

Раздел дисциплины

Тема 1. Основы применения вероятностно-статистических моделей для исследования процессов эксплуатации и характеристик авиационной техники

Тема 2. Вероятностно-статистические модели процессов изменения технического состояния авиационной техники

Тема 3. Вероятностно-статистические модели выборочного контроля характеристик авиационной техники

Тема 4. Вероятностно-статистические модели процессов эксплуатации авиационной техники

Литература

- а) основная литература
- Герасимова Е.Д. Вероятностно-статистические модели эксплуатации. Текст лекций. – М.: МГТУ ГА, 2016.
- Ицкович А. А., Кабков П. К. Вероятностно-статистические модели эксплуатации ЛА: учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2009.
- Далецкий С.В. Формирование эксплуатационно-технических характеристик воздушных судов гражданской авиации – М.: Воздушный транспорт, 2005.
- б) дополнительная литература:
- Герасимова Е.Д., Смирнов Н.Н. Техническое обслуживание зарубежных самолетов: учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2011.
- Смирнов Н.Н., Чинючин Ю.М. Основы поддержания летной годности воздушных судов: учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2012.
- Барзилович Е.Ю. Оптимально управляемые случайные процессы и их приложения. Егорьевск: ЕАТК ГА, 1996.

Литература

- в) учебно-методическая литература по проведению практических занятий
- Герасимова Е.Д., Полякова И.Ф. Оценка эксплуатационной надежности изделий АТ с учетом периодичности ТО: пособие по проведению практических занятий. - М.: МГТУ ГА, 2010.
- Герасимова Е.Д., Полякова И.Ф. Статистическое моделирование эксплуатационно-технических характеристик объектов АТ: пособие по проведению практических занятий. - М.: МГТУ ГА, 2014.
- Герасимова Е.Д., Полякова И.Ф. Моделирование процессов эксплуатации восстанавливаемых изделий: пособие по проведению практических занятий. - М.: МГТУ ГА, 2013.
- Герасимова Е.Д., Полякова И.Ф. Анализ процессов функционирования авиационных объектов с помощью регрессионных моделей: пособие по проведению практических занятий. - М.: МГТУ ГА, 2015.
- Герасимова Е.Д., Полякова И.Ф. Формирование плана контроля характеристик объектов АТ по альтернативному признаку: пособие по проведению практических занятий. - М.: МГТУ ГА, 2016.

ЛК-1

Основы применения ВСМ для исследования процессов эксплуатации и технических характеристик АТ

1. Цели, принципы и средства моделирования
2. Роль ВСМ в обеспечении ЛГ АТ
3. Роль ВСМ в обеспечении эффективности ПТЭ АТ
4. Оценка точности моделирования и определение объемов наблюдений

- Математическое моделирование – процесс построения и изучения математических моделей. Математическая модель – математическое представление реальности в виде модели и изучение ее характеристик. Цель моделирования – предсказание поведения объекта или процесса на будущее для имитации поведения объекта во времени и управления этим процессом.
- Процесс моделирования включает 3 этапа:
- 1) формирование знаний о реальном объекте;
- 2) определение характеристик модели и исследование их развития во времени;
- 3) перенос результатов исследования характеристик модели на реальный объект для его

Эксплуатация АТ – это целенаправленная деятельность коллектива людей по применению, техническому обслуживанию, ремонту, хранению и транспортированию АТ. Во всей своей совокупности эксплуатация АТ определяется следующими компонентами:

- параметрами объектов эксплуатации;
- технологическими эксплуатационными процессами, которые необходимо осуществлять на этой технике;
- коллективами людей, осуществляющими эти процессы на технике;
- внешними условиями (средой), в которой эксплуатируется техника.

