



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

А.А. Ицкович,
И.А. Файнбург,
Г.Д. Файнбург

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Учебно-методическое пособие
по проведению практических занятий
«Анализ эффективности процессов технической
эксплуатации летательных аппаратов»

для студентов
направления 25.03.01
всех форм обучения

Москва
2019

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ (МГТУ ГА)»**

**Кафедра технической эксплуатации
летательных аппаратов и авиадвигателей
А.А. Ицкович, И.А. Файнбург, Г.Д. Файнбург**

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**Учебно-методическое пособие
по проведению практических занятий
«Анализ эффективности процессов технической
эксплуатации летательных аппаратов»**

*для студентов
направления 25.03.01
всех форм обучения*

Москва
2019

ББК 052-082

И-96

Рецензент:

Найда В.А. – канд. техн. наук, доцент

Ицкович А.А.

И-96 Эффективность процессов технической эксплуатации летательных аппаратов: учебно-методическое пособие по проведению практических занятий «Анализ эффективности процессов технической эксплуатации летательных аппаратов»./ А.А. Ицкович, И.А. Файнбург, Г.Д. Файнбург. – Воронеж: ООО «МИР», 2019. – 40 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Эффективность процессов технической эксплуатации летательных аппаратов» по учебному плану для студентов направления 25.03.01 всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры 12.03.2019 г. и методического совета 03.04.2019 г.

Учебно-методическое пособие издается в авторской редакции.

Подписано в печать 17.04.2019 г.

Формат 60x84/16 Печ.л. 2,5 Усл. печ. л. 2,33

Заказ 461/7946 Тираж 50 экз.

Московский государственный технический университет ГА

125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д.20

Отпечатано ОООР «МИР»

394033, г. Воронеж, Ленинский пр-т 119 А, лит. Я, оф. 215

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Целью проведения практических занятий является овладение научными методами анализа, систематизация и обобщение теоретических знаний, приобретенных при изучении материала по дисциплине «Эффективность процессов технической эксплуатации летательных аппаратов», получение навыков и умений применять теоретические знания к решению практических задач эксплуатации летательных аппаратов.

1.2. Практические занятия включают решение задач анализа эффективности процессов технической эксплуатации (ПТЭ) летательных аппаратов (ЛА).

1.3. Пособие по каждому практическому занятию содержит название темы и цель работы, характеристики объекта, необходимые теоретические сведения по теме, методические указания по выполнению работы. По каждому практическому занятию предусмотрены варианты исходных данных, полученные в результате эксплуатационных наблюдений в Авиапредприятиях гражданской авиации.

Выбор варианта задания производится согласно шифру зачетной книжки по последней цифре. Например, для шифра М82425, вариант № 5. Кроме того преподаватель может выдать обучающимся дополнительные варианты заданий.

1.4. По результатам выполнения каждого практического занятия обучающиеся составляют отчет. Каждый отчет должен содержать тему и цель работы, исходные данные выполненного варианта, результаты расчетов в виде таблиц и графиков, выводы. Результаты расчетов приводятся в табличной форме, при этом, должны быть даны примеры расчетов с подстановкой исходных данных в расчетные формулы. Отчет подписывается обучающимся.

2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1- 4 часа

Тема: Анализ эффективности процесса эксплуатации летательных аппаратов по показателям безотказности ЛА, безопасности и регулярности полетов.

Цель: Практическое освоение методов анализа эффективности ПТЭ ЛА по показателям безотказности ЛА, безопасности и регулярности полетов.

2.1. Объект практического занятия.

Объектом практического занятия являются ПТЭ ЛА авиапредприятия, имеющие иерархическую структуру.

2.2. Техническое задание.

Практическое занятие состоит из ряда заданий.

2.2.1. Изучение основных теоретических сведений (п. 2.3), в том числе иерархической структуры ПТЭ ЛА и системы показателей его эффективности:

привести определения основных понятий – процессный подход, процесс ТЭ ЛА (п. 2.3.1), иерархическая структура ПТЭ ЛА, уровни управления ПТЭ ЛА (п. 2.3.2), эффективность операции, показатель эффективности (п.2.3.3), раскрыть содержание иерархической структуры модели ПТЭ ЛА (п. 2.3.2);

изучить состав системы показателей эффективности ПТЭ ЛА и обосновать выбор показателей безотказности ЛА, безопасности и регулярности полетов (п. 2.3. 3).

2.2.2. Анализ эффективности ПТЭ ЛА по показателям безотказности ЛА, безопасности и регулярности полетов:

сформировать исходные данные для анализа эффективности ПТЭ ЛА по показателям безотказности ЛА, безопасности и регулярности полетов для своего варианта (табл. 2.4);

выполнить оценку показателей безотказности ЛА, безопасности и регулярности полетов по формулам табл. 2.3.

Работа выполняется в соответствии с методическими рекомендациями, приведенными в п. 2.4.

