

УДК 629.7.05

## О БОРТОВЫХ СРЕДСТВАХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОСОБЫХ СИТУАЦИЙ

Н.Н. СУХИХ, В.Л. РУКАВИШНИКОВ

Современные воздушные суда имеют множество ограничений по различным летно-техническим параметрам. Прежде всего следует выделить эксплуатационные ограничения для конкретного типа воздушного судна, которые определяют предельные режимы полета как наиболее сложные эксплуатационные режимы. Выход воздушного судна за предельные режимы приводит к попаданию в критические режимы, характеризующиеся возникновением особых ситуаций.

В статье рассматривается природа возникновения особых ситуаций (ОС) в полете, причины отказов авиационной техники. Представлена классификация и состав бортовых технических средств предупреждения особых ситуаций, приводятся примеры существующих бортовых средств предупреждения особых ситуаций.

**Ключевые слова:** особые ситуации в полете, классификация отказов, методы предупреждения особых ситуаций в полете, технические средства предупреждения особых ситуаций в полете, средства информационной поддержки принятия решений, система автоматизации управления полетом.

### ФАКТОРЫ, ПРИВОДЯЩИЕ К ВОЗНИКНОВЕНИЮ ОСОБЫХ СИТУАЦИЙ В ПОЛЕТЕ

Под особой ситуацией принято понимать ситуацию, возникающую в полете в результате воздействия неблагоприятных факторов или их сочетания, приводящую к снижению безопасности полета. При этом под факторами понимаются явления, действия, условия, обстоятельства, упущения, отклонения, наличие (отсутствие) которых влияет на возникновение и развитие событий [1].

Сложность эргатической системы «экипаж - воздушное судно» не позволяет перечислить все многочисленные факторы, способствующие возникновению ОС в полете. Эти факторы можно объединить в следующие группы: отказы авиационной техники, ошибки экипажа, внешние условия, ошибки наземных служб. Рассмотрим первые три фактора.

Отказ представляет собой событие, заключающееся в нарушении работоспособности объекта (в нашем случае самолета). Подробная классификация отказов авиационной техники по различным признакам и степени их влияния на объект представлена, например, в [2]. Выделим лишь один наиболее важный классификационный признак - степень влияния на безопасность полетов. В соответствии с данным признаком возможная классификация отказов представлена в таблице.

**Классификация отказов по степени их влияния на безопасность полетов**

Вид отказа	Характеристика	Примечание
Безопасный	Не приводит к возникновению в полете особой ситуации	Максимальная частота появления отказа $10^{-3}$ (повторяющееся событие)
Технологический	Приводит к усложнению условий полета	Частота появления не более $10^{-3}$ - $10^{-5}$ (умеренно вероятное событие). В руководстве по летной эксплуатации (РЛЭ) ВС должны приводиться рекомендации по продолжению полета, методам эксплуатации систем и парированию последствий отказа в полете
Опасный	Приводит к возникновению в полете сложной ситуации	Маловероятное событие, частота появления не выше $10^{-5}$ - $10^{-7}$

Продолжение таблицы

Аварийный	Приводит к возникновению в полете аварийной ситуации	Крайне маловероятное событие, частота появления не выше $10^{-7}$ - $10^{-9}$ . В РЛЭ должны приводиться рекомендации по принятию мер для предотвращения перехода аварийной ситуации в катастрофическую. При опасных и аварийных отказах экипажу должна быть обеспечена возможность своевременного их обнаружения для принятия предписанных РЛЭ действий (если эти отказы не отнесены к категории практически невероятных)
Катастрофический	Приводит к возникновению в полете катастрофической ситуации	Практически невероятное событие, частота появления менее $10^{-9}$