Современные
отечественные
самолеты
6%

Прочие
отечественные
самолеты
11%

Зарубежные
самолеты
83%

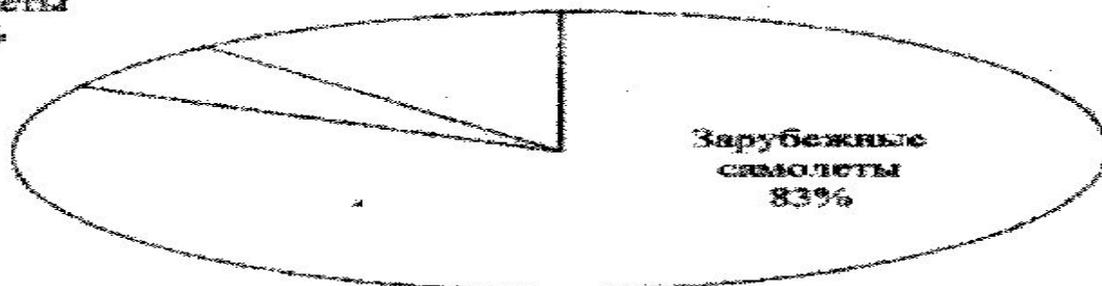


Рис. 1.2. Структура пассажирооборота российских авиапредприятий в 2010 году

По состоянию на начало 2011 года структура действующего парка зарубежных магистральных и региональных пассажирских самолетов в авиапредприятиях России характеризуется следующими данными (табл. 1.1) [3].

Таблица 1.1

Структура действующего парка зарубежных пассажирских самолетов

Магистральные самолеты			
Тип	Кол-во	Тип	Кол-во
B-747-400	6	B-737-300	13
B-747-300	4	B-737-500	74
B-747-200	4	B-737-200	2
B-777-200	8	A-330-300	7
B-767-300	27	A-330-200	6
B-767-200	3	A-310	2
B-757-200	28	A-321	20
B-737-800	30	A-320	76
B-737-700	6	A-319	43
B-737-400	21		
		Итого	380
Региональные самолеты			
Тип	Кол-во	Тип	Кол-во
ATS-72-200	3	EMB-120	5
CRI-100/200	28	SAAB-340	5
SAAB 2000	5	DASH-8-100/200	2
DHC-8-300	1		
ATR-42-320	12		
		Итого	61