2.3. Основные теоретические сведения.

2.3.1. Основные понятия, термины и определения.

Процессный подход представляет собой применение в Авиапредприятиях системы ПТЭ ЛА совместно с идентификацией этих процессов, их взаимодействием и управлением этими процессами (ГОСТ Р ИСО 9001-2015).

Процесс технической эксплуатации ЛА представляет собой любую деятельность по технической эксплуатации ЛА, использующую ресурсы и управляемую для обеспечения способности превращать входящие элементы в выходящие. Совокупность взаимосвязанных ПТЭ ЛА образует последовательную во времени смену состояний эксплуатации в соответствии с принятой стратегией.

2.3.2. Формирование иерархической структуры модели ПТЭ ЛА.

При построении модели ПТЭ ЛА все этапы эксплуатации объекта следует разбить на *непересекающиеся подмножества* (состояния) $S_i, i = \overline{1, r}$.

С формальной точки зрения выбор $S_i, i = \overline{1, r}$ должен подчиняться единственному условию: события «объект находится в состоянии $S_i, i = \overline{1, r}$ » образуют полную группу событий.

Одним из вариантов выделения состояний $S_i, i = \overline{1, r}$ является разбиение множества всех состояний технической эксплуатации ЛА на группы, в соответствии с порядком среднего времени пребывания в этих состояниях. Пусть, например, такое разбиение имеет вид:

$$S_0 = (s_1, \dots, s_{r_0}), S_1 = (s_{r_0+1}, \dots, s_{r_1}), S_2 = (s_{r_1+1}, \dots, s_{r_2}), S_3 = (s_{r_2+1}, \dots, s_r), \quad (2.1)$$

где S_0, \dots, S_r - время пребывания объекта в состояниях из S_0, S_1 - порядка нескольких часов, в состояниях из S_2 - порядка нескольких суток, из S_3 - порядка нескольких недель и больше.

Исходная структура ПТЭ ЛА (табл. 2.1) сформирована с учетом существующей в системе государственной статистической отчетности формы № 34-ГА «Сведения о календарном времени самолетов, вертолетов». В этой

ситуации совершенно ясно, что какие-либо меры по улучшению ПТЭ ЛА в состояниях групп S_0, S_1 можно обосновать и применить гораздо быстрее, чем соответствующие меры по отношению к группе S_2 или S_3 .

При таком подходе следует строить модели ПТЭ ЛА на разных *уровнях управления* его иерархической структуры следующим образом (табл. 2.2):

$$\begin{aligned}
 0\text{-й уровень } U_0 & - \text{состояния } s_1, \dots, s_{r_0}, \\
 1\text{-й уровень } U_1 & - \text{состояния } S_0, s_{r_0+1}, \dots, s_{r_1}, \\
 2\text{-й уровень } U_2 & - \text{состояния } S_1, s_{r_1+1}, \dots, s_{r_2}, \\
 3\text{-й уровень } U_3 & - \text{состояния } S_1 \cup S_2, s_{r_2+1}, \dots, s_r.
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

Это означает, что

$$U_1 = \{S_0 \cup S_1\}, U_2 = \{S_0 \cup S_1 \cup S_2\}, U_3 = \{S_0 \cup S_1 \cup S_2 \cup S_3\}. \tag{2.3}$$

Тогда иерархическая структура модели ПТЭ ЛА может быть представлена в виде графа состояний и переходов управляемого ПТЭ ЛА (рис. 2.3). Использование приведенных методических рекомендаций по построению модели управления ПТЭ ЛА направлено на повышение его эффективности.

2.3.3. Эффективность ПТЭ ЛА.

В теории эффективности систем формализация цели осуществляется путем введения множества параметров целеполагания Y_{mp} , задающих желаемый (требуемый) результат, который может быть получен путем выполнения определенных действий по преобразованию некоторых ресурсов. Такую совокупность действий называют операцией. Реальный результат операции Y может отличаться от требуемого Y_{mp} .

Эффективность операции есть степень соответствия реального результата требуемому или степень достижения цели операции. Показатель эффективности – мера степени соответствия реального результата операции требуемому и мера достижения цели операции. Целевой подход к управлению процессами ТЭ ЛА позволяет определить главную цель управления и расчлнить ее на ряд подцелей с учетом иерархической структуры процесса эксплуатации ЛА.

Результативность – степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов.

Эффективность – связь между достигнутым результатом и использованными ресурсами.

Главной целью управления ПТЭ ЛА является полное и своевременное удовлетворение потребностей авиапредприятия в исправных, соответствующих нормам летной годности ЛА, обеспечение безопасности и регулярности полетов, интенсивности использования ЛА при минимальных затратах времени, труда и средств на реализацию ПТЭ ЛА.