Ошибки в деятельности экипажа в конечном итоге выражаются в конкретных отклонениях в летной работе. Такие отклонения принято подразделять на следующие группы: правовые, технологические, отклонения в выдерживании требуемых параметров, отклонения в радиообмене [3]. Правовыми отклонениями являются такие, которые обусловлены несоблюдением правил, регламентирующих выполнение полетов (отклонения от правил пилотирования, от установленной схемы захода на посадку и т. п.). Технологические отклонения - отклонения в технологии работы экипажа и правилах эксплуатации различных бортовых систем (включение или выключение агрегатов в условиях, непредусмотренных РЛЭ, отклонение от регламентированной конфигурации ВС для различных этапов полета, задание неправильных режимов работы силовой установки и т. п.). Отклонениями в выдерживании требуемых параметров полета ВС являются отклонения от нормативных значений таких параметров (скорости отрыва при взлете, скорости и высоты при изменении конфигурации ВС, крена на всех этапах полета и т. п.). Отклонения в радиообмене обусловлены нарушением фразеологии и правил ведения связи.

В конечном итоге все перечисленные отклонения обусловлены не только «личным» фактором, заключающемся в отсутствии требуемых профессиональных знаний, недостаточном развитии летных навыков и умений, небрежном, недобросовестном отношении к подготовке и выполнению полета, недостаточной психологической подготовке к действиям в особых ситуациях, но и «человеческим» фактором, являющимся следствием технического и эргономического несовершенства ВС, и в первую очередь недостаточной информационной поддержкой экипажа в особых ситуациях в полете.

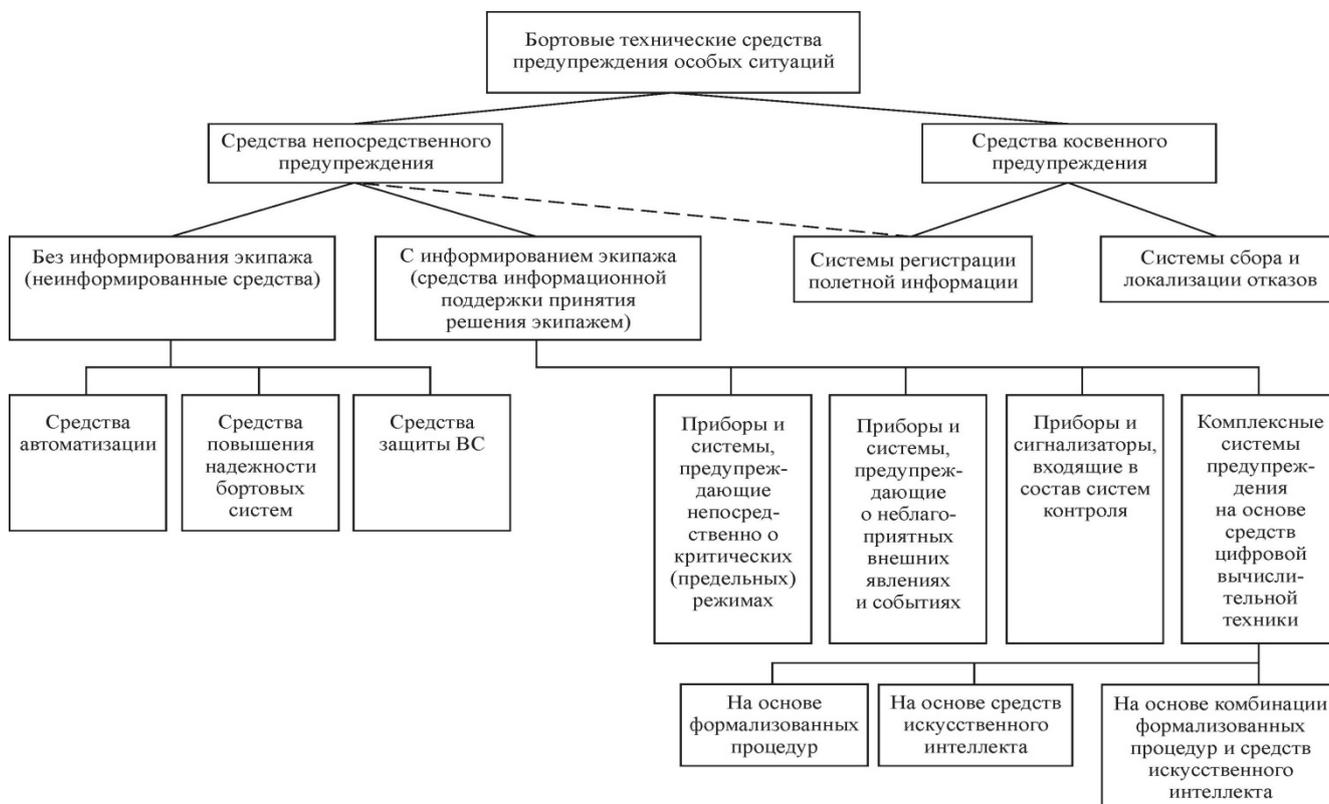
К внешним условиям, приводящим к возникновению ОС, можно отнести: ветровые возмущения, в том числе сдвиг ветра и атмосферную турбулентность, обледенение, электрические молниевые разряды, наличие вблизи ВС стай птиц и т. п. Факторы, связанные с внешними условиями, часто называют внесистемными, т. е. не зависящими от внутренних свойств системы «экипаж - воздушное судно».

