

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

---

Н.Н. Смирнов, Ю.М. Чинючин

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ**

Москва - 2007

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖ-  
ДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»**

---

**Кафедра технической эксплуатации  
летательных аппаратов и авиадвигателей  
Н.Н. Смирнов, Ю.М. Чинючин**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ**

**Часть I**

Рекомендовано учебно-методическим  
объединением вузов Российской Федерации  
по образованию в области эксплуатации  
авиационной и космической техники для  
межвузовского использования в качестве  
учебного пособия

**Москва – 2007**

УДК 629.73.017(075.8)

ББК 39.52-08я 73-1

С

Печатается по решению редакционно-издательского совета Московского государственного технического университета ГА

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. Б.В. Зубков;

д-р техн наук, нач. отдела ЦПЛГ ВС Гос НИИ ГА С.В. Далецкий

Смирнов Н.Н., Чинючин Ю.М.

Современные проблемы технической эксплуатации воздушных судов. Часть I: Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2007. - 83с.,15 рис.,14 табл., 13 наим. лит.

В данном учебном пособии проанализировано состояние парка воздушных судов гражданской авиации, рассмотрены основные этапы развития технической эксплуатации, перспективные задачи ее реформирования, раскрыто содержание проблем совершенствования системы технического обслуживания и ремонта авиационной техники и ее эксплуатационно - технических характеристик.

Учебное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Современные проблемы эксплуатации авиационной и космической техники» по учебному плану для студентов направления 160900 и специальности 160901.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры ТЭЛА и АД 28.11.06г. и методического совета по специальности 160901.28.12.06г.

3206030000

ББК 39ю52-08я 73-1

С -----

Ц 33(03)-07

Св.тем. план 2007г.  
поз.

Смирнов Николай Николаевич  
Чинючин Юрий Михайлович

Современные проблемы технической  
эксплуатации воздушных судов

Часть I  
Учебное пособие

## **ВВЕДЕНИЕ**

Воздушный транспорт является одним из основных компонентов транспортной инфраструктуры современной цивилизации, важнейшим звеном единой мировой транспортной системы.

Россия была и остается великой авиационной державой. До 1992 г. авиакомпании СНГ по количеству перевезенных пассажиров и общему объему авиаперевозок занимали 2-е место в мире, в 1995 г. по пассажирообороту они переместились на 8-е место. Тем не менее, после более чем 10-летнего спада объемов перевозок, начиная с 2000 г. российский авиатранспортный рынок вступил в стадию устойчивого роста. За последние 5 лет объем перевозок увеличился на 60%.

Происходит быстрая интеграция российской и мировой системы воздушного транспорта. С одной стороны, за последние годы значительно возросли объемы международных перевозок, осуществляемых российскими авиакомпаниями, с другой – существенно повысилась интенсивность воздушного движения по международным трассам, проходящим через Россию.

В этих условиях на Гражданскую авиацию (ГА) возлагаются важнейшие задачи, связанные, прежде всего, с построением современной системы государственного регулирования отрасли, совершенствованием нормативного обеспечения эффективной летно-технической эксплуатации воздушных судов (ВС). Успешному решению заданных задач безусловно способствует тот факт, что ГА располагает мощной производственной базой, крупными научными учреждениями, широкой сетью ремонтных и опытных заводов. В ГА трудится большой отряд квалифицированных специалистов, четко действует система подготовки, аттестации и повышения квалификации кадров.

Особую роль в деле ускорения научно-технического прогресса ГА занимает Система технической эксплуатации авиационной техники, основным предназначением которой является сохранение (поддержание) летной годности ВС в течение всего жизненного цикла, а также создание условий для эффективного использования по назначению.

В настоящее время эффективная техническая эксплуатация авиационной техники уже невозможна без проведения научных исследований, применения современных стратегий и программ ТОиР, методов управления эффективностью производственных процессов, методов и средств диагностики и контроля.

Научная, теоретическая и экономическая база технической эксплуатации авиационной техники нуждается в совершенствовании и развитии. Для этого требуется, прежде всего, постоянное совершенствование профессиональной подготовки специалистов а области технической эксплуатации.

Основное назначение данного учебного пособия – изложить состояние и важнейшие задачи, требующие решения в интересах дальнейшего развития системы технической эксплуатации гражданских ВС.

## ГЛАВА 1

# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПАРКА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ И ОТЕЧЕСТВЕННОГО АВИАПРОМА

### 1.1. Состояние парка воздушных судов

По официальным данным парк ВС России на начало 2006г. насчитывал 5586 единиц, в том числе самолетов – 2688 ед., вертолетов – 1898 ед.

Парк новых типов отечественных самолетов, таких как Ил-96-300, Ту-204, Ту-214 составляет порядка 40 ед.; парк самолетов зарубежного производства – 116 ед. (табл.1.1).

Значительная часть парка ВС морально устарела, не соответствует международным требованиям, особенно – Европейского региона, имеет ограничения по ресурсам и сроком службы, по обеспечению запасными частями, требует больших затрат времени и средств на сохранение летной годности.

В целом имеющийся парк ВС пока удовлетворяет спрос на авиаперевозки. Теоретически в совокупности по парку ВС имеется резерв, однако, во многих отдельных авиакомпаниях резерв ВС недостаточен.

С учетом прогноза списания ВС по выработке ресурса в 2010г. уменьшение парка самолетов и вертолетов по отношению к 2002г. оценивается на уровне 45...50%. Особую озабоченность авиационных властей вызывает тенденция снижения количества ВС, осуществляющих основной (около 70%) объем авиаперевозок. К ним, прежде всего, относятся самолеты типа Ту-154, Ту-134, Ил-62 и Ил-86 (табл.1.2).

Наиболее резко изменятся возможности парка региональных самолетов, таких как Ан-24, Як-42, Ту-134, Як-40, Ан-28, Л-410 и пассажирских Ан-2.

На фоне интенсивного списания и вывода из эксплуатации устаревших ВС прогнозируется рост спроса на авиаперевозки. Потребность в пассажирских перевозках по отношению к 2002г., как минимум, удвоится к 2010г. и в 2015г. может практически достичь уровня 1990г. (примерно 70 млн. пассажиров в год). В целом российский рынок авиаперевозок готов к стабилизации, начинается процесс его постепенного восстановления. Это положительно скажется на активности рынка авиатехники.

Наиболее интенсивно в последние годы развивается международный сегмент рынка. Доля международных авиаперевозок составляет 48% на пассажирском рынке и 68% - на грузовом, в том числе, доля перевозок в развитые страны составляет 16...18% в общем пассажирообороте и до 30% в грузообороте.

Это означает, что значительные объемы приходятся на те страны, которые предъявляют повышенные требования к качеству перевозок, и где невозможно сохранение конкурентоспособности при использовании устаревших самолетов, имеющих малые запасы по шуму. Без поставок современных самолетов к 2007...2008г.г. провозная мощность существующего парка

вплотную приблизится к исчерпанию возможности удовлетворения возросшего на 35...40% спроса на внутренние и международные перевозки.

Таблица 1.1

## ВОЗДУШНЫЕ СУДА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Тип ВС	В Реестре ВС, ед.	Эксплуа- тируются, ед.	Тип ВС	В Реестре ВС, ед.	Эксплуа- тируются, ед.	Тип ВС	В Реестре ВС, ед.	Эксплуа- тируются, ед.	Тип ВС	В Реестре ВС, ед.	Эксплуа- тируются, ед.
<i>I. Магистральные пассажирские самолеты</i>			<i>II. Грузовые самолеты</i>			<i>IV. Вертолеты</i>			<i>VI. Самолеты зарубежного производства</i>		
Ил-96-300	14	14	Ан-124	25	21	Ми-10К	8	1	Б-737	29	25
Ил-86	63	46	Ил-76	108	76	Ми-8	1107	670	Б-747	6	6
Ил-62	67	43	Ан-12	54	28	Ка-32	56	27	Б-757	13	13
Ту-214	8	8	Ан-26	127	54	Ка-26	60	31	Б-767	19	19
Ту-204-300	4	3	Ан-30	28	14	Ми-2	582	122	А-310	6	6
Ту-204	15	9	Ан-32	7	3	Ми-172	1	1	А-319	8	8
Ту-154Б	149	71	Итого	349	196	Ми-34	4	0	А-320	7	7
Ту-154М	204	180	<i>III. Самолеты МВЛ и спецприменения</i>			В-3 (Сокол)	1	1	А-321	3	3
Ту-134	223	162				Bell-407	4	1	DC-10	4	4
Як-42	92	68	Ан-38	6	5	ВК-117	1	1	GL-604	1	1
Як-40	265	138	Ан-28	26	9	Р-44	4	1	Falcon-20	5	2
Ан-24	265	138	Л-410	65	10	AS-350	1	1	Falcon-50	1	1
Ил-18	11	1	Ан-2	1680	413	AS-355N	6	6	Falcon-900	3	3
Ан-74	30	18	Ан-3	17	11	Итого	1898	890	Бае-125	5	4
Итого	1352	882	Ил-103	8	3	<i>V. ВС АОН и СЛА</i>			Cessna	2	2
-	-	-	Як-18	22	5	-	41	-	Gulfstream	1	1
-	-	-	Бе-103	4	2	Итого	41	-	DHC-8	3	3
-	-	-	Ил-114	2	2	-	-	-	Итого	116	108
-	-	-	Итого	1830	460	-	-	-	Всего	5586	2536

## Прогноз списания при продлении ресурсов по «рамочным решениям»

Год	Количество на начало года							
	Ил-62М	Ил-86	Ту-154Б	Ту-154М	Ту-134	Як-42	Ан-24	Як-40
2002	57	69	163	180	211	90	246	318
2003	53	53	132	179	194	89	214	318
2004	49	46	107	179	175	82	188	318
2005	44	42	73	172	161	74	172	318
2006	39	39	43	164	125	68	141	318
2007	34	33	24	160	100	65	102	294
2008	32	27	10	153	79	58	67	260
2009	29	23	3	138	63	56	44	215
2010	27	16	3	135	43	48	18	164
2011	24	12	0	129	31	39	12	111

Предлагаемые промышленностью самолеты Ту-204, Ту-214, Ил-96-300 также не в полной мере удовлетворяют современным требованиям по шуму. Необходима их доработка до требуемого уровня, поскольку маловероятен спрос на самолеты, эксплуатация которых в перспективе будет ограничена. С учетом прогноза до 2010 года российский парк будет нуждаться в пополнении примерно 200 магистральными и 300 региональными самолетами, 80 грузовыми самолетами и 350 вертолетами.

Фактически в год необходимо производить порядка 100 ВС, в то время как в настоящее время заводами выпускается 8...12 ед. ВС.

Удовлетворение этих потребностей предусмотрено Федеральной целевой программой «Модернизация транспортной системы России», подпрограмма «Гражданская авиация» (табл.1.3).

Реализация этой программы невозможна без коренного преобразования авиационного промышленного комплекса и совершенствования взаимодействия предприятий промышленности и гражданской авиации путем внедрения лизинговых схем и полномасштабного реформирования системы послепродажного обеспечения запасными частями. Кроме того, должна быть сформирована жесткая система формирования заказов на новую авиационную технику.

В настоящее время имеют место две отдельные и недостаточно скоординированные системы. С одной стороны эксплуатанты, с другой – сотни предприятий промышленности, слабо ориентированные на потребности потребителя. Многие предприятия промышленности находятся в законсервированном состоянии, имея значительные задолженности в бюджеты различных уровней.

## Прогноз поставок новых ВС на период до 2010г.

## 1. ПАССАЖИРСКИЕ САМОЛЕТЫ

Категория ВС по пассажироместности	Тип ВС	2002 год	2002-2010 годы
<b>Магистральные</b>			
- большой (240-300 мест)	Ил-96-300	1	12
	Ил-96М		3
- средней (160-200 мест)	Ту-204(-100)	1	16
	Ту-204	1	30
- умеренной (120-160 мест)	Ту-154М	1	13
	Ту-234		39
- малой (80-120 мест)	Як-42Д(-90)	1	4
	Ту-334-100		30
	Ту-334-200		47
<b>Итого магистральных</b>		<b>5</b>	<b>194</b>
<b>Региональные</b>			
-большой (~70 мест)	Новый региональный		30
	Ил-114(-100), Ан-140-230		28
- средней (~50 мест)	Ту-324		70
	Ан-140, Ил-114, Ил-112В		84
- малой (~30 мест)	модификация Ту-324		14
	Ан-38-100(200), С-80	3	80
<b>Итого региональных:</b>		<b>3</b>	<b>306</b>
<b>Всего пассажирских самолетов</b>		<b>8</b>	<b>500</b>

## 2. ГРУЗОВЫЕ САМОЛЕТЫ

Категория ВС по грузоподъемности	Тип ВС	2002 год	2002-2010 годы
<b>Магистральные</b>			
- большая (60-150 т)	ИТ-96Т		6
	Ан-124-100	1	8
- средняя (50- 60т)	Ан-70Т Ил-76ТФ	1	15
<b>Итого магистральных</b>		<b>2</b>	<b>41</b>
<b>Региональные</b>			
- большая (10-12 т)	Ан-74, Бе-200	2	8
- средняя (4-7 т)	Новые (Ил-114Т, Ан-140Т Ил-112В)	1	30
<b>Итого региональных:</b>		<b>3</b>	<b>38</b>
<b>Всего грузовых самолетов</b>		<b>5</b>	<b>79</b>

## 3. ВЕРТОЛЕТЫ

Категория ВС по грузоподъемности	Тип ВС	2002 год	2002-2010 годы
<b>Тяжелые и средние</b>			
20-25 т	Ми-26Т	1	7
4-7 т	Ми 8МТ	3	44
	Ка-32	1	6
	Ми-38, Ми-38М		43
2-2 5т	Ка-62		31
<b>Итого тяжелых и средних:</b>		<b>5</b>	<b>131</b>
<b>Легкие</b>			
1-1 3 т	Ка-226, Ансаг		ПО
0 4-0 6 т	Ка-115, Ми-34ВАЗ, Ми	4	103
<b>Итого легких:</b>		<b>4</b>	<b>213</b>
<b>Всего вертолетов</b>		<b>9</b>	<b>344</b>

\* Подпрограмма «Гражданская авиация» Федеральной целевой программы «Модернизация транспортной системы России».

При эксплуатации относительно перспективных в гражданской авиации России самолетов типа Ил-96, Ту-204, Ту-214, эксплуатанты сталкиваются с серьезными проблемами. Фактически не реализуется положение «Основ политики РФ в области авиационной деятельности» по созданию баз материально – технического обеспечения авиакомпаний запасными частями. Промышленность не проводит активно работу по формированию крупных серийных заказов запасных частей эксплуатантов, как это делается во всем мире. В результате самолеты длительное время простаивают в неисправном состоянии.

Отсутствие четкой системы обеспечения эксплуатантов запасными частями приводит к тому, что через многочисленные «конторы – посредники» в эксплуатацию поступают некондиционные агрегаты. Авиационные власти гражданской авиации предпринимают необходимые меры по пресечению допуска к эксплуатации «контрафактных» запчастей и «подпольных материалов».

В интересах обеспечения безопасной эксплуатации авиационной техники разработана специальная методика проверки документации, предусматривающая использование метода электронной экспертизы, формирование отраслевого банка данных запасных частей и обязательное взаимодействие с предприятиями промышленности и ремонтными заводами.

Безопасность эксплуатации авиационной техники во многом обеспечивается навыками летного состава. Навыки действия в особых ситуациях могут быть отработаны только на современных комплексных тренажерах.

Большая часть парка тренажеров разработана и изготовлена в 70...80-х годах. Они выработали ресурс, оснащены морально устаревшими системами

визуализации и вычислителями, имеют существенные отличия от кабин ВС более позднего выпуска.

Основопологающим условием перед началом эксплуатации ВС нового поколения должно быть обязательное наличие современных комплексных тренажеров для летного и инженерного состава авиакомпаний. К обеспечению безопасности полетов непосредственное отношение имеет внедрение перспективного бортового оборудования.

Сложившаяся практика эксплуатации ВС, недоработанных по стандартам ИКАО, уже не может считаться нормальной. Промышленностью не исследуется состояние дел по оснащению парка ВС новейшими средствами, позволяющими повысить безопасность полетов; не организуется опережающая разработка и производство новейших средств, соответствующих перспективным стандартам ИКАО. Например, нынешнее поколение ВС оборудовано дисплеями, дающими хорошее представление об обстановке в горизонтальной плоскости. Вместе с тем, известно, что ошибки в управлении ВС именно в вертикальной плоскости приводят к наиболее тяжелым последствиям.

Авиационное сообщество признает это и указывает на необходимость внедрения дисплея, отображающего местонахождение ВС по вертикали с учетом рельефа местности. Корпорация Boeing на основании предложений летного состава разработала в ноябре 2000г. конструкцию вертикального ситуационного дисплея (ВСД) и дисплея, позволяющего определять местонахождение ВС в трехмерном пространстве. Нет сомнений в том, что эти и другие разработки в недалеком времени станут стандартами ИКАО.

Учитывая наметившийся рост объемов авиаперевозок и авиационных работ, структуру и состояние эксплуатируемого парка ВС, требуются кардинальные решения в области обновления АТ, поддержания летной годности стареющего парка ВС и создания системы послепродажного обслуживания авиационной техники на современном мировом уровне. Данная задача может быть решена только совместными усилиями эксплуатантов, авиационной промышленности и авиационных властей. От этого зависит будущее отечественной авиации.

## **1.2. Характеристика деятельности авиапрома и перспективы его развития**

Что сделано авиапромом в последние годы? Проведены очередные этапы летных испытаний самолета Ту 334-100, по результатам которых были расширены ограничения по условиям эксплуатации. Авиарегистр МАК выдал карту данных к сертификату типа на этот самолет.

Проведены сертификационные испытания магистрального самолета Ту 204-300 с экипажем из трех человек, а также сертификационные испытания самолета Ту 204-120 (с двигателями фирмы Rolls Royce) по нормам европейского агентства по безопасности полетов (EASA). Продолжаются работы по доводке самолета Ил 96-300 до уровня международных стандартов, по разра-

ботке ТРДД ПС-90А2 с улучшенными экономическими и экологическими характеристиками.

Определен облик ТРДД SaM-146, разрабатываемого для регионального самолета RRJ (Супер Jet-100) совместно НПО «Сатурн» и фирмой SNECMA. Большие работы были выполнены по снижению шума и эмиссии, повышению точности навигации для авиалайнеров Ил 96-300, Ту-154М и Ту 334-100.

Выполнен определенный объем работ по совершенствованию новой авиационной техники, в частности самолетов Ил-114, Ил 96-400 и Бе-200, вертолетов Ми-38 и Ка-62.

Вместе с тем, нынешнее состояние авиационной промышленности характеризуется как весьма сложное состояние. Президентом РФ и Правительством РФ принят ряд основополагающих нормативных актов и государственных документов, определяющих стратегию развития авиационной промышленности и в целом авиационного транспортного комплекса. Однако, в течение последних лет не наблюдается существенных сдвигов в реализации «Основ политики Российской Федерации в области авиационной деятельности на период до 2010г.» и «Концепции развития гражданской авиационной деятельности в Российской Федерации» в части стабилизации производства отечественной авиационной техники.

В авиастроении продолжается отставание от мирового уровня. Так, в 2004г. в России было выпущено 12 магистральных и региональных самолетов, в то время как только два крупнейших мировых производителя магистральных самолетов (Airbus и Boeing) построили более 500 воздушных судов. При примерно равной численности работающих производительность труда в европейской авиапромышленности значительно выше, чем в российском авиастроении. Доля России в мировом авиастроении составляет всего 2...2,5%, что несоизмеримо с объемами основных мировых производителей (в США и Европе), а также меньше объема продаж авиационной техники таких государств, как Канада и Бразилия.

Говоря о сегодняшней ситуации с гражданской авиатехникой, следует отметить, что самолеты нового поколения (Ил 96-300, Ту-204/214, Ту-334), разработка которых начата еще в 80...90-х годах, в целом по техническому уровню и ценовым параметрам не уступают современным зарубежным аналогам. Однако, во многом из-за отсутствия грамотной маркетинговой политики, несовершенной системы ТОиР и послепродажной поддержки они недостаточно активно реализуются на внутреннем и внешнем рынках.

Вследствие отсутствия должного сопровождения эксплуатации отечественной авиационной техники нового поколения и приемлемых условий ее приобретения гражданская авиация России находится на грани перехода к массовой эксплуатации зарубежных воздушных судов для удовлетворения спроса населения. В то же время в «Основах политики РФ по развитию авиационной деятельности» четко указано о недопустимости критической зависимости отечественной авиационной деятельности от иностранных государств.

В феврале 2005г. в ведущем научном центре страны ЦАГИ им. проф. Н.Е.Жуковского под председательством Президента РФ прошел президиум Государственного совета РФ, рассмотревший вопрос о состоянии и перспективах развития авиационно-промышленного комплекса.

В заседании президиума Госсовета участвовали главы администраций ряда российских регионов, в том числе тех, на территории которых располагаются наиболее крупные предприятия авиационной промышленности, руководители ряда министерств и ведомств, крупнейших предприятий и научно-исследовательских институтов российского авиапрома.

В качестве ориентиров поставлена задача достичь показателя 10% мирового рынка в авиастроении к 2015г. В этот же срок объем продаж магистральных и региональных самолетов должен составить \$ 5,9 млрд. Уже начиная с 2007...2008гг. следует ориентироваться на ежегодное производство 40...50 магистральных и региональных самолетов.

Для решения этой задачи требуется реформирование отечественного авиапрома в соответствии с разработанной «Стратегией развития авиационной промышленности на период до 2015г.» Реформирование авиапрома в рамках «Стратегии» будет включать создание ряда структур, в частности – Объединенной авиастроительной корпорации (ОАК), интегрирующей производственные мощности, самолетостроительные подотрасли авиационной промышленности.

В общих чертах Объединенная корпорация будет представлять собой трехуровневую структуру, первый уровень которой будет составлять головная структура, ответственная за управление акционерным капиталом, формирование позиции на фондовом рынке (включая вывод на рынок акций компании), инвестиционное и продуктивное планирование, выбор важнейших проектов, лоббирование интересов холдинга на внутреннем и мировом рынках.

Второй уровень будут составлять дивизионы, определяющие основные направления бизнеса. Предположительно, это субхолдинги с условными названиями «Боевая авиация», «Гражданская авиация», «Транспортная авиация». В этих субхолдингах будут концентрироваться центры по соответствующим направлениям, владеющие необходимыми технологиями, опытно – конструкторской базой и заводами, осуществляющими финальную сборку и испытания самолетов.

Третий уровень будет представлен специализированными заводами, производящими отдельные конструкции и агрегаты. Главная цель на ближайшие годы – обеспечить уровень продаж, необходимый для вхождения в пятерку ведущих игроков в мировом авиастроении. Это означает не только рост объемов продаж минимум до \$ 6 млрд, а в долгосрочной перспективе – до \$ 8 млрд.

Организация процесса создания ОАК возложена на управляющую структуру, которая должна завершить в 2006г. комплекс работ по подготовке функционирования Объединенной авиастроительной корпорации.

На Госсовете по обсуждаемому вопросу выступили руководители ведущих предприятий – разработчиков и изготовителей авиационной техники.

Подводя итоги заседания президиума Госсовета, президент РФ подчеркнул значительную роль государства в реформировании авиастроительной отрасли. Отмечено, что прошли те времена, когда в эксплуатацию внедрялось практически все, что предлагала промышленность. В современных рыночных условиях речь может идти только о конкурентоспособных изделиях. Государство должно больше внимания уделять вопросам лизинга, в том числе наращиванию финансовых ресурсов для этих целей.