Таблица 2.1

Структура ПТЭ ЛА

Фонд времени	Парк ЛА (Ф)																																		
	Исправные (И)				Неисправные (Н)																														
Состояния	В рейсе	В ожидании рейса	Освещение вылета	Г	В резерве	М	Простои по метео	А	Техническое обслуживание	Отсутствие запчастей	З	Отсутствие двигателей	Дв	Д	Доработки по бюллетеням	Ж	Восстановление повреждений	В	Продление ресурсов и сроков службы	Пр	Е	Сертификация экзешпьяра ЛА	Л/С	Расследование АП и списание ЛА	Ремонт, списание	Ожидание ремонта	Р	Ремонт	Р	Ж ^д	Рекламация АРЗ	Списание ЛА	С		
			В ожидании вылета	Г	В резерве	М	Простои по метео	А			Не совершавшие полетов															А	ТО	3	Отсутствие запчастей	Дв	Д	Доработки по бюллетеням	Ж	Восстановление повреждений	В
			Освещение вылета	Г	В резерве	М	Простои по метео	А		Не совершавшие полетов	А	ТО	3	Отсутствие запчастей	Дв	Д	Доработки по бюллетеням	Ж	Восстановление повреждений	В	Продление ресурсов и сроков службы	Пр	Е	Сертификация экзешпьяра ЛА		Л/С	Расследование АП и списание ЛА	Ожидание ремонта	Р	Ремонт	Р	Ж ^д	Рекламация АРЗ	Списание ЛА	С
			Освещение вылета	Г	В резерве	М	Простои по метео	А		Не совершавшие полетов	А	ТО	3	Отсутствие запчастей	Дв	Д	Доработки по бюллетеням	Ж	Восстановление повреждений	В	Продление ресурсов и сроков службы	Пр	Е	Сертификация экзешпьяра ЛА		Л/С	Расследование АП и списание ЛА	Ожидание ремонта	Р	Ремонт	Р	Ж ^д	Рекламация АРЗ	Списание ЛА	С
		К	Е	Г	М	А	ТО	3	Дв	Д	Ж	В	Пр	Е	Л/С	Расследование АП и списание ЛА	Ожидание ремонта	Р	Ремонт	Р	Ж ^д	Рекламация АРЗ	Списание ЛА	С											
		U ₀	U ₁										U ₂										U ₃												
		Уровни управления																																	

Условные обозначения: Ф – общий фонд времени парка ЛА, в том числе, фонды времени И – исправных ЛА и Н – неисправных ЛА, КПН- конструктивно-производственные недостатки, АП – авиапроисшествия, АРЗ - авиаремонтный завод.

Иерархическая структура ПТЭ ЛА

Уровни управления		Подмножества состояний ПТЭ ЛА		Состояния ПТЭ ЛА	
U_0	U_1	U_2	U_3	Обозначение	Наименование
+	+	+	+	$S_0 = (s_1 \dots s_{r_0})$	Исправные в рейсе
	+	+		$S_1 = (s_{r_0+1} \dots s_{r_1})$	Исправные в авиапредприятии
	+	+	+	$S_2 = (s_{r_1+1} \dots s_{r_2})$	Неисправные в авиапредприятии
					К
					Л
					Е
					Г
					М
					А
					ТО
					З
					Дв
					Д
					Ж
					В
					Пр
					Э
					Л/С
					Ор
					Р
					Жр
					В рейсе
					в том числе в полете
					Обеспечение вылета
					В резерве
					Простои по метео
					Исправные, не совершавшие полетов
					Техническое обслуживание
					Отсутствие запасных частей
					Отсутствие двигателей
					Доработки по болллетеням
					Рекламации промышленности
					Восстановление поврежденных
					Продление ресурсов и сроков службы
					Сертификация экземпляра ЛА
					Расследование происшествий/ списание
					Ожидание ремонта
					Ремонт
					Рекламации ремонтным заводам

$$S_3 = (s_{r_2+1} \dots s_r)$$

Неисправные в
Центре ТОиР
(АРЗ)

