

### **ИНФОРМАЦИОННО-ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ДЕЙСТВИЯ ЭКИПАЖЕЙ В СЛОЖНЫХ И АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

к. т. н. *Аль-Аммори Али*,  
(НТУ, Украина)

*В статье на основе процессного подхода рассматриваются особенности переходов от нормальной к информационно-факторной эксплуатации самолетов нового поколения, когда нормальный полет переходит в полет с неисправностями, в полет в усложненных условиях, в сложных и аварийных ситуациях.*

Одной из важнейших задач *информационно-факторного анализа* при эксплуатации самолетов нового поколения (СНП) является анализ и выявление реальных границ между нормальной и факторной эксплуатацией самолета. Для разных самолетов границы нормальной эксплуатации неодинаковы, но чем совершеннее конструкция самолета, тем шире должен быть диапазон нормальной эксплуатации и уже диапазон информационно-факторной эксплуатации. Поэтому снятие неопределенности границ нормальной эксплуатации является важной практической задачей. Эта неопределенность состоит в том, что переход от нормальной эксплуатации ВС к эксплуатации в аварийных ситуациях (АС) скрыт массой случаев усложненных условий (УУ), классифицировать которые можно и с позиции нормальной эксплуатации, и с позиции информационно-факторной эксплуатации - сложных аварийных ситуаций [1, 2, 3, 4, 5] (рис.1).

Информационно-факторная эксплуатация – это эксплуатация ВС при повышенной информационно-факторной нагрузке летного состава, при переходе от нормального полета к полету с неисправностями, полету в УУ, сложных ситуациях (СС) и АС.

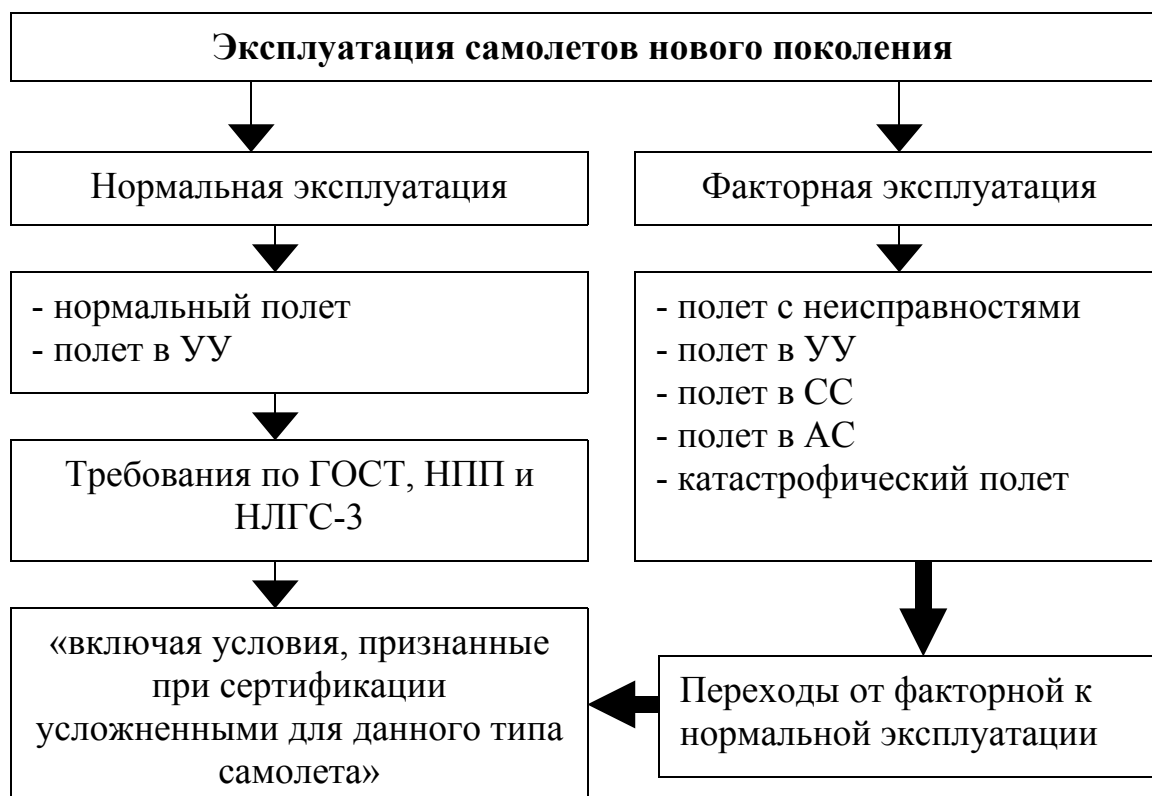
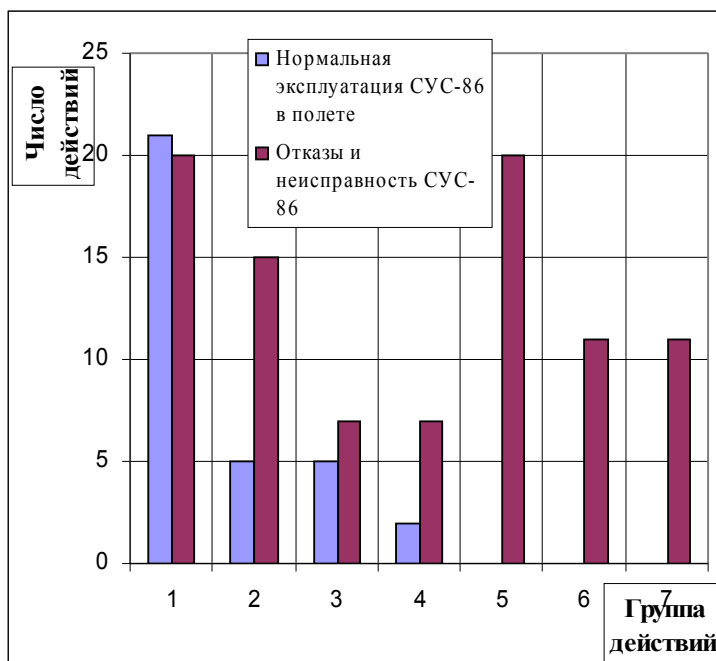


