

ПУТИ РАЗВИТИЯ ОБЩЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАТЕХНИКИ И АВИОНИКИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-ФАКТОРНЫХ ПОДХОДОВ

к.т.н. Аль-Аммори Али, НТУ, Киев, Украина

В статье рассматриваются наиболее перспективные пути развития общей и математической теории эксплуатации авиатехники и авионики при применении приоритетных информационно-факторных подходов.

Проводится анализ существующих теорий и подходов к эксплуатации воздушных судов различных поколений. Показано, что авионика ВС нового поколения представляет собой предельно сложные автоматизированные электронные комплексы.

Самолетостроение за свою историю прошло несколько этапов развития. Японские специалисты в области авиации определяют этапы развития воздушных судов следующим образом:

- 1900 – 1940 гг. – механизация воздушных судов;
- 1940 – 1970 гг. – электрификация воздушных судов;
- 1970 – 2000 гг. – электронизация воздушных судов;
- 2000 г. и далее – внедрение искусственного интеллекта (ИИ).

Этап электронизации воздушных судов ознаменовался применением интегральных микроэлектронных технологий и созданием на их основе бортовых высокопроизводительных компьютеров и новых автоматизированных систем контроля и управления. Тогда-то из слов «авиация» и «электроника» возник новый термин – «авионика». Так стали в конце XX века называть бортовые электронные средства и их комплексы, обеспечивающие управление полетом. XXI век может стать переходом к искусственному интеллекту в управлении. Однако существующие интегрированные комплексы и системы бортового цифрового оборудования нельзя считать комплексами, построенными на основе искусственного интеллекта, так как средства информационной поддержки принятия решения человеком (СИППР) отсутствуют. Анализ подобных систем показывает, что в настоящее время пока не созданы бортовые информационно-управляющие системы (БИУС) с системой СИППР, построенные на базе ИИ. Лишь в отдельных публикациях можно встретить упоминание о подобных системах [1, 2].

Непрерывный рост интенсивности воздушного движения предъявляет постоянно возрастающие требования к оптимальному использованию воздушного пространства и навигационным характеристикам в соответствии с документами ICAO 9613 и ICAO 9650. Это вызвано необходимостью обеспечения эффективности эксплуатации, регулярности и безопасности полетов. Такие задачи возможно успешно решать за счет использования новых интегрированных комплексов и систем бортового цифрового оборудования воздушных судов нового поколения.

В настоящее время уже существует несколько поколений базовых интегрированных комплексов авионики [3, 4, 5, 6]:

Первое - комплекс стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСПНО), установленный на самолетах В-757/767, А-320, ИЛ-96, ТУ-204, АН-74, АН-140, период разработки - 1980 – 1993 гг.

Второе - интегрированные комплексы бортового оборудования (ИКБО-95), установленные на самолетах В-777, Бе-200, ТУ-214, ТУ-204-300, ТУ-334, АН-148, период разработки - 1995-2003 гг.

Третье - (ИКБО-2005) установлены на самолетах А-380, период разработки - 2005-2006 гг.

Цели развития интегрированных комплексов и систем бортового цифрового оборудования самолетов ГА и авионики в целом:

- отвечать международным требованиям аэронавигации, в том числе, связанным с реализацией концепций ИКАО CNS/ATM и «Free Flight»;
- повышать безопасность полетов, за счет снижения доли человеческого фактора в авиационных происшествиях (АП) и увеличения отказобезопасности;
- снижать общие расходы на техническое обслуживание (ТО) и ремонт комплексов авионики за счет внедрения концепции программированной эксплуатации.

Однако этого недостаточно, поэтому предлагается также усилить эти цели решением задачи внедрения процессного подхода и информационно-факторных подходов как общей теории создания новых поколений

интегрированных комплексов и систем бортового оборудования для самолетов ГА.

При этом необходимо на основе процессного подхода и информационно-факторных подходов обобщить существующие подходы и определить направления общей теории эксплуатации авионики следующим образом (рис. 1).