Парк ВС западного производства

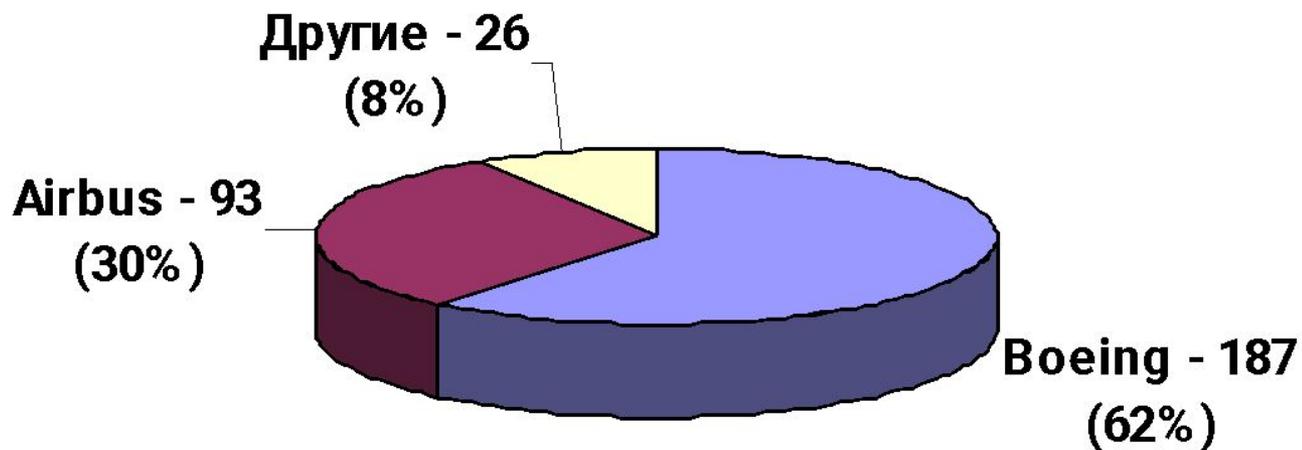


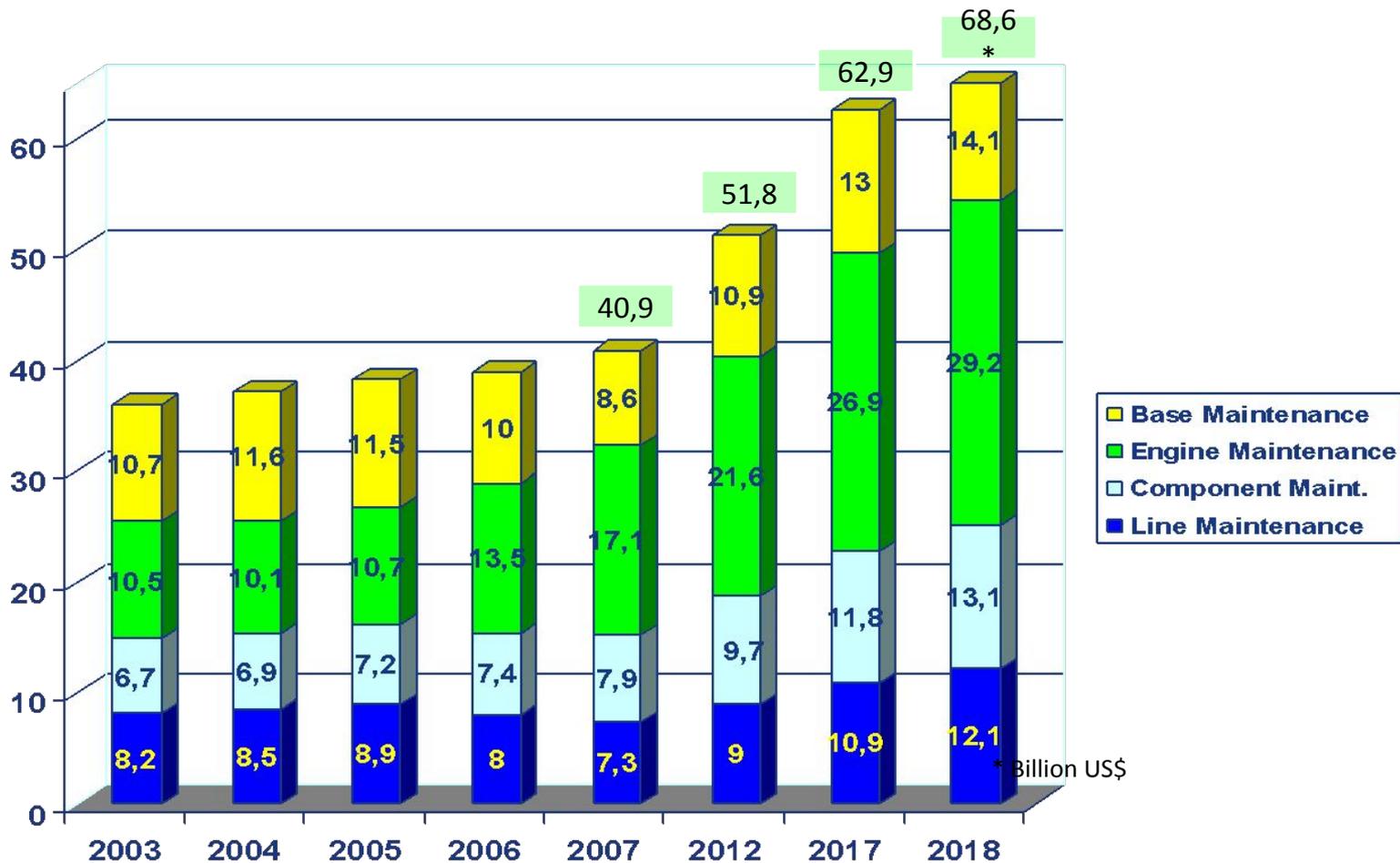
Таблица 2.7

Структура общих затрат на ТО

Стоимость затрат	Затраты на ТО, %	
	Отечественные самолеты	Зарубежные самолеты
Трудовые затраты	32,2	28
Материальные затраты	51,7	17
Накладные расходы	16,1	51
Прочие расходы (служебные издержки)	-	4
ВСЕГО	100	100

Size of the Global MRO Industry (2003 – 2018)

Global MRO Industry



Состав действующего коммерческого парка

Магистральные самолеты - 605 ед.	
Отечественного производства	
Ил-96-300	10
Ту-214	8
Ту-204-100	9
Ил-62М	11
Ту-204-300	6
Ту-154М	39
Ту-154Б	9
Як-42	59
SSJ-100	4
Итого	155
Западного производства	
B-747-400	15
B-747-300	4
B-747-200	1
B-777-300	2
B-777-200	10
A-330-300	12
A-330-200	5
B-767-300	29
B-767-200	3
A-310	1
B-757-200	32
B-737-800	47
A-321	29
B-737-700	8
B-737-400	24
B-737-300	12
A-320	87
B-737-500	78
B-737-200	2
A-319	49
Итого	450

