

ПРОЦЕССНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛЕТОВ ПО ЦИКЛОГРАММАМ РАЗВЕРТЫВАНИЯ

Доктор технических наук Аль-Аммори Али

В статье предлагаются новые летные технологии процесса полета, с целью уменьшения аварийности как по человеческому, так и по техническому фактору. С помощью циклографии развертывания можно делать прогнозы о потенциальной аварийной статистике на самолетах нового поколения и выявить перечень аварийных факторов для отработки при тренажерной подготовке.

New flying technologies of process of flight are offered in the article, with the purpose of diminishing of accident rate both on a human and on a technical factor. By cyclography of development it is possible to do prognoses about potential emergency statistics on the airplanes of new generation and to expose the list of emergency factors for working off at trainer preparation.

Введение. При анализе процессов полета были разработаны новые аналитико-информационные технологии процессного анализа полетов (ТПАП), состоящие из трех групп — кольцевые технологии, технологии развертывания и факторные технологии [1,2]. В работе применяются технологии развертывания, которые предполагают составление новых технологических карт процесса полета — циклограмм развертывания, а также построение гистограмм развертывания и различных диаграмм развертывания.

Основная часть. Циклография развертывания является новой приоритетной технологией — технологией процессного анализа полетов, предназначенной для уменьшения аварийности как по человеческому фактору (ЧФ), так и по техническому.

Циклография развертывания позволяет оценить технологические сложности эксплуатации воздушных судов (ВС) и учесть технологические максимумы в летной эксплуатации с целью уменьшения отрицательных эффектов информационно-факторной нагрузки при воздействии эффекта полифакторности и комплекса одновременно взаимодействующих факторов. Области применения циклографии развертывания при анализе и организации летных работ обеспечения полетов и соблюдения правил выполнения полетов в соответствии с руководством по летной эксплуатации (РЛЭ) самолетов нового поколения (СНП) предоставлены на рис.1.

Циклограммы развертывания нужны для принятия решения на стадии эксплуатации при возникновении повышенного уровня ошибок летного состава (ЛС) и значительного количества отклонения от стандартных процедур РЛЭ на том или ином участке процесса полета, как правило пики циклограмм развертывания характеризуют конструкторско-технологические сложности выполнения того или иного комплекса операции. Технологические сложности оцениваются по циклограммам развертывания прямо пропорционально уровню ошибок ЛС, т.е. чем выше пик развертывания, тем выше уровень ошибок. Поэтому при применении циклограмм развертывания есть два пути решения:

— конструкторский — заключается в изменении РЛЭ и уменьшении конструкторской технологической сложности;

— эксплуатационный — для снятия ошибок ЛС можно применить антистессовую подготовку (АСП) по критическим этапам полета с учетом пиков циклограмм развертывания.

В соответствии с РЛЭ ИЛ -76 (ТД) можно показать несколько примеров построения циклограмм развертывания (рис.3, 4).

Одной из важнейших задач информационно-факторного анализа [3] при эксплуатации СНП является анализ и выявление реальных границ между нормальной и факторной эксплуатацией самолета. Для различных 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 к эксплуатации в аварийных ситуациях (АС) скрыт массой случаев усложненных условия полета, классифицировать которые можно и с позиции нормальной эксплуатации, и с позиции информационно-факторной эксплуатации — сложных аварийных ситуаций [3].



Рис. 1. Область применения циклографии развертывания по процессному анализу РЛЭ ВС

Процессный анализ, оценка технологической сложности эксплуатации СНП, и оценка нормального полета показаны на рис.2.