Концентрация ресурсов на перспективных направлениях позволит уже в ближайшее время получить ощутимый результат. Правительству поручено подготовить необходимые документы по реализации «Стратегии развития авиационной промышленности на период до 2015г.».

После состоявшегося в феврале 2005г. заседания президиума Госсовета, где обсуждались вопросы развития отечественной авиационной промышленности и создания ОАК, проведено несколько важных мероприятий.

В Торгово-промышленной палате (ТПП) состоялся «круглый стол» с участием руководителей ряда министерств ведомств, предприятий авиационной промышленности, представителей Совета Федерации и Государственной думы. Основной вопрос касался создания ОАК и ее роли в развитии отрасли. «Круглый стол» был организован при активном участии Международного союза авиапромышленности, Экспертного совета по вопросам авиационно-космического комплекса Государственной думы и Комитета ТПП РФ по развитию авиационно-космического комплекса.

Принято решение о том, что после оценки активов всех предприятий авиапрома будет предложен конкретный механизм их слияния в рамках ОАК.

В Государственную думу внесен законопроект, предусматривающий изменения в законодательстве РФ, регулирующие правовые вопросы в сфере авиационной промышленности и воздушного транспорта. Эти изменения, в частности, касаются консолидации ресурсов: финансовых, технологических, интеллектуальных, что является необходимым фактором роста производства, создания конкурентоспособной техники и современной системы ее продаж.

Предполагается, что ОАК будет иметь внутри себя мощные научные центры, обеспечивающие научное сопровождение по созданию конкурентоспособной авиатехники, а также учебные центры по подготовке кадров.

Комитет ТПП отметил, что цикл разработки авиатехники, в частности региональных самолетов, и запуск их в производство должны быть существенно сокращены, иначе этот сегмент рынка будет вытеснен зарубежными производителями. Процесс реформирования пока ограничивается в основном самолетостроительными предприятиями. В случае успеха можно будет перейти к созданию подобных интеграционных структур в вертолетостроении, двигателестроении, авионике и т.д.

Необходимость реформирования отрасли находит понимание и поддержку в обществе. Остается рассчитывать, что принятые на самом высоком уровне решения не «завязнут и бюрократическом болоте».

В июле 2006 г. состоялся Координационный совет Международного союза авиапромышленности (МСА), на котором также рассматривались вопросы

об основных этапах создания ОАК. Сложности в реформировании вызваны не только большим количеством предприятий, работающих в отрасли, но и их различием по форме и объему собственности.

Для упрощения организационных действий в ходе создания Корпорации была сформирована Правительственная комиссия. Комиссией разработан план мероприятий и детальный график всех этапов предстоящей работы.

## ГЛАВА 2

### ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

#### 2.1. Основные этапы создания

Гражданская авиация в нашей стране начала свою деятельность в 1923 году. 09 февраля 2003 г. отмечался ее 80-и летний юбилей. За этот период произошли существенные изменения во всех сферах деятельности авиационной промышленности и гражданской авиации. Техническая эксплуатация ВС, как одна из важнейших сфер деятельности ГА, также прошла большой путь развития и совершенствования. Под влиянием научно-технического прогресса она коренным образом преобразилась. Если в начале зарождения ГА техническая эксплуатация была уделом профессионального мастерства механиков-одиночек, то на начало третьего тысячелетия она превратилась в симбиоз науки, мастерства и менеджмента. И в настоящее время мы уже по-другому смотрим на ее содержание, даем ей другое определение.

Техническую эксплуатацию мы определяем как область научной и практической деятельности, направленной на поддержание летной годности ВС, обеспечение их потребной исправности и готовности к полетам.

Техническая эксплуатация вносит свой вклад в решение двух главных проблем ГА: обеспечение безопасности полетов ВС и обеспечение эффективности их использования. Это ее основное назначение.

В своем развитии техническая эксплуатация (ТЭ), как сфера деятельности, прошла несколько этапов (рис.2.1).

В первые два десятилетия деятельности ГА структура эксплуатационно-технической службы-предшественницы современной инженерно-авиационной службы (ИАС), была весьма простой, как и сама эксплуатируемая АТ. Каждый самолет обслуживался закрепленным за ним старшим или младшим мотористом. Существовала система «закрепленного обслуживания». Комплектование инженерных должностей производилось из числа механиков-практиков. По мере поступления в эксплуатацию новых более совершенных типов самолетов, совершенствуются и методы их технической эксплуатации.

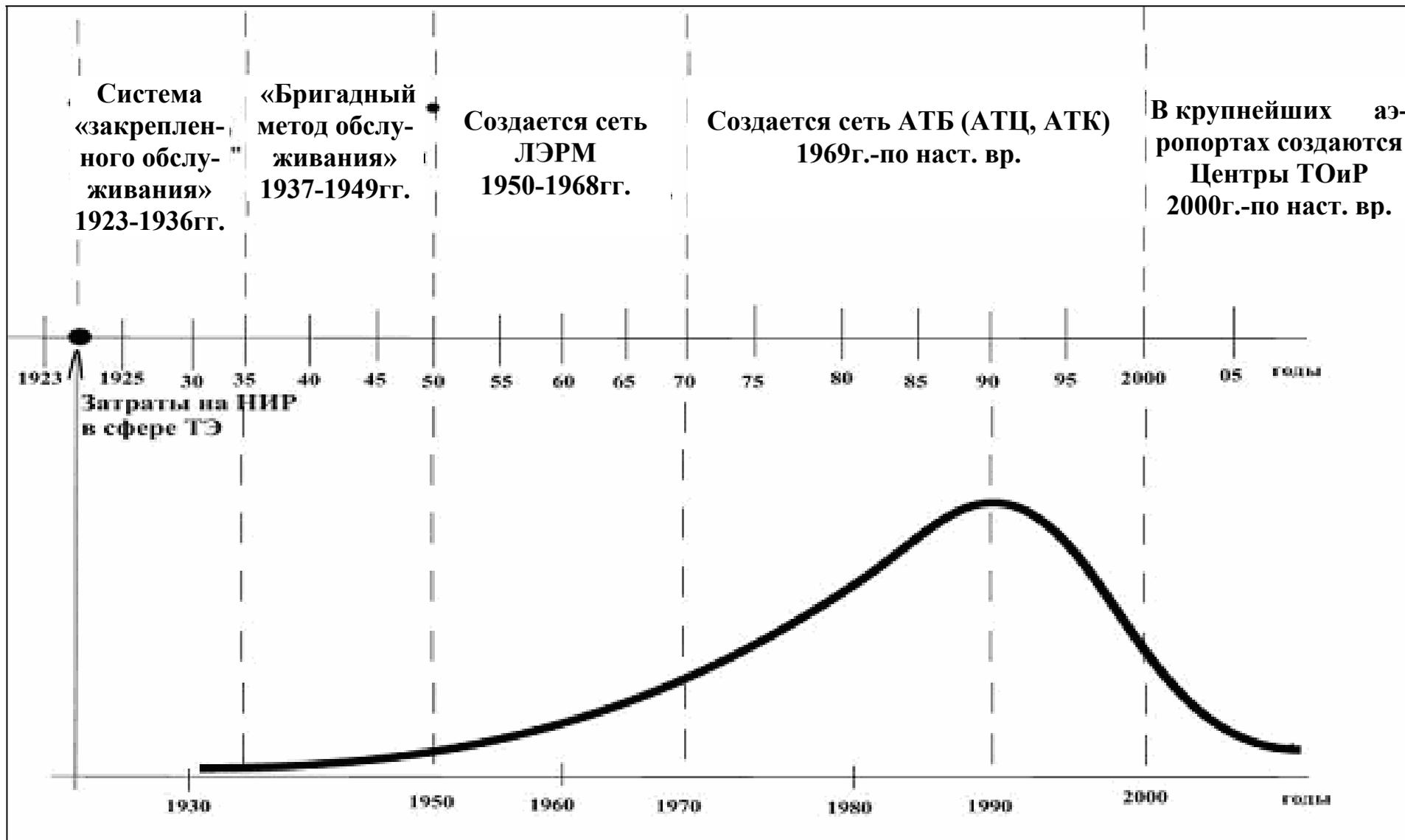
С 1930г. в Ленинградском, а с 1933г. в Киевском институтах ГВФ началась подготовка инженерных кадров. Для проведения испытаний АТ, организации и проведения НИР в 1930г. создается НИИ ГВФ (ГосНИИГА).

К 1935...36г.г. объем пассажирских перевозок возрос настолько, что возникла необходимость перехода эксплуатационных предприятий на 2...3-х сменную работу. Система «закрепленного обслуживания» перестала отвечать требованиям новых задач, стоящих перед ГА. В этот период вводится новая система технического обслуживания самолетов, при которой технический состав не закрепляется за самолетом, а сводится в технические бригады, которые обслуживают в течение смены все самолеты. Такая система технического обслуживания явилась значительным шагом вперед, т.к. она позволяла использовать самолеты в течение суток, а также давала возможность более рационально использовать технический состав.

В послевоенный период авиационная промышленность стала поставлять более совершенные пассажирские самолеты. Перед ИАС ГА были поставлены задачи по дальнейшему совершенствованию методов технического обслуживания, основанных на более узкой специализации инженерно-технического состава, более широкой механизации процессов обслуживания, более прогрессивной организации труда. Решение этих вопросов было связано с внедрением новых форм организации технического обслуживания – сети линейных эксплуатационно-ремонтных мастерских (ЛЭРМ).

В 50-е годы формируется сеть ЛЭРМ. Их преимущества еще более проявились, когда в ГА стала массовой эксплуатация самолетов с ГТД (Ту-104, Ил-18, Ан-10 и др.) В данный период силами научно-исследовательских организаций, учебных заведений и эксплуатационных предприятий формируются научные организационно-методические основы ТОиР новых для ГА типов самолетов. К 1963г. ЛЭРМы были организованы в 63-х аэропортах ГА.

В 60-е годы в связи с возрастающими объемами работ по техническому обслуживанию АТ многие ЛЭРМы в крупных аэропортах по объемам работ, штатной численности ИТП, организации труда уже переросли организационных формы линейных мастерских. В 1966...67гг. ГосНИИГА готовит научное обоснование по реорганизации ЛЭРМ в авиационно-технические базы (АТБ) 5-ти групп в зависимости от класса авиапредприятия. В этот период проводятся крупные исследования по разработке и внедрению новых режимов (программ) ТОиР самолетов с увеличенной в несколько раз периодичностью выполнения форм ТО.



**Рис. 2.1. Развитие организационных форм ТЭ ВС**

Проводятся исследования и внедряются в практику эксплуатации новые, существенно увеличенные ресурсы и сроки службы (до ремонта и межремонтные) самолетов и двигателей. Это был революционный период в развитии технической эксплуатации.

Так, в 1962г. были разработаны и утверждены новые, более прогрессивные регламенты технического обслуживания самолетов Ту-104, Ил-18 и Ан-10 с сокращенными объемами работ и увеличенной периодичностью их выполнения. Впервые введены периодические формы обслуживания, выполняемые через 500 и 1000 часов налета. Этим был сделан существенный, качественно новый шаг вперед. На периодических формах обслуживания простой самолетов в расчете на один час налета сократились на 46, а трудоемкость – на 13 процентов.

Аналогичные работы выполнялись и на самолетах с поршневыми двигателями Ил-14, Ли-2, Ан-2, Як-12.

Решением указанных задач занимались большие группы специалистов ГосНИИ, линейных эксплуатационно-ремонтных мастерских аэропортов Внуково, Шереметьево, Борисполя, Ленинграда, Ростова-на-Дону, Свердловска, а также ОКБ и заводов авиационной промышленности.

Программой исследования предусматривалось:

- во-первых, разработка предложений по изменению объемов регламентных работ и периодичности их выполнения на основе анализа статистических данных об отказах и повреждениях оборудования и функциональных систем самолетов;
- во-вторых, экспериментальная эксплуатационная проверка этих предложений. Проверка проводилась на группах самолетов, при этом в каждой из них было по семь самолетов одного типа.

В результате совместных усилий был обобщен опыт технического обслуживания самолетов в ряде подразделений, расположенных в различных районах страны. На основе полученных материалов выявлена действительная потребность самолетов каждого типа в профилактических работах и текущем ремонте с учетом их конструктивных особенностей и установлена соответствующая периодичность выполнения этих работ (табл.2.1).

Таблица 2.1

### Характеристика режимов ТО самолетов

Тип самолета	Виды технического обслуживания			через каждые 100 и 300 часов налета
	Предполетное	При кратковременной стоянке	Послеполетное	
Ил-18 Ту-104 Ан-10	Предполетное	При кратковременной стоянке	Послеполетное	через каждые 100, 500, и 1000 часов налета
Ил-14				через каждые 100, 800, и 1600 часов налета
Ли-2				через каждые 100, 300 и 900 часов налета
Ан-2				через каждые 100 и 300 часов налета

В 70-е годы в отрасли формируется сеть АТБ, закладываются основы новых научных направлений в области ТЭ ВС:

- по исследованию эксплуатационной технологичности ВС и оптимизации процессов их технической эксплуатации;
- по управлению процессами технической эксплуатации ВС и формированию программ их ТОиР;
- по технической диагностике и неразрушающему контролю технического состояния АТ;
- по информационному обеспечению поддержания летной годности ВС.

В эти годы учеными ГосНИИГА, МИИГА, КИИГА, РКНИИГА положено начало работам по созданию основ теории ТОиР АТ по состоянию. Особенностью проводимых в этот период исследований является сочетание достаточно высокой степени формализации решаемых задач с четкой практической направленностью результатов исследований.

В 80-е годы ученые, работающие в сфере технической эксплуатации, инициируют и решают ряд важных для науки и практики задач. В частности, были продолжены исследования по анализу и синтезу эксплуатационной технологичности ВС; управлению эффективностью ПТЭ ВС и оптимизации программ их ТОиР, по разработке и внедрению методов ТОиР АТ по состоянию; по развитию диагностической базы эксплуатационных предприятий.

По результатам выполненных исследований подготовлен ряд монографий, учебников, учебных пособий, по которым обучаются студенты и аспиранты, и которые используются в практической работе предприятий. Прикладные результаты исследований нашли отражение в многочисленных государственных, межотраслевых и отраслевых нормативно-технических и нормативно-методических документах. К сожалению, многие из этих документов не могут работать в новых хозяйственных условиях (после распада СССР).

## **2.2. Основные факторы, сдерживающие развитие ТЭ ВС**

В 90-е годы объемы научных исследований, проводимых по актуальным проблемам технической эксплуатации, из-за недостаточного финансирования заметно снижаются. Без ощутимой научной поддержки техническая эксплуатация как важнейшая сфера деятельности ГА, в последние годы замедляет ход своего развития. И это происходит в тот период, когда требуется, применительно к новым условиям хозяйствования, принципиально изменять и обновлять нормативно-правовую и нормативно-техническую базу всей системы технической эксплуатации и поддержания летной годности ВС.

Понимая это, руководители отрасли, ученые и специалисты ищут выход из создавшегося положения; разрабатываются планы мероприятий; принимаются постановления государственных полномочных органов, издаются приказы, однако положение дел практически не меняется; показатели эффективности ТЭ ВС не улучшаются. Причин тому достаточно много. Но основ-

ными сдерживающими факторами дальнейшего развития технической эксплуатации ВС, являются следующие (рис.2.2).

Система технической эксплуатации ВС, сформированная в свое время для условий социалистического хозяйства, к сожалению, действует и в настоящее время. Она имеет затратную основу и по своей сути не отвечает современным требованиям международной практики. Роль разработчика ВС в формировании системы ТЭ ничтожно мала. Принцип, по которому работала и работает наша промышленность: - «Разработчик делает ногу (самолет), а обувь (систему ТЭ) разрабатывает Заказчик», является ошибочным.

В ГА действует устаревшая система нормативно – технической документации (НТД). Обновление НТД в свете требований Воздушного Кодекса РФ и требований ИКАО из-за недостаточной организации и финансирования работ проходит медленно.

Инфраструктура системы ТОиР ВС у большинства авиакомпаний и организаций по ТОиР слабая. Вместе с тем формы кооперации, объединение усилий в создании мощных Центров ТОиР по типам ВС для выполнения трудоемких форм и сложных работ по ТОиР не получают должного развития. Эксплуатанты по-настоящему еще не стремятся к снижению трудоемкости и стоимости ТОиР; у многих из них отсутствуют стимулы и возможности для внедрения прогрессивных технологий.

Эксплуатируемый парк стареющих ВС имеет по сравнению с зарубежными аналогами низкий уровень эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ). Это требует усиленного внимания и увеличения затрат при технической эксплуатации ВС. Модернизация ВС с целью повышения их ЭТХ и технико-экономических параметров не практикуется.

Программы ТОиР и типовая документация по технической эксплуатации, поставляемые промышленностью вместе с ВС по форме и содержанию не отвечают современным требованиям; они не идут ни в какое сравнение с аналогичными документами, поставляемыми вместе с ВС зарубежными фирмами.

Техническая поддержка Эксплуатантов и Организаций по ТОиР в сфере технической эксплуатации со стороны Разработчика и Изготовителя недостаточна. Действующая система взаимоотношений Эксплуатантов с производителями авиационной технике не отвечает условиям рыночных отношений и международной практике.

К числу факторов, сдерживающих развитие технической эксплуатации ВС, относятся и такие как:

- ложившаяся в последние годы практика индивидуального продления ресурсов и сроков службы ВС и АД. Эта практика как с точки зрения научно-технической, так и экономической не обоснованна, требует больших затрат времени, труда и средств и является обременительной для эксплуатантов;
- существующая техническая политика в отношении разработки и корректировки регламентов технического обслуживания ВС не совершенна. Система научно-технической поддержки данной проблемы со сто-

роны НЦ по поддержанию ЛГ ВС Гос НИИ ГА в полной мере еще не налажена.

## ГЛАВА 3

# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЗАДАЧИ РЕФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РОЛЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАУКИ

### 3.1. Содержание задач реформирования

Что же предстоит сделать для совершенствования технической эксплуатации? Каковы важнейшие направления и перспективные задачи ее реформирования?

Бесспорно, эти вопросы весьма сложные и дать однозначные ответы на них не очень просто. Но это необходимо сделать, ибо не поставив перспективных задач, нельзя сделать и полшага вперед.

Итак, на наш взгляд, прежде всего надо определиться, как «строить мост» в новых условиях работы авиапромышленности и эксплуатантов: продолжать работать по старой «накатанной» схеме или переходить на современные модели и технологии, предусматривающие повышение роли и ответственности производителя за поддержание летной годности и эффективность эксплуатации ВС на всех этапах жизненного цикла.

На наш взгляд в дальнейшей работе над данной проблемой и производителям АТ, и эксплуатантам надо ориентироваться на современные западные технологии и модели взаимоотношений, как наиболее полно удовлетворяющие интересам эксплуатантов и производителей АТ при работе в условиях рынка.

При таком подходе все проблемы, связанные с коренным совершенствованием системы технической эксплуатации и поддержания летной годности, будут решаться несравненно проще. Производитель при продаже ВС выдает программу ТО и Р и соответствующие требования к условиям проведения ТО и Р (база, средства, персонал и др.). В течение всего периода эксплуатации ВС производитель обеспечивает техническую и технологическую поддержку эксплуатантов, занимается совершенствованием ЭТХ, программы ТО и Р и всей типовой документации. Важно, чтобы все это делалось под эгидой генеральных конструкторов, которые несут ответственность за то, что характеристики безопасности полетов и экономичности эксплуатации соответствуют заявленным.

Естественно, за такое авторское сопровождение и техническую поддержку надо платить. Но, как говорится, игра стоит свеч, поскольку при этом отпадает ряд организаций, которым и сейчас приходится платить за всякого рода посредничество, как правило, ненужное. Эксплуатант должен иметь дело только с производителем ВС и иногда с полномочным органом по летной

годности. Выигрыш будет в том, что в условиях рыночной конкуренции каждый генеральный конструктор будет бороться за внедрение новых технологий технической эксплуатации, сокращение затрат на ТО и Р и поддержание летной годности ВС при обеспечении безусловного приоритета вопросам безопасности полетов и эффективности использования ВС.

Для реализации современных моделей и технологий требуется решение следующих первоочередных задач (табл. 3.1).

Таблица 3.1

## **Важнейшие задачи развития ТЭ ВС**

### **I. Направления развития:**

1. Ориентация на западные технологии и модели взаимоотношений эксплуатанта и производителя ВС при покупке и в течение всего периода эксплуатации
2. Гармонизация национальных норм и правил в сфере ТЭ и ЛГ ВС со стандартами и рекомендациями ИКАО, FAA и JAA (EASA)

<p>1. Переработка, применительно к новым моделям взаимоотношений, действующих НТД, регламентирующих проектирование, производство, испытания и ТЭ ВС с возложением на производителя функций:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- допродажного и послепродажного обслуживания;</li> <li>- полномасштабной технической поддержки эксплуатанта в сфере ТЭ и ЛГ ВС;</li> <li>- обобщения опыта эксплуатации и разработки рекомендаций для эксплуатантов;</li> <li>- улучшения ЭТХ, совершенствования программ ТО и Р и типовой документации по ТЭ и поддержанию ЛГ ВС.</li> </ul> <p>2. Изменение процедур и правил формирования систем ТЭ и поддержания ЛГ ВС, предусматривающих необходимость</p>	<p>формирования системы ТЭ одновременно с проектированием ВС.</p> <p>3. Создание эффективных систем ТЭ и поддержания ЛГ ВС, наиболее полно отвечающих требованиям рыночных отношений и предусматривающих:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- улучшение ЭТХ ВС;</li> <li>- совершенствование содержания программ ТО и Р и типовой документации;</li> <li>- расширение объемов ТО и Р по состоянию;</li> <li>- изменение порядка разработки и корректировки регламентов ТО и порядка увеличения ресурсов и сроков службы ВС, АД и КИ;</li> <li>- создание хорошо оснащенных Центров ТО и Р ВС</li> </ul>
---	--

## II. Задачи развития

1. Переработать действующие межведомственные НТД, регламентирующие проектирование, производство, испытания и техническую эксплуатацию ВС, возложив на производителя АТ выполнение функций по:

- обеспечению допродажного и послепродажного обслуживания эксплуатантов;
- обеспечению полномасштабной технической и технологической поддержки эксплуатантов в сфере технической эксплуатации и поддержания летной годности ВС в течение всего срока эксплуатации;
- обобщению опыта технической эксплуатации;
- совершенствованию ЭТХ, программы ТО и Р и типовой документации с разработкой рекомендаций для эксплуатантов.

2. Кардинально изменить подход и правила формирования системы технической эксплуатации и поддержания летной годности ВС. Формирование системы должно начинаться одновременно с проектированием ВС и заканчиваться к началу его регулярной эксплуатации.

3. Система технической эксплуатации ВС должна наиболее полно отвечать требованиям рыночных отношений и предусматривать:

- улучшение ЭТХ создаваемых типов ВС;
- расширение объемов ТО и Р по состоянию;
- изменение правил разработки и корректировки программ ТО и Р и типовой документации по технической эксплуатации ВС;
- изменение действующего порядка поэтапного продления ресурсов и сроков службы ВС и АД в процессе эксплуатации;
- создание оснащенных Центров ТО и Р для выполнения трудоемких форм ТО и Р и сложных видов работ на АТ.

Эти задачи относятся к классу перспективных. Здесь нельзя ждать быстрых результатов.