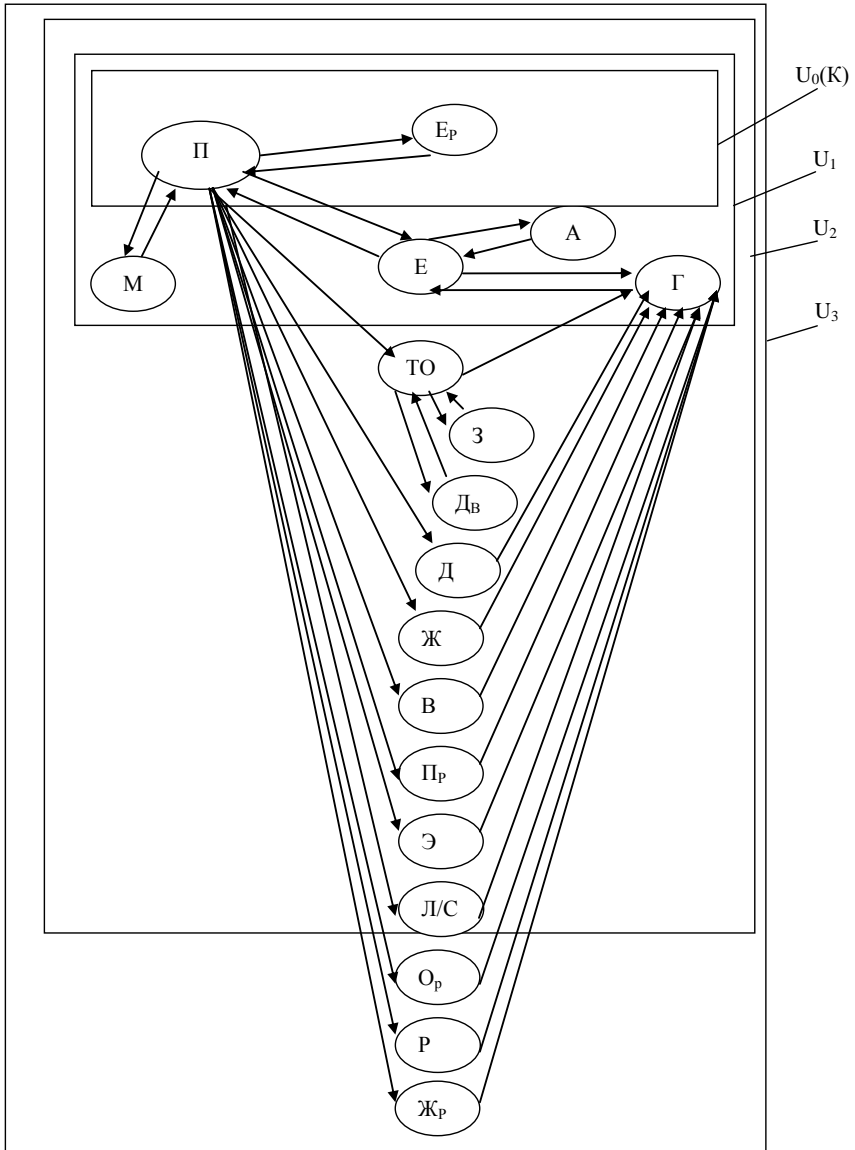


Рис. 2.1. Иерархическая структура модели ПТЭ ЛА: U₀ – нулевой уровень управления (цикл использования по назначению), U₁ – 1-ый уровень управления (оперативный цикл), U₂ – 2-ой уровень управления (периодический цикл), U₃ – 3-ий уровень управления (ремонтный цикл). Обозначения состояний приведены в табл. 2.1.

Степень достижения главной цели управления ПТЭ ЛА характеризуется системой показателей эффективности (табл. 2.3), включающей показатели: безотказности ЛА и безопасности полетов; регулярности отправления ЛА в рейсы; использования ЛА по времени; экономичности ПТЭ ЛА.

Частные показатели P_{ikj} дифференцированно оценивают степень влияния отдельных (частных) причин на эффективность процесса в целом (i -й функциональной системы, по k -й причине, на j -м уровне управления).

Относительные показатели \bar{P} используются для оценки достигнутого уровня эффективности ПТЭ ЛА:

$$\bar{P} = P / P_{\sigma} \text{ , (a) } \quad \bar{P} = P_{\sigma} / P \text{ (b) .} \quad (2.4)$$

где P , P_{σ} - значение оцениваемого и базового показателей, соответственно.

Применяется та формула, по которой значение относительного показателя увеличивается при повышении эффективности ПТЭ ЛА. Например, для показателей $P_j(t)$, K_{ij} используется формула (2.4 а), а для показателей $K_{1000П}$, τ_{ydj} , формула (2.4 б).

2.4. Методические рекомендации по выполнению практических занятий

2.4.1. Вопросы, рекомендуемые к рассмотрению (ПЗ-1).

1. Дайте определения понятий: процессный подход и ПТЭ ЛА.
2. Что понимается под иерархической структурой ПТЭ ЛА?
3. Какие непересекающиеся подмножества состояний выделяются в ПТЭ ЛА?
4. Какие определены уровни управления ПТЭ ЛА?
5. Какие главные цели управления ПТЭ ЛА?
6. Что понимается под эффективностью ПТЭ ЛА?
7. Что такое показатель эффективности ПТЭ ЛА (операции)?
8. Какие виды показателей включает система показателей эффективности ПТЭ ЛА?
9. Какие показатели эффективности ПТЭ ЛА характеризуют безотказность ЛА и безопасность полетов?
10. Какие показатели эффективности процесса ТЭ ЛА характеризуют регулярность отправления ЛА в рейсы?
11. Какие источники информации используются для анализа безотказности ЛА и безопасности полетов?
12. Какие источники информации используются для анализа регулярности отправления ЛА в рейсы?
13. Какие формулы используются для оценки показателей безотказности ЛА и безопасности полетов?
14. Какие формулы используются для оценки показателей регулярности отправления ЛА в рейсы?