Рис. 1. Диапазон условий эксплуатации самолетов нового поколения

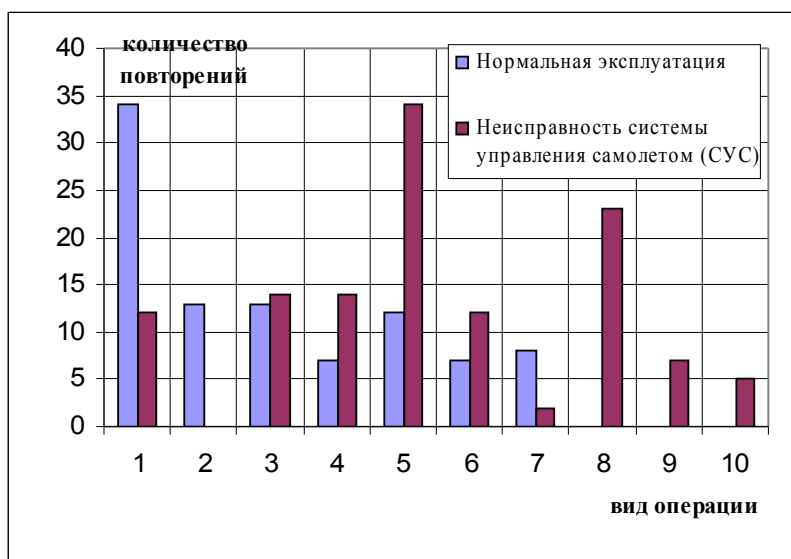
Общая структура многих руководств по летной эксплуатации (РЛЭ) СНП такова, что нет общей классификации и описания этих двух этапов эксплуатации ВС. Значительное количество технических систем на борту самолета приводит к реальной возможности полета с одной или несколькими неисправностями на борту, но применение перечней допустимых отказов и неисправностей и перечней минимального оборудования на борту самолета, скорее всего, рассчитано на принятие решения на вылет, чем на процесс полета.

