

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЗОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ СУДНОМ**

### **Дьяченко Артем Игоревич**

студент, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени  
Главного маршала авиации А.А. Новикова, РФ, г. Санкт-Петербург

### **Гаранин Марк Станиславович**

студент, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени  
Главного маршала авиации А.А. Новикова, РФ, г. Санкт-Петербург

### **Соколов Олег Аркадьевич**

научный руководитель, канд. техн. наук, доц. кафедры №13 «Системы автоматизированного  
управления», Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации  
имени Главного маршала авиации А.А. Новикова, РФ, г. Санкт-Петербург

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время возросла потребность в производстве современных высокоэффективных ВС гражданского назначения. Это влечет за собой развитие технологий авиастроения: применение композиционных материалов в конструкции ВС и силовых установках; совершенствование алгоритмов при проектировании систем управления; повышение аэродинамических характеристик ЛА и другие. Необходимо отметить, что современные самолеты оборудуются высокотехнологичными средствами, такими как электронная дистанционная система управления (ЭДСУ), электрогидравлические рулевые приводы (ЭГОУ) и электрические рулевые приводы (ЭОУ), обладающими высокой надежностью и многократным резервированием.

Возможность обнаружения с дальнейшей локализацией отказов органов управления имеет большое значение в обеспечении БП, а также необходима для реализации сертификационных требований, предъявляемых к СУ самолетов гражданской авиации (ГА).

За последнее десятилетие потеря управляемости, связанная с отказами органов управления ВС, является ведущей причиной АП со смертельным исходом. «Как минимум один человек погибает в половине всех случаев АП вследствие потери управляемости. В случаях потери управляемости авиационное событие редко заканчивается инцидентом из-за высокой степени повреждения самолета». Некоторые из таких АП представлены в таблице.

**Таблица 1.**

### **Авиационные происшествия вследствие потери управляемости самолета**

<b>Дата АП</b>	<b>Тип ВС</b>	<b>Описание/причины АП</b>
16.02.2000	DC-8	Потеря управляемости по тангажу в результате отказа пр высоты
31.01.2000	MD-83	Потеря управляемости по тангажу самолета в результате от горизонтального стабилизатора
09.08.1994	B737-300	Отклонение руля направления в противоположное напр результате заклинивания

Потеря управляемости самолета является одной из значимых проблем авиации, требующей новых технологических решений. Анализ статистических данных АП ВС показывает, что четверть таких событий возникает вследствие отказов и неисправностей органов управления самолетом, что является чрезвычайно катастрофическим по результативности, поскольку они чаще возникают на этапах полета, где вероятность избежать крушения ВС очень мала, что приводит к многочисленным жертвам и пострадавшим. Стремление решать проблемы потери управляемости и устойчивости ВС привело к развитию конструктивных решений отказоустойчивых систем и систем резервирования агрегатов ВС, а также применению высокоинтеллектуальных систем управления.

Электродистанционная система управления является одним из функциональных способов решения, предложенных для устранения проблем потери управляемости ВС. Однако возможности данной системы ограничены. Наряду со снижением вероятности обнаружения отказа также снижаются показатели процесса технической эксплуатации ЛА (ПТЭ) из-за увеличения количества ложных сигналов, которые в свою очередь увеличивают эксплуатационные затраты, способствующие увеличению времени нахождения ЛА в неисправном состоянии и снижающие показатель готовности ВС к полету, что является нежелательным с точки зрения эффективности ПТЭ. Целью настоящей статьи является анализ опасности отказов органов управления воздушного судна.