Система показателей эффективности ПТЭ ЛА

Наименование показателя	Обозначение показателя	Оценка показателей	
		Расчетные формулы	Исходные данные
1	2	3	4
1. Безотказность ЛА и безопасность полетов			
1.1. Количество отказов, выявленных в полете на 1000 ч налета	$K_{1000п}$	$K_{1000п} = \frac{n_{п} \cdot 1000}{H}$	$n_{п}$ - суммарное количество отказов, выявленных в полете, H - наработка (налет) парка ЛА
1.2. Количество отказов, приведенных к инцидентам на 1000 ч налета	$K_{1000инц}$	$K_{1000инц} = \frac{n_{инц} \cdot 1000}{H}$	$n_{инц}$ - суммарное количество отказов, приведенных к инцидентам, H - наработка (налет) парка ЛА
1.3. Суммарное количество отказов и повреждений, выявленных в полете и на земле на 1000 ч налета	$K_{1000сж}$	$K_{1000сж} = \frac{n_{сж} \cdot 1000}{H}$	$n_{сж}$ - суммарное количество отказов и повреждений, выявленных в полете и на земле
1.4. Нарботка на отказ	T_0	$T_0 = \frac{H}{n_{сж}}$	H - наработка (налет) парка ЛА $n_{сж}$ - суммарное количество отказов и повреждений, выявленных в полете и на земле
1.5. Вероятность не возникновения отказов, приведенных к инцидентам	$P_{инц}(t)$	$P_{инц}(t) = 1 - \frac{n_{инц}}{N_{п}}$	$n_{инц}$ - суммарное количество отказов, приведенных к инцидентам, $N_{п}$ - общее количество полетов
2. Регулярность отправления ЛА в рейсы			
2.1. Вероятность регулярности отправления ЛА в рейсы с учетом задержек по техническим причинам	$P_{рот}(t)$	$P_{рот}(t) = 1 - \frac{n_3(t)}{N_{п}}$	$n_3(t)$ - количество задержек отпращиваний ЛА в рейсы по техническим причинам, $N_{п}$ - общее количество полетов

Продолжение табл.2.3

	2	3	4
2.2. Средняя продолжительность задержки вылета по техническим причинам	$t_{з\text{ ср}}$	$t_{з\text{ ср}} = \frac{t_{з\text{ сум}}}{n_3(t)}$	$t_{з\text{ сум}}$ - суммарное время задержки рейсов, $n_3(t)$ - количество задержек отправлений ЛА в рейсы по техническим причинам
3. Использование ЛА по времени			
3.1 Коэффициент использования на j -м уровне управления	$K_{Иj}$	$K_{Иj} = \frac{H}{T_j}$	H - налет парка ЛА; T_j - календарный фонд времени парка ЛА на j -м уровне управления
3.2. Коэффициент исправности	$K_{Испr j}$	$K_{Испr j} = \frac{t_{Испr j}}{T_j}$	$t_{Испr j}$ - суммарное время пребывания парка ЛА в исправном состоянии на j -м уровне управления
3.3. Удельные простои ЛА по техническим причинам на j -м уровне управления	$K_{Пj}$	$K_{Пj} = \frac{t_{П\text{ сум} j}}{H}$	$t_{П\text{ сум} j}$ - суммарные простои парка ЛА по техническим причинам
3.4. Коэффициент эффективности использования на j -м уровне управления	$K_{ЭИj}$	$K_{ЭИj} = \frac{T_{j-1}}{T_j}$	T_{j-1}, T_j - фонд календарного времени на $j-1, j$ -м уровне управления соответственно
4. Экономичность процессов			
4.1. Удельные трудовые затраты на техническую эксплуатацию ЛА на j -м уровне управления	$\tau_{удj}$	$\tau_{уд} = \frac{\tau_{сумj}}{H}$	$\tau_{сумj}$ - суммарные трудовые затраты на техническую эксплуатацию ЛА на j -м уровне управления
4.2. Удельные материальные затраты на техническую эксплуатацию ЛА на j -м уровне управления	$C_{удMj}$	$C_{удM} = \frac{C_{сумMj}}{H}$	$C_{сумMj}$ - суммарные материальные затраты на техническую эксплуатацию ЛА на j -м уровне управления
4.3. Удельная себестоимость работ по технической эксплуатации ЛА на j -м уровне управления	$C_{удj}$	$C_{уд} = \frac{C_{сумj}}{H}$	$C_{сумj}$ - суммарные затраты на техническую эксплуатацию ЛА на j -м уровне управления

2.4.2. Изучение иерархической структуры ПТЭ ЛА и системы показателей его эффективности:

определение основных понятий – процессный подход, ПТЭ ЛА (п. 2.3.1), иерархическая структура ПТЭ ЛА, уровни управления ПТЭ ЛА (п. 2.3.2), эффективность операции, показатель эффективности (п. 2.3.3);

раскрытие содержания иерархической структуры модели ПТЭ ЛА (п.2.3.2), порядка разбиения множества состояний ПТЭ ЛА на непересекающиеся подмножества (2.1) и определения уровней управления (2.2, 2.3), ознакомление с моделью ПТЭ ЛА в форме графа его состояний и переходов (рис. 2.1);

изучение системы показателей эффективности ПТЭ ЛА и обоснование выбора показателей безопасности полетов и безотказности ЛА (табл. 2.3, п.1), регулярности отправок в рейсы (табл. 2.3, п.2).

2.4.3. Анализ эффективности ПТЭ ЛА.

формирование исходных данных для анализа эффективности ПТЭ ЛА по показателям безотказности ЛА, безопасности и регулярности полетов для своего варианта (табл. 2.4),

оценка показателей безотказности ЛА, безопасности и регулярности полетов по формулам табл. 2.3 (исходные данные в табл. 2.4):

а) показатели безотказности ЛА, безопасности полетов

количество отказов, выявленных в полете на 1000 ч налета $K_{1000л}$ (табл. 2.3, п. 1.1),

количество отказов, приведших к инцидентам на 1000 ч налета $K_{1000инц}$ (табл. 2.3, п. 1.2),

суммарное количество отказов и повреждений, выявленных в полете и на земле на 1000 ч налета $K_{1000сж}$ (табл. 2.3, п. 1.3),

наработка на отказ на j-м уровне управления T_{Oj} (табл. 2.3, п. 1.4),

вероятность не возникновения отказов, приводящих к инцидентам $P_{инц}(t)$ (табл. 2.3, п. 1.4);

б) показатели регулярности полетов

вероятность регулярности отправок ЛА в рейсы с учетом задержек по техническим причинам $P_{P_{om}}(t)$ (табл. 2.3, п. 2.1),

средняя продолжительность задержки вылета по техническим причинам t_{3cp} (табл. 2.3, п. 2.2).

Результаты вычислений представить по форме таблицы 2.5. Сделать выводы о динамике изменения показателей.

Таблица 2.4

Исходные данные для оценки эффективности ПТЭ ЛА по показателям безотказности ЛА, безопасности и регулярности полетов

Вариант №	Тип ЛА	Год	Исходные данные (обозначения в табл. № 2.3)						
			H	N_{II}	n_{II}	$n_{шц}$	$n_{сj}$	$n_3(t)$	$t_{3 сум}$
0	Ил-96-300	1	1645	210	284	3	803	21	126
	Ил-96-300	2	6136	807	983	11	1705	32	185,6
1	Ил-96-300	3	8655	1154	1667	6	2600	40	220
	Ил-96-300	4	13337	1667	2035	13	3294	62	328,6
2	Ил-96-300	5	16054	2006	2120	7	3182	78	413,4
	Ил-96-300	6	17620	2202	2210	8	3215	79	331,8
3	Ил-96-300	7	14445	1805	1789	8	2785	53	212
	Ил-96-300	8	14450	1762	1878	13	3946	36	154,8
4	Ил-96-300	9	15880	1936	1534	14	3184	38	155,8
	Ил-96-300	10	17362	2530	1371	15	2847	67	261,3
5	RRJ-95	1	13750	8345	1017	28	2033	339	708
	RRJ-95	2	56419	34421	6260	66	9656	688	805
6	В-737	1	112020	23605	4040	54	5160	226	359
	В-737	2	145596	50424	5250	58	6701	312	539
7	В-777	1	74328	9504	6605	117	7850	158	230
	В-777	2	79020	10176	7085	77	8344	141	200
8	А-320	1	248498	114324	12900	137	16595	880	1504
	А-320	2	257304	115356	13438	126	17283	645	935
9	А-321	1	128844	48636	4840	72	6200	369	520
	А-321	2	134784	47616	5066	90	6411	295	560

Таблица 2.5

Показатели безотказности ЛА, безопасности и регулярности полетов

Вариант	Тип ВС	Год	K_{1000II}	$K_{1000шц}$	K_{1000Cj}	T_{Oj}	$P_{шц}(t)$	$P_{Pom}(t)$	t_{3cp}

2.4.4. Анализ распределения отказов и повреждений (подтвердившихся, не подтвердившихся) по функциональным системам ЛА и способам устранения

По исходным данным, приведенным в табл. 2.6, выполнить оценку частных показателей безотказности ЛА- количество отказов на 1000 ч налета K_{1000ji}^{lk} для j -го уровня управления (в полете, суммарно в полете и на земле), для i -й функциональной системы, по l -му признаку (заявленных, подтвердившихся, не подтвердившихся), при k -м способе устранения (устранены на ЛА, сняты с ЛА, сняты с эксплуатации) по формуле

$$K_{1000ji}^{1k} = \frac{n_{ji}^{1k} 1000}{H}, \quad (2.4)$$

Варианты выбрать по последней цифре зачетной книжки, с учетом годового налета H , ч по табл. 2.7.