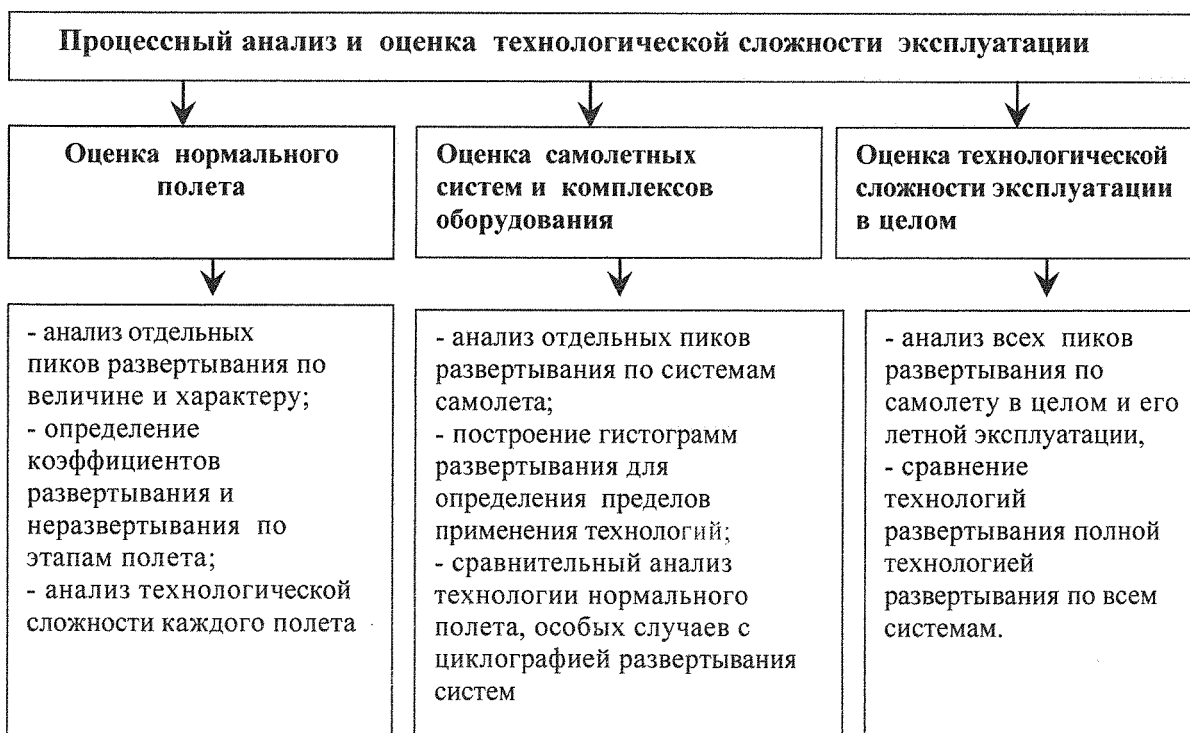


Рис. 2. Основные циклографии развертывания по самолету

Циклограмма развертывания ИЛ-76 ТД:
3.2. Пожар

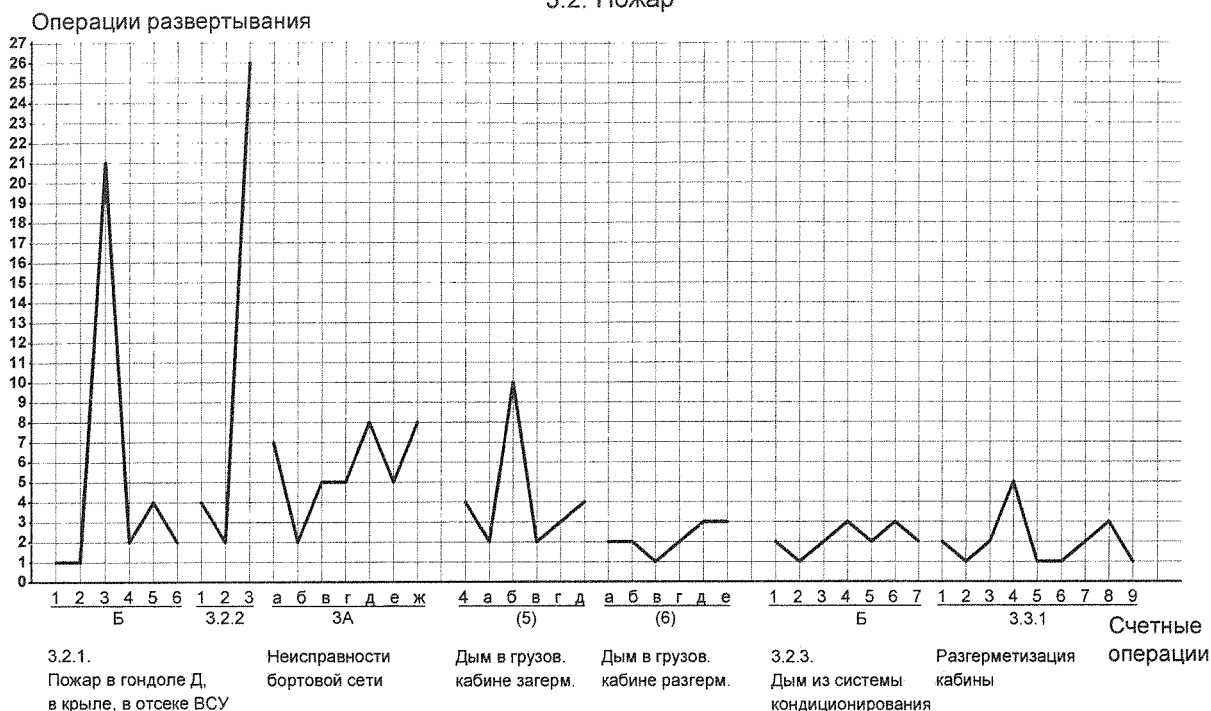


Рис. 3. Циклограмма развертывания ИЛ-76 (ТД): 3.2. Пожар

Циклограмма развертывания ИЛ-76 ТД:
6.7. Управление самолетом
Исходные данные - 31

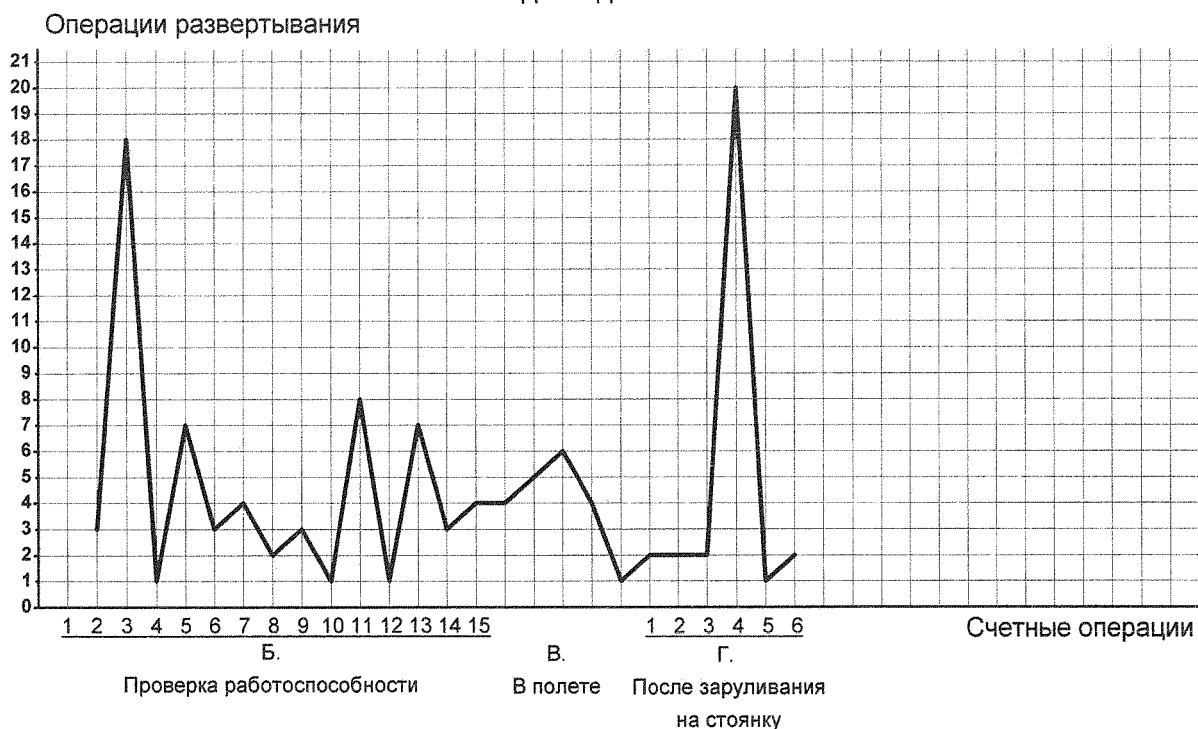


Рис. 4. Циклограмма развертывания ИЛ-76 (ТД): 6.7. Управление самолетом

Понятие «информационно-факторная эксплуатация» удобно применять при учете ЧФ, тогда как все отказы, неисправности, усложненные условия, особые случаи и особые уровни, сложные ситуации и аварийные ситуации можно трактовать как внешние факторы по отношению к процессам нормальной эксплуатации. С другой стороны, системная часть РЛЭ излагает условия нормальной эксплуатации и переч-

ней 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 аварийные ситуации. Все промежуточные границы фактически исчезают. Качественные отличия, например, сложных ситуаций от аварийных просто исчезают, а с ними исчезают и способы и методы предотвращения развития полета в усложненных условиях в полет со сложной ситуацией, а полет со сложной ситуацией в полет с аварийной ситуацией.