Часть из поставленных задач нашла отражение в «Системе поддержания летной годности гражданской авиатехники РФ», разработанной в 1999 году по инициативе УПЛГ ВС ФАС специалистами ФАС, МГТУ ГА, ГосНИИ ГА. Система рассмотрена и одобрена коллегией ФАС в марте 1999 года. Это необходимое, но еще недостаточное условие для достижения цели. Впереди большая напряженная работа, для которой необходимы большие силы и материальные средства, необходим опыт старших и энергия молодых ученых и специалистов.

### 3.2. Роль эксплуатационной науки

Большая роль в решении задач дальнейшего развития технической эксплуатации ВС принадлежит эксплуатационной науке. Эксплуатационная наука относится к классу прикладных теоретических наук, среди которых ведущую роль играет наука о машиноведении и теория машин.

В отличие от практической эксплуатации, работающей в границах дозволенного и изученного, где все регламентировано различными нормативными и руководящими документами, эксплуатационная наука решает задачи за границами дозволенного, за границами летной годности ВС (рис. 3.1).



Рис. 3.1 Зоны действия практической эксплуатации и эксплуатационной науки

К таким задачам эксплуатационной науки относятся:

- расширение границ ожидаемых условий эксплуатации ВС;
- расширение норм на эксплуатационные повреждения компонентов ВС и двигателей;
- разработка новых концепций и систем ТО и Р;
- разработка принципиально новых технологических процессов ТО и Р;
- разработка современных методов формирования и корректировки программ ТО и Р ВС на всех этапах жизненного цикла;
- установление оптимальных технически и экономически обоснованных ресурсов и сроков службы ВС до списания;
- разработка новых нормативно-технических и методических документов по важнейшим направлениям деятельности в сфере технической эксплуатации ВС.

Нетрудно понять, что повышение эффективности технической эксплуатации авиационной техники напрямую связано с решением всех этих задач, а, следовательно, с расширением границ изученного и дозволенного в сфере практической эксплуатации авиационной техники.

Вот почему в последние годы все острее и настойчивее ставятся задачи о разработке теоретических и научных основ технической эксплуатации, технического обслуживания и ремонта всех видов авиационной техники.

Необходимо ликвидировать образовавшийся разрыв между современной наукой о проектировании и производстве ВС и наукой об их техническом обслуживании и ремонте в процессе длительных периодов их эксплуатации. Эти направления научных исследований должны развиваться в неразрывной связи друг с другом, т.к. конечная цель у них одна - сделать наши ВС конкурентоспособными в отношении показателей эффективности их технической эксплуатации.

При решении задач эксплуатационной науки, используются: современный аппарат математической статистики, теории вероятностей, теории массового обслуживания, теории графов, теории случайных процессов, теории восстановления и других.

В процессе научного познания при решении задач технической эксплуатации используются различные методы, включая и частные приемы, обычно именуемые методиками.

Рассматривая всю совокупность методов, их можно ранжировать. К общим методам относятся эмпирические и теоретические. Эмпирические методы основываются на наблюдениях и экспериментах, а теоретические - на методах дедуктивных наук. Теоретические методы обычно завершают эмпирические, они тесно связаны между собой. Любое исследование начинается эмпирическими методами и только после накопления определенного количества фактических данных целесообразно применять теоретические методы.

Современное состояние науки о технической эксплуатации ВС таково, что применяемые до сих пор эмпирические методы позволили накопить большой материал, который нуждается в обработке дедуктивными методами, чтобы сформировать теорию технической эксплуатации ЛА, отвечающую современным условиям и требованиям.

С использованием современной теории технической эксплуатации станет, в частности, возможным проводить анализ процессов технической эксплуатации различных видов и классов ВС, выбирать для них оптимальные стратегии ТО и Р, создавать недостающие ныне (и так необходимые для работы) межведомственные нормативно-технические и методические документы.

Применение этих документов на практике позволит ликвидировать тот большой пробел, который существует в научно-методическом обеспечении разработок по технической эксплуатации, подлежащих обязательному выполнению именно на этапах проектирования и постройки ВС. Недоработка на этих этапах оказывается уже невозможной на этапах эксплуатации.

Нельзя не признать, что, несмотря на наличие огромного фактического материала, большого числа выполненных научных исследований, стройной современной теории технической эксплуатации ВС пока не создано. Попытки объединить усилия специалистов для выполнения комплекса научных исследований крупных проблем технической эксплуатации наталкивались на различные барьеры и не давали ожидаемых результатов. Недостаточен пока объем выполняемых работ по стандартизации в области эксплуатации авиационной техники.

При формировании содержания и объемов ТО и Р современного ВС должны учитываться те новые принципы конструирования авиационной техники, которые успешно реализуются в последние годы в целях повышения безопасности и регулярности полетов, упрощения и удешевления ТО и Р. К таким принципам можно отнести:

- обеспечение безопасной повреждаемости конструкций;
- обеспечение высоких значений показателей долговечности и живучести;
- применение встроенных и бортовых автоматизированных систем диагностирования функциональных систем и изделий;
- обеспечение высокой степени резервирования изделий и функциональных систем;
- обеспечение требуемого уровня живучести, эксплуатационной технологичности и контролепригодности создаваемых конструкций.

Содержание и объемы ТО и Р современного ВС необходимо определять не тогда, когда он уже окончательно изготовлен, и не по прототипу, как это зачастую делается. Данная задача должна решаться конструкторами еще на этапах проектирования и начала постройки ВС одновременно с решением задач обеспечения его конструктивно-эксплуатационных свойств. Именно на данных этапах должна формироваться программа ТО и Р на длительный период эксплуатации ВС, которая затем служит основой при разработке эксплуатационно-технической документации. Задача разработки программ ТО и Р является сравнительно новой для нашей промышленности и сложной для реализации из-за отсутствия опыта. Однако, эта задача порождена потребностями эксплуатации. Успех ее решения во многом зависит от того, как скоро будет разработано методическое обеспечение по формированию такого рода программ и созданы необходимые информационные ресурсы.

В конечном итоге вопрос ставится так, чтобы одновременно с новым типом ВС заказчику (эксплуатанту) передавалась программа ТО и Р на длительный период эксплуатации. В соответствии с данной программой заказчик обязан осуществлять своевременную подготовку потребной производственно-технической базы для эффективной технической эксплуатации ВС.

Обеспечение потребного уровня конструктивно-эксплуатационных свойств ВС, наличие к началу их эксплуатации прогрессивных программ ТО и Р и соответствующей им эксплуатационно-технической документации позволяет реализовать на практике принципиально новую технологию обслуживания и ремонта, основанную на стратегии «по состоянию».

Данная стратегия, как показали результаты моделирования процесса эксплуатации ряда типов ВС, является оптимальной. С ее внедрением обеспечивается существенное улучшение всех параметров использования ВС при одновременном снижении затрат на ТО и Р.

В силу того большого влияния, которое оказывает стратегия ТО и Р по состоянию на параметры эффективности эксплуатации ВС, она занимает особое место в планах и программах исследования в рассматриваемой области и ей с каждым годом уделяется все большее внимание со стороны организаций и предприятий гражданской авиации и промышленности.

Весь комплекс исследований по разработке и внедрению стратегий ТО и Р по состоянию условно разделен на три группы:

1. Разработка теоретических основ стратегии и руководящей технической документации;
2. Всесторонние исследования конкретных систем, агрегатов и изделий;
3. Экспериментальная проверка стратегии для отдельных агрегатов, функциональных систем ВС и их внедрение.

Внедрение новых стратегий позволяет ввести в практику гибкие программы ТО и Р, для большинства агрегатов и комплектующих изделий упразднить межремонтные ресурсы, для ряда типов ВС отказаться от проведения весьма трудоемких капитальных ремонтов. В результате можно получить без ущерба для безопасности и регулярности полетов существенное (до 30%) сокращение расходов на ТО и Р, повысить показатели технического использования и исправности ВС.

Следует однако отметить, что широкое применение на практике новых стратегий ТО и Р возможно лишь при условии совершенствования конструкций ВС и их изделий и в первую очередь, в отношении обеспечения их живучести, эксплуатационной технологичности и контролепригодности. Это обстоятельство должно учитываться при решении всех задач, связанных с обоснованием технических требований, разработкой методов нормирования и оценки уровня живучести, эксплуатационной технологичности и контролепригодности.

С улучшением этих свойств конструкций ВС, двигателей и агрегатов объемы разработки и внедрения методов их обслуживания и ремонта по состоянию будут заметно увеличиваться.

Научно-технический прогресс в области технической эксплуатации ВС предлагает также радикальные изменения в развитии производственной и материально-технической базы эксплуатационных и ремонтных предприятий, форм организации и управления процессами ТО и Р.

Производственная база предприятий гражданской авиации, занятых ТО и Р авиационной техники, и ее материально-техническое оснащение не соответствуют техническому уровню эксплуатируемых ВС. Это снижает эффективность их использования. Для изменения существующего положения требуется строительство новых и реконструкция действующих ангаров, широкое внедрение в практику ТО и Р современных средств технической диагностики

и неразрушающего контроля, средств механизации и автоматизации производственных процессов. Данные задачи должны решаться с учетом проводимой работы по специализации и кооперированию производства, интеграции имеющейся производственной базы АТБ и ремонтных заводов.

В гражданской авиации принята концепция новой системы организации ТО и Р магистральных самолетов, которая предусматривает:

1. Отказ от капитальных ремонтов этих самолетов и упразднение применительно к ним понятий «ресурс до первого ремонта», «межремонтный ресурс»;
2. Проведение необходимых контрольно-восстановительных работ на планере «по состоянию» на протяжении всего периода эксплуатации самолета с совмещением таких работ с периодическими формами ТО;
3. Разработку единого технологического процесса ТО и Р;
4. Интеграцию информационной и производственной базы, трудовых и материальных ресурсов эксплуатации и ремонта, организации и управления производством.

Реализация данной концепции требует создания предприятий нового типа – Центров (объединений) по эксплуатации и ремонту. Создание таких Центров позволит наиболее полно использовать имеющуюся ангарную базу, производственные площади и оборудование, сократить простои ВС на ТО и Р, снизить затраты на приобретение средств контроля и диагностики и на материально-техническое обеспечение.

На повестке дня стоит задача разработки концепции новой системы организации технического обслуживания и ремонта ВС общего назначения. В силу специфических условий эксплуатации ВС данного класса, система их ТО и Р будет иметь заметные отличия. Характерными ее чертами станут специализация и кооперирование производства, применение поточных методов ремонта ВС с круглосуточным циклом работы, использование современных технологических процессов, интеграция производственной базы АТБ и заводов ГА.

Новые концепции технической эксплуатации ВС требуют решения задачи дальнейшего перспективного развития организационно-технологических структур АТБ и заводов. Должны быть выделены и обозначены промежуточные этапы развития структур и определен их облик на дальнюю перспективу. В перспективных структурах предприятий, занятых технической эксплуатацией ВС, должны быть отчетливо выделены контуры блока управления надежностью и техническим состоянием авиационной техники. Этот блок будет занимать главенствующее место в основном технологическом процессе ТО и Р ВС. Его подразделения будут производить всестороннюю проверку летной годности ВС, давать оценку технического состояния и надежности функциональных систем и формировать задания для подразделений производственного блока на выполнение необходимых предупредительных и восстановительных работ.

Особенно остро стоит вопрос совершенствования информационного обеспечения процессов управления эффективностью технической эксплуата-

ции и техническим состоянием ВС. Уже в настоящее время производственно-диспетчерские отделы предприятий своевременно не всегда своевременно справляются с переработкой все возрастающих информационных потоков. С внедрением же обслуживания и ремонта «по состоянию» потоки информации еще более возрастают. Повышаются требования к оперативности ее обработки и анализа с целью обеспечения своевременного принятия решений. Потоки информации о техническом состоянии систем и изделий авиационной техники, о ее надежности и исправности, трудоемкости и стоимости технического обслуживания требуют соответствующего упорядочения по уровням организационной структуры предприятия (бригада, смена, цех, предприятие). При этом для каждого из этих уровней надо определить, с использованием какой информации и какие конкретные вопросы анализа и оценки технического состояния тех или иных систем и изделий ВС решаются с целью определения их пригодности к дальнейшей эксплуатации.

Предполагается, что для хранения, обработки и анализа этой обширной информации в авиапредприятиях все в больших масштабах будут использоваться ЭВМ, а так же другие технические средства регистрации, обработки и поиска информации. Это позволит создать в недалеком будущем современные автоматизированные информационно-управляющие системы с единой базой данных и программным обеспечением. Создание таких систем, бесспорно, является одним из важных условий применения методов ТО и Р «по состоянию». Однако не следует полагать, что информационно-управляющие системы решат все проблемы совершенствования процесса технической эксплуатации ВС.

Главными звеньями,двигающими дело ускорения научно-технического прогресса, остаются заказчик и предприятие промышленности, выпускающее продукцию, их общая заинтересованность в повышении качества и эффективности использования ВС.

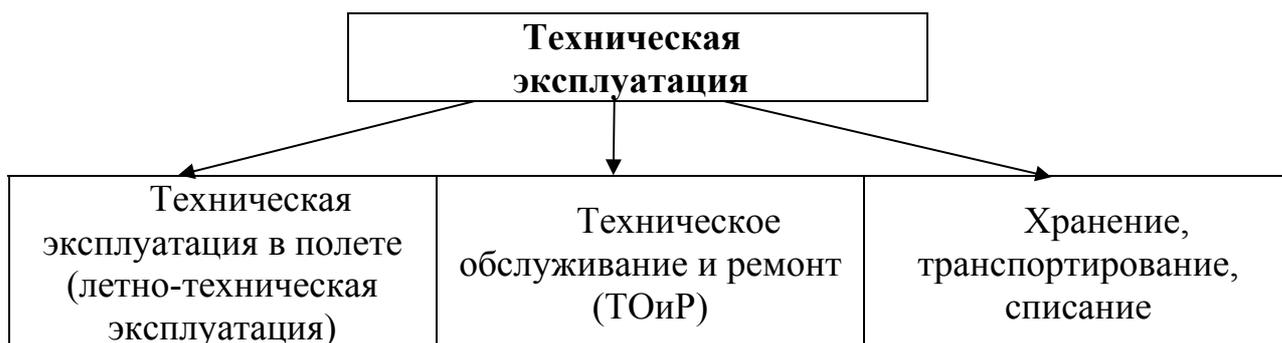
Исходя из интересов дела, работу по реформированию технической эксплуатации ВС целесообразно проводить в рамках межведомственных объединений на основе целевых программ, предусматривающих широкое применение в эксплуатации прогрессивных технологий и форм организации ТО и Р. С помощью такого подхода только и можно, на наш взгляд, добиться радикальных изменений как в обеспечении конструктивно-эксплуатационных свойств создаваемых авиационных конструкций, так и в технологии и организации процессов их технической эксплуатации. И если к вопросам технической эксплуатации будет проявлено большее научное внимание, мы сможем заглянуть вперед, в будущее, которое пока еще не бесспорно, но которое может принести с собой новые концепции и технологии, о каких сегодня мы едва ли можем мечтать.

В конечном итоге это позволит существенно повысить не только эффективность эксплуатации, но и конкурентоспособность отечественных ВС на рынках сбыта у нас в России и за рубежом, а, следовательно, и престиж отечественного гражданского самолетостроения.

## ГЛАВА 4 ПРОБЛЕМА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ВС

### 4.1 Содержание Системы технического обслуживания и ремонта

Техническое обслуживание и ремонт ВС занимает центральное место в технической эксплуатации (рис.4.1).



**Рис.4.1. Структура технической эксплуатации**

ТОиР, как Система, представляет собой совокупность взаимосвязанных звеньев – составных частей: объекта ТОиР, производственно технической базы, средств ТОиР, инженерно-технического персонала, программы и эксплуатационно-технической документации (ЭТД) по ТОиР (рис.4.2).

Совершенство Системы ТОиР определяется прежде всего тем, насколько четко и полно обеспечивается взаимосвязь и взаимодействие между всеми составными звеньями Системы, а также теснотой связи, которая с ее помощью обеспечивается между объективно существующими процессами повреждаемости элементов конструкции ВС (разрушительными процессами) при эксплуатации и процессами поддержания и восстановления их работоспособности. Чем теснее подобная связь, тем совершеннее Система ТОиР.



**Рис.4.2. Структура Системы ТОиР**

Центральное место в Системе ТОиР занимает **Программа ТОиР** - основной документ, содержащий совокупность главных принципов и принятых Разработчиком решений по применению наиболее эффективных методов и режимов ТОиР, реализованных в конструкции объектов при проектировании и изготовлении и внесенных в эксплуатационную документацию с учетом заданных требований и условий использования ВС.

Программа отражает принятую стратегию ТОиР для ВС в целом, его функциональных Систем и изделий и выполняет роль цементирующего материала, соединяющего воедино для достижения поставленной цели все звенья Системы ТОиР: объект, базу, средства, персонал, документацию, а также инфраструктуру Системы ТОиР, включающую все виды обеспечения: материально-технического, информационного, организационного и нормативно-правового, кадрового, метрологического и др.

В свою очередь программа ТОиР отражает свойства объекта ТОиР.

Под **объектом ТОиР** понимаются изделия или их совокупность, характеризующиеся **п о т р е б н о с т ь ю** в проведении определенных работ по поддержанию (восстановлению) исправности или работоспособности в том или ином состоянии технической эксплуатации и **п р и с п о с о б л е н н о с т ь ю** к выполнению данных видов работ.

Потребность объекта ТОиР и его приспособленность к ТОиР определяются совокупностью эксплуатационно – технических характеристик (ЭТХ) конструкции объекта. Достигнутый при создании ВС уровень ЭТХ конструкции определяет содержание Программы ТОиР, ее прогрессивность и эффективность.

С ЭТХ объекта и Программой тесно связаны и другие составные части Системы ТОиР, а именно: инженерно-технический персонал; производственно-техническая база; средства ТОиР и ЭТД, поставляемая с ВС.

Система ТОиР строится на основе следующих принципов:

- 1) соблюдение строгой п л а н о в о с т и при проведении форм ТОиР;
- 2) своевременное п р е д у п р е ж д е н и е отказов функциональных Систем и их наиболее важных изделий;
- 3) обеспечение э к о н о м и ч н о с т и технической эксплуатации.

К Системе ТОиР предъявляются следующие основные требования:

1. Обеспечение надежности изделий и функциональных Систем и, прежде всего, таких свойств, как безотказность и долговечность. При выполнении данного требования вносится заметный вклад в решение проблемы более высокого иерархического уровня – «обеспечение безопасности полетов»;

2. Обеспечение потребной исправности парка ВС с учетом планов полетов и сезонности перевозок. Выполнение данного требования создает необходимые условия для успешного решения более крупной проблемы – «повышение эффективности использования ВС»;

3. Обеспечение требуемых уровней технической регулярности (надежности) вылетов ВС по расписанию. При выполнении данного требования вносится вклад в решение проблемы обеспечения регулярности полетов ВС;

4. Обеспечение требуемых уровней экономической эффективности ТОиР авиационной техники.

Выполнение этого требования позволяет внести определенный вклад решение проблемы обеспечения экономичности в целом эксплуатации ВС.

Перечисленные требования к Системе ТОиР противоречивы. Наиболее полное удовлетворение одного из них может отрицательно повлиять на уровень удовлетворения других требований. Так, безопасность полетов ВС в значительной мере определяется безотказностью работы функциональных Систем и изделий. Регулярность полетов, в свою очередь, определяется показателями исправности и готовности ВС к полетам. Экономичность эксплуатации во многом определяется затратами, необходимыми для проведения ТОиР ВС.

Экономичность эксплуатации ВС тесно связана с безопасностью и регулярностью полетов, которые требуют для своего обеспечения определенных затрат, возрастающих по мере усложнения конструкции авиационной техники. Задача заключается в том, чтобы в каждом конкретном случае находить наилучшие решения в отношении удовлетворения всей совокупности требований к Системе ТОиР.

Место Системы ТОиР в объективно существующих процессах развития повреждений и отказов отдельно взятых элементов, изделий и функциональных Систем (ФС) и возможные последствия этих вовремя не устраненных повреждений и отказов схематично представлены на рис.4.3.

Из рис.4.3 следует, что Система ТОиР служит своего рода барьером на пути развития повреждений и отказов. Плановые профилактические операции ТО прерывают процессы дальнейшего развития многих повреждений, не

давая им возможности беспрепятственно перерастать в опасные повреждения и затем в отказы.

Эффективность Системы ТОиР оценивается определенной совокупностью показателей, вытекающих из предъявляемых к Системе требований в отношении обеспечения: надежности изделий функциональных Систем; исправности парка ВС; регулярности вылетов по расписанию; экономичности ТОиР (табл.4.1).

На обеспечение наилучших значений, перечисленных в табл.4.1 показателей, а при необходимости так же и других, направляются усилия конструкторов-разработчиков новой авиационной техники и специалистов по ее технической эксплуатации.



**Рис.4.3. Место Системы ТОиР в процессах развития повреждений и отказов**

Система ТОиР успешно функционирует и выполняет возложенные на нее требования при соблюдении определенных условий.

Условия функционирования Системы ТОиР можно разделить на внутренние и внешние. К первым относятся условия, которые входят в Систему, либо в часть Системы, а ко вторым – условия, которые выходят за пределы Системы.

Внутренние условия определяются:

а) качеством функционирования в Системе каждой из ее составных частей, а именно: объекта ТООР (предмета труда), ИТП (исполнителей), средств ТООР (орудий труда), производственно-технической базы (условий производства);

б) теснотой взаимосвязи и полнотой соответствия друг другу всех составных частей, входящих в Систему ТООР.

В данном случае:

- качество функционирования объекта ТООР определяется уровнем его эксплуатационно-технических характеристик;
- качество функционирования Программы ТООР – уровнем ее полноты, конкретности и прогрессивности;

Таблица 4.1

**Основные показатели эффективности Системы ТООР**

Наименование показателя	Условное обозначение	Определение
1	2	3

**Безотказность изделий ФС**

Число отказов изделий ФС в полете на 1000 ч налета	$K_{1000п}$	Отношение суммарного числа отказов изделий ФС в полете к налету в тыс. ч за определенный период эксплуатации
Число отказов изделий ФС, приведших к инцидентам, на 1000 ч налета	$K_{1000и}$	Отношение суммарного числа отказов изделий ФС, приведших к инцидентам, к налету в тыс. ч за определенный период эксплуатации

**Исправность парка**

Коэффициент исправности	$K_{испр}$	Отношение времени пребывания ВС в исправном состоянии к общему календарному фонду времени за определенный период эксплуатации
Удельная продолжительность ТООР в цикле восстановления	$K_{п.п}$	Отношение математического ожидания продолжительности ТООР в ч в цикле восстановления за определенный период эксплуатации к налету за этот же период

		Продолжение табл. 4.1
Удельная суммарная продолжительность ТОиР (с учетом простоев по техническим причинам)	$K_{\Pi}$	Отношение математического ожидания суммарной продолжительности ТОиР в ч (с учетом простоев по техническим причинам) за определенный период эксплуатации к налету ВС за этот же период

#### Регулярность вылетов по расписанию

Коэффициент регулярности вылетов (с учетом задержек по техническим причинам)	$P_{\text{ТП}}$	Вероятность того, что вылет ВС не будет задержан сверх допустимого времени или отменаться по техническим причинам
Средняя продолжительность задержки вылетов по техническим причинам	$t_{\text{ЗАД}}$	Отношение суммарного времени задержек вылетов по техническим причинам к общему количеству задержек по тем же причинам за определенный период эксплуатации
Коэффициент готовности	$K_{\Gamma}$	Отношение суммарного налета ВС к сумме налета и продолжительности задержек вылетов по техническим причинам за определенный период эксплуатации

#### Экономичность ТОиР

Удельная суммарная трудоемкость	$K_{\Gamma}$	Отношение математического ожидания суммарной трудоемкости ТОиР в чел.-ч за определенный период эксплуатации к налету ВС за этот же период
Удельная суммарная стоимость ТОиР	$C_{\text{уд}}$	Отношение математического ожидания суммарной стоимости ТОиР в рублях за определенный период эксплуатации к налету ВС за этот же период
Удельная суммарная стоимость запасных частей и материалов,		Отношение математического ожидания суммарной стоимости запасных частей

		Продолжение табл. 4.1
потребных для проведения ТОиР	<b>К<sub>3</sub></b>	и материалов, потребных для ТОиР в рублях за определенный период эксплуатации, к налету ВС за этот же период

- качество функционирования инженерно-технического персонала – уровнем его квалификации и технологической дисциплинированности;
- качество функционирования производственно-технической базы – уровнем ее совершенства и полнотой соответствия действующим требованиям технологических процессов ТОиР.