Региональные самолеты - 340 ед.	
Отечественного производства	
Ту-134	60
Ан-148	8
Ан-26-100	26
Ан-24	90
Ан-140	3
Як-40	55
Ан-38	2
Итого	244
Западного производства	
ATR-72	17
CRJ-100/200	47
SAAB 2000	5
DHC-8-300	3
ATR-42	14
EMB-120	3
SAAB 340	5
Dash 8-100/200	2
Итого	96

Business jet - 32 ед.	
BAe 125	9
Cessna 525	1
Cessna 680	1
Challenger 300	2
Challenger 600	4
Challenger 850	4
Falcon 7X	2
Falcon 900	6
Gulfstream 450	1
Gulfstream IV	1
Gulfstream V	1
Итого	32

Грузовые самолеты - 127 ед.	
Отечественного производства	
Ан-124-100	14
Ан-124	1
Ил-96-400Т	3
Ил-96-300	1
Ил-76ТД-90	4
Ил-76ТД	20
Ил-76Т	2
Ил-76МД	18
Ил-62М	3
Ту-204С	3
Ан-12	7
Ан-74	7
Ан-32	2
Ан-30	4
Ан-26	23
Итого	112
Западного производства	
B-747-400F	8
B-747-300F	1
B-747-200F	2
B-757-200F	1
MD-11F	3
Итого	15

январь 2012 года

По состоянию на начало 2012 года в составе действующего парка российских авиакомпаний было 605 магистральных и 340 региональных пассажирских самолетов, 32 самолета класса бизнес-джет, а также 127 грузовых самолетов.

Принципы моделирования

- Постановка задачи
- Сбор исходной информации (статистика)
- Статистический анализ
- Гипотеза о виде модели
- Подтверждение гипотезы по критериям согласия
- Определение теоретических характеристик моделей
- Прогноз развития процессов

Методы и средства моделирования

- ВСМ непрерывных случайных величин
- ВСМ дискретных случайных величин
- ВСМ процессов восстановления
- Статистическое моделирование
- Марковские и полумарковские модели
- Модели выборочного контроля
- Регрессионные модели

Летная годность

Характеристика ЛА (ВС), определяемая реализованными в его конструкции принципами и конструктивно-технологическими решениями, позволяющими совершать безопасные полеты в ожидаемых условиях и при установленных методах эксплуатации

ЕНЛГС – Единые нормы летной годности гражданских транспортных самолетов

Ожидаемые условия эксплуатации:

- воздействия внешней среды;
- эксплуатационные факторы;
- параметры полета.

Система поддержания ЛТ ВС.

Основные компоненты	Национальные системы			
	FAA	EASA (JAA)	Россия	
Государственный мониторинг летной годности ВС	Непосредственная и постоянная техническая и летная инспекция специалистами авиационной администрации		Через контроль доказательной документации при поэтапном продлении ресурса (срока службы) ВС и продлении сертификата экземпляра	
Продление ресурсов (сроков службы) ВС	Применяется только после достижения экземпляром ВС проектного значения ресурса или срока службы		Применяется поэтапно после достижения первоначально назначенного ресурса (срока службы)	
Сертификация	Тип ВС	Системы сертификации типовой конструкции имеют высокую степень гармонизации		
	Экземпляр ВС	Сертификат летной годности ВС не имеет ограничения по времени. Контроль состояния через периодическую инспекцию специалистами авиационной администрации	Продление сертификата через обязательную инспекцию ВС специалистами авиационной администрации	Продление сертификата после процедуры поэтапного продления ресурса (срока службы) экземпляра ВС через контроль доказательной документации
	Организация <u>ТотР</u>	Обязательно одобрение Разработчиком (изготовителем) <u>обслуживаемых</u> ВС	Добровольная сертификация Разработчиком (изготовителем) <u>обслуживаемых</u> ВС	Разработчик (изготовитель) не участвует в сертификации
Субъекты послепродажного обеспечения	Разработчик и Изготовитель ВС <u>интегрированы</u> в одно юридическое лицо		Разработчик и Изготовитель – отдельные юридические лица	
Система послепродажного обеспечения	Хорошо отлаженная система с многочисленными филиалами и жестким контролем изготовителем и специалистами авиационных администраций аутентичности поставляемых для ВС компонентов		Нормативно обозначенная (ВК ст.37) система обеспечения летной годности производителем ВС и аутентичность поставляемых для ВС компонентов практически отсутствует	

Алгоритм поддержания летной годности самолета В-747 в авиакомпании «Трансаэро».