Между тем, для СНП появление АС должно быть маловероятным событием и в РЛЭ число таких ситуаций должно быть меньше, чем число сложных ситуаций. В сущности, все возникающие ситуации на СНП в первые моменты их возникновения должны быть классифицированы как сложные ситуации, потому что переход в аварийную ситуацию 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 «ожидаемые условия эксплуатации».

Таким образом, существуют разные классификации диапазона эксплуатации самолетов:

- нормальная эксплуатация, усложненные условия, сложные ситуации, аварийные ситуации (особые случаи, особые условия — это разновидность такого деления);
- нормальная эксплуатация и эксплуатация в аварийных условиях.

Первый подход разработан в нормативных документах, таких как НПП-85, НЛГС-3 и ГОСТ, а второй применяется фирмами (например, Боинг, Эрбас Индастри и т.д.). Даже простое сопоставление РЛЭ различных 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, сложных и аварийных ситуаций. 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 СНП, решили 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 к сложным ситуациям, 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 и цифровых 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.

При анализе было выявлено что, 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. При решении проблемы снятия аварийности по ЧФ анализ диапазона эксплуатации самолета по его составляющим — нормальной и факторной эксплуатации приобретает решающее значение. То есть как в ППЛС, так и в РЛЭ идет отработка диапазона эксплуатации самолета. Безусловно, при факторной эксплуатации речь идет о действии каких-то внешних факторов (отказов, неисправностей, условий, случаев, ситуаций, зон опасности, аварийных зон и т.д.).

Табл. 1 и 2 представляют собой таблицы-сводки по действиям в сложных и аварийных ситуациях, при этом в них даны расчеты общего количества счетных операций в той или иной ситуации и распределение

счетных операций по циклограммным функциям по каждой сложной или аварийной ситуации. Анализ этих таблиц и их сравнение показывает, что, в сущности, перечень ситуаций представляет собой выборку из общей сводки аварийных ситуаций. Из полученных результатов, приведенных в табл.1,2, можно сделать следующие выводы. При действиях в аварийных ситуациях наблюдается качественно выраженные границы применения циклограммного принципа взаимодействия экипажа, что выражается в полном снятии загрузки непилотирующего пилота (НП) и сравнительно небольшой загрузки пилотирующего пилота (ПП), которая носит моментный характер на уровне 1-2 счетных операций в начале развития аварийной ситуации. Основная нагрузка при действиях в аварийных ситуациях наблюдается у командира самолета (КС) и бортинженера (БИ), чьи циклограммные функции соответствуют реальным членам экипажа. 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 аварийных ситуациях и появлении пиковой нагрузки в таких ситуациях у командира самолета. Нельзя не отметить значительное количество совмещенных циклограммных функций (КС-БИ, КС-2П) и большую нагрузку циклограммной функции экипажа (Э) по сравнению с нормальной эксплуатацией.

Таблица 1

Анализ действий экипажа в сложных ситуациях при эксплуатации Ил-96

| 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 20 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 $K_{ши}$ | 3 | 1 | | | | | 2 |
| Заклинивание проводки управления внутренними элеронами | 5 | 1 | | 1 | | 4 | 2 |
| Заклинивание проводки управления интерцепторами | 9 | 1 | | | | 7 | 4 |
| Посадка с убранный или неполностью 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 ВС | 6 | 2 | | 1 | | 4 | |
| Отказ двух ВСС | 4 | | | 1 | | 4 | |
| Всего | 172 | 20 | - | 10 | 3 | 72 | 83 |

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> Разгерметизация 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 _{шн} | 3+3 | 1 | | | | 2 | |
| Заклинивание проводки управления внутренними элеронами | 6 | 4 | | 1 | 1 | 2 | |
| Заклинивание проводки управления 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 убраным шасси | 3 | | | | | 2 | 1 |
| <u>Кондиционер и наддув</u> | | | | | | | |
| Разгерметизация кабин | 10 | | | 2 | 1 | 5 | 3 |
| Перенадув 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 |

Фактически, для всех сложных ситуаций можно составить 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 сложных ситуациях — разработка АКК — исключение, а не правило, как при аварийных ситуациях.

Но так как для СНП вся совокупность сложных ситуаций (табл.1) проанализирована, то качественное отличие сложной ситуации от аварийной ситуации 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 ситуации 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 |

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 |

Общие нагрузки считались как соотношение общего количества счетных операций по всем ситуациям.

