотвращения АП *CFIT* привести их применение к нормативной области – полной взлетной и посадочной дистанциям, и исключить применение в горной области.

2. Следует произвести срочную доработку РЛЭ ВС с ССОС, СППЗ, *GPWS* по изъятию ошибочной трактовки характеристик этих систем и включить раздел «Особенности эксплуатации при взлете и посадке»;

3. Системы ССОС, СППЗ, *GPWS* и другие вертикальные экстраполяторы и интерполяторы проектировались для их применения в многоконтурной системе управления «земля-борт», поэтому функцию горизонтальной экстраполяции в таких системах управления (УВД или ОВД) выполняют прецизионные посадочные радиолокаторы (*Precision Approach Radar – PAR*).

4. Как показывает статистика *ICAO*, большинство АП *CFIT* в многоконтурных системах управления произошло при потере (разрыве или его отсутствии) контура управления по *PAR*. Без такого наземного контроля по функции горизонталь-

ной экстраполяции риск АП *CFIT* увеличивается не менее, чем в 5 раз.

5. В настоящее время внедрение систем раннего предупреждения *EGPWS* (СРПБЗ) происходит путем демонтажа ССОС, СППЗ, *GPWS* без анализа особенностей применения концепций многоконтурного управления «борт-земля» и концепций «свободного полета», поэтому необходимо произвести анализ взаимодействия этих концепций при начальной эксплуатации ручных систем раннего предупреждения, а также исключить применение концепции «свободного полета» при разрыве контура управления по *PAR*.

### **Список литературы**

1. Международная организация гражданской авиации. Поправка №15 к Правилам аэронавигационного обслуживания. Производство воздушных судов. Т.1. Правила производства полетов. – 1 ноября 2006 г.
2. [www.mak.ru](http://www.mak.ru)
3. Руководство по летной эксплуатации самолетов ИЛ-62, ИЛ-62М, АН-24, ТУ-134.
4. Аль-Аммори Али, Швыдченко А.С., Бурмистров В.А. Новые подходы к решению проблемы предотвращения столкновений исправных воздушных судов с земной поверхностью (*CFIT*) при производстве полетов на горные аэродромы // Проблемы безопасности полетов. – М.: ВИНТИ. – 2007. – №4.
5. Справочник по инженерной психологии // Под ред. Б.Ф. Ломова. – М.: Машиностроение, 1982. – 368 с.

Подано до редакції 16.02.10