Внешние условия функционирования Системы ТОиР, как уже отмечалось, выходят за ее пределы. Эти условия определяются главным образом инфраструктурой Системы ТОиР. Если Система ТОиР объединяет всю совокупность производственных процессов ТОиР, то инфраструктура объединяет комплекс мероприятий и смежных служб, обслуживающих производственные процессы ТОиР, выполняемые непосредственно в рамках Системы ТОиР. По тому, насколько сильно развита инфраструктура Системы ТОиР, можно судить о внешних условиях функционирования Системы и в конечном счете о ее эффективности.

Внешние условия функционирования Системы ТОиР в решающей степени определяют такие факторы, как:

- развитие (строительство, реконструкция) производственно-технической базы для успешного проведения ТОиР ВС;
- подготовка и переподготовка инженерно-технического персонала для проведения ТОиР ВС;
- материально-техническое обеспечение производственных процессов ТОиР;
- информационное обеспечение процессов ТОиР с созданием банков данных;
- организационное и нормативно-правовое обеспечение производственных процессов ТОиР;
- проведение НИР по дальнейшему развитию и совершенствованию Системы ТОиР;
- разработка нормативно-технических документов в области ТОиР, регламентирующих порядок и условия их проведения.

Как внутренние, так и внешние условия в равной степени оказывают влияние на качество функционирования Системы ТОиР. Следовательно, созданию требуемых условий должно уделяться первоочередное внимание при построении Системы ТОиР того или иного типа ВС.

## 4.2 Задачи построения современной Системы ТОиР и ее инфраструктуры

Действующая многие годы практика формирования Системы ТОиР ВС устарела. При формировании Системы не учитывалось ряд важных факторов, теоретических положений и правил. В результате, применяемая ныне Система ТОиР ВС не обеспечивает требуемой тесноты связи между процессами повреждаемости конструкций и процессами поддержания и восстановления их работоспособности и обеспечения исправности, а потому является малоэффективной.

При создании современной Системы ТОиР ВС нового поколения необходимо использовать новые подходы, базирующиеся на научной основе и мировой практике. Это позволит получить целостное представление о закономерностях развития и существенных связях различных составных частей Системы, включая ее инфраструктуру.

Необходимость поиска и применения новых подходов к построению Системы ТОиР ВС вызывается следующими обстоятельствами:

- разработкой новой Системы и форм нормативно-технических документов, регламентирующих техническую эксплуатацию ВС;
- обеспечением высокой степени живучести конструкции, функциональных групп и функциональных Систем современных ВС;
- усилением требований в отношении обеспечения эксплуатационно-технических характеристик современных ВС;
- широким использованием при создании современных ВС принципа «безопасной повреждаемости» конструкций в отличие от принципа «безопасного срока службы»;
- широким применением на современных ВС бортовых интегральных Систем и их изделий;
- отказом от проведения традиционных капитальных ремонтов ВС, созданных по принципу «безопасной повреждаемости»;
- ориентацией на широкое применение стратегий ТОиР изделий и функциональных Систем по техническому состоянию;
- развитием в эксплуатационных предприятиях лабораторий (центров) диагностики и широким применением в практике ТОиР методов и средств неразрушающего контроля и диагностики;
- введением в практику работы конструкторских бюро создания и предъявления вместе с новым типом ВС «Программы ТОиР»;
- разработкой новых форм эксплуатационно-технических документов, поставляемых вместе с новым типом ВС.

Новые подходы к построению Системы ТОиР предусматривают также и создание ее инфраструктуры как необходимого и обязательного условия стабильного функционирования Системы.

Правильно построенная Система ТОиР способствует уменьшению числа отказов и опасных повреждений, обнаруженных при эксплуатации и, в пер-

вую очередь, в полетных условиях, а кроме того, она увеличивает долговечность ВС.

Однако, на проведение профилактических мероприятий и текущего ремонта затрачивается определенный фонд времени, в течение которого ВС могли бы использоваться по назначению. И чем оно больше, тем хуже показатели исправности и использования ВС. Кроме того, для выполнения профилактики современных ВС требуется большой штат специалистов, дорогое оборудование и контрольно-проверочная аппаратура, что в свою очередь увеличивает расходы на ТОиР. Все это, естественно, учитывается при разработке Системы ТОиР, при поиске ее оптимального варианта.

Особая роль в этой работе отводится анализу концепций и сценариев проведения ТОиР, выбору оптимальных стратегий, анализу эксплуатационно-технических характеристик объекта и, в частности, его эксплуатационной технологичности, изучению их влияния на показатели эффективности Системы ТОиР ВС.

Принятое и широко распространенное на протяжении длительного времени представление о том, что построение Системы ТОиР нового типа ВС начинается лишь с момента начала его эксплуатации, является неверным и, более того, ошибочным.

Из рассмотрения структуры Системы ТОиР и содержания ее составных частей следует, что построение Системы является задачей Системотехники.

Построение Системы ТОиР должно начинаться с ранних стадий создания ВС, сразу же после того, как принята согласованная с Заказчиком стратегия ТОиР создаваемого типа ВС (рис.4.4).

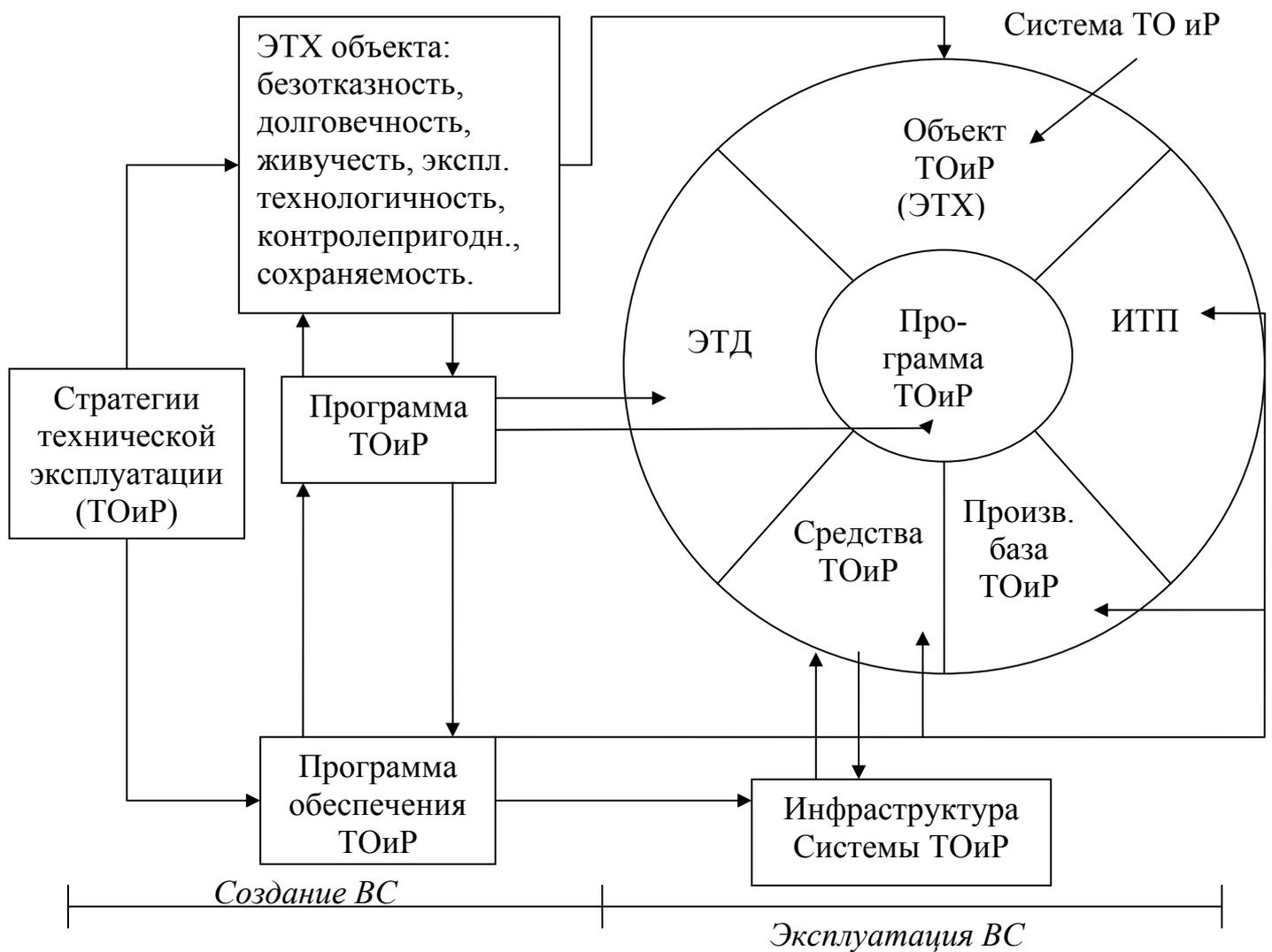
При создании ВС непосредственно Разработчиком формируются такие составные части будущей Системы ТОиР, как базовая Программа ТОиР и эксплуатационно-техническая документация.

Эти составные части по существу определяют как облик самой будущей Системы ТОиР, так и ее инфраструктуру.

Формированию указанных составных частей Системы должно уделяться первоочередное внимание не только со стороны Разработчика, но и со стороны Заказчика. Прежде всего должны быть научно обоснованы требования Заказчика к ЭТХ объекта, базовой Программе ТОиР и ЭТД. Должно быть достаточное методическое обеспечение для успешного выполнения этих требований на этапах создания ВС.

Должен быть обеспечен действенный и эффективный контроль за выполнением требований на этапах создания ВС со стороны Заказчика.

В соответствии с базовой Программой ТОиР Заказчиком разрабатывается базовая Программа обеспечения ТОиР. На основе этой программы в дальнейшем формируются такие составные части Системы ТОиР, как ИТП, средства ТОиР, производственная база ТОиР, а так же инфраструктура Системы ТОиР.



**Рис.4.4. Механизм построения Системы ТОиР и ее инфраструктуры**

**Программа обеспечения ТОиР** ВС нового типа также занимает одно из ключевых мест в работе по построению эффективной Системы ТОиР, и ее разработке Заказчиком должно уделяться самое серьезное внимание на заключительных стадиях создания ВС и при проведении его испытаний (рис.4.5).



**Рис.4.5. Схема формирования базовых гибких программ в привязке к стадиям жизненного цикла ВС**

Из изложенного следует, что процесс построения Системы ТОиР охватывает практически все стадии жизненного цикла ВС: конструирование, постройку, испытания, эксплуатацию. В создании Системы ТОиР ВС в разное время и в разных условиях участвуют многочисленные коллективы сотрудников конструкторских бюро, серийных заводов, эксплуатационных предприятий, научно-исследовательских организаций. Главной задачей в этих условиях является обеспечение единства целей и концептуальных положений, а также сроков формирования всех составных частей Системы ТОиР.

Правильно построенная Система ТОиР должна надежно и длительно функционировать, а так же совершенствоваться по мере накопления опыта эксплуатации ВС того или иного типа. Надежно функционируя, Система должна обеспечивать требуемые значения показателей ее эффективности.

Для выполнения этой задачи необходимы определенные условия «благоприятная среда», в которой функционирует Система.

Такие условия создаются соответствующими службами, в числе задач которых значатся и задачи обслуживания принятой Системы ТОиР того или иного типа ВС.

Комплекс служб, обслуживающих в соответствии с определенными требованиями Систему ТОиР, образуют ее инфраструктуру.

Следует отметить, что инфраструктура Системы ТОиР того или иного типа ВС определяется прежде всего содержанием базовой Программы ТОиР и базовой программы ее обеспечения. Фактически эти документы определяют облик инфраструктуры Системы ТОиР. Вместе с тем, на содержание инфраструктуры оказывают воздействие и другие составные части Системы ТОиР (средства ТОиР, ИТП, производственная база).

Инфраструктура Системы ТОиР в общем виде включает ряд служб, призванных решать задачи:

- организационно-правового обеспечения ТОиР;
- подготовки и переподготовки ИТП;
- развития и совершенствования производственной базы для ТОиР;
- материально-технического обеспечения процессов ТОиР;
- информационного обеспечения ТОиР;
- проведения НИР и совершенствования нормативно-технических документов в области ТОиР.

Взаимосвязь Системы ТОиР и ее инфраструктуры представлена на рис.4.6.

Задача **организационно-правового обеспечения** Системы ТОиР заключается в том, чтобы представить необходимые правовые документы и возможные варианты организационных форм для успешного функционирования Системы.

Организационно-правовое обеспечение представляет собой совокупность государственных законов и нормативных актов, государственных стандартов, федеральных организационно-правовых документов (отраслевых, региональных), регламентирующих деятельность авиапредприятий в области ТОиР ВС.



Следует отметить, что большинство из документов организационно-правового характера устарели и нуждаются в совершенствовании применительно к новым условиям работы авиационной промышленности и гражданской авиации.

Задача **подготовки и переподготовки ИТП** заключается в том, чтобы обеспечить через колледжи и университеты подготовку ИТП в потребных количествах требуемых специальностей и квалификации.

Основными формами подготовки, переподготовки и повышения квалификации ИТП являются:

а) курсы по изучению новой АТ (серийной, находящейся в условиях массовой эксплуатации и изучаемой ИТП впервые; вновь создаваемой, находящейся на этапах испытаний и первых лет освоения ее эксплуатации);

б) курсы целевого назначения по изучению модификаций АТ, новых образцов бортового оборудования и Систем, новых средств диагностирования АТ и технологий ее технического обслуживания и ремонта;

в) курсы повышения квалификации инженерного состава, авиационных техников (механиков), предназначенные для углубления теоретических знаний, изучения перспективных направлений развития АТ и технологии ее технического обслуживания с учетом отечественного и зарубежного опыта эксплуатации.

Предприятия–эксплуатанты и другие заинтересованные государственные и негосударственные структуры направляют в соответствующие организации свои запросы (заявки) и предложения о форме и сроках проведения курсов на их базе на договорных условиях.

При подготовке своих предложений предприятия–эксплуатанты учитывают плановые поставки и необходимость освоения новой АТ, перераспределение (куплю-продажу) ВС между предприятиями, потребность в переучивании молодых специалистов – выпускников учебных заведений, изменения в планах движения ВС и другие производственные условия.

Задача **развития и совершенствования производственной базы** состоит в том, чтобы на основе анализа и прогнозирования динамики объемов ТОиР в том или ином авиапредприятии заранее удовлетворить его потребности в новых производственных площадях для освоения и внедрения у себя ( в случаях экономической целесообразности) новых технологических процессов ТОиР в рамках принятой Системы.

Обеспечение производственно-технической базы ТОиР ВС представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих техническую готовность авиапредприятий к выполнению ТОиР ВС с заданным уровнем качества, при установленных сроках и объемах работ. К процессам обеспечения производственно-технической базы относятся:

-разработка норм технологического проектирования предприятий по ТОиР;

-разработка технических требований и заданий на проектирование предприятий (или их структурную единицу) по ТОиР конкретных типов ВС;

- организация строительства новых и (или) реконструкции имеющихся зданий и сооружений для ТОиР ВС новых типов;
- технологическая подготовка производства для ТОиР конкретных типов ВС;
- метеорологическое обеспечение ТОиР;
- ТОиР средств технологического оснащения авиапредприятия;
- сертификация производственно-технической базы для ТОиР конкретных типов ВС.

Задача **материально-технического обеспечения** заключается в бесперебойном обеспечении технологических процессов ТОиР авиационными двигателями, запасными частями, материалами, средствами ТОиР в требуемых для надежного функционирования Системы количествах.

К основным задачам материально-технического обеспечения Системы ТОиР относятся:

- определение потребности в запасных частях, материалах и оборудовании;
- обеспечение своевременных заказов и ритмичности поставок;
- рациональное размещение зональных и транзитных складов в аэропортах на основе кооперации с другими авиапредприятиями;
- гибкая Система распределения запасных частей и оборудования между складами;
- учет и анализ наличия и расхода запасных частей и оборудования;
- контроль за состоянием и хранением запасных частей и оборудования;
- организация взаимодействия с заводами-изготовителями, специализированными снабженческими организациями, другими авиапредприятиями по укомплектованию и пополнению складов;
- организация оперативной доставки запасных частей на простаивающее ВС;
- анализ причин простоев ВС из-за отсутствия запасных частей и разработка мероприятий по их предупреждению;
- определение перечней неснижаемого запаса, возвратно-обменного фонда на складах, а также бортовых техаптечек для обеспечения регулярности;
- разработка норм расхода запасных частей и материалов.

Организация материально-технического обеспечения в современных условиях требует автоматизации управления в рамках информационно-управляющих Систем технической эксплуатации ВС. В Системе управления запасами должны решаться стандартные задачи управления: учета, оценки, анализа, прогнозирования, нормирования, планирования, контроля, регулирования и принятия решений.

Задача **информационного обеспечения** сводится к тому, чтобы обеспечивать Систему ТОиР и все службы, входящие в инфраструктуру, необходимой для них информацией для грамотного и своевременного принятия соответствующих решений и мер воздействия.

Информационное обеспечение, как составная часть инфраструктуры Системы ТОиР, представляет собой совокупность взаимосвязанных операций

сбора, обработки и использования информации для управления техническим состоянием и процессами ТОиР на основе современных автоматизированных информационных технологий.

Обеспечивая рациональное использование информационных ресурсов, информационные технологии образуют современные виды информационного обслуживания на базе средств вычислительной техники и средств связи. Информационная технология включает функциональную, содержательную и опорную компоненты. Функциональная компонента определяет конкретное содержание процессов циркулирования и переработки информации, относящейся к технической эксплуатации ВС, как при наличии, так и отсутствии средств автоматизации. Содержательная компонента включает модели предметной области, предметных баз данных (БД), алгоритмического и программного обеспечения. В основе опорной компоненты лежат базовые технические и программные средства хранения, переработки и обмена данными.

Реализация информационного обеспечения Системы ТОиР предусматривает решение следующих задач:

- создание концепции информационного обеспечения Системы ТОиР ВС данного типа;

- анализ, формирование и оптимизацию информационных потоков по обеспечению процессов ТОиР;

- создание локальных сетей информационного обеспечения управления различными технологическими процессами ТОиР;

- организация каналов связи и сетей информационного обмена организаций и предприятий;

- создание центральной базы данных Системы ТОиР ВС данного типа;

Задача **проведения НИР в области ТОиР** заключается в том, чтобы на основе проводимых исследований перспектив развития авиационной техники и Систем ее технической эксплуатации, обобщения передового отечественного и зарубежного опыта построения Систем ТОиР, вырабатывать новые концептуальные методические подходы, новые нормативно-технические и методические документы в области ТОиР, способствующие совершенствованию действующих и разработке новых более эффективных Систем ТОиР.

При проведении НИР в области ТОиР следует учитывать современные условия работы авиапредприятий, для которых характерны децентрализация управления производством и хозяйственная самостоятельность, появление различных форм собственности. В этих условиях возрастает роль государственного регулирования в области поддержания летной годности ВС, обеспечения безопасности полетов, сертификации и лицензирования. В связи с этим особую актуальность приобретают задачи формирования федеральных авиационных норм и правил, в том числе сертификационных требований в области технической эксплуатации авиационной техники.

Возможность выбора наилучших решений при построении Системы ТОиР ВС требует создания Системы математических моделей. При оптимизации Программы ТОиР используются управляемые полумарковские процессы, линейное программирование, многокритериальные модели принятия реше-

ний, целочисленное программирование. Для анализа и прогнозирования эффективности ПТЭ ВС находят применение статистические модели: временные ряды, факторный анализ, регрессионный анализ, модели аппроксимации и экстраполяции.

Решение задач создания и развития инфраструктуры Системы ТОиР ВС требует, наряду с этим, привлечения математического аппарата сетевого планирования и управления, массового обслуживания, теории запасов, теории надежности и имитационного моделирования.

## ГЛАВА 5

### **ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВС**

#### **5.1 Обеспечение общих эксплуатационно-технических требований к конструкции ВС**

При создании ВС новых типов в первую очередь решаются задачи обеспечения их летно-технических характеристик (ЛТХ). Это необходимое условие, без соблюдения которого нельзя создать ВС, обладающее высокими показателями эффективности использования по назначению.

Но гражданские ВС создаются на длительный период эксплуатации, исчисляющийся десятилетиями. И в течение этого периода на ВС для поддержания их летной годности требуется выполнять большой комплекс мероприятий, предписанных эксплуатационно-технической документацией. Для успешного выполнения этих мероприятий необходимо чтобы ВС, наряду с хорошими летно-техническими характеристиками, обладали также высоким уровнем эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ) конструкции, таких как: безотказность, эксплуатационная технологичность, эксплуатационная живучесть, долговечность и др.

ЭТХ определяют в своей основе как потребность, так и приспособленность ВС к ТОиР, а следовательно, определяют содержание ТОиР и оказывают непосредственное влияние на показатели эффективности Системы ТОиР. Так, потребность в ТОиР определяется в основном характеристиками безотказности, долговечности, живучести, сохраняемости; приспособленность к ТОиР – характеристиками контролепригодности, эксплуатационной технологичности, ремонтпригодности.

Объективно существующие при эксплуатации ВС процессы повреждаемости их конструкций подлежат глубокому изучению и учету при создании нового типа ВС. Полнота учета процессов повреждаемости определяется значениями показателей ЭТХ конструкций. Обеспечение высокого уровня ЭТХ является необходимым начальным условием для построения такой Системы ТОиР, которая характеризовалась бы наилучшими значениями всей совокупности показателей ее эффективности.

Уровни (нормативные значения) ЭТХ ВС ГА и рекомендации по конструктивному исполнению, обеспечивающие их эффективную техническую

эксплуатацию, определены «Общими техническими требованиями к ЭТХ самолетов и вертолетов ГА (ОТТ ЭТХ ВС ГА)» [1], утвержденными авиапромом и ГА. Данные уровни установлены для типовых условий технической эксплуатации на основе обобщения ЭТХ эксплуатируемых отечественных и зарубежных типов ВС с учетом перспектив развития авиационной техники и ГА в целом.

Общие требования к типовым условиям технической эксплуатации определяют условия организации планирования и подготовки инженерно-авиационного обеспечения технической эксплуатации ВС в соответствии с действующими нормами и правилами и распространяются на все типы перспективных и эксплуатирующихся ВС, если техническими заданиями (ТЗ) и другой нормативной документацией на ВС не установлены иные требования.