Из анализа таблиц видно, что, фактически, имеются незначительные отличия сложных ситуаций от аварийных. Поэтому в существующих программах подготовки летного состава (ППЛС) отработка задач и управлений по сложным ситуациям совпадали с отработкой части задач и упражнение по аварийным ситуациям, так как все 20 сложных ситуаций входят в сводку — перечень аварийных ситуаций (количество их — 33).

Выводы:

1. По процессам летной технологии можно делать прогнозы о потенциальной аварийной статистике по ЧФ самолетов, находящихся на начальной стадии эксплуатации, если подобрать самолет-аналог по коэффициентам развертывания из семейства тех самолетов, которые имеют многолетнюю эксплуатацию и уже достаточно репрезентативную и представительную статистику аварийных происшествий по ЧФ.
2. Для снятия и уменьшения доли ЧФ в аварийной статистике целесообразно использовать два основных пути:
 - осуществлять многоуровневое обоснование существующих одноэтапных и одноуровневых ППЛС с переходом к качественно новым принципам подготовки летного состава на ИЛ-96, как самолета нового поколения.
 - использовать реальные возможности СНП как летающего автоматизированного электронного комплекса.

3. Необходимо учитывать, что пока в технологию выполнения полета СНП полностью вложены все технические возможности новых электронных систем самолета, технологии выполнения полета на СНП по РЛЭ качественно не отличается от технологии выполнения полета на самолетах старого поколения и содержат неопределенности.

Литература

1. А. п. 16117 Украина. Авторский процессный подход (авторский взгляд на первое десятилетие внедрения процессного подхода в глобальном масштабе 1995-2005 гг.) / Е.М. Хохлов, Али Аль-Аммори (Украина). — заявл. 04.04.06; опубл. 15.07.2006; Авторське право і суміжні права: бюл. № 9.

2. Аль-Аммори Али. Методика и результаты определения расчетной нагрузки реальных членов экипажа в нормальных, сложных и аварийных условиях эксплуатации самолетов нового поколения / Али Аль-Аммори // Вестник НТУ. — К., 2009. — № 19. — С. 140-143

3. Аль-Аммори Али. Информационно-факторный анализ как новая информационная технология / Али Аль-Аммори // Вісник НАУ. — К., 2010. — № 2. — С. 101-106.

УДК 004.942

МОДЕЛЮВАННЯ СЦЕНАРІЇВ АДАПТИВНОГО ТЕСТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕРЕЖ ПЕТРІ

Доктор фізико-математичних наук Гавриленко В.В.,
Погребнюк І.М.

У статті розглянуто модель індивідуального сценарію адаптивного тестування студента на базі математичного апарату мереж Петрі, запропонована процедура послідовної генерації завдань у процесі тестування, а також наведені основні блоки модулю адаптивного тестування у системі дистанційного навчання, які формують індивідуальні сценарії адаптивних тестів.

In the article a model of individual scenarios of adaptive testing students on the basis of mathematical formalism of Petri nets, which proposed procedure is consistent generation of problems in the testing process, and provides the basic building blocks of adaptive testing module in the system of distance learning, which form the individual scenarios of adaptive tests.

Постановка проблеми. Однією з областей інформатизації освіти є проведення контролю засвоєння навчального матеріалу з використанням різних тестуючих програм. Особливої уваги заслуговує метод адаптивного тестування, поява якого була зумовлена стремлінням до підвищення ефективності педагогічних замірів, яка насамперед пов'язувалась зі зменшенням числа завдань, часу, вартості тестування, а також підвищенням точності оцінювання.

Під адаптивним тестуванням розуміють широкий клас методик тестування, які передбачають зміну послідовності подання завдань у самому процесі тестування із врахуванням відповідей студента на вже надані завдання. У основі адаптивного підходу лежить індивідуалізація процедури відбору завдань тесту, яка за рахунок оптимізації складності завдань відповідно до рівня підготованості студентів забезпечує генерацію ефективних тестів [1]. Іншими словами основна ідея адаптивного тестування полягає в тому, що тестові завдання необхідно адаптувати за складністю до рівня підготовки студента, при цьому підбір завдань витікає з таких міркувань, що слабким студентам не варто давати складні завдання, тому що з більшою вірогідністю вони не зможуть виконати їх правильно. Також і легкі завдання неефективно давати сильним студентам.

Перевагами адаптивного тестування є:

- висока ефективність;
- індивідуалізація темпу виконання тесту;
- високий рівень мотивації до тестування у найбільш слабких студентів за рахунок виключення з процесу складних завдань;