Рис. 1. Существующие подходы к эксплуатации авиатехники и их обобщение

Существующая теория эксплуатации имеет более чем 50-летнюю историю развития и по своим предпосылкам уже вышла на границы применения. Наиболее характерным примером в этом смысле является общая

теория надежности радиоэлектронного бортового оборудования. Основой любой теории надежности является поток отказов. По существующим ГОСТам и международным стандартам отказом авиационной техники называется выход из строя авиационной техники в процессе ее работы из-за неправильной эксплуатации и плохого ремонта, а также вследствие конструктивных и производственных дефектов. Отказ авиационной техники может произойти на земле при подготовке авиационной техники к полету или в воздухе во время полета. Он приводит к невыполнению полетного задания или к летному происшествию.

В начале технологической революции в области микроэлектроники, когда надежность микросхем была очень низкой (так называемый коэффициент выхода при производстве таких изделий был 0,5-3%, т.е., в сущности, ниже КПД паровоза), а поток отказов был очень большой, такие подходы работали на практике хорошо.

В настоящее время картина качественно изменилась – информация о потоке отказов исчезла, т.е., попросту говоря, отказы микросхем исчезли, они стали работать надежно.

Возникла новая проблема – сложность и трудность сбора информации о потоке отказов. Информации об отказах стало просто не хватать для оценки качества функционирования систем. При этом назрела необходимость разработать новое научное направление, учитывающее информационно-факторную структуру предельно-сложных автоматизированных летающих электронных комплексов (авионики) при эксплуатации (рис. 2).

На рис. 2. приведены информационно-факторные подходы и раскрыта их общая структура, которая включает в себя следующие элементы:

- общая теория полифакторных процессов;
- обобщенная теория информационно-факторного анализа;
- общая теория информационных процессов.

Необходимо разграничивать также области применения вышеуказанных теорий (рис. 2).



Рис. 2. Общие понятия об информационно-факторных подходах как перспективной методологии

Роль теории информации в анализе процессов эксплуатации авиатехники

Развитие теории информации интенсивно началось примерно в 40-50-х годах XX века и шло сразу по нескольким направлениям:

- уточнение дефиниции понятия «информация»;
- установление количественных мер информации;
- поиск мер ценности информации.

В анализе процессов эксплуатации информационные подходы стали использоваться, в основном, для оценки степени подготовки эксплуатационного персонала, его информационной нагрузки. При

эксплуатации систем связи было выделено специальное направление - разработка оптимальных кодов и способов кодирования особо важной информации.

При эксплуатации авиационной техники теория информации не вышла за рамки научно-практических разработок и фактически не использовалась при центральных нормативных процедурах: стандартизации, сертификации, лицензировании и т.д.

Это было вызвано тем, что использовались, в основном, количественные меры информации (формулы Шеннона, Винера, Колмогорова и т.д.), которые не давали возможности исследовать природу процессов эксплуатации в целом. Обобщающих подходов за период с 1950 по 2000 годы фактически не было.

Роль теории факторного анализа в анализе процессов эксплуатации авиатехники

Теория факторного анализа возникла в начале 30-х годов XX века и, в основном, применялась в сельском хозяйстве при аналитике опытов по селекции растений.

Применение факторного анализа (ФА) к проблематике процессов эксплуатации сложных производственных процессов было начато значительно позднее (в начале 50-60-х годов XX века) и было связано с тем, что процессы эксплуатации стали рассматриваться с позиции так называемых эксплуатационных факторов (ЭФ). Возникли первые классификации ЭФ и попытки их количественной оценки математическим аппаратом ФА.

Но, учитывая то, что количество ЭФ непрерывно росло в связи с ростом сложности техники, возникли сложности в применении классических методов факторного анализа. Переход к информационно-факторному анализу (ИФА) эти сложности снимает [7, 8, 9].

Переходы к обобщенному информационно-факторному анализу и его теории

Информационно-факторный анализ – это обобщенный логико-математический подход, использующий основные предпосылки теории информации и факторного анализа, а также новые математические формулы энтропии для анализа полифакторных процессов.

Этот подход, с помощью которого можно математически обрабатывать различные по качеству массивы информации и строить нужную для аналитики авионики критериальную структуру показателей.