Заданию в ТЗ подлежат следующие показатели, характеризующие типовые условия эксплуатации ВС и обеспечиваемые его Разработчиком:

- средняя продолжительность типового беспосадочного полета ВС;
- средний годовой налет на ВС;
- продолжительность подготовки ВС к повторному вылету.

Минимальный средний годовой налет, обеспечиваемый Системой ТОиР, для ВС нормируется в зависимости от средней продолжительности типового (беспосадочного) полета ВС  $\bar{t}_{Б.П.}$  (табл. 5.1).

Таблица 5.1

**Значения минимального среднего годового налета ВС**

Средняя продолжительность типового полета ВС, $\bar{t}_{Б.П.,ч}$	Средний годовой налет на ВС, $T_{ГС,ч}$ налета
$1,0 \leq \bar{t}_{Б.П.} < 1,5$	2500
$1,5 \leq \bar{t}_{Б.П.} < 2,5$	3000
$2,5 \leq \bar{t}_{Б.П.} < 5$	3500
$\bar{t}_{Б.П.} > 5$	4000

Продолжительность подготовки ВС к повторному вылету определяется технологическим графиком подготовки одиночного ВС, который включает все виды работ, предусмотренные регламентом технического обслуживания в технологической последовательности их выполнения на ВС после завершения полета и перед началом последующего полета в течение летного дня без перерыва в использовании ВС.

Окончанием полета считается момент полной остановки двигателя; окончанием подготовки к повторному вылету считается момент окончания запуска двигателей без учета задержек по причинам, связанным с организацией полетов.

Продолжительность подготовки ВС к повторному вылету устанавливается в зависимости от средней продолжительности беспосадочного полета и максимального числа пассажиров и массы груза, табл. 5.2.

Продолжительность подготовки вертолета к повторному вылету устанавливается в зависимости от максимальной грузоподъемности и потребности в дозаправке топлива, табл. 5.3.

В зависимости от заданной продолжительности подготовки ВС к повторному вылету в требованиях задается продолжительность замены некоторых основных изделий. Так, средняя оперативная продолжительность замены одного двигателя не должна превышать 4-х кратной продолжительности подготовки к повторному вылету, установленной для ВС.

Таблица 5.2

**Продолжительность подготовки к повторному вылету перспективных самолетов ГА**

Продолжительность беспосадочного полета, ч	Число пассажиров (масса груза)	Продолжительность подготовки к следующему вылету, мин
$\bar{t}_{Б.П.} \leq 2,5$	До 100 чел. (до 5 т.)	25
	101...120 чел. (5...10 т.)	30
	201 чел. и более (свыше 10 т.)	40
$\bar{t}_{Б.П.} > 2,5$	До 100 чел. (до 5 т.)	30
	101...120 чел. (5...10 т.)	35
	201 чел. и более (свыше 10 т.)	45

Таблица 5.3

**Продолжительность подготовки к повторному вылету перспективных вертолетов ГА**

Максимальная грузоподъемность	Продолжительность подготовки к повторному вылету	
	С дозаправкой топливом	Без дозаправки топливом
до 5 т	15	10
0,5...2 т	20	15
свыше 2 т	30	20

Средняя оперативная продолжительность замены любого колеса не должна превышать установленной продолжительности подготовки к повторному вылету ВС.

Значения вероятности восстановления работоспособного состояния (в заданное время) при устранении отказов и повреждений, препятствующих дальнейшей эксплуатации, должны быть не менее:

для самолетов – 0,9;

для вертолетов – 0,8.

Заданное время восстановления работоспособного состояния при подготовках ВС к повторному вылету определяется как продолжительность данной подготовки (из типовых условий эксплуатации) плюс международный

норматив на задержку вылета, равный 5 мин. Заданное время восстановления работоспособного состояния в остальных случаях устанавливается равным продолжительности соответствующей формы ТО, определенной технологическим графиком.

Средняя продолжительность задержки отправлений в рейс по техническим причинам в связи с поиском и устранением отказа или повреждения, препятствующего вылету, не должна превышать установленной продолжительности подготовки к повторному вылету ВС.

Должна обеспечиваться эксплуатация ВС в пределах ресурса до списания без межремонтного ресурса с проведением контрольно-восстановительных работ, периодичность которых должна быть не менее 9 ... 12 тыс. часов налета самолета или 3 ... 4 тыс. часов налета вертолета.

Заданные значения минимальной величины ресурса до списания приведены в табл. 5.4.

Таблица 5.4

**Значения ресурсов до списания перспективных ВС ГА**

Вид ВС	Число пассажиров (масса груза)	Минимальная величина ресурса до списания, ч налета
Самолеты	до 100 чел. (до 5 т.)	35000
	101...200 чел. (5...10 т.)	45000
	свыше 201 чел. (свыше 10 т.)	60000
Вертолеты	до 0,5 т.	12000
	0,5...2 т.	18000
	свыше 2 т.	24000

Назначенные ресурсы комплектующих изделий, систем и оборудования ВС должны, как правило, соответствовать назначенному ресурсу ВС.

«ОТТ ЭТХ ВС ГА» являются основой для нормирования при разработке ТЗ, оценки и подтверждения ЭТХ ВС в соответствии с ТЗ. Они устанавливают уровни характеристик надежности и эксплуатационной технологичности ВС при условии выполнения требований норм летной годности для типовых условий эксплуатации.

Задание требований, оценка и подтверждение ЭТХ осуществляются Заказчиком и Разработчиком в соответствии с «Положением о порядке проектирования, постройки и испытаний гражданской авиационной техники и радиоэлектронного оборудования для нее».

На этапе разработки Технического предложения Разработчик формирует прогнозируемые уровни ЭТХ в ожидаемых условиях эксплуатации ВС, этапы и способы их обеспечения при разработке и испытаниях. На этапе формирования ТЗ Заказчик на основании ОТТ ЭТХ формирует согласованные уровни ЭТХ для типовых условий эксплуатации ВС.

На этапе разработки и экспертизы эскизного проекта (макета) Заказчик должен производить оценку соответствия предлагаемых к реализации уров-

ней ЭТХ требованиям, установленным в ТЗ, по доказательным материалам Разработчика ВС.

На этапе заводских испытаний Разработчик, при участии Заказчика, должен определять и оценивать уровни ЭТХ, разрабатывать и внедрять изменения конструкции, документации и средств ТОиР с целью обеспечения реализации требований ТЗ.

На этапе государственных испытаний Заказчик при участии Разработчика производит экспериментальную оценку уровней ЭТХ и контроль выполнения требований, установленных в ТЗ для типовых условий эксплуатации.

На этапе эксплуатационных испытаний Заказчик определяет фактические уровни ЭТХ в реальных условиях эксплуатации, завершает формирование Системы ТОиР в соответствии с Программой ТОиР, оценивает эффективность Программы ТОиР, разрабатывает мероприятия по повышению эффективности технической эксплуатации ВС в реальных условиях.

На этапе эксплуатации производится периодическая оценка фактических уровней ЭТХ, подтверждается их соответствие для типовых условий по этапам отработки назначенного ресурса, разрабатываются и внедряются мероприятия по изменению конструкции и корректировке Программы ТОиР.

Современное ВС гражданской авиации представляет собой комплекс сложных многофункциональных систем, каждая из которых включает 50...100 типов изделий и, соответственно, значительно большее число входящих в них элементов. Жесткие ограничения на геометрическую конфигурацию планера ВС, а следовательно, и на условия размещения в нем систем, изделий и оборудования ВС определяют ограничения на приспособленность различных изделий и оборудования к выполнению целевых работ ТОиР.

Следует учитывать, что приспособленность ВС в целом к технической эксплуатации реализуется в реальных условиях эксплуатации, характеризующихся многообразием переменных факторов воздействия на составные части каждого конкретного экземпляра ВС данного типа, что определяет дополнительные требования к приспособленности этих изделий и оборудования к целевым работам ТОиР во всех ожидаемых условиях эксплуатации ВС. Нормирование ЭТХ является начальным этапом формирования характеристик Системы ТОиР и проектирования ВС как объекта технической эксплуатации. Заказчик ВС задает такие требования к эксплуатационным качествам, которые обеспечивают эффективную техническую эксплуатацию ВС в ожидаемых условиях эксплуатации, а Разработчик реализует такие конструктивные решения при проектировании, которые обеспечивают техническое совершенство ВС и реализацию нормативных требований Заказчика.

Как уже отмечалось важнейшими ЭТХ ВС являются: безотказность, эксплуатационная технологичность, эксплуатационная живучесть. В последующих главах более подробно рассматриваются проблемы обеспечения потребных уровней этих характеристик и задачи, требующие решения.

## 5.2 Обеспечение требований по безотказности изделий и функциональных систем ВС

Одной из важнейших ЭТХ объектов ВС является безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки в заданных условиях эксплуатации. Проблема обеспечения безотказности стала особенно актуальной в настоящее время вследствие усложнения конструкций ВС и их систем, состоящих из большого числа элементов, блоков, узлов, увеличения числа выполняемых ими функций и усиления режимов их работы.

На безотказность влияют различные факторы, определяемые условиями проектирования, производства и эксплуатации. Однако особое место в решении проблемы обеспечения безотказности объектов эксплуатации занимают этапы проектирования и производства. Низкий уровень безотказности, закладываемый при проектировании и производстве, не может быть компенсирован в дальнейшем на этапах эксплуатации.

Характеристики безотказности объекта эксплуатации непосредственно влияют на показатели безопасности полетов и регулярности вылетов по расписанию. Кроме того, они оказывают влияние и на экономические показатели эксплуатации.

В современных условиях для вновь создаваемой авиационной техники устанавливаются следующие группы показателей безотказности: технические, оперативно-технические и технико-экономические. Указанные группы показателей образуют определенную иерархическую систему, отражающую взаимосвязи эксплуатационных свойств ВС и его составных частей. Требования к значениям показателей безотказности ВС в целом и его составных частей должны быть согласованы между собой, поскольку значения показателей безотказности последних устанавливают посредством распределения требований, предъявляемых к ВС в целом.

Нормируемые значения показателей безотказности базируются на современном уровне развития отечественной и зарубежной науки и техники, а также прогнозе совершенствования техники и технологии, повышения безотказности элементной базы систем на период производства и эксплуатации ВС.

Нормирование и обеспечение группы технико-экономических показателей безотказности осуществляется в соответствии с «Межведомственным положением, определяющим принципы, методы, порядок нормирования, поэтапного подтверждения и контроля надежности для создаваемых и эксплуатируемых самолетов ГА и их составных частей». Основной принцип нормирования технико-экономических показателей состоит во взаимной экономической заинтересованности Заказчика и Поставщика авиационной техники в обеспечении и реализации нормируемого уровня безотказности в процессе создания, производства и эксплуатации ВС.

Функционирование системы обеспечения безотказности представляет собой совокупность обязательных процедур, реализуемых на протяжении всего жизненного цикла ВС, и включает:

- определение состава нормируемых показателей безотказности;
- установление норм показателей безотказности с учетом интересов всех заинтересованных сторон;
- организацию контроля достигнутых значений нормируемых показателей безотказности и подтверждение соответствия нормам на различных этапах жизненного цикла ВС;
- четкое определение размера материальной ответственности конкретных юридических лиц за несоответствие ВС нормам безотказности, а также рациональное распределение между Заказчиком и Поставщиком дополнительной прибыли, полученной в эксплуатации за счет улучшения нормируемых показателей безотказности.

Данные виды работ являются необходимой основой для построения саморегулирующейся системы нормирования безотказности, направленной на достижение оптимального уровня качества объекта, связанного с безотказностью и основанной на финансовых отношениях Поставщика и Заказчика, обеспечивающих материальную заинтересованность всех звеньев, принимающих участие в создании и эксплуатации объекта.

При создании любых изделий конструктор в первую очередь обеспечивает выполнение предписанных изделию функций. Но отказ является неотъемлемым свойством любой системы, поэтому при проектировании сложных технических систем наряду с обеспечением функций все более актуальной становится задача предвидения уже на этапах создания всех возможных ситуаций, связанных с возможными нарушениями этих функций как из-за отказов в системах, так и по другим причинам и оценка возможного ущерба вследствие этих нарушений. Другими словами, в настоящее время проектирование должно вестись при условии «отсутствия неприемлемого ущерба при нарушении функционирования».

Предвидение подобных ситуаций на ранних этапах проектирования позволяет разработать эффективные мероприятия, позволяющие свести потенциальный риск к приемлемому уровню. Обеспечение необходимого уровня безопасной эксплуатации при нарушении функций (отказобезопасности, как частный случай) технической системы стало важнейшей задачей проектирования. Очевидно, что решение этой задачи должно предусматривать строгое определение функций системы и возможных нарушений этих функций.

В широком смысле работа конструктора, проектирующего какую-либо систему, состоит в выборе наиболее подходящей, по его мнению, модели и определении ее параметров. Если говорить конкретно о самолетостроении, то соответствующие модели уже довольно давно разработаны для таких разделов проектирования как аэродинамика, прочность, управление ВС и системами и др. В последние 40 лет сформировался новый раздел проектирования ВС - отказобезопасность. В настоящее время этот раздел из-за объективных требований необходимо рассматривать в более широком плане, а именно как

безопасность полета при нарушении функционирования систем и агрегатов ВС. Имеется в виду, что нарушения функционирования систем могут быть вызваны не только отказами, но и другими причинами (ошибками операторов и программного обеспечения, внешними воздействиями).

Необходимость задания численных значений уровня безотказности изделий определяется прежде всего задачами, которые изделия должны решать. Возможность достижения определенного количественного уровня безотказности определяется научно-техническими, экономическими и организационными условиями.

Введение количественных требований безотказности способствует сокращению сроков доводки изделия в эксплуатации, упорядочивает взаимоотношения между Разработчиком, Заказчиком и Потребителем на всех этапах жизненного цикла изделия от его разработки до списания.

Наличие количественных требований по безотказности превращает борьбу за ее повышение в планомерный процесс, обеспечивающий уже на ранних стадиях проектирования возможность закладывать в конструкцию изделия тот уровень безотказности, который может быть обеспечен достигнутым уровнем развития науки, техники и технологии производства. Кроме того, на этапах испытаний и эксплуатации по мере оценки фактического уровня безотказности можно предпринять необходимые меры по его повышению до требуемого значения.

Необходимо, чтобы в любом случае требования по безотказности были реально выполнимыми, а задаваемые параметры достаточно просто контролируемы на всех этапах создания и эксплуатации изделия.

В настоящее время наметились два основных направления в методике задания требований по безотказности комплектующих изделий. Первое направление базируется на использовании данных реально соответствующих прототипов для определения возможных характеристик безотказности вновь создаваемых изделий, второе – предполагает определение требуемых характеристик безотказности комплектующих изделий с целью получения высокой эффективности всего комплекса, в котором используется изделие.

Определение аналитической зависимости между показателями безотказности, параметрами комплектующих изделий и эффективностью применения комплекса – задача сложная. До настоящего времени пригодной для инженерной практики методики решения этой задачи в целом не создано, пока имеются лишь основные соображения и ряд частных методик [2].

Отечественных Разработчиков комплектующих изделий ВС насчитывается несколько сотен, а с учетом иностранных поставщиков эта цифра возрастает еще больше. Поэтому разработка типовых требований по разделу безотказности актуальна и необходима для современного этапа развития авиации. Эти требования должны быть заданы исходя из общей технологии обеспечения надежности и безопасности полета создаваемого ВС.

Разработчик комплектующего изделия должен представить доказательную документацию, подтверждающую выполнение предъявленных требований в виде:

- расчетов, представляющих собой анализ функциональных отказов изделий;

- испытаний, подтверждающих определенное нарушение выходов в зависимости от разных возможных нарушений входов. При этом под терминами «выход» и «вход» понимаются физически существующие элементы конструкции для связи с другими компонентами системы. Это могут быть механические элементы (штоки, шестерни, валы, рукоятки, тумблера и т.д.), электрические клеммы, гидро-, пневмоштуцера, фото-(свето-) чувствительные элементы, прямо-передающие антенны и др.;

- испытаний (или обоснования), подтверждающих выполнение требований по ресурсу и срокам службы;

- анализа (или обоснования) выполнения требований по возможности быстрой замены изделия после его отказа.

Однако следует отметить, что главная задача, связанная с нормированием показателей безотказности изделий функциональных систем для задания в требованиях на новые образцы АТ, остается до конца не решенной.

Не смотря на неоднократные попытки решить эту задачу, ни Заказчик, ни Разработчики ВС и их комплектующих изделий не смогли разработать и в установленном порядке ввести в действие необходимое методическое обеспечение по формированию количественных требований по безотказности комплектующих изделий.

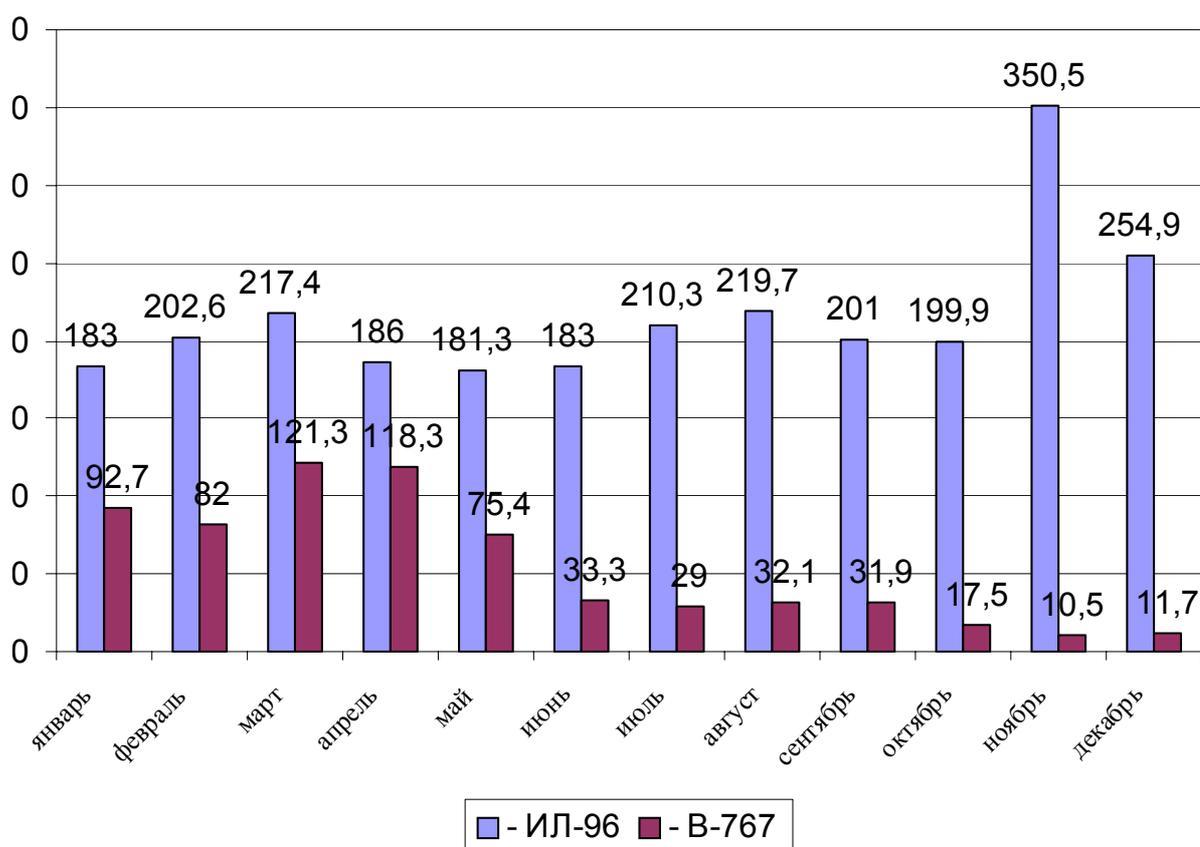
Вместе с тем, значения показателей безотказности для отечественных самолетов оставляют желать лучшего. В качестве примера на рис. 5.1 и в табл. 5.5 приводятся статистические данные по безотказности изделий ФС самолетов Ил-96-300 и Б-767 а/к ОАО Аэрофлот. Комментарии здесь излишни.

В «ОТТ ЭТХ ВС» по вопросу нормирования показателей безотказности ФС и их комплектующих изделий сказано, что оно должно осуществляться исходя из нормативных значений вероятности появления особых ситуаций из-за отказов систем.

Следуя этому требованию в ряде опубликованных работ [3] дается описание некоторых частных методов решения задачи безотказности ФС и изделий. Одним из методов при создании первых самолетов был метод «проб и ошибок», базирующийся на здравом смысле и интуиции конструкторов. По всем недостаткам конструкции, которые выявлялись в процессе испытаний и могли повлиять на безопасность полетов, проводились соответствующие доработки конструкции. Это самая простая, но не самая лучшая модель.

Шагом вперед в этой области стало то, что с самого зарождения отечественных норм летной годности в них в качестве модели нарушения функционирования систем был выбран «функциональный отказ» (ФО). На основе этого понятия был разработан метод выполнения анализа функциональных отказов (АФО) [4].

$K_{1000}$ , число отказов/1000 ч налета



**Рис.5.1. Значения показателя безотказности  $K_{1000}$  самолетов Ил-96 и В-767 по месяцам 2004 г.**

Результаты проведения АФО представляют собой модель отказобезопасности ВС. Полученная модель служит основой при обеспечении и контроле безопасности полета в процессе проектирования, испытаний, изготовления и эксплуатации ВС.

Опыт показал правильность выбора перечня ФО как модели нарушения функционирования системы. Единственным методом получения перечня ФО был экспертный метод, что в период становления АФО вполне удовлетворяло. Экспертный метод получения перечня ФО успешно применялся в ходе сертификации Ил-86 и Ил-96-300 и продемонстрировал свою эффективность. В то же время по мере накопления опыта выполнения работ по обеспечению безопасности полета выявились некоторые проблемы, связанные с формированием перечня ФО.

При верном определении понятия ФО в НЛГС как «вида неработоспособного состояния системы в целом, характеризующегося определенным нарушением ее функции независимо от причин, вызывающих это состояние», отсутствие однозначного метода получения перечня ФО приводило и приводит к различным толкованиям этого понятия. Ряд объективных факторов не позволяет в настоящее время удовлетвориться определением перечня ФО на основании экспертной оценки исходя из формулировки ФО. Окончательное решение при таком подходе слишком часто базируется на субъективном мнении.

Таблица 5.5

**Распределение  $K_{1000}$  по функциональным системам самолетов Ил-96 и Б-767 ( $K_{1000}$  - число отказов на 1000ч. налета)**

СИСТЕМЫ		Ил-96		Б-767	
		Кол-во	$K_{1000}$	Кол-во	$K_{1000}$
21	кондиционирования	407	16,41	38	1,29
22	электр. автоматика	1002	40,40	6	0,20
23	радиосвязь	275	11,09	193	6,55
24	эл. снабжения	136	5,48	19	0,64
25	бытовое	52	2,10	440	14,94
26	противопожарное	27	1,09	21	0,71
27	управления ВС	186	7,50	38	1,29
28	топливная	89	3,59	17	0,58
29	гидравлическая	159	6,41	5	0,17
30	противооблед.	72	2,90	9	0,31
31	приб. панели	159	6,41	25	0,85
32	шасси	124	5,00	79	2,68
33	светотехнич.	174	7,02	140	4,75
34	пилот-навигаци.	1143	46,09	43	1,46
35	кислородная	27	1,09	17	0,58
36	пневматическая	0	0,00	21	0,71
38	водоснабжения	22	0,89	54	1,83
49	всу	112	4,52	23	0,78
51	структура	0	0,00	1	0,03
52	двери. люки	37	1,49	28	0,95
53	фюзеляж	25	1,01	9	0,31
54	гондолы. пилоны	15	0,60	26	0,88
55	гор. и вер. обперение	5	0,20	2	0,07
56	фонарь. окна	15	0,60	5	0,17
57	крыло	45	1,81	24	0,81
71	силовая установка	0	0,00	28	0,95
72	двигатель	201	8,11	35	1,19
73	топливная двигателя	280	11,29	23	0,78
74	зажигания	0	0,00	13	0,44
75	отбора воздуха	0	0	1	0,03
76	управления двигателем	7	0,28	3	0,10
77	пкрд	466	18,79	6	0,20
78	выхлопа	0	0,00	21	0,71
79	масляная двигателя	0	0,00	14	0,48
80	запуска	25	1,01	0	0,00
Итого:		5287	213,19	1427	48,44

Опыт работы в области обеспечения безопасности полета настоятельно требует создания такого метода получения перечня ФО (являющегося основой модели безопасности полета ВС), который был бы свободен от влияния субъективности, опыта и квалификации эксперта и позволял получать перечень ФО как однозначную функцию конструкции системы.