## **МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОСОБЫХ СИТУАЦИЙ В ПОЛЕТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БОРТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ (БИУС)**

### *Классификация и состав бортовых технических средств предупреждения*

Рассмотрение возможных методов и бортовых технических средств предупреждения ОС в полете целесообразно начать со средств предупреждения, затем при анализе различных групп выделенных средств указать реализованные здесь методы.

Классификацию существующих средств предупреждения рассмотрим с использованием рисунка.



Классификация бортовых технических средств предупреждения ОС

Выделим две группы бортовых средств предупреждения: непосредственного предупреждения и косвенного предупреждения. Первая группа самым непосредственным образом в данный момент времени полета предупреждает ОС. Устройства, входящие во вторую группу, служат для фиксации и накопления на борту ВС информации о различных параметрах полета, их отклонениях, отказах приборов и систем. Данные средства косвенно предупреждают ОС в полете, так как только наземная расшифровка накопленной информации позволяет принять какие-либо профилактические меры по замене оборудования, определению причины выхода на критические режимы завершеного полета и т. п.

Рассмотрим первую группу средств.

Неинформационные бортовые технические средства позволяют предупредить ОС при появлении соответствующих факторов путем воздействия с помощью различных автоматических систем на органы управления или с помощью специальных средств повышения надежности и защиты ВС без информирования экипажа.

В состав неинформационных средств входят самые различные как по назначению, так и по принципу действия средства.

Как видно из рисунка, они объединены в три группы: средства автоматизации, средства повышения надежности бортовых систем, средства защиты ВС. В каждой группе можно выделить конкретные основные средства предупреждения. Так, в состав средств автоматизации входят: средства непосредственной автоматизации процессов управления; активные средства предупреждения критических (предельных) режимов; системы улучшения устойчивости и управляемости; средства сокращения времени вмешательства экипажа в управление; средства ограничения отклонения управляющих поверхностей.

Группа средств повышения надежности бортовых систем включает в себя:

- средства резервирования и контроля;
- средства цифровых систем управления, использующие новые принципы управления.

В качестве средств защиты подразумеваются: средства защиты от атмосферных воздействий; средства обеспечения пожаровзрывобезопасности и другие средства.

В классификационной схеме представлены лишь основные неинформационные средства, которые самым непосредственным образом влияют на предупреждение ОС в полете. Представление абсолютно полного перечня подобных средств невозможно в силу ограниченного объема статьи и большого их разнообразия.

Дополнительными средствами могут быть, например, химические средства защиты ВС от столкновения с птицами, специальные топливные присадки, обладающие повышенной стойкостью к возгоранию и т. п.

Информационные средства обеспечивают информирование экипажа непосредственно о критических (предельных) режимах или сигнализируют об отказах или различных неблагоприятных внешних явлениях и событиях в полете (сдвиге ветра, возможном столкновении с другими ВС и т. п.), оставляя возможность принятия решения и управления за человеком. Такое информирование обеспечивается с помощью специальных средств сигнализации экипажа. На борту ВС устанавливаются следующие средства сигнализации:

- визуальные - для выдачи сигналов при помощи индикаторов соответствующих приборов, ламп, кнопок, бленкеров, флажков и т. п.;
- звуковые - для выдачи звуковых сигналов (сирена, звонок, зуммер) или речевых сообщений при помощи системы речевого информирования;
- тактильные - для оказания воздействия на мышечно-суставные рецепторы.