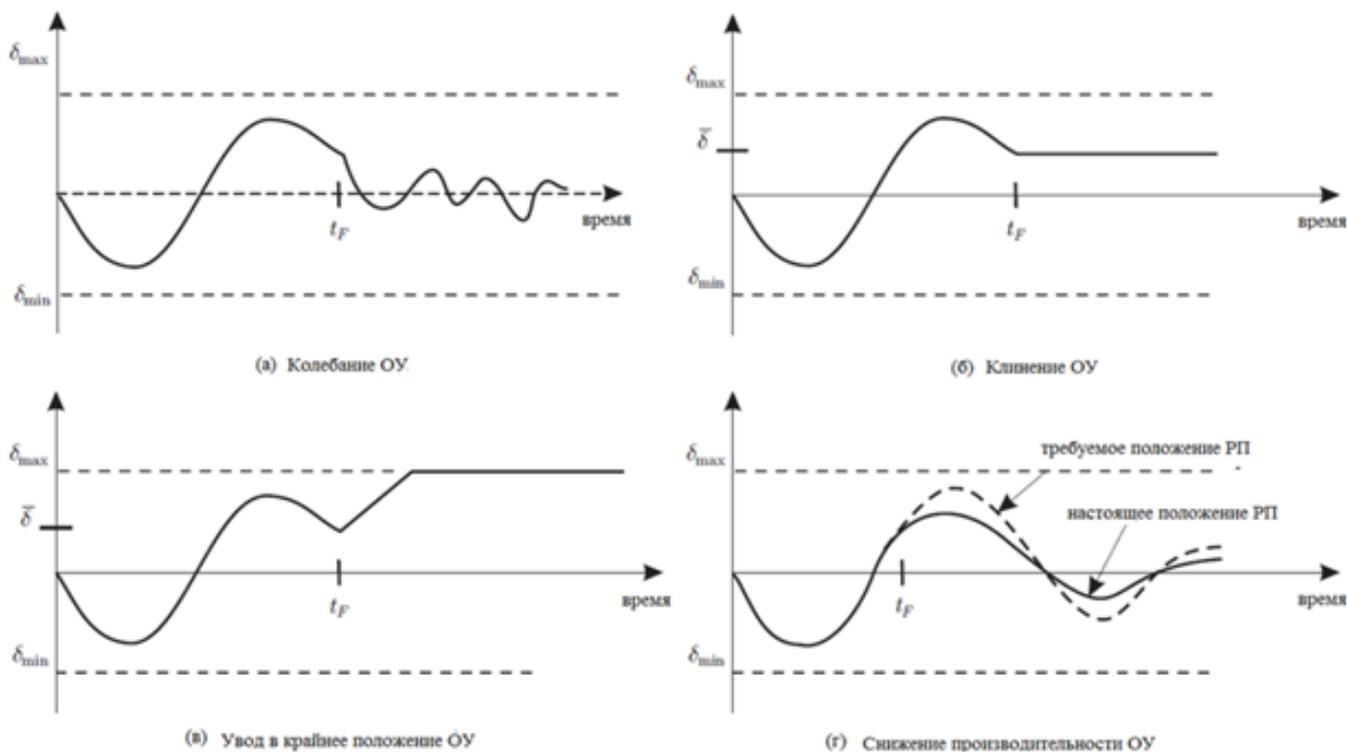
#### ФОРМАЛИЗОВАННАЯ МОДЕЛЬ ОТКАЗОВ

Нерасчетное функционирование (отказы) органов управления ВС может быть вызвано различными причинами. Основные из которых следующие.

Отказ органов управления: представляет собой полную или частичную потерю управления. Отказы ОУ могут возникать в результате обгорания или обрыва кабельных линий, короткого замыкания, повреждения, попадания посторонних предметов в привод ОУ и т. д. Отказ ОУ, приводящий только к частичной потере работоспособности, может возникать в результате гидравлической утечки, снижения напряжения питания или в результате нерасчетного повышения внешней нагрузки и т. д.

Отказ датчика обратной связи представляет собой неправильные показания датчиков, их также можно разделить на частичные и полные отказы датчиков. Полный отказ датчика показывает информацию, не отражающую реальное значение измеряемого параметра.

Повреждение рулевой поверхности приводит к изменениям физических параметров системы. Например, массовых или аэродинамических коэффициентов; или констант демпфирования и подобных, которые зачастую являются следствием структурных повреждений или разрушения конструкций. Такие отказы разнообразны и охватывают обширный класс нерасчетных случаев. На рис. 1. представлены виды отказов ОУ самолетом.



**Рисунок. 1. Виды отказов органов управления самолетом**

Известны разные методы, применяемые для описания модели отказов органов управления. В целом моделирование отказов ОУ математически описывается методами, представленными на рис. 2.



**Рисунок 2. Виды математического моделирования отказов органов управления самолетом**

## ДИНАМИКУ ДВИЖЕНИЯ БОИНГА 747 В ПОЛЕТЕ

Наблюдаемые изменения параметров движения самолета после ввода матрицы отказов при управлении самолетом от САУ показывает, что наблюдается нерасчетное движение самолета по крену курса и тангажу. При таких заданных параметрах компьютерная визуализация в симуляторе FlightGear привела к полной потере управляемости самолета. Один из примеров – отказ левого элерона на высоте 610 м, что привело к резкому крену ВС вправо, несмотря на противодействующую команду автопилота. Видно, что нет связи между заданным сигналом и маневром самолета, это ясно показывает нарушение уравнения. Однако САУ самолета успешно справилась с парированием/сглаживанием некоторых видов отказов, например, ограничение  $\theta$  при отказах, связанных с колебанием ОУ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате моделирования при отказах (колебание, клинение, увод в крайнее положение и снижение производительности) ОУ обоснована целесообразность применения модели отказов ОУ в дальнейшем для оценки управляемости ВС при допущении частичного или полного отказа  $i$ -го ОУ. Таким образом, по наглядному примеру моделирования в программе Matlab Simulink и Aerospace Blockset, приведенному в работе, можно сделать вывод о том, что отказы вследствие увода в крайнее положение ОУ, клинения ОУ и снижения производительности ОУ из-за возможного разрушения конструкций при стабилизации углов по тангажу и крену, являются фатальными, что неизбежно приведет к катастрофе. С такими отказами САУ ВС не справляется, и в дальнейшем требуется разработка алгоритмов реконфигурации параметров управления, а также адаптации её к работоспособному функционированию. Реконфигурируемые алгоритмы существенно могут повлиять на повышение живучести, надежности, безопасности выполнения полетов.

### Список литературы:

1. Акимов А.Н. Метод идентификации отказов динамических систем // Автоматика и телемеханика. 1992. № 6.
2. Акимов А.Н., Воробьев В.В. Обнаружение и идентификация отказов органов управления с помощью функций чувствительности // Обеспечение безопасности полетов: научнометодические материалы / под ред. С.А. Попыталова. М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1989. С. 85-91.
3. Гришин Ю.П., Казаринов Ю.М. Динамические системы, устойчивые к отказам. М.: Радио и связь, 1985.
4. Jacobson Steven R. Aircraft Loss of Control Causal Factors and Mitigation Challenges, NASA Dryden Flight Research Center, Edwards, California, 93523.
5. Edwards C. et al. Fault tolerant flight control //Lecture notes in control and information sciences. - 2010. - Т. 399. - С. 1-560.