Нельзя не отметить, что новые конструкторские решения в области авионики привели не к уменьшению, а к росту потоков информации, обрабатываемой экипажами ВС. Поэтому необходимость применения обобщенных информационно-факторных подходов к процессам проектирования, создания и эксплуатации новых ВС, в том числе к авионике и ее перспективным видам резко возросла.

К сожалению, совместное обобщение теории информации и факторного анализа для обработки предельно малых и предельно больших потоков информации не велось с момента их создания. В течение десятилетий после создания этих теорий, безусловно, математики вели обобщения, но они носили характер изолированных обобщений (во-первых, отдельные обобщения теории информации или факторного анализа, во-вторых, обобщения велись с позиции в основном абстрактной алгебры, теории групп, колец, структур и т.д.). Например, факторный анализ был дополнен векторной формой, а позднее обобщения проводились с помощью теории групп и структур Бурбаки.

С позиции процессного подхода, впервые изучая малые и большие потоки информации и природу факторного и информационного взаимодействия как *causa finales* (конечной причины явлений), очень важно было рассмотреть обе теории через логарифмическое нормирование, которое не применялось при обобщении другими аналитиками и теоретиками.

Так был создан новый метод, который позднее был назван ИФА – информационно-факторный анализ. Обобщенная структура ИФА была выведена в 1991 году Аль-Аммори Али [7, 8, 9].

Обобщенная структура этого метода показана в таблице 1.

Таблица 1

Образование ИФА и его обобщенной модели [7]

Существующие методы	
Модели факторного анализа	Модели теории информации
однофакторная модель	
$Z_1 = a_1 F_1 + d_1 U_1$	$H_1 = - p_1 \log p_1$
двухфакторная модель	
$Z_2 = a_1 F_1 + a_2 F_2 + d_1 U_1 + d_2 U_2$	$H_2 = -(p_1 \log p_1 + p_2 \log p_2)$
многофакторная модель	
$z_{ji} = \sum_{k=1}^r a_{jk} F_{ki} + d_j U_{ji}$	$H_i = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$
предлагаемый метод информационно-факторного анализа (ИФА)	
однофакторная модель	
$H_{1\text{ифа}} = - p_1 \log p_1$	
двухфакторная модель	
$H_{2\text{ифа}} = -(p_1 + p_2) \log(p_1 + p_2)$	
многофакторная модель (обобщенная модель)	
$H_{i\text{ифа}} = - \sum_{i=1}^n p_i \log \sum_{i=1}^n p_i$, где p_i -функция отклика факторного анализа, а не просто вероятность - Энтропия Аль-Аммори Али (1991г.)	

Таким образом, можно сформулировать полную дефиницию ИФА. Она такова:

Информационно-факторный анализ (ИФА) – это логико-математический метод, основанный на процессном подходе, анализе и общей теории процессов, учитывающий процессные явления и динамику поведения объектов для достижения эффективных результатов проектирования, создания и эксплуатации ВС.

В практическом плане информационно-факторный анализ – это такой научный анализ, который использует энтропию Аль-Аммори в целях определения пределов резервирования при снятии критических ситуаций, а

также определение первых признаков и оценки общего уровня количественно-качественной неопределенности и степеней рисков.

Появление ИФА как части процессной аналитики является естественным продолжением работ 60-70-х годов XX века, которые проводились процессниками при обобщении математического анализа, учета поликомпонентности вероятностных мер и введения в качестве центральной процессной математической операции – самонормирования любой математической меры по формуле $M \cdot \log M$, где M - любая математическая мера - обобщенная энтропия Е.М. Хохлова [9].

Целью самонормирования по формуле $M \cdot \log M$ является снятие абстрактных (сингулярных, вынужденных мер) в математическом анализе, а также оценка свойств и характеристик сложных технических объектов, например, таких как современное авиационное оборудование – авионика-95.

Если в начале 20-го века уровни электронизации и автоматизации не требовали специального анализа внутренних и внешних процессов, например, анализа процессов в радиотехнических устройствах на самолетах, то к середине 20-го века такой анализ был уже просто необходим.

Под внутренними процессами эксплуатации сложных технических устройств и машин понимаются процессы управления, контроля, функционирования, поиска неисправностей и технического обслуживания машин.

Под внешними процессами эксплуатации сложных технических устройств и машин понимаются единичные цикличные процессы от проектирования до конца эксплуатации машин до цикла «круг кругов» - циклу управления качеством при процессном подходе.