Результаты расчетов представить в таблице по форме табл. 2.8. Построить гистограммы распределения показателей $K_{1000ji}^{1k}(t)$ по функциональным системам, способам устранения, признаку подтверждения для отказов и повреждений, выявленных в полете и суммарно (в полете и на земле).

2.4.5. Оформить отчет по практическому занятию в соответствии с требованиями, приведенными в п. 1.4.

3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2 – 8 часов

Тема: Анализ эффективности процесса технической эксплуатации летательных аппаратов по показателям эффективности использования ЛА по времени.

Цель: Практическое освоение методов анализа эффективности ПТЭ ЛА по показателям эффективности использования ЛА по времени.

3.1. Объект лабораторной работы.

Объектом лабораторной работы являются ПТЭ парка ЛА авиапредприятия, имеющие иерархическую структуру.

3.2. Техническое задание

Лабораторная работа состоит из ряда заданий.

3.2.1. Изучение основных теоретических сведений (п. 2.3) и обоснование иерархической структуры ПТЭ ЛА и системы показателей его эффективности:

определение основных понятий – процессный подход, ПТЭ ЛА, (п. 2.3.1) иерархическая структура ПТЭ ЛА, уровни управления ПТЭ ЛА (п. 2.3.2), эффективность операции, показатель эффективности (п. 2.3.3);

формирование иерархической структуры модели ПТЭ ЛА (п. 2.3.2),

выбор показателей эффективности использования ЛА по времени (п. 2.3.3);

3.2.2. Оценка показателей эффективности использования ЛА по времени (табл. 2.3, п. 3):

формирование исходных данных по табл. 3.1, 3.2 для оценки показателей эффективности использования ЛА по времени (табл. 2.3, п. 3),

оценка коэффициента использования ЛА по времени K_{ij} по формуле табл. 2.3, п. 3.1 по календарным периодам (месяц, квартал, год),

оценка коэффициента исправности ЛА $K_{испj}$ по формуле табл. 2.3, п.

3.2,

оценка удельных простоев ЛА по техническим причинам $K_{пj}$ по формуле табл. 2.3, п. 3.3 для своего варианта.

3.2.3. Анализ эффективности ПТЭ ЛА по показателям эффективности использования ЛА по времени (табл. 2.3 п.3):

формирование исходных данных для анализа эффективности ПТЭ ЛА по показателям эффективности использования ЛА по времени для своего варианта (табл. 3.3);

оценка показателей эффективности использования ЛА по времени по формулам табл. 2.3, п. 3 для исходного варианта;

определение фондов времени непересекающихся подмножеств ЛА и накопленных по уровням управления иерархической структуры ПТЭ ЛА (табл. 2.2);

моделирование показателей эффективности использования ЛА по времени $K_{III} = J_l, l = \overline{0,3}$ и $K_{ЭИ} = I_l, l = \overline{0,3}$ и определение зависимостей коэффициентов использования $J_l(J), l = \overline{0,3}$ и коэффициентов эффективности использования ЛА $I_l(J), l = \overline{0,3}$ от абсолютного коэффициента использования $J = J_3$;

построение зависимостей коэффициентов использования $J_l(J), l = \overline{0,3}$ и коэффициентов эффективности использования ЛА $I_l(J), l = \overline{0,3}$ от абсолютного коэффициента использования $J = J_3$.

Практическое занятие выполняется в соответствии с методическими рекомендациями, приведенными в п. 3.3.

3.3. Методические рекомендации по выполнению практического занятия

3.3.1. Вопросы, рекомендуемые к рассмотрению (ПЗ-2)

1. Дайте определения понятий: процессный подход и ПТЭ ЛА.
2. Что понимается под иерархической структурой ПТЭ ЛА?
3. Какие непересекающиеся подмножества состояний выделяются в ПТЭ ЛА?
4. Какие определены уровни управления ПТЭ ЛА?
5. Что понимается под эффективностью ПТЭ ЛА?
6. Какие виды показателей включает система показателей эффективности ПТЭ ЛА?
7. Какие показатели эффективности ПТЭ характеризуют использование ЛА по времени?
8. Что характеризуют коэффициент использования и коэффициент эффективности использования ЛА?
10. Какие источники информации используются для анализа эффективности использования ЛА?
11. Как осуществляется моделирование показателей эффективности использования ЛА?