В качестве метода получения полного и однозначного перечня ФО Неймарком М.С. и Цесарским Л.Г. предложен метод приведения, который позволяет разработать модель отказобезопасности ВС, параметры которой однозначно определяются конструкцией функциональных систем. Этот метод достаточно подробно излагается в работе [4].

В основе метода лежат постулаты, смысл которых обобщенно можно выразить следующим образом: любая функция системы обязательно приводится (отсюда и название метода) к функции или сочетанию функций входящих в систему агрегатов. Соответственно любой ФО системы обязательно приводится к какому-либо виду нарушения функции или сочетанию видов нарушений функций агрегатов системы. Функции агрегатов определяются в соответствии с моделью нормального функционирования (модель состояния нормального функционирования) агрегата. Нарушения функций агрегатов определяются в соответствии с моделью нарушенного функционирования (модель состояния нарушенного функционирования).

Модели состояний нормального и нарушенного функционирования агрегатов являются универсальными, т.е. они не зависят от установки агрегата на том или ином ВС, в той или иной системе и определяются только конструктивными параметрами функционирования агрегата. Универсальность модели базируется на том, что в качестве функций агрегатов рассматриваются конкретные физические сигналы (механические, гидравлические, электрические и т.д.) с их параметрами в соответствии с технической документацией и с соответствующими им физическими элементами связи (механические связи, штуцеры, клеммы и т.д.).

Метод приведения позволяет автоматизировать процесс определения перечня ФО систем ВС и причин отказов.

Необходимым и очень важным этапом в обеспечении требований по безотказности является разработка контрольных уровней безотказности по отдельным функциональным системам и агрегатам, выполнение которых гарантировало бы достижение заданных требований по надежности и безопасности ВС.

Контрольные уровни необходимо применять:

- для установления в техническом задании требований по безотказности для вновь конструируемых систем и агрегатов;
- при разработке конструктивных схем и для выбора наилучших вариантов систем на ранних этапах проектирования;
- для проведения расчетов, контролирующих выполнение заданных требований по безотказности агрегатов на всех этапах создания ВС;
- для контроля динамики изменения показателей безотказности комплектующих изделий в процессе эксплуатации ВС;

- для определения потребности в запасных частях с последующей их коррекцией по результатам эксплуатации.

На этапе эксплуатации ВС контрольные уровни необходимо использовать для принятия решения о необходимости проведения доработок конструкций функциональных систем, для совершенствования методов ТО и обоснования возможности продления или ограничения ресурса агрегатов. При разработке контрольных уровней учитываются следующие условия:

- каждая новая конструкция функциональных систем и агрегатов создается на базе предшествующих, причем в конструкцию изделия новой разработки переносятся хорошо зарекомендовавшие себя при испытаниях и эксплуатации части конструкции (элементы, узлы, агрегаты) и принципы построения систем;

- создание новых изделий на базе предыдущих автоматически учитывает экономические, организационные и научно-технические возможности;

- функциональные системы различных ВС представляют собой вполне установившуюся совокупность, что облегчает задачу поиска прототипа функциональных систем для проектируемого изделия;

- ограниченные сроки создания изделий, высокая стоимость отработки, невозможность учета и моделирования всех воздействующих факторов полета допускают запуск в эксплуатацию изделия с худшими характеристиками безотказности по сравнению с заданными, если это не влияет на обеспечение безопасности полета;

- допускается и экономически оправдано повышение безотказности в процессе эксплуатации изделий путем проведения доработок, направленных на устранение выявленных недостатков.

Для каждой функциональной системы, исходя из решаемых ею задач, составляется перечень функций, выполняемых системой. Затем составляется перечень ФО. Для каждого ФО устанавливаются его последствия для ВС путем логического анализа, расчетами (прочностными, аэродинамическими и т.д.), моделированием или в соответствии с опытом эксплуатации ВС предыдущих поколений. Для каждого возможного последствия ФО устанавливается степень его опасности согласно определениям особых ситуаций в соответствии с Авиационными правилами (Нормами летной годности).

В результате проведенных работ должно быть получено общее число возможных ФО по ВС в целом с распределением их по степени опасности, т.е.

$$n_{\Sigma} = n_{КС} + n_{АС} + n_{СС} + n_{УУП} + n ,$$

где:  $n_{\Sigma}$  - общее число ФО по ВС в целом;

$n_{КС}$  - число ФО, вызывающих катастрофическую ситуацию (КС);

- $n_{AC}$  - число ФО, вызывающих аварийную ситуацию (АС);
- $n_{CC}$  - число ФО, вызывающих сложную ситуацию (СС);
- $n_{ууп}$  - число ФО, вызывающих усложнение условий полета (УУП);
- $n$  - число ФО, не создающих особой ситуации.

Применительно к самолетам для определения требуемых контрольных уровней безотказности на ранних этапах проектирования предлагается следующий подход [4].

Для каждого ФО, приводящего к катастрофической ситуации, рекомендуется допустимая вероятность его появления меньше, чем  $10^{-9}$  в расчете на один осредненный час полета. Максимально возможный расчетный контрольный уровень по допустимой вероятности возникновения катастрофической ситуации из-за возникновения одного ФО может быть установлен исходя из требуемого появления катастрофической ситуации по самолету в целом, т.е. из  $10^{-7}$  в расчете на один осредненный час полета, по формуле

$$Q_{KC} = \frac{10^{-7}}{k_{KC} n_{KC}},$$

где:  $Q_{KC}$  - максимально допустимая вероятность (контрольный уровень) возникновения одного ФО, вызывающего КС;

$k_{KC}$  - коэффициент запаса по числу ФО, вызывающих КС (на ранних этапах проектирования принимается равным двум);

$n_{KC}$  - число ФО по самолету, вызывающих КС.

Необходимость введения коэффициента запаса  $k_{KC}$  ( $k_{AC}$ ,  $k_{CC}$ ) объясняется тем, что на ранних этапах проектирования точно классифицировать степень опасности ФО не представляется возможным.

Максимально допустимая вероятность (контрольный уровень) возникновения ФО, приводящего к АС, определяется по формуле

$$Q_{AC} = \frac{10^{-6}}{k_{AC} n_{AC}},$$

где:  $Q_{AC}$  - максимально допустимая вероятность возникновения одного ФО, приводящего к АС;

$k_{AC}$  - коэффициент запаса по числу отказов, вызывающих АС (на ранних этапах проектирования обычно принимается равным 1,5...1,7);

$n_{AC}$  - число ФО, создающих АС.

Максимально допустимая вероятность (контрольный уровень) возникновения ФО, приводящего к СС, определяется по формуле

$$Q_{CC} = \frac{10^{-4}}{k_{CC} n_{CC}},$$

где:  $Q_{CC}$  - максимально допустимая вероятность возникновения одного ФО, приводящего к СС;

$k_{CC}$  - коэффициент запаса по числу отказов, приводящих к СС ( $k=1,2...1,3$ );

$n_{CC}$  - число ФО, создающих СС.

Для каждого ФО, вызывающего усложнение условий полета, устанавливается максимально допустимая вероятность  $10^{-3}...10^{-4}$ .

Метод приведения для определения перечня ФО систем самолета и способ определения потребных контрольных уровней безотказности функциональных систем магистральных самолетов нашли широкое применение на АК им. С.В. Ильюшина.

Вместе с тем работы по нормированию показателей безотказности отдельных комплектующих изделий и агрегатов, входящих в функциональные системы ВС, продолжают. Имеется в виду разработка соответствующего методического обеспечения и способов задания потребных значений показателей безотказности агрегатов и изделий в ТЗ на новую АТ.

### **5.3. Обеспечение требований по эксплуатационной живучести конструкций ВС**

При создании конструкции ВС в настоящее время используются три основных принципа (концепции) обеспечения ее безопасности при эксплуатации:

- допустимость повреждения;
- безопасность разрушения (повреждения), отказа;
- безопасный ресурс (срок службы).

Первые два из указанных принципов объединяются обобщенным термином «эксплуатационная живучесть».

Эксплуатационная живучесть – свойство, обеспечивающее нормальное выполнение заданных функций всеми функциональными системами ВС в

полете при наличии отказов или повреждений отдельных агрегатов, элементов, узлов.

Принцип допустимости повреждения используется в основном применительно к элементам конструкции планера. По определению допустимость повреждения – это свойство конструкции и способ обеспечения ее безопасности по условиям прочности путем установления осмотров конструкции в эксплуатации с целью обнаружения возможного повреждения и последующего ремонта до наступления состояния, когда снижение прочности окажется недопустимым.

Принцип безопасности разрушения (повреждения), отказа используется в основном применительно к агрегатам и изделиям функциональных систем. Однако в ряде случаев он также используется и применительно к отдельным элементам конструкции планера. По определению безопасность разрушения (повреждения), отказа – свойство конструкции и способ обеспечения ее безопасной эксплуатации при появлении отказов отдельных агрегатов функциональных систем или существенных повреждений одного из основных силовых элементов планера. При этом предполагается, что остаточная прочность поврежденного элемента не снизится более, чем до допустимого уровня за интервал времени, в течение которого повреждение будет заведомо обнаружено.

Эксплуатационная живучесть функциональных систем обеспечивается главным образом за счет резервирования в системах отдельных менее надежных агрегатов и изделий. И особых проблем при таком подходе здесь не возникает. Главное обеспечить высокий уровень безотказности входящих в функциональные системы агрегатов и изделий.

Эксплуатационная живучесть планера достигается выбором типа конструкции, при котором, во-первых, возможные разрушения элементов или усталостные трещины только уменьшают до некоторой степени статическую прочность, но не приводят к разрушению или чрезмерной деформации всей конструкции и, во-вторых, трещины развиваются достаточно медленно.

Допускаемые напряжения в элементах конструкции планера с эксплуатационной живучестью могут быть больше на 15...20% по сравнению с соответствующими напряжениями, принимаемыми для конструкции с безопасным ресурсом. Это повышает весовую эффективность конструкции ВС.

Конструкция с эксплуатационной живучестью требует более трудоемкого обслуживания, так как появление трещин, начиная с некоторой наработки, является не исключением, а закономерным явлением. Эффективность осмотров должна быть такой, чтобы любая трещина обнаруживалась до того, как она станет опасной для ВС. В этом случае каждое ВС может эксплуатироваться до выработки своего индивидуального ресурса.

При анализе безопасности эксплуатации конструкции планера по условиям прочности используют классификацию, приведенную на рис.5.2. Дадим определения используемых терминов.



**Рис. 5.2. Классификация элементов конструкции планера**

**Основная силовая конструкция** – конструкция, воспринимающая полетные и наземные нагрузки и нагрузки от избыточного давления.

**Основные силовые элементы** – элементы основной силовой конструкции, воспринимающие значительную часть нагрузок и чья целостность существенна для сохранения общей целостности конструкции ВС.

**Многопутное нагружение** реализуется в конструкции, в которой после разрушения отдельных элементов прикладываемые нагрузки перераспределяются между оставшимися элементами.

**Однопутное нагружение** реализуется в конструкции, в которой нагрузки воспринимаются единичным элементом, разрушение которого приводит к потере работоспособности конструкции.

**Особо ответственные элементы в конструкциях с однопутным нагружением – это элементы, единичный отказ (разрушение) которых приводит к аварийной или катастрофической ситуации.**

**Критические места конструкции – детали, элементы, зоны, долговечность и эксплуатационная живучесть которых определяют уровень безопасности по условиям прочности конструкции в целом.**

К критическим местам конструкции, как правило, относятся:

- соединения между основными частями конструкции;
- неподвижные соединения, которые требуют смазки для предотвращения фреттинг-коррозии;
- участки конструкции, чувствительные к усталости;
- области конструкции, подверженные коррозии;
- элементы и участки конструкции, повреждения которых могут быть вызваны случайными причинами при сборке, изготовлении, во время технического обслуживания и ремонта ЛА;
- элементы конструкции, которым установлен безопасный ресурс (срок службы) до замены;
- элементы конструкции, выявленные по результатам испытаний образцов конструктивных элементов.

Перечень критических мест конструкции ВС разрабатывается (прогнозируется) на этапе проектирования и уточняется по результатам испытаний и опыта эксплуатации.

Для уточнения перечня критических мест проводится анализ результатов детального контроля состояния конструкции (в том числе с использованием инструментальных методов) с разборкой (расклепкой) соединений. Такому контролю обязательно подвергаются конструкции по завершении натурных лабораторных испытаний на выносливость и остаточную прочность, а также отдельные ВС с большой наработкой (сроком службы).

В упрощенном виде схему обеспечения безопасности элемента конструкции по условиям прочности при длительной эксплуатации ВС можно представить в следующем виде (рис.5.3).

Наработка  $N_0$  характеризует выносливость элемента. Нарботка  $N_p-N_0$  характеризует его живучесть. При этом под выносливостью понимается свойство конструкции (элемента, материала) сопротивляться возникновению и развитию усталостных повреждений.

При предельном состоянии конструкции размер ее повреждения  $I_{пред}$  и, соответственно, остаточная прочность  $R_{min.э}$  должны обеспечивать восприятие максимальной эксплуатационной нагрузки. В авиации максимальное значение эксплуатационной нагрузки составляет 0,67 от разрушающей. Следовательно,  $R_{min.э}=0,67 R_0$ .

Таким образом, для авиаконструкции можно выделить (см. рис. 5.3):

- допустимую наработку по условиям выносливости (период выносливости) – это наработка, в пределах которой необходимый уровень безопасности может быть обеспечен без осмотров конструкции;

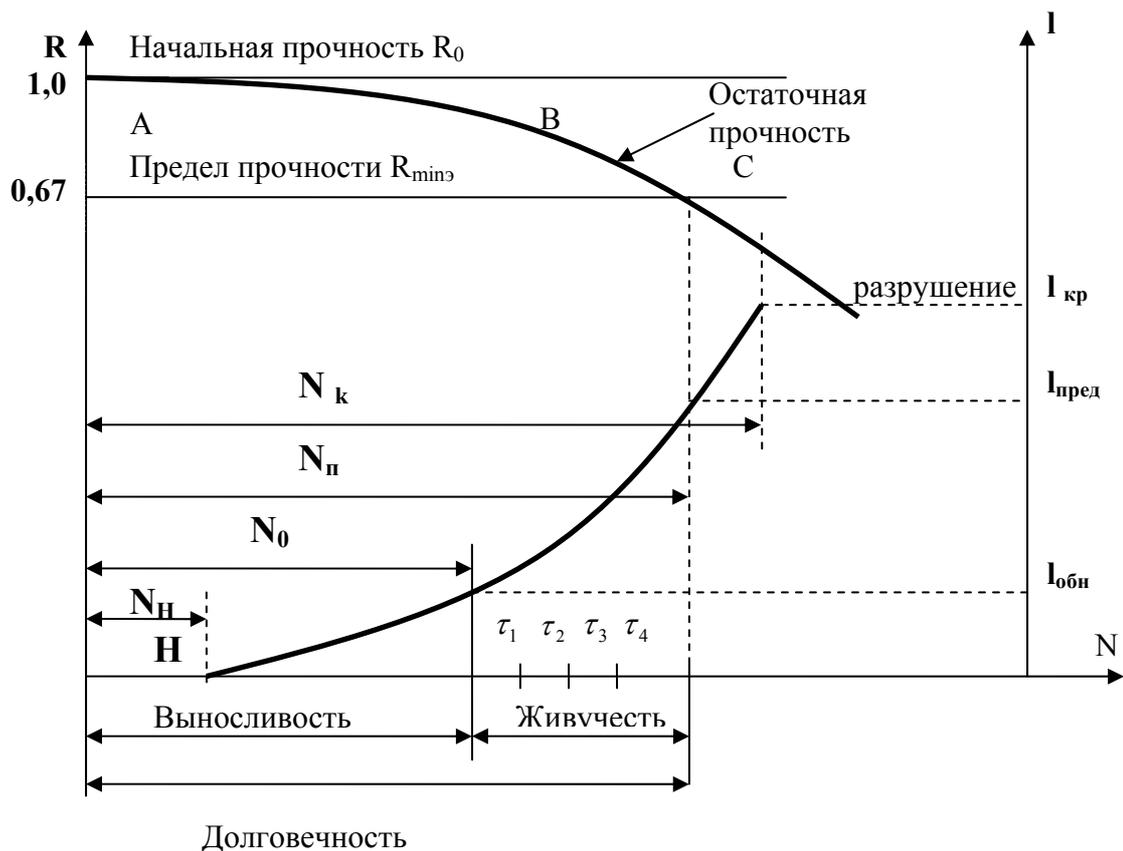


Рис.5.3. Схема обеспечения безопасности элемента конструкции по условиям прочности: R- прочность; l- длина трещины; N – число полетов;  $l_{пред}$ ,  $l_{кр}$ ,  $l_{обн}$  - длина трещины: обнаруживаемой, предельной и критической, соответственно;  $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$  - периодичность осмотров элемента;  $N_H, N_0, N_{II}, N_K$  - число полетов: до появления трещины, до ее обнаружения, до предельного значения, до критического значения, соответственно

- допустимую наработку по условиям живучести (период живучести) – это наработка, в пределах которой обеспечение необходимого уровня безопасности требует осмотров конструкции, направленных на предотвращение достижения этой конструкцией предельного состояния (допустимого повреждения).

Укрупненный алгоритм оценки допустимого повреждения на этапе создания ВС (до его сертификации как типа) должен включать:

- определение характеристик внешней среды и типовых условий эксплуатации ВС;
- определение характеристик повторяемости перегрузки в центре тяжести ВС, формирование типового спектра нагружения;
- определение критических мест конструкции для последующей оценки;
- определение характеристик нагруженности и условий функционирования каждого критического места конструкции;

- получение кривой роста трещины для каждого критического места конструкции;
- определение основных методов анализа роста трещины, а также методов анализа остаточной прочности;
- определение максимальной степени повреждения для каждого критического места при предельной нагрузке;
- определение категории конструкции для каждого критического места;
- принятие решения о программе осмотров конструкций. Эта программа должна позволять с высокой надежностью определять:
  - элементы (части) конструкции с ограниченным ресурсом, подлежащие замене;
  - места конструкции, подлежащие доработке, и сроки их выполнения;
  - места конструкции, подлежащие контролю, и сроки (периодичность) их выполнения.

Для обеспечения безопасной эксплуатации в течение периода живучести необходимо провести не одну проверку, поскольку трещина с минимальным размером, допускающим ее обнаружение, при одной проверке может быть пропущена. Количество осмотров зависит от величины интервала между осмотрами  $\tau_{осм}$ , которую в свою очередь рекомендуется определять по следующему выражению

$$\tau_{осм} = \frac{\text{Допустимая наработка за период живучести}}{\text{Нормируемый коэффициент надежности}} .$$

Период живучести авиаконструкции определяется моментом достижения так называемого предельного состояния, которое характеризуется:

- регламентированным повреждением;
- нормированной остаточной прочностью;
- требуемой длительностью роста усталостной трещины.

Допустимая наработка за период живучести в значительной мере зависит от обнаруживаемой длины трещины  $l_{обн}$ , которая обычно не должна быть пропущена при проведении осмотров и проверок с использованием надежных и оправданных средств и методов контроля, и от скорости развития трещины.

В свою очередь  $l_{обн}$  зависит от целого ряда факторов, к числу которых можно отнести следующие:

- а) метод и уровень осмотра:
  - визуальный осмотр (осмотр невооруженным глазом или с применением увеличивающих луп);
  - неразрушающие методы и средства контроля;
- б) доступность к элементу конструкции для осмотра и его освещенность;
- в) размеры зон вероятного появления трещин:

- локальные зоны, где трещины возникают в точно закоординированных местах (отверстия, галтельные переходы);
- ограниченные зоны сравнительно небольшой площади, закоординированные номером нервюры, стрингера и т.д.;
- общие зоны сравнительно большой площади (например, нижняя поверхность крыла);

г) состояние поверхности;

д) условия нагружения на земле во время осмотра:

- состояние растяжения;
- состояние сжатия;

е) персонал, выполняющий осмотр (квалификация, острота зрения и др.).

Определение значений  $I_{обн}$  и наработки конструкции  $N_0$ , при которой трещина обнаруживается впервые, а, следовательно, и заканчивается период выносливости, являются сложными задачами проблемы обеспечения эксплуатационной живучести.

В методах определения соответствия (МОС) нормативным требованиям АП25.571 по данным вопросам нет четких рекомендаций. В п.1.4 сказано «рекомендуется обеспечить интервал до первого осмотра по условиям сопротивления усталости не меньшим, чем 50% проектного ресурса». При проектном ресурсе 60тыс. летных часов интервал до первого осмотра 30тыс. летных часов - слишком велик.

Вместе с тем, в этом же документе в п.4.1.1 сказано «учитывая возможность случайных эксплуатационных повреждений, принять в качестве наработки до первого осмотра величины интервала между последующими осмотрами». Эта рекомендация приводит к значительному занижению интервалов до первого осмотра, которые должны быть существенно больше интервалов между последующими осмотрами на этапе «живучести конструкции».

На этапе выносливости конструкции для определения интервалов до первого осмотра критических мест на всем парке ВС в ряде авиакомпаний используется метод выборочного контроля. Для каждого критического места конструкции назначается соответствующий объем выборки: 16, 25, 33, 50 процентов, т.е. осмотр того или иного критического места конструкции со вскрытием крышек лючков, снятием обтекателей, зализов и пр. производится не на каждом ВС, а соответственно на каждом 6-м, 4-м, 3-м, 2-м. Могут быть приняты и другие объемы выборок.

При таком подходе, с одной стороны, гарантируется безопасность конструкции, а, с другой, – существенно сокращаются затраты времени и средств на проведение контроля. Задача заключается в том, чтобы определить наработку  $N_0$  (см. рис.5.3), при которой в том или ином критическом месте впервые обнаруживается повреждение (трещина размером  $I_{обн}$ ). Эту наработку рекомендуется принимать в качестве интервала до первого осмотра данного критического места или группы критических мест конструкции для всего парка ВС.

На этапе «живучести конструкции» для определения интервалов осмотров  $\tau_{осм}$ , как следует из приведенного выше выражения, необходимо знать: допустимую наработку за период живучести и нормируемый коэффициент надежности.

Допустимая наработка ( $N_{п} - N_0$ ) определяется размерами повреждения конструкции, в частности, размерами усталостной трещины  $I_{обн}$  и  $I_{пред}$ .

Рекомендации по определению  $I_{обн}$  и соответствующей наработки изложены выше.