В настоящее время эксплуатация ВС с авионикой нового поколения переходит от авионики 80-85 годов 20-го века к авионике-95. Первое десятилетие эксплуатации авионики-85 заканчивается, начинается цикл эксплуатации принципиально другой авионики – авионики-95: интегрированных автоматизированных электронных комплексов авионики.

Базовый комплекс стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования (БКСПНО)

Базовые комплексы стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования устанавливаются на воздушных судах нового поколения (Ил-96-300, Ту-204, Ту-334, Ил-114, Ка-38, Ан-70, Ан-140, и др.).

Основные направления развития авионики - все более широкое использование в ней микропроцессорных устройств и цифровых вычислительных машин, которые по своим вычислительным и логическим возможностям цифровой элементной базы превосходят аналоговые, и перспективные возможности интеллектуализации пилотажно-навигационных комплексов (ПНК).

Безусловно, рост требований к регулярности, надежности и безопасности полетов привел к появлению принципиально новых бортовых БКСПНО, основанных на цифровом управлении ВС.

Переходу к цифровому пилотажно-навигационному оборудованию (ЦПНО) способствовали следующие факторы:

- высокая технологичность, малые габаритные размеры, масса и стоимость цифровой элементной базы;
- возможность решения большого числа логических задач и более простая, надежная и глубокая организация встроенного контроля, позволяющего охватить практически все оборудование комплекса;
- получение высокой надежности благодаря использованию методов структурной и информационной избыточности и большая возможность стандартизации и унификации оборудования;
- уменьшение рабочей нагрузки на экипаж благодаря применению цифровых систем электронного отображения информации на цветных дисплеях.

Из зарубежных данных следует, что переход к цифровым системам в пилотажной части комплекса позволяет уменьшить ее стоимость на 20...40%, на 75% сократить трудоемкость технического обслуживания и на 30...50% - число случаев невыполнения программы полета из-за неисправности ПНК, и на 50%

снизить потери из-за его повреждения. Существенно снижается моторная нагрузка на экипаж. Так, в зависимости от этапа полета нагрузка на командира корабля уменьшается на 10...35%, на второго пилота - на 25...45%, на бортинженера - на 30...60%. Однако речь идет о снижении моторной нагрузки, а не сенсомоторики в целом. И это показали катастрофы на ВС нового поколения.

В гражданской авиации первые цифровые бортовые системы управления полетом были применены в конце 70-х годов на самолетах В-757 и В-767, позднее в 80-х годах на самолетах А-310, А-320 и др. Базовый комплекс стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования (БКСЦПНО) был создан для самолетов Ил-96-300, Ту-204, Ту-334, Ил-114, Ан-72, Ан-140, Ан-148 и др. Технический уровень БКСЦПНО несколько превышает уровень ПНО самолетов Б-757, Б-767, А-310. Функциональные возможности расширены примерно на 20...40%.

Комплекс стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КСЦПНО) является практически полностью цифровым. В отличие от аналоговых ПНК здесь датчики, вычислители, индикаторы выполнены на цифровой элементной базе, все связи между системами комплекса также цифровые.

Пилотажно-навигационное оборудование обеспечивает выполнение следующих функций:

- автоматическое самолетовождение в горизонтальной и вертикальной плоскостях при полете по запрограммированному маршруту и в зоне аэродрома;

- комплексную обработку информации от автономных и неавтономных средств с целью обеспечения заданной точности и достоверности поступающих данных;

- оптимизацию режимов полета с целью экономии топлива;

- автоматический заход на посадку согласно I и II категориям ICAO и автоматическую посадку согласно IIIA категории ICAO по радиомаякам СП-50, ILS и MLS, соответствующим этим категориям;

- директорное управление боковым и продольным движением при взлете, начиная с момента отрыва от ВПП;

- индикацию пилотажно-навигационной информации на многоцветных экранных индикаторах, пультах управления и резервных приборах.

В состав цифрового ПНК самолета Ил-96-300 и Ту-204 входят следующие основные системы:

САУ - система автоматического управления. В САУ входят: ВСУП - вычислительная система управления полетом; ВСУТ - вычислительная система управления тягой; АСУУ - автоматическая система устойчивости и управляемости; САД система активного демпфирования.