Изложенное выше подтверждается на диаграммах переходов от нормальной эксплуатации к эксплуатации в СС для самолетов Ил-86 и Ил-96 [6, 7, 8, 9] (рис. 2, 3).



1. Горит табло и гаснет, пользуйтесь показателями
  2. Выключить
  3. Включить
  4. Пилотируйте плавно
  5. Переход на управление с ограничениями
  6. Выполняйте посадку (снижение)
  7. Примите решение, учитываете
- 2-3 - Зона положительных и отрицательных действий

Рис. 2. Диаграмма перехода от нормальной эксплуатации СУС-86 к отказам и неисправностям в системе управления самолетом ИЛ-86



1. Установить в положение
2. Нажать и отпустить
3. Выключить/включить АУ
4. Включить
5. Горит табло и гаснет, информация КИИС
6. Вызов мнемокадра
7. Убедиться
8. Продолжайте полет с учетом неисправностей
9. Определение положение
10. Переход на резерв

Рис. 3. Диаграмма факторных переходов от нормальной эксплуатации к эксплуатации с неисправностями СУС-96 по РЛЭ ИЛ-96

Понятие «информационно-факторная эксплуатация» удобно применять при учете человеческого фактора (экипажа), так как все отказы, неисправности, усложненные условия, особые случаи и особые уровни, СС и АС можно трактовать как внешние факторы по отношению к процессам нормальной эксплуатации.

С другой стороны, системная часть РЛЭ излагает условия нормальной эксплуатации и перечни неисправностей по каждой технической системе изолированно, исключая информационно-факторную маловероятную накладку неисправностей и отказов различных систем друг на друга при эксплуатации систем в целом. Все это создает на практике внезапность и неожиданность переходов от нормальной к информационно-факторной эксплуатации. Поэтому при такой методологии описания диапазона эксплуатации самолета на практике часто выделяются только крайние точки этого диапазона - нормальная эксплуатация и АС. Все промежуточные границы фактически исчезают. Качественные отличия, например, СС от АС просто исчезают, а с ними исчезают и способы, и методы предотвращения полета в УУ в полет в СС, а полет в СС в полет в АС.

Между тем, для СНП, таких как ИЛ-96, В-757/767, А-320, А-340, ТУ-204, АН-74, АН-140, АН-148 появление АС должно быть маловероятным событием, и в РЛЭ число таких ситуаций должно быть меньше, чем число СС. В сущности, все возникающие ситуации на СНП в первые моменты их возникновения должны быть классифицированы как СС [4, 5], потому что переход в АС может быть классифицирован после того, когда существующими средствами резервирования, переходами от автоматических к ручным режимам, контурными переходами в системе управления и т.д. не удастся остановить развитие ситуации в отрицательном направлении.

Диапазон условий эксплуатации в разных нормативных документах описывается неодинаково, например, в НПП-85 в качестве основной категории берутся понятия «особенные условия» и «особый случай», а в НЛГС-3 и ГОСТ понятия «ситуация» (сложная, аварийная и т.д.) и понятия «ожидаемые условия эксплуатации» (рис. 1).

Таким образом, существуют разные классификации диапазона эксплуатации самолетов:

- диапазон эксплуатации разделяется на нормальную эксплуатацию, УУ, СС, АС (особые случаи, особые условия - это разновидность такого деления);

- диапазон эксплуатации разделяется на нормальную эксплуатацию и эксплуатацию в аварийных условиях.

Первый подход разработан в нормативных документах типа НПП-85, НЛГС-3 и ГОСТ, а второй применяется фирмами (например, Боинг, Эрбас Индастри и т.д.).

Между тем, даже простое сопоставление РЛЭ разных самолетов показывает, что авиафирмы должны вести интенсивную работу по расширению границ нормальной эксплуатации, т.е. РЛЭ СНП должны включить в нормальное использование самолета значительный перечень неисправностей и отказов, СС и АС. Расширение границ нормальной эксплуатации, безусловно, подчеркивает более высокий уровень проектирования и конструирования, когда сравниваются самолеты разных поколений или разных авиафирм.