Сложнее определить допустимые значения  $I_{пред}$  и предельной наработки с повреждением  $N_{п}$ . Эти задачи в соответствии с требованиями авиационных правил 25.571 решаются на этапах создания ВС путем проведения испытаний.

Испытаниям на сопротивление усталости, как правило, подвергаются:

- крыло, в том числе элероны, закрылки, предкрылки и другие элементы механизации крыла;
- оперение (стабилизатор, киль, рули высоты и направления);
- фюзеляж с герметической кабиной и элементами их остекления;
- шасси, в том числе колеса и тормоза;
- механические элементы проводки управления самолетом;
- установки под двигатели;
- узлы и элементы конструкции, обеспечивающие взаимную силовую стыковку указанных частей и агрегатов.

Программа испытаний на сопротивление усталости должна как можно более полно воспроизводить типовые спектры нагружения в эксплуатации во всех критических местах с учетом влияния различных режимов и компонент нагружения, а также с учетом сочетания величин переменных нагрузок и движения подвижных элементов силовой конструкции.

При обеспечении характеристик безопасности разрушения конструкции в качестве предельных состояний рекомендуется принимать состояния, характеризующиеся регламентированными повреждениями.

Регламентированные повреждения должны охватывать практически все повреждения, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации гражданского ВС. Регламентированные повреждения приводятся в соответствующих нормативных документах. Остаточная прочность конструкции с регламентированными повреждениями должна составлять не менее 67% от расчетной прочности.

В табл. 5.6 представлены регламентированные повреждения современного магистрального самолета на примере МОС АП25.571 [5].

**Регламентные повреждения**  
(Приложение 1- M25.571)

<b>Агрегат</b>	<b>Виды повреждения</b>
Вся конструкция	Разрушение одного из элементов при многопутной передаче нагрузки
Кессонные конструкции крыла и оперения	<p>Двухпролетная (длиной в два межстрингерных расстояния) трещина обшивки в любом месте по размаху с разрушенным подкрепляющим элементом (стрингером), в том числе, в зоне продольного стыка панелей (обшивки), с разрушенным перестычковым стрингером и трещиной в обеих панелях.</p> <p>Одновременное полное разрушение пояса крайнего (переднего или заднего) лонжерона, трещина в стенке лонжерона до 1/3 ее высоты и трещина в обшивке под разрушенным поясом длиной в одно межстрингерное расстояние.</p> <p>Полное разрушение одной из панелей.</p>
Фюзеляж	<p>Двухпролетная (длиной в два межстрингерных расстояния) трещина обшивки в поперечном направлении фюзеляжа с разрушенным стрингером.</p> <p>Двухпролетная (длиной в два межшпангоутных расстояния) трещина обшивки в продольном направлении фюзеляжа с разрушенным шпангоутом.</p> <p>Трещина (одновременно в обшивке и окантовке) у вырезов под уборку стоек шасси, у дверей багажных люков и др. (150 мм).</p> <p>Трещина в герметических стенках и днищах.</p>
Стык фюзеляжа с крылом или оперением	Полное разрушение одного из элементов стыка.

Одной из сложных задач, решаемых при назначении интервалов осмотров критических мест конструкции ( $\tau_{осм}$ ) является задача определения нормативного коэффициента надежности  $\eta_H$ . В соответствии с рекомендациями МОС АП25.571 нормативный коэффициент надежности определяется как произведение пяти коэффициентов

$$\eta_H = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5,$$

где : коэффициент  $\eta_1$  учитывает уровень соответствия программы испытаний характеру реальных нагрузок в эксплуатации;  
коэффициент  $\eta_2$  учитывает степень опасности и контролируемости разрушения;  
коэффициент  $\eta_3$  учитывает отличия от типовых (средних) условий эксплуатации;  
коэффициент  $\eta_4$  учитывает разброс характеристик сопротивления усталости;  
коэффициент  $\eta_5$  учитывает степень влияния реальных условий эксплуатации на длительность роста усталостных трещин.

В МОС АП25.571 приведены диапазоны изменения величин каждого из коэффициентов. Эти диапазоны колеблются от 1 до 1,5...2,0. При таком подходе определить значение нормативного коэффициента  $\eta_H$  с достаточной точностью весьма проблематично. Поэтому и при расчетах, и при испытаниях рекомендуется принимать обоснованные величины дополнительных запасов по долговечности.

Следует отметить, что характеристики эксплуатационной живучести планера и функциональных систем ВС непосредственно влияют на показатели безопасности полетов, регулярности вылетов по расписанию, а также на экономичность эксплуатации. На основе характеристик эксплуатационной живучести формируются перечни минимального оборудования MEL и MMEL. Чем выше уровень эксплуатационной живучести конструкции ВС, тем объемнее будут перечни отказов и повреждений, с которыми возможно продолжать безопасную эксплуатацию в интересах обеспечения требуемых уровней регулярности полетов.

## **ГЛАВА 6**

### **Проблема обеспечения требований по эксплуатационной технологичности ВС**

#### **6.1. Предпосылки возникновения и научное содержание проблемы**

В составе ЭТХ ВС значится и эксплуатационная технологичность - свойство конструкции, характеризующее ее приспособленность к проведе-

нию всех видов работ по ТОиР с использованием наиболее экономичных технологических процессов. Это означает приспособленность конструкции к прогрессивным стратегиям и методам ТОиР, а также приспособленность к выполнению отдельных операций ТОиР, в том числе операций по устранению отказов и повреждений.

Эксплуатационная технологичность определяется рядом конструктивно-производственных факторов, таких как: доступность, контролепригодность, взаимозаменяемость и др.

Улучшение эксплуатационной технологичности как самостоятельная проблема возникла главным образом в связи со значительным усложнением конструкций ВС и усилением требований в отношении эффективности их использования. Разработка требований по обеспечению эксплуатационной технологичности является одной из важных и сложных задач рассматриваемой проблемы. При ее решении следует иметь в виду, что обеспечение высокого уровня эксплуатационной технологичности ВС часто влечет за собой усложнение их конструкции. Дополнительная индексация, встроенный контроль, автоматизация поиска отказов и повреждений, обеспечение доступности, легкосъемности, взаимозаменяемости и контролепригодности изделий ФС обычно усложняют конструкцию ВС, приводят к увеличению его массы и стоимости. Однако без осуществления этого эффективная эксплуатация ВС становится невозможной.

Процесс эксплуатации ВС сопровождается непрерывным изменением его технического состояния. Необратимые процессы, происходящие в материалах, изменяют свойства деталей, узлов, блоков и условия их работы. Вероятность безотказной работы последних со временем уменьшается, появляются повреждения и отказы.

Конструкции современных ВС, как и всяких сложных машин и технических устройств, не являются равнопрочными. Поэтому замены их агрегатов, узлов, блоков по отработке ресурса и при внезапных отказах производятся в разное время, на разных формах технического обслуживания и этапах подготовки ВС к использованию.

На практике стремятся к максимальному сокращению объемов ТОиР без ущерба, конечно, для показателей безотказности. Однако не везде и не всегда это получается. Наиболее ощутимые результаты достигаются там, где обеспечен высокий уровень эксплуатационной технологичности конструкций ВС, позволяющий запланированные объемы технического обслуживания и текущий ремонт выполнять при наименьших затратах времени, труда и средств.

Между характеристиками безотказности, объемами профилактических работ и показателями эксплуатационной технологичности ВС существует определенная взаимосвязь. Так, для ВС с невысокими характеристиками безотказности агрегатов и узлов требуются большие объемы профилактических работ и, следовательно, более высокий уровень эксплуатационной технологичности. И, наоборот, ВС с идеальными характеристиками безотказности не нуждаются в профилактике, а понятие эксплуатационной технологичности

теряет для них всякий смысл. Однако это крайние случаи. На современном этапе развития техники все сложные машины нуждаются в профилактике, а отдельные их агрегаты, блоки, узлы имеют также и внезапные отказы при эксплуатации, которые требуется своевременно устранять. Следовательно, проблема обеспечения высокого уровня эксплуатационной технологичности конструкций АТ, как и проблема обеспечения их безотказности, имеет исключительно важное значение.

В силу ряда причин вопросы теории и практики эксплуатационной технологичности оказались менее разработаны, нежели вопросы безотказности. Слабо разработан математический аппарат теории эксплуатационной технологичности и совершенно недостаточно исследованы пути обеспечения необходимых эксплуатационно-технических характеристик конструкций ВС на этапах их проектирования и производства. Уровень знаний по этим вопросам не соответствует требованиям научно-технического прогресса в области гражданской авиации.

К числу основных причин сложившегося положения, по-видимому, следует отнести следующие:

во-первых, эксплуатационная технологичность машин как область знаний рождается в настоящее время на стыке науки о конструировании и технологии изготовления и науки о технической эксплуатации машин. А процесс рождения всегда сопряжен с серьезными трудностями методического, теоретического и практического плана в проведении исследований;

во-вторых, в связи с новизной данной проблемы ею заняты еще слишком малые коллективы специалистов;

в-третьих, очень многие конструкторы и технологи промышленности основной упор в работе делают только на обеспечение безотказности агрегатов и узлов и не считают обеспечение высокого уровня эксплуатационной технологичности машин важной задачей. Между тем опыт передовых отечественных предприятий и зарубежных фирм свидетельствует о том, что только совместная проработка задач безотказности и эксплуатационной технологичности при создании машин обеспечивает последующую успешную их эксплуатацию.

С каждым годом эксплуатационная технологичность, рассматриваемая как одна из сторон надежности, привлекает все большее внимание организаций и специалистов, работающих в области проектирования, производства и эксплуатации ВС гражданской авиации. В последнее время разработан и введен в действие ряд нормативно-технических материалов на отраслевом и межотраслевом уровнях, обновлены отдельные государственные стандарты в области Системы ТОиР техники, ее надежности, ремонтпригодности, эксплуатационной технологичности. Накоплен определенный опыт по анализу и оценке эксплуатационной технологичности. Вместе с тем, задачи обоснования нормативов эксплуатационной технологичности, способов задания ее показателей в требованиях на новую АТ, управления эксплуатационной технологичностью ВС на всех этапах жизненного цикла остаются еще до конца не решенными.

Конструкторы и технологи промышленности, работники эксплуатационных предприятий, стремясь к достижению наиболее высоких показателей эксплуатационной технологичности, ищут ответы на эти и другие интересные их вопросы.

Теоретическое исследование эксплуатационной технологичности сложных систем и, в частности, самолетных конструкций может быть выполнено на основе анализа достаточно правдоподобной математической модели. Наиболее естественной с этой точки зрения моделью может служить так называемый процесс восстановления, математический аппарат для изучения которого хорошо развит, а некоторые положения теории восстановления в этом плане стали классическими и приобрели фундаментальную ценность.

Применительно к задачам эксплуатационной технологичности могут успешно использоваться одно- и двумерные процессы восстановления. При этом, говоря об одномерном процессе восстановления, имеется в виду некоторый поток четко выраженных событий (например, моментов начала или окончания ремонта системы) с неотрицательными промежутками времени  $X$  между событиями, распределенными по одному и тому же закону.

В зависимости от обстоятельств указанные события можно называть моментами восстановления или регенерации, хотя, следуя традиции, эти события нужно было бы назвать отказами. Интерпретация времени может быть самой различной. В частности, можно ввести стоимостную интерпретацию непрерывного времени.

Обобщение процесса восстановления достигается введением двумерного процесса или процесса с двумя состояниями, в каждом из которых развивается свой собственный процесс восстановления, а взаимосвязь состояний обеспечивается так называемой вложенной Марковской цепью. Практически это означает, что переход процесса в новое состояние не зависит от его предыстории.

Следующее обобщение, которое также может использоваться, получается путем введения многомерного процесса восстановления с конечным числом состояний и с многомерной вложенной Марковской цепью. Наличие вложенной цепи и неотрицательность отрезков времени в любом случае позволяет дать весьма наглядный графический аналог математической модели многомерного и, в частном случае, двумерного процессов восстановления. Дальнейшее развитие математической модели позволяет найти самые разнообразные характеристики эксплуатационной технологичности. В частности, достаточно строго определяются функция эксплуатационной технологичности и функция потерь, находятся предельные (стационарные) соотношения, такие, как среднее число восстановлений за заданное время и различного рода коэффициенты [6].

При исследовании эксплуатационной технологичности особое внимание уделяется вопросам корреляционного анализа, на основе которого можно оценивать приспособленность конструкции сложной машины к тому или иному заданному режиму обслуживания с учетом характеристик безотказности ее отдельных элементов, агрегатов и узлов.

Основная задача корреляционного анализа – изучение и измерение степени зависимости случайных величин и событий. Для изучения характера влияния одной величины  $X$  на другой  $Y$  необходимы наблюдения или опыты с измерениями значений этих случайных величин.

При корреляционном анализе изучаются зависимости условных средних  $\bar{Y}_X$  от  $X$  или  $\bar{X}_Y$  от  $Y$ . При этом следует иметь в виду, что часто на практике мы имеем дело с изменением величины  $X$ , например, в таком ограниченном интервале, что изменение  $\bar{Y}_X$  в нем достаточно близко отображается отрезком прямой линии. Поэтому в дальнейшем можно условно предполагать, что рассматриваемая функция, которая выражает изменение  $\bar{Y}_X$  в зависимости от  $X$ , является линейной или близкой к ней.

В более сложных случаях, когда, например, функция  $\bar{Y}_X$  от  $X$  нелинейная, требуется определять корреляционное отношение, так как коэффициент корреляции здесь не может служить мерой тесноты связи. При изучении корреляции между случайными функциями в некотором стохастическом процессе определяют функцию корреляции. Однако применительно к простейшим задачам оценки эксплуатационной технологичности в большинстве случаев достаточно только определить коэффициент корреляции.

Коэффициент корреляции обладает следующими основными свойствами.

1. Он может быть как положительным, так и отрицательным числом или равным нулю. При положительной корреляции процесс накопления монотонно растет, пересекая некоторый заданный уровень снизу вверх в единственной точке. При отрицательной корреляции процесс монотонно убывает с ростом  $Y_t$ .

2. Коэффициент корреляции не превышает значения  $\pm 1$ . Если  $r = \pm 1$ , то между  $Y_t$  и  $X_t$  существует точная линейная зависимость.

3. Коэффициент корреляции равен нулю только в случае, когда  $Y_t$  и  $X_t$  независимы.

Рассмотренная нами схема возникновения корреляционной связи между случайными величинами  $Y_t$  и  $X_t$  является простейшей.

## 6.2. Нормирование эксплуатационной технологичности

Одной из сложных задач проблемы эксплуатационной технологичности является задача нормирования ее показателей и, в частности, обобщенных показателей. К числу таких показателей относятся:

- удельная суммарная оперативная продолжительность ТОиР  $K_{OP}$ , представляющая отношение суммарной оперативной продолжительности ТОиР  $t_{oTOиР}$  к налету  $T_C$  за рассматриваемый период;

- удельная суммарная оперативная трудоемкость ТОиР  $K_{OT}$ , представляющая отношение суммарной оперативной трудоемкости ТОиР  $\tau_{oTOиР}$  к налету  $T_C$  за рассматриваемый период;

- вероятность выполнения непланового текущего ремонта (устранение отказа)  $P\{t \leq t_3\}$  за заданное время  $t_3$ .

В ряде случаев могут использоваться и такие показатели, как:

- вероятность успешного выполнения непланового текущего ремонта (устранения отказа) за заданное время в оперативном цикле эксплуатации  $P\{T_{T.P} \leq T_{ЗAD}\}$  при ограниченных трудовых ресурсах  $T_{ЗAD}$ . Здесь  $T_{T.P}$  - случайная величина трудовых затрат на устранение отказа в оперативном цикле эксплуатации ВС;

- вероятность успешного выполнения непланового текущего ремонта (устранения отказа) за заданное время  $P\{Z_{T.P} \leq Z_{ЗAD}\}$  при ограниченных затратах на запасные части  $Z_{ЗAD}$ . Здесь  $Z_{T.P}$  - случайная величина расхода запасных частей на устранение отказов в оперативном цикле эксплуатации.

В основе механизма нормирования показателей эксплуатационной технологичности лежат два основных фактора: заданные значения показателей эффективности процесса технической эксплуатации (ПТЭ) ВС, требуемые значения показателей безотказности и долговечности создаваемых изделий, функциональных систем и ВС в целом. Эти факторы принимаются в качестве исходных при решении задачи нормирования эксплуатационной технологичности. Они предполагают дифференциацию норм, определяют их структуру и формы задания в требованиях на новую технику.

Показатели эффективности ПТЭ для нормирования эксплуатационной технологичности задаются заранее либо определяются путем моделирования для конкретного типа ВС, исходя из обеспечения заданных в требованиях значений показателей более высокого иерархического уровня таких, например, как:

- годовой налет часов на списочное ВС  $T_{ГC}$ ;
- масса пустого ВС  $m_o$ ;
- себестоимость тонно-километра  $C_{Т-км}$ ;
- регулярность отправок (вероятность своевременного вылета с учетом технических причин)  $P_{ТП}$  и др.

Эти показатели становятся известными на ранних стадиях создания ВС и могут быть приняты в качестве основы для дальнейших расчетов показателей эффективности ПТЭ и показателей эксплуатационной технологичности.

Нормирование показателей эксплуатационной технологичности осуществляется путем последовательного решения задач в соответствии со схемой (рис. 6.1) и предусматривает следующие этапы: анализ эффективности и моделирование ПТЭ, анализ эксплуатационной технологичности ВС – аналогов, определение нормативных значений показателей эксплуатационной технологичности, задание показателей в требованиях на новые типы ВС.

Между обобщенными показателями эксплуатационной технологичности и показателями эффективности ПТЭ ВС существуют вполне определенные зависимости. Так, удельную оперативную продолжительность ТОиР можно представить в зависимости от показателей использования ВС  $K_{И}$ , удельной продолжительности ТОиР в цикле восстановления  $K_{П.П.}$ , сезонности перевозок  $K_{СЕЗ}$ :

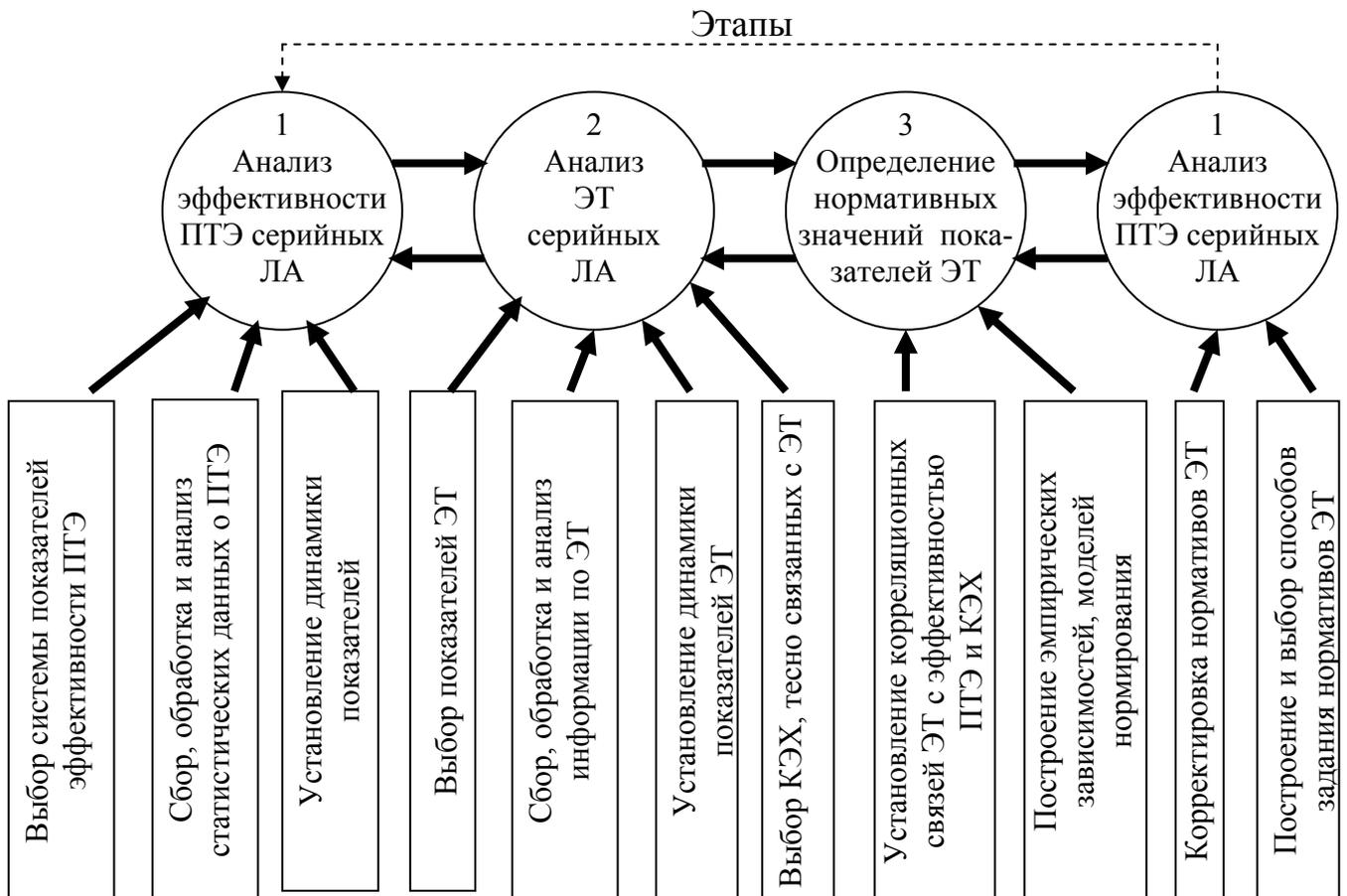
$$K_{O.П.} = f(K_{И}, K_{П.П.}, K_{СЕЗ}).$$

Удельная оперативная трудоемкость ТОиР  $K_{O.T}$  определяется в зависимости от показателя  $K_T$  - удельной суммарной трудоемкости ТОиР, массы пустого ВС  $m_o$ , средней длительности беспосадочного полета  $\bar{t}_{Б.П.}$ .

Удельная стоимость запасных частей и материалов  $K_{O.З.}$ , непосредственно расходуемых при проведении ТОиР, определяется в зависимости от стоимости нового ВС  $C_H$  и удельной стоимости ТОиР  $C_{уд.}$ .

Вероятность устранения отказов (выполнение непланового текущего ремонта) за заданное время  $P_Y\{t \leq t_3\}$  определяется в зависимости от показателей эффективности ПТЭ, такие как регулярность полетов  $P_{П.}$ , заданное (располагаемое) время  $t_3$  для поиска и устранения возникших в полете отказов и повреждений при плановой стоянке ВС в транзитных аэропортах.

Из этих и других подобных зависимостей можно путем моделирования ПТЭ получить соответствующие формулы, которые учитывали бы все основные факторы, влияющие на значения показателей при конструировании и технической эксплуатации ВС. С помощью таких формул с приемлемой для практики точностью в каждом из показателей эффективности ПТЭ определяется та доля, которая приходится непосредственно на эксплуатационную технологичность ВС.



### ЗАДАЧИ

Рис. 6. 1. Основные этапы и задачи нормирования эксплуатационной

технологичности: ЭТ – эксплуатационная технологичность;  
КЭХ – конструктивно-эксплуатационные характеристики

Для определения некоторых из обобщенных показателей, таких, как  $K_{0.п}$ ,  $K_{0.т}$ ,  $K_{0.з}$ , может быть предложен способ, основанный на использовании статистических коэффициентов  $\eta$  [6].