Учитывая наличие человека на борту самолета, а также ограниченные технические возможности неинформационных средств предупреждения, внимание разработчиков все больше уделяется средствам информационной поддержки принятия решения экипажем, которые сигнализируют о появлении ОС, прогнозируют ее или, как это предусматривается в перспективных БИУС и СИППР, использующих средства искусственного интеллекта, выдают квалифицированную подсказку экипажу о необходимых действиях в любой реально возможной особой ситуации.

Следует отметить, что в ряде случаев неинформационные средства могут выдавать некоторую ограниченную информацию экипажу. Это относится к активным средствам предупреждения, автоматическим системам управления полетом, средствам защиты от атмосферных воздействий и некоторым другим. Однако при этом принятие решения остается все же за технической системой, а не за человеком. В связи с этим приведенная классификация средств непосредственного предупреждения ОС представляется правильной и удобной для систематизации в изложении материала.

В качестве примера можно привести существующие средства предупреждения ОС, интегрированные в цифровом навигационно-пилотажном комплексе Garmin G 1000, который устанавливается на различных самолетах, например, на Cessna 172S, Diamond DA 40, Diamond DA 42 и прочих, куда входят средства как непосредственного, так и косвенного предупреждения ОС.

На этих самолетах, используемых и как учебно-тренировочные, и как аэротакси, и для аэроразведки, в основном установлен Garmin G 1000, в котором интегрирована Система автоматизации управления полетом AFCS (неинформированные средства), обеспечивающая автоматический, директорный и совмещенный режимы полета ВС, и Система аварийного оповещения экипажа CAS (средства непосредственного предупреждения с информированием экипажа), обеспечивающая выдачу экипажу визуальных и звуковых сигналов о состоянии и работоспособности оборудования самолета, подразделяющиеся на аварийные, предупредительные и уведомляющие категории сигнала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухих Н.Н. Предупреждение предельных режимов полета. М.: Транспорт, 1992. 62 с.
2. Яцков Н.А. Основы построения автоматизированных систем контроля полетов воздушных судов: Учебник для вузов гражданской авиации. Киев: КИИГА, 1989. 334 с.
3. Безопасность полетов / Под ред. Р.В. Сакача. М.: Транспорт, 1989. 240 с.

## ON BOARD FACILITIES TO PREVENT EMERGENCIES

**Sukhikh N.N., Rukavishnikov V.L.**

Modern aircraft have many restrictions on various aircraft performance parameters. First of all, you should underline operating limitations for the particular aircraft type, which determine the ultimate flight modes as the most difficult operating conditions. Violating the limit regimes can lead to critical modes and consequently to an emergency situation.

The article examines the nature of in-flight emergencies, and causes of failures. The article incorporates the classification and array of on-board facilities to prevent emergency situations, the examples of available on-board equipment to prevent emergencies.

**Key words:** special situations in flight, classification of failures, methods of prevention special situations, technical means of preventing special situations, means of information support of decision making, the system of automation of flight control.

## REFERENCES

1. Suhikh N.N. Preduprezhdenie predel'nyh rezhimov poleta. M.: Transport, 1992. 62 s.
2. Jackov N.A. Osnovy postroeniya avtomatizirovannyh sistem kontrolja poletov vozdushnyh sudov. Uchebnik dlja vuzov grazhdanskoj aviacii. Kiev: KIIGA, 1989. 334 s.
3. Bezopasnost' poletov. Pod red. Sakacha R.V. M.: Transport, 1989. 240 s.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Сухих Николай Николаевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой систем автоматизированного управления, первый проректор - проректор по учебной работе Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации, valentin\_lr@mail.ru.

**Рукавишников Валентин Леонидович**, доцент кафедры систем автоматизированного управления Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации, valentin\_lr@mail.ru.