Следует отметить, что конструкторы и проектировщики ИЛ-96 преодолели эту проблему еще на начальном этапе эксплуатации, но необходимо учитывать проблему неопределенности границ нормальной эксплуатации и еще большей неопределенности в переходах от нормальной эксплуатации к полетам с неисправностями, отказами и в СС, как промежуточной стадии между нормой и аварией.

Ситуационно технические неисправности, в сущности, не анализируются, поэтому и исчезает научно-практическая проблема расширения границ нормальной эксплуатации с помощью новейших электронных систем самолета. При этом из программы подготовки летного состава (ППЛС) исчезают разделы, направленные на отработку способов предотвращения переходов от усложнения к сложному, а от сложного к аварийному.

К сожалению, в РЛЭ СНП нет обобщенной таблицы с перечнем ситуаций и условий, составляющих нормальную эксплуатацию самолета, которая содержала бы описание технических приемов (резервирование, ручные и автоматические режимы, смена режимов, контурные переходы, перераспределение функций, выключение и включение систем и т.д.), обеспечивающих при усложнении условий норму эксплуатации.

Неопределенность нормы эксплуатации СНП по РЛЭ проявляется и в ряде других случаев. Хотя на практике, на первый взгляд, кажется: какая разница, прерванный взлет - это нормальная эксплуатация или СС, лишь бы пилоты справлялись и умели действовать! Но для принятия решения и эффективности решений это глубоко не одно и то же. При решении проблемы снятия аварийности по ЧФ (экипажу) анализ диапазона эксплуатации самолета по его составляющим - нормальной и факторной эксплуатации приобретает решающее значение. Для решения этой задачи далеко не безразлично - как в программе подготовки летного состава (ППЛС) и РЛЭ идет отработка диапазона эксплуатации самолета. Безусловно, при факторной эксплуатации речь идет о действии каких-то внешних факторов (отказы, неисправности, условия, случай, ситуация, зона опасности, аварийная зона и т.д.).

Табл. 1 и 2 представляют собой таблицы-сводки по действиям в СС и АС, при этом, в таблицах даны расчеты общего количества счетных операций в той или иной ситуации и распределение счетных операций по циклограммным функциям по каждой СС или АС.

Анализ этих таблиц и их сравнение показывает, что, в сущности, перечень ситуаций представляет собой выборку из общей сводки АС.

Таблица 1

**Анализ действий экипажа в сложных ситуациях при эксплуатации Ил-96  
(по РЛЭ-ИЛ-96 I редакции)**

Наименование сложной ситуации	Общее количество счетных операций	Циклограммные функции					
		ПП	НП	2П	Э	КС	БИ
Отказ двух двигателей	19	2		1		4	13
Разгерметизация двух гидросистем	14	2				4	10
Отказ трех и четырех генераторов	15 трех Г 4 четырех Г				1	4	15
Генератор ВСУ не работает	17			1	2	3	11
Заклинивание штурвалов по РВ	12	5		1		4	4
Отказ двух секций РВ	7	1				5	2
Отказ автомата продольной устойчивости	6	1				5	
Заклинивание проводки управления РН	8	1				6	1
Отказ демпфера рыскания	4	1				3	1
Отказ механизма К <sub>шн</sub>	3	1					2
Заклинивание проводки управления внутренними элеронами	5	1		1		4	2
Заклинивание проводки управления интерцепторами	9	1				7	4
Посадка с убранной или не полностью выпущенной механизацией крыльев							
Несинхронный выпуск (уборка) закрылков	3	1					1
Разгерметизация кабин	9			1	4		4
Перенаддув кабин	9				1	1	6
Экстренное снижение	12			2		8	7
Отказы пилотажно-навигационного оборудования	6	1		1		5	
Отказ резервного авиагоризонта и индикации тангажа и крена на одном	6	2		1		4	
Отказ двух ВСС	4			1		4	
<b>Всего</b>	<b>172</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>72</b>	<b>83</b>