Статистические коэффициенты отражают сложившиеся для ВС – аналогов соотношения между достигнутыми значениями показателей эффективности ПТЭ и эксплуатационной технологичности с учетом фактических уровней безотказности и долговечности конструкций отдельных частей, узлов, агрегатов, а также организационно-технологических характеристик процессов ТОиР ВС в АТБ и на заводах гражданской авиации. Каждый из статистических коэффициентов характеризует долю затрат, которая непосредственно связана с эксплуатационной технологичностью ВС, в общих затратах на проведение ТОиР, определяемых соответствующими показателями эффективности ПТЭ.

Статистические коэффициенты определяются путем обработки и анализа данных, полученных на ряде АТБ и ремонтных заводов ГА по определенным типам ВС – аналогов. Для нормирования принимаются осредненные значения коэффициентов по каждому из показателей.

Установленное значение  $i$ -го статистического коэффициента  $\eta_i$  предлагается принимать постоянным для различных вариантов требуемых значений  $i$ -го показателя эффективности ПТЭ. В данном случае достигается пропорциональное изменение требований к показателям эксплуатационной технологичности и к организационно-технологическим характеристикам процесса ТОиР (рис. 6.2,а).

На рис. 6.2,а показаны исходное 1 и требуемое 2 или  $2^1$  значения  $i$ -го показателя эффективности ПТЭ, а также резервы достижения требуемого значения за счет эксплуатационной технологичности 3 и  $3^1$  и организационно-технологических характеристик процесса ТОиР 4 и  $4^1$  (для вариантов А или Б).

Механизм определения требуемых значений показателей эксплуатационной технологичности в данном случае определяется следующим образом (рис.6.2,б). Задаваясь определенным значением показателя эффективности ПТЭ, для установленного  $\eta$  определяется соответствующее значение искомого показателя технологичности. В общем случае характер зависимости показателей эффективности ПТЭ от показателей эксплуатационной технологичности может быть и нелинейным ( $\eta \neq const$  .). Но это не вносит принципиальных отличий в предложенный механизм нормирования обобщенных показателей эксплуатационной технологичности.

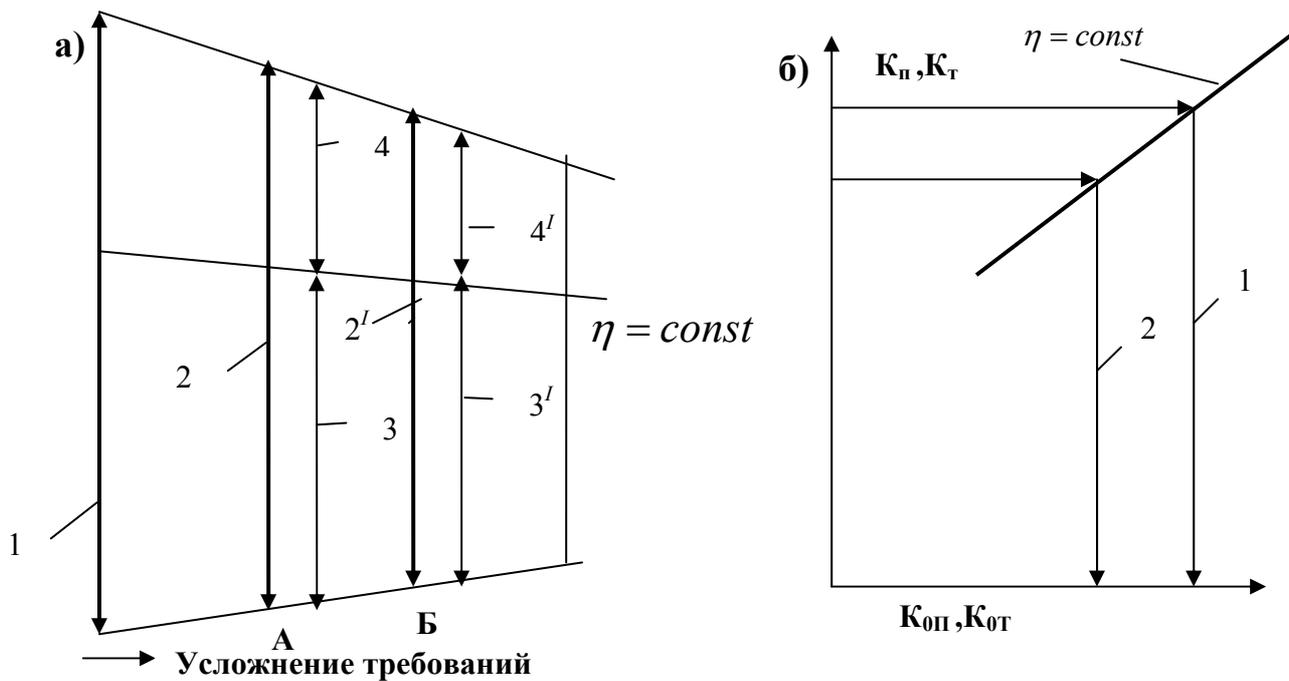


Рис. 6.2. Механизм определения показателей эксплуатационной технологичности по показателям эффективности ПТЭ: 1 – исходный вариант; 2, 2' - улучшенные варианты; 3, 3' - доля эксплуатационной технологичности; 4, 4' – доля организационно-технологических характеристик процесса ТОиР

Для определения коэффициента суммарной удельной оперативной продолжительности ТОиР  $K_{оп}$  используется статистический коэффициент простоев по ТОиР  $\eta_1$

$$\eta_1 = \frac{\sum_{i=1}^K t_{0\text{TOuPi}} \cdot n_i}{\sum_{i=1}^K t_{\text{TOuPi}} \cdot n_i},$$

где  $K$  - суммарное число различных форм ТО и ремонта за время ремонтного цикла  $t_p$ ;  $n_i$  - число  $i$ -х форм ТОиР за  $t_p$ ;  $t_{\text{TOuPi}}$  - удельная суммарная продолжительность ТОиР.

Факторами, определяющими значения  $\eta_1$ , являются: годовой налет на ВС  $T_{ГС}$ , коэффициент исправности  $K_{испр}$ , среднее время устранения отка-

зов  $\overline{t}_y$  (для оперативного цикла эксплуатации), организация процессов ТОиР (сменность работы, условия работы, способы организации труда, организация подготовки производства, организация материально-технического обеспечения и др.), значения межремонтных ресурсов ВС и двигателей. Коэффициент  $\eta_1$  может определяться отдельно для оперативных и периодических форм ТОиР при разных значениях  $T_{г.с}$ .

Для определения суммарной удельной оперативной трудоемкости ТОиР  $K_{от}$  используется статистический коэффициент трудоемкости  $\eta_2$ , определяемый по формуле:

$$\eta_2 = \frac{\sum_{i=1}^K \tau_{0\text{TOuPi}} \cdot n_i}{\sum_{i=1}^K \tau_{\text{TOuPi}} \cdot n_i},$$

Данный коэффициент, аналогично предыдущему, определяется отдельно для оперативных и периодических форм ТОиР

Факторами, определяющими значения коэффициента  $\eta_2$  являются: значения межремонтных ресурсов ВС и двигателей, значения межремонтных ресурсов агрегатов, изделий; интенсивность (параметр потока) отказов, организация процессов ТОиР (для  $\eta_1$ ); средняя наработка на отказ агрегата, изделия.

Статистический коэффициент трудоемкости  $\eta_2$  характеризует соотношение трудоемкостей ТОиР: оперативной, отражающей уровень эксплуатационной технологичности, и общей, отражающей совершенство Системы ТОиР.

Задавшись требуемыми значениями показателей эффективности ПТЭ  $K_{п}$ ,  $K_{т}$  и принятыми значениями статистических коэффициентов  $\eta_1, \eta_2$ , можно (см. рис. 6.2, б) определить потребные нормативные значения показателей эксплуатационной технологичности:

$$K_{0п} = \eta_1 K_{п}; \quad K_{0т} = \eta_2 K_{т}.$$

При нормировании показателя эксплуатационной технологичности  $P_y \{t \leq t_3\}$  влияющего на регулярность отправок (технические причины)  $P_{тп}$ , следует учитывать только свойства самой конструкции ВС, полагая, что

все другие условия (наличие запасных частей и материалов, бригады необходимых специалистов и др.) соблюдены полностью.

Для определения фактических значений  $P_y\{t \leq t_3\}$  при заданных значениях  $t_3$  требуется на основе обработки данных о задержках рейсов, о времени, потребном на устранение отказов и повреждений агрегатов и систем ВС построить (по типам ВС- аналогов) зависимости 1 вида  $P_y\{t \leq t_3\} = f(t)$ , рис. 6.3.

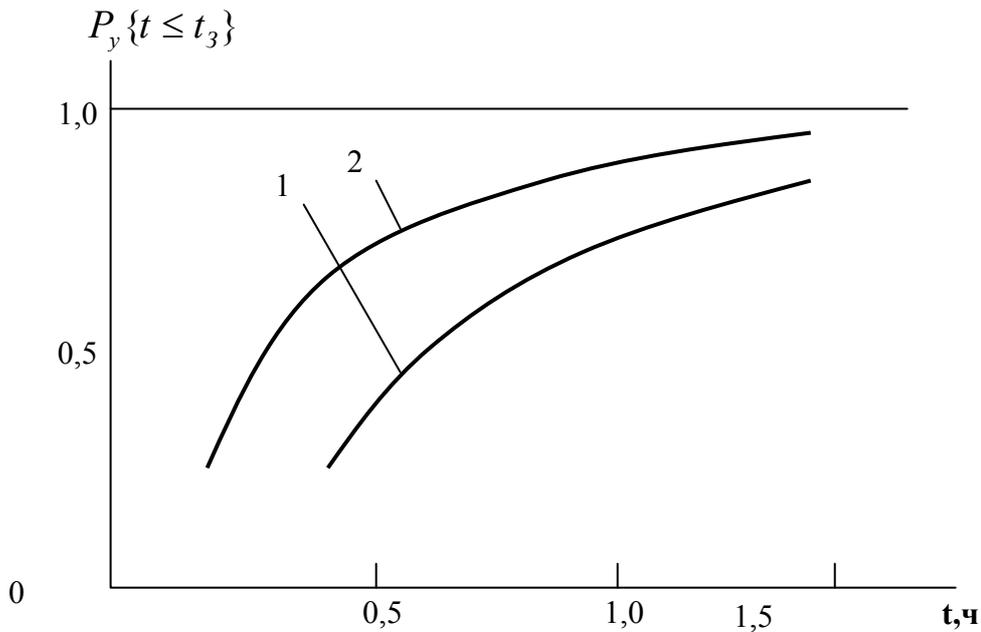


Рис.6.3. Зависимость  $P_y\{t \leq t_3\}$  от общего  $t$  и оперативного  $\overline{t}_y$  времени: 1 – с учетом организационных потерь; 2 – без учета организационных потерь

Далее из значений текущего времени  $t$  следует вычесть ту долю, которая связана с потерями по организационным причинам (отсутствие в нужный момент времени бригады специалистов, запасных частей, инструмента и т.

д.) и построить новые зависимости 2 вида  $P_y\{t \leq t_3\} = f(\overline{t}_y)$ , где  $\overline{t}_y$  - оперативное время поиска и устранения отказов и повреждений. Такие зависимости будут характеризовать непосредственно уровень эксплуатационной технологичности конструкции того или иного типа ВС- аналога. Однако полученные зависимости отражают лишь фактические значения  $P_y\{t \leq t_3\}$ , характеризующие фактический уровень развития отечественной авиационной промышленности, и, естественно, не могут быть приняты как нормативные для вновь создаваемой авиационной техники.

Потребные нормативные значения  $P_y \{t \leq t_3\}$  определяются в зависимости от ряда факторов, в частности от заданных значений  $P_{тп}$ ,  $t_3$ , в том числе времени стоянки  $t_{ст}$ . В свою очередь,  $P_{тп}$  зависит от факторов вероятности безотказной работы агрегатов и изделий ВС в предыдущем полете, а также вероятности наличия в аэропорту посадки свободной бригады необходимых специалистов и запасных частей  $P_{св}$  принимается равным единице ( $P_{св} = 1$ ). При условии, что  $P_{св} = 1$ , потребное время на поиск и устранение отказов и повреждений агрегатов и изделий функциональных систем в оперативном цикле эксплуатации определяется только уровнем эксплуатационной технологичности ВС, а именно: контролепригодностью, доступностью, легкоосъемностью, взаимозаменяемостью и его агрегатов, блоков изделий.

Потребные значения  $P_y \{t \leq t_3\}$  при той или иной заданной величине  $t_3$  достигаются за счет обеспечения соответствующих значений интенсивности восстановления  $\mu = 1 / \overline{t_y}$ , где  $\overline{t_y}$  - среднее оперативное время восстановления, включая и поиск отказа или повреждения. Так, в случае экспоненциального распределения

$$P_y \{t \leq t_3\} = 1 - e^{-\mu t_3}$$

а распределения Эрланга

$$P_y \{t \leq t_3\} = 1 - (1 + 2\mu t_3) e^{-2\mu t_3}.$$

Исходя из приведенных или других подобных им выражений может быть определено нормативное значение показателя в зависимости от потребных значений  $P_{тп}$ ,  $t_{ст}$  и  $t_3$ .

### **6.3. Задание нормативов эксплуатационной технологичности в требованиях на новую авиационную технику**

Важной задачей проблемы эксплуатационной технологичности является задача разработки метода задания в требованиях на новую АТ нормативных значений показателей.

Рассмотрим некоторые аспекты решения этой задачи для части обобщенных показателей применительно к магистральным самолетам гражданской авиации. Суть предлагаемого метода сводится к следующему. По результатам обработки фактических данных о техническом обслуживании и ремонте самолетов различных типов рассчитываются значения рассматриваемых обобщенных показателей эксплуатационной технологичности. Далее с помощью корреляционно-регрессивного анализа находятся зависимости показателей технологичности от некоторых основных характеристик ВС, из-

вестных на ранних стадиях их создания, а также от заданных значений показателей эффективности ПТЭ. Такими характеристиками и показателями могут быть: масса ВС, коммерческая загрузка, стоимость нового ВС, его годовой налет, длительность беспосадочного полета, продолжительность стоянки между полетами и др. Рекомендуемые значения основных показателей эффективности ПТЭ ближних, средних и дальних магистральных самолетов приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

**Рекомендуемые значения основных показателей эффективности ПТЭ по классам самолетов**

Показатели	Класс самолетов		
	БМС	СМС	ДМС
Коэффициент использования $K_{и}$ Годовой налет на списочный самолет $T_{ГСС}$	0,28...0,34 2500...3000	0,34...0,4 3000...3500	0,4...0,52 3500...4500
Коэффициент исправности (среднегодовой) $K_{испр}$	0,82	0,82...0,84	0,84...0,86
Коэффициент технического использования (среднегодовой) $K_{ТИ}$	0,62...0,66	0,66...0,71	0,71...0,8
Удельная продолжительность ТОиР в цикле восстановления $K_{ПП}$	0,6...0,5	0,5...0,4	0,4...0,28
Удельные простои самолета по техническим причинам (ТОиР, доработки, ожидание запасных частей) $K_{ПТП}$	1,0...0,8	0,8...0,6	0,6...0,4
Коэффициент исправности с учетом всех простоев по техническим причинам (среднегодовой) $K_{испр}$	0,71...0,73	0,73...0,76	0,76...0,8
Коэффициент регулярности вылетов $P_{ТИ}$ с учетом задержек по техническим причинам (>15 мин)	0,97	0,98	0,99
Коэффициент готовности $K_{Г}$	10...12	12...15	15...18
Удельная суммарная трудоемкость ТОиР $K_{Т}$	3,5	3,2	3,0
Среднее время плановой стоянки самолета в оперативном цикле эксплуатации $t_{СТ}$ , ч	0,5	0,75	1,0
Наименьшее время плановой стоянки самолета в транзитных аэропортах $t_{СТ.М}$ , ч			

При решении задачи следует исходить из общих тенденций изменения основных показателей эффективности ПТЭ, а также достигнутого уровня эксплуатационной технологичности лучших образцов отечественных и зарубежных самолетов.

Показатель удельной оперативной продолжительности ТОиР самолета в цикле восстановления  $K_{оп.п}$  задается в требованиях в зависимости от таких показателей, как годовой налет на списочный самолет  $T_{гсс}$  удельная продолжительность ТОиР в цикле восстановления  $K_{п.п}$  и статистический коэффициент  $\eta_1$ .

Показатель удельной оперативной продолжительности технического обслуживания (включая неплановый текущий ремонт) в оперативном цикле эксплуатации  $K_{оп.о}$  задается в требованиях на самолет в зависимости от таких показателей, как  $T_{гсс}$ , коэффициента сезонности перевозок  $K_{сез}$ ,  $K_{п.п}$  и статистический коэффициент  $\eta_1$ . При этом коэффициент сезонности определяется как отношение максимального месячного налета на списочный самолет  $T_{мес\max}$  к среднемесячному налету в течение года на списочный самолет  $T_{мес}$ .

Показатель удельной суммарной оперативной продолжительности ТОиР самолета  $K_{оп}$  определяется путем сложения  $K_{опп}$  и  $K_{опо}$ .

Нормативные значения показателей  $K_{оп}$  в часах на 1 час налета для магистральных самолетов при  $K_{сез} = 1,5$  и  $\eta_1 = 0,7$  следующие:

$T_{г.с.с}$ .....	2000	2500	3000	3500	4000	4500
$K_{п.п}$ (не более) ...	0,9	0,67	0,51	0,4	0,32	0,25
$K_{оп}$ , ч/ч налета ...	1,17	0,92	0,67	0,5	0,33	0,21

Показатель удельной оперативной трудоемкости ТОиР самолета в цикле восстановления  $K_{от.п}$  в требованиях на самолет задается в зависимости от массы конструкции самолета  $m_0$  и статистического коэффициента  $\eta_2$ .

Показатель удельной оперативной трудоемкости технического обслуживания и внепланового текущего ремонта самолетов в оперативном цикле эксплуатации  $K_{от.о}$  в требованиях задается в зависимости от таких показателей, как средняя длительность беспосадочного полета  $t_{Б.П.}$ , масса конструкции самолета  $m_0$ , а также статистический коэффициент  $\eta_2$ .

Показатель удельной суммарной оперативной трудоемкости ТОиР самолета  $K_{от}$  определяется как сумма показателей удельной оперативной трудоемкости в циклах использования  $K_{от.о}$  и восстановления  $K_{от.п}$  и задается в требованиях на самолет в табличной форме в зависимости от  $m_0$  и  $t_{Б.П.}$ . В качестве примера в табл. 6.2 приведены нормативные значения показателя  $K_{от}$  в чел.-ч для магистральных самолетов при  $\eta_2 = 0,7$ .

Таблица 6.2

Нормативные значения показателя  $K_{от}$ 

Масса конструкции самолета	$K_{от}$ (чел.-ч / ч налета) при $t_{Б.П.}$ ч				
	2	4	6	8	10
40	6,0	5,2	-	-	-
60	8,1	7,0	-	-	-
80	9,5	8,3	7,9	-	-
100	10,7	9,4	9,0	8,8	-
120	12,1	10,8	10,4	10,2	10,0
140	12,7	11,4	11,0	10,8	10,5

Показатель вероятности устранения отказов за заданное время  $P_y\{t \leq t_3\}$  в требованиях задается в зависимости от нормативных значений вероятности безотказной работы изделий в полете  $P_p(t)$  и требуемого значения показателя регулярности (технические причины)  $P_{т.р.}$ .

Достижение требуемых значений обобщенных показателей ЭТ возможно при условии обеспечения на этапах создания ВС потребных уровней единичных показателей ЭТ: доступности, легкосъемности, взаимозаменяемости, контролепригодности. А это, в свою очередь, достигается при условии выполнения конструкторами и технологами общих рекомендаций по обеспечению эксплуатационно-технических характеристик ВС, содержащихся в «ОТТ ЭТХ ВС ГА».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Общие технические требования к эксплуатационно-техническим характеристикам самолетов и вертолетов гражданской авиации.-М.: МАП-МГА, 1990.
2. Далецкий С.В., Деркач О.Я., Петров А.Н. Эффективность технической эксплуатации самолетов гражданской авиации.-М.: Воздушный транспорт, 2002.
3. Новожилов Г.В., Неймарк М.С., Цесарский Л.Г. Безопасность полета самолета. Концепция и технология.-М.: Машиностроение, 2003.
4. Неймарк М.С., Цесарский Л.Г. «Метод приведения» - метод определения полного перечня функциональных отказов технической системы. Проблемы безопасности полетов. №2, 19.-М.: ВИНТИ, 1994.
5. Арепьев А.Н., Громов А.С., Шапкин В.С. Введение в теорию эксплуатационной живучести авиаконструкций.-М.: МГТУГА, 2000.
6. Смирнов Н.Н., Чинючин Ю.М. Эксплуатационная технологичность ЛА.-М.: Транспорт, 1994.
7. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию.-2-е изд.-М.: Транспорт, 1987.
8. Деркач О.Я. Формирование систем технического обслуживания самолетов при их создании.-М.: Машиностроение, 1994.
9. Далецкий С.В., Деркач О.Я., Петров А.Н. Эффективность технической эксплуатации самолетов гражданской авиации.-М.: Воздушный транспорт, 2002.
10. Петров А.Н. Пути совершенствования эксплуатационной документации отечественных воздушных судов с учетом требований ИКАО и международных стандартов.- «Инженерно-авиационный вестник».-М.: ГССГА, 2000.
11. Поддержание летной годности – основа безопасной эксплуатации воздушных судов.-М.: ГосНИИ ГА, 2002.
12. Смирнов Н.Н. Основы теории технической эксплуатации ЛА. Часть 1. М.: МГТУГА, 2001., Часть 2.- М.: МГТУГА, 2003.
13. Смирнов Н.Н., Чинючин Ю.М., Тарасов С.П. Сохранение летной годности воздушных судов.-М.: МГТУГА, 2004.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. Современное состояние парка воздушных судов гражданской авиации и отечественного авиапрома.....	4
1.1. Состояние парка воздушных судов.....	4
1.2. Характеристика деятельности авиапрома и перспективы его развития.....	9
Глава 2. Этапы развития технической эксплуатации воздушных судов и факторы, сдерживающие ее развитие.....	14
2.1. Основные этапы развития.....	14
2.2. Основные факторы, сдерживающие развитие ТЭ ВС.....	18
Глава 3. Перспективные задачи реформирования технической эксплуатации и роль эксплуатационной науки.....	21
3.1. Содержание задач реформирования.....	21
3.2. Роль эксплуатационной науки.....	23
Глава 4. Проблема совершенствования Системы технического обслуживания и ремонта ВС.....	30
4.1. Содержание Системы технического обслуживания и ремонта.....	30
4.2. Задачи построения современной Системы технического обслуживания и ремонта и ее инфраструктуры.....	36
Глава 5. Проблема обеспечения эксплуатационно-технических характеристик ВС.....	45
5.1. Обеспечение общих технических требований к конструкции ВС.....	45
5.2. Обеспечение требований по безопасности изделий и функциональных систем ВС.....	50
5.3. Обеспечение требований по эксплуатационной живучести конструкций ВС.....	59
Глава 6. Проблема обеспечения эксплуатационной технологичности ВС.....	68
6.1. Предпосылки возникновения и научное содержание проблемы.....	68
6.2. Нормирование эксплуатационной технологичности.....	72
6.3. Задание нормативов эксплуатационной технологичности в требованиях на новую авиационную технику.....	79
Литература.....	82