Эффективность ПТЭ ЛА

ПТЭ ЛА – последовательная во времени смена состояний эксплуатации (полет, ТО, ремонт и т.д.)

Эффективность – свойство ПТЭ ЛА обеспечивать безопасность полетов, максимальный налет при минимальных затратах времени, труда и средств на ТОиР

Критерии эффективности: безопасность полетов, регулярность вылетов, использование ЛА, исправность ЛА, экономичность ТОиР

Совокупность показателей эффективности ПТЭ ЛА

Критерий эффективности ПТЭ	Показатели эффективности ПТЭ ЛА			
	обозначение	наименование	определение	единицы измерения
1	2	3	4	5
Регулярность вылетов ЛА	$P_{100\text{ ПТ}}$	Коэффициент регулярности вылетов	Отношение количества вылетов, выполненных без задержки по техническим причинам, к общему количеству вылетов за рассматриваемый период эксплуатации.	%
Использование ЛА	$K_{И}$	Коэффициент использования ЛА по назначению	Отношение налёта парка самолётов к календарному фонду времени их эксплуатации за рассматриваемый период эксплуатации.	%
	$K_{ИР}$	Коэффициент использования ЛА в рейсах	Отношение налёта парка самолётов и их простоев в состояниях, связанных с обеспечением полётов, к календарному фонду времени эксплуатации за рассматриваемый период.	%

Критерий эффективности ПТЭ	Показатели эффективности ПТЭ ЛА			
	обозначение	наименование	определение	единицы измерения
1	2	3	4	5
	$K_{\text{вир}}$	Коэффициент возможного использования ЛА в рейсах	Отношение налёта парка самолётов, их простоев в состояниях, связанных с обеспечением полётов, и простоев в исправном состоянии к календарному фонду времени эксплуатации за рассматриваемый период.	%
3.Исправность парка ЛА	$K_{\text{п}}$ $K_{\text{испр}}$	Удельные суммарные простои на ТОиР Коэффициент исправности.	Отношение суммарных простоев на ТОиР к налёту парка ЛА за рассматриваемый период эксплуатации. Отношение фонда времени ЛА в исправном состоянии, включая полёты, к общему календарному фонду времени за рассматриваемый период.	ч/ч.нал. %
4.Экономич- ность ТОиР	$K_{\text{г}}$	Удельная суммарная трудоемкость ТОиР	Отношение суммарной трудоемкости ТОиР к налёту парка ЛА за рассматриваемый период эксплуатации.	чел.-ч/ ч.нал

Модели эксплуатации ЛА на основе марковских и полумарковских процессов

1. Свойства марковских и полумарковских случайных процессов
2. Характеристики полумарковских моделей
3. Построение моделей ПТЭ ЛА

Точность моделирования и объемы наблюдений

Центральная предельная теорема теории вероятностей

$$Q(|P^* - P| < \varepsilon) = 2\Phi\left(\frac{\varepsilon\sqrt{N}}{\sqrt{P(1-P)}}\right)$$

Q – доверительная вероятность

P – вероятность, с которой определяется случайная величина

N – число реализаций случайной величины

Φ – функция Лапласа

Пример – моделирование параметра потока отказов изделий АТ

$$Na \geq \frac{1}{\omega_T} \left(\frac{u_{1-\gamma}}{\delta}\right)^2$$

N – количество наблюдаемых ЛА

a – количество однотипных изделий на борту

$T, \text{ч.н.}$ – налет ЛА

$u_{1-\gamma}$ - квантиль нормального распределения

ω – параметр потока отказов

γ - доверительная вероятность (0,8÷0,95)

δ - относительная погрешность оценки (0,1÷0,2)