ВСС - вычислительная система самолетовождения, РНО - радионавигационное оборудование, ПО - приборное оборудование, ССЛО - система сбора и локализации отказов, СЭИ - система электронной индикации, КИСС - комплексная информационная система сигнализации, СПКР - система предупреждения критических режимов полета, СППЗ - система предупреждения приближения земли, СПС - системы предупреждения столкновений.

Исходя из этого перечня, следует сделать вывод, что сенсорная нагрузка на экипаж резко возрастает при управлении самолетами нового поколения [9].

Пилотажно-навигационное оборудование самолета Ил-114 более простое. В отличие от ПНО самолета Ил-96-300 и Ту-204 используется единая вычислительная система управления полетом и тягой - ВСУПТ, комплексная система электронной индикации и сигнализации - КСЭИС, самолетная бесплатформенная курсовертикаль - СБКВ, доплеровский измеритель скорости и угла сноса - ДИСС, компас индукционный - КИ, механизм регулирования тяги двигателей - МРТ, рулевые машины РМ. Кроме того, изменен характер резервирования отдельных устройств, в частности, полностью исключено тройное резервирование.

Системы, входящие в комплекс ПНО, по габаритным размерам и выполняемым функциям, в основном, соответствуют международным

требованиям (стандарты ARINC-700). Обмен информацией между системами комплекса производится цифровым кодом в соответствии со стандартом ARINC-429. И хотя объем информации для экипажа меньше, чем у экипажей ИЛ-96-300 и Ту-204, он достаточно велик.

Авионика АН-148, по мнению конструкторов, является универсальной базой для ВС нового поколения различных типов. Данные, предлагаемые разработчиками, приведены в таб. 2. Такая разработка рассматривается в авиапромах России и Украины как комплексная и совместная и создает новое современное поколение базового бортового оборудования. В ближайшей перспективе оборудование при соответствующей адаптации программного обеспечения может быть рекомендовано для широкого класса вновь строящихся и модернизируемых самолетов гражданского и военного назначения (таб. 2).

Таблица 2

Авионика Ан-148 – база для модернизации самолетов гражданского и военного назначения

2003-2004 гг.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2010 г.
Ан-148 – базовые системы ВСС-100, КСЭИС-148, САУ-148, ЭДСУ-148	Ан-124-100	Ан-140	Ан-74		
	Ил-96-300	Ил-114	Ил-112		Ил-214
	Ту-204	Ту-214	Ту-334		

Новые системы авионики АН-148, которые были поставлены на этом самолете, по нашим исследованиям, обеспечивают перспективность его применения на ближайшие 20 лет.

Рассмотрим более подробно состав и назначение основных систем такой перспективной разработки авионики.

Вычислительная система самолетовождения ВСС-100 - обеспечивает автоматическое маневрирование по стандартным схемам прибытия (STAR), вылета (SID), захода на посадку (APPROACH) и маневрирования в зонах ожидания (HOLD), выполняет расчеты взлетно-посадочных характеристик воздушного судна, включая безмоторный полет в случае полного отказа

силовой установки. Для сокращения загрузки экипажа, состоящего из двух пилотов, проделана большая работа по оптимизации операторских процедур и информационных кадров ВСС-100, организован обмен регламентированными форматами сообщений с радиосвязным оборудованием для последующей их трансляции на землю по каналу ACARS.

Комплексная система электронной индикации и сигнализации КСЭИС-148 - обеспечивает вывод на экраны индикаторов:

- пилотажной информации о пространственном положении самолета, его скорости, высоте, вертикальной скорости, режимах работы системы автоматического управления, заданных параметрах полета;

- навигационной информации о курсе, ветре, отклонениях от заданного направления полета, данные системы самолетовождения, информацию радионавигационных и посадочных систем АРК, VOR, DME, ILS/СП, РСБН;

- плана полета и картографическую маршрутную информацию с изображением топографической карты местности;

- схемы выхода из района аэродрома, захода на посадку, схемы аэропортов;

- изображения рельефа местности от бортовой системы предупреждения приближения земли ТАWS;