Таблица 2

## Анализ действий в аварийных ситуациях

Наименование системы	Общее число счетных операций	Циклограммные функции					
		ПП	НП	2П	Э	КС	БИ
<u>Силовая установка и ВС</u> Пожар или повреждение двигателя	14		3+1			11	
Отказ двигателя	11			1	1	9	
Отказ двух двигателей	19	2		7	1	11	
Посадка со всеми неработающими двигателями (одним работающим) двигателем	28	1		9		18	1
Запуск двигателя в полете							
Пожар в отсеке ВСУ	11			2		9	
<u>Гидросистема</u> Газгерметизация двух гидросистем	23	1		14		11	
<u>Электроснабжение</u> Отказ трех генераторов	16			3		13	
Отказ четырех генераторов	21			3		15	1
<u>Управление</u> Заклинивание штурвалов по РВ	12	4		5	1	4	
Отказ двух секций РВ	8	1		6		2	
Отказ автоматов продольной устойчивости	5	1		4			
Заклинивание проводки управления РН	10	1		9		1	
Отказ демпфера рыскания	8	1		6		1	
Отказ механизма К <sub>шн</sub>	3+3	1				2	
Заклинивание проводки управления внутренними элеронами	6	4		1	1	2	
интерцепторами	13	1		9		6	
Несинхронный выпуск (уборка) закрылков	3	1		1		1	
Посадка с убранной или невыпущенной механизацией крыла	3			2		1	
<u>Шасси</u>							
Посадка с невыпущенной передней опорой шасси	7			2		3	2
Посадка с невыпущенной боковой опорой шасси	8			2		5	1
Посадка с убранным шасси	3					2	1
<u>Кондиционер и наддув</u>							
Разгерметизация кабин	10			2	1	5	3
Перенаддув кабин	9			2		6	1
Экстренное снижение	12			8	2	7	
<u>Пожар, дым</u>							
Дым или пожар в кабине экипажа	24			1	1	16	4
Вынужденная посадка вне аэродрома	20			6	2	10	3
<u>Пилотажно-навигационные оборудование</u>							
Отказ индикаторов СЭИ	6	1		5	1		
Отказ резервного авиагоризонта	6	1		5	1		
Отказ двух ВСС	4			4	1		
Пожар или повреждение двигателя	15			2	1	11	2
Итого:	351	21		125	14	192	19



Из анализа полученных результатов, приведенных в таб. 1, 2 можно сделать следующие выводы:

1. При действиях в АС наблюдается качественно выраженные границы применения циклограммного принципа взаимодействия экипажа, что выражается в полном снятии загрузки НП (непилотирующего пилота) и сравнительно небольшой загрузки ПП (пилотирующего пилота), которая носит моментный характер на уровне 1 - 2 счетных операций в начале развития АС.

2. Основная нагрузка при действиях в АС наблюдается у командира самолета (КС) и бортинженера (БИ), чьи циклограммные функции соответствуют реальным членам экипажа.

3. Учитывая пиковую нагрузку счетными операциями в нормальных условиях у ПП и пиковую нагрузку в нормальных условиях у БИ, следует говорить о потенциально возможной перегрузке бортинженера в АС и появлении пиковой нагрузки в таких ситуациях у командира самолета.

4. Нельзя не отметить значительное количество совмещенных циклограммных функций (КС-БИ, КС-2П) и большую нагрузку циклограммной функции экипажа (Э) по сравнению с нормальной эксплуатацией.

Плановая нагрузка - максимальное значение количества счетных операций в таблицах – сводках.

В сущности, перечень СС представляет собой среднюю выборку из общей сводки АС. Фактически, для всех СС составлены аварийные контрольные карты (АКК). Между тем, требования ГОСТ состоят в том, что АКК разрабатывается только при наиболее серьезных неисправностях или неблагоприятных внешних воздействиях, связанных с дефицитом времени, т.е. при СС - разработка АКК исключение, а не правило как при АС.

Но так как для самолета ИЛ-96 вся совокупность СС (таб. 1), то качественное отличие СС от АС просто исчезает. Это подтверждается данными табл. 3 и 4, в которых приводятся расчетные данные по средним

пиковым нагрузкам на одну ситуацию (СС или АС), измеряемые количеством счетных операций развертывания.

*Таблица 3*

**Анализ переходов от сложной ситуации к аварийной для самолета ИЛ-96. Средняя нагрузка на одну ситуацию по РЛЭ**

Вид функции	Вид ситуации	
	аварийная ситуация (АС)	сложная ситуация (СС)
Общие	16.3	8.6
ПП	1.5	1.4
КС	5.7	4.5
2П	1.3	1.1
БИ	7.1	6.2
НП	0	0
Э	1.9	0

Общие функции считались как отношение общего количества счетных операций по всем ситуациям.

*Таблица 4*

**Плановые нагрузки на одну ситуацию по РЛЭ**

Вид функции	Вид ситуации	
	АС	СС
Общие	18	15
ПП	4	5
КС	14	8
2П	2	2
БИ	18	15
НП	4	0
Э	0	0

Из табл. видно, что фактически имеются незначительные отличия СС от АС. Поэтому в существующем ППЛС отработка задач и управлений по СС совпадала с отработкой части задач и упражнений по АС, так как все 20 СС входят в сводку - перечень АС (количество их 33).

**Выводы**

1. В РЛЭ СНП рассматриваются переходы от нормальной эксплуатации к информационно-факторной (полете с неисправностями, полете в усложненных условиях, сложных и аварийных ситуациях). Также в РЛЭ СНП не учтен полный диапазон условий эксплуатации самолета в

обобщенном виде, нет обобщенной таблицы применения новейших электронных систем по расширению границ нормальной эксплуатации.

2. Сравнение сводки СС со сводкой АС показывает, что сводка СС представляет собой выборку из сводки АС, как генеральной совокупности. Поэтому СС на СНП фактически не отличаются от АС в области выборки. Это привело к тому, что отработка упражнений ППЛС идет только по АС без анализа способов предотвращения перехода СС в АС.

### Литература

1. *Хохлов Е. М., Аль-Аммори Али.* Авторский процессный подход (авторский взгляд на первое десятилетие внедрения процессного подхода в глобальном масштабе 1995 – 2005 гг.) – Киев, 2006. – 174 с. (авторское свидетельство № 16117).

2. Единые нормы летной годности гражданских самолетов ЕНЛГ-3.

3. Наставление по производству полетов в гражданской авиации (НПП ГА - 85). - М.: Воздушный транспорт, 1985. - 254 с.

4. *Аль-Аммори Али.* Информационно-факторный анализ возникновения первых моментов опасных полетных ситуаций по данным перспективных бортовых сигнализаторов// Проблемы безопасности полетов. - Москва: ВИНТИ. - 2006. - № 9. - С. 39 - 50.

5. *Аль-Аммори Али.* Транспортные процессы в гражданской авиации и их полифакторность: два подхода к методологии и сравнительной аналитике// Проблемы безопасности полетов. - Москва: ВИНТИ. - 2006. - № 8. - С. 36 - 47.

6. *Федоров С. М., Михайлов О. И., Сухих Н. Н.* Бортовые информационно-управляющие системы: Учеб. для вузов/ Под ред. С. М. Федорова. - М.: Транспорт, 1994. - 262 с.

7. Руководство по летной эксплуатации самолета Ил-96. Книги I, II, III. - 1992.

8. Программы летного обучения на самолетах ТУ-154, ТУ-134, ИЛ-86, ЯК-42, АН-24.

9. Перспективная программа по научному сотрудничеству между научно-методологическим центром процессного анализа (НМЦПА) и Центром подготовки авиационного персонала ОАО «Аэрофлот-Российские международные авиалинии» (ЦПАП) – 1993 - 2000 гг./ УкрТЕІ. - Гос регистрация № 0194ИО34200 от 06.09.94.