- информации о воздушном движении и опасном сближении с другими ЛА от системы предупреждения столкновения TCAS;

- телевизионной картины от бортовых телекамер;

- информации о работе и параметрах силовой установки, систем самолета;

- справочной информации от блока базы данных Electronic Flight Bag;

- сигнализации экипажу о возникновении опасных ситуаций в полете;

- аварийных, предупреждающих и уведомляющих сообщений, в необходимых случаях выдает речевые и звуковые тональные предупреждения, включает привлекающие внимание пилотов центральные сигнальные огни;

- сигнальных сообщений, сопровождающихся подсказками по действиям, которые необходимо выполнить пилотам;

- индикации карт контрольных операций из РЛЭ.

Система автоматического управления САУ-148 является единой интегрированной системой управления полетом и тягой двигателей. Ресурсы и надежность системы обеспечивают автоматизацию полета от взлета до посадки по категории III ICAO.

Электродистанционная система управления - ЭДСУ-148 обеспечивает:

- следящее управление секциями руля высоты (РВ), элеронами, рулем направления (РН) и многофункциональными интерцепторами (ИМ);

- позиционное управление тормозными интерцепторами;

- выполнение функции демпферов тангажа, крена и рысканья;

- выполнение функции ограничения предельных режимов;

- выполнение функции компенсации асимметрии тяги;

- выполнение команд САУП.

Выводы

1. При создании и эксплуатации новых интегрированных комплексов и систем бортового цифрового оборудования воздушных судов нового поколения необходимо применять информационно-факторные методы на основе процессного подхода.

2. Использование искусственного интеллекта в базе интегрированных комплексов и систем бортового цифрового оборудования воздушных судов нового поколения может снять некоторые стандартные нагрузки экипажа при управлении в нормальных полетных условиях.

3. Возникновение опасных полетных ситуаций и полифакторности условий требует непосредственного вмешательства экипажа и применения нестандартных решений, которые могут отсутствовать в электронном РЛЭ.

4. Необходимо применять новые методы исследования и учета электронных отказов как более опасных в силу их взаимосвязи и полифакторности с комплексным оборудованием.

5. В конце 20-го и в начале 21-го века авиационная промышленность стала создавать уже не просто ПНО, а возникло, организовалось целое новое промышленное направление – производство авионики как летающих авиационных бортовых комплексов.

6. Воздушные суда стали более полирежимными, технологически совершеннее, но одновременно с уменьшением моторной нагрузки экипажа произошел рост сенсорной нагрузки на анализаторы человека-оператора, например, командира воздушного судна, второго пилота, бортинженера.

7. Для сохранения и одновременного повышения эффективности эксплуатации ВС нового поколения необходимы другие методологические подходы на основе информационно-факторного анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Прозоров С.Е. Цифровые вычислительные системы авиационных комплексов: Учебное пособие. - Киев: КИИГА, 1990. - 160 с.
3. Пассажирский самолет Боинг-757. - М.: ЦАГИ, 1987. – 76 с.
4. Самолет ИЛ-96-300/ Под ред. В.Г. Воробьева и Д.В. Лещинера. - Москва: МИИГА, 1989 - 183 с.
5. Техническая эксплуатация пилотажно-навигационных комплексов: Учеб. пособие для вузов/ А.В. Скрипец, В.Г. Денисов, В.В. Козарук, В.С. Новиков, Н.М. Савченко; Под ред. А.В. Скрипца. - М.: Транспорт, 1992. - 296 с.
6. Воробьев В.Г. Основы теории технической эксплуатации пилотажно-навигационного оборудования. – М.: Транспорт, 1999. - 335 с.
7. Аль-Аммори Али. Информационно-факторный анализ как стратегический принцип борьбы с пожарами силовой установки ВС// Проблемы безопасности полетов. - Москва: ВИНТИ. - 1997. - № 4. – С. 21-31.
8. 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.
9. Хохлов Е.М., Аль-Аммори Али. Авторский процессный подход (авторский взгляд на первое десятилетие внедрения процессного подхода в глобальном масштабе 1995-2005г.г.) – Киев, 2006. – 174 с. (авторское свидетельство № 16117).