Таблица 2.6

Распределение отказов и повреждений по функциональным системам самолета Ил96-300 Авиакомпании за один год (варианты заданий в табл. 2.7)

Функциональные системы	Заявлены отказы и повреждения		Подтверждены отказы и повреждения		Способ устранения отказов и повреждений				
	всего, n_{ci}	в полете, n_{Pi}	всего, n_{ci}^p	в полете, n_{Pi}^p	устранены на ЛА, n_{Pi}^y	сняты с ЛА, n_{Pi}^{cl}	сняты с эксплуатации, $n_{Pi}^{cэ}$	не подтверждены, n_{Pi}^H	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
021 - Кондиционирование воздуха	317	215	157	94	176	152	92	140	
022 – Автоматическое управление полетом	664	520	281	219	430	284	54	429	
023 – Связное оборудование	202	123	129	77	48	168	2	78	
024 – Система электроснабжения	113	58	65	32	65	51	23	47	
025 – Бытовое оборудование	149	86	109	64	67	83	8	31	
026 – Противопожарное оборудование	29	4	20	3	7	24	10	9	
027 – Управление самолетом	249	184	74	49	192	60	30	161	
028 – Топливная система	63	36	37	19	49	18	0	28	
029 – Гидравлическая система	164	112	146	99	84	84	31	19	
030 – Противообледенительная система	124	86	87	60	89	47	18	42	
031 - Приборное оборудование	158	91	96	56	79	81	6	56	
032 – Шаши	106	53	82	41	54	54	37	23	
033 - Светотехническое оборудование	349	46	338	42	266	87	12	13	
034 – Пилотажно-навигационное оборудование	134	96	70	45	38	104	9	71	
035 - Кислородное оборудование	12	2	11	2	1	11	0	1	

Продолжение табл. 2.6

I	2	3	4	5	6	7	8	9
038 – Водоснабжение и удаление отходов	29	14	21	11	20	9	6	7
049 – Вспомогательная силовая установка	78	9	29	4	58	22	5	49
052 – Двери, люки, створки	107	70	72	47	107	0	0	31
053 – Фюзеляж	17	1	14	1	17	0	0	3
054 – Гандолы, двигатели и пилоны	10	1	10	1	10	0	0	0
055 – Оперение	16	4	14	3	16	0	0	2
056 – Фонарь, окна	43	29	36	24	36	7	4	6
057 – Крыло	38	5	33	3	38	0	1	5
072 – Двигатель	234	60	131	25	194	40	25	88
073 - Топливная двигатель двигателя	231	48	161	25	194	40	29	65
075 – Система отбора воздуха	2	1	1	1	1	1	0	1
076 – Система управления двигателем	9	4	5	3	9	0	0	4
077 – Приборы контроля двигателя	420	136	213	60	169	264	50	196
079 – Масляная система	2	0	0	0	2	0	0	2
080 - Система запуска двигателя	53	2	10	0	48	5	3	43
110 – Радиоаппаратура самолетовождения	210	148	142	103	35	198	18	85
113 – Аппаратура опознания и ответа	64	31	31	12	17	55	3	36
142 – Регистрация полетных данных	312	177	183	116	76	249	27	121
144 – Комплекс самолетного ПНО	146	106	98	66	38	117	3	53
Всего	4854	2558	2906	1407	2730	2315	506	1945

Таблица 2.7.

Варианты заданий к табл.2.6

Вариант №	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Налет, ч	17632	17900	16890	16450	17340	18180	16230	18890	15880	18895	17990

3.3.3. Оценка показателей эффективности использования ЛА по времени (табл. 2.3, п. 3), результаты расчетов представить в табл. 3.2 и построить гистограмму $K_{Иj}$ по календарным периодам (месяц, квартал, год):

а) формирование исходных данных по табл. 3.1, 3.2 для оценки коэффициента использования ЛА по времени для своего варианта (табл. 2.3, п.3.1);

оценка коэффициента использования ЛА по календарным периодам (месяц, квартал, год);

б) оценка коэффициента исправности ЛА $K_{испрj}$, $j = \overline{1,3}$ по формуле табл. 2.3, п. 3.2, (варианты заданий приведены в табл. 3.3.) где

$$K_{испрj} = \frac{t_{испрj}}{T_j},$$

где $t_{испрj}$ - суммарное время пребывания парка ЛА в исправном состоянии на j -м уровне управления

T_j - календарный фонд времени парка ЛА на j -м уровне управления

$$t_{испр1} = T_K + T_\Gamma + T_M + T_A,$$

$$T_1 = T_K + T_\Gamma + T_M + T_A + T_E$$

где $T_K, T_E, T_\Gamma, T_A, T_M$ - время пребывания в состояниях К, Е, Г, А, М (табл.3.3);

$$K_{испр1} = \frac{t_{испр1}}{T_1}$$

$$T_2 = T_1 + T_{ТО} + T_3 + T_{ДВ} + T_D + T_{Ж} + T_L + T_B,$$

где $T_{ТО}, T_3, T_{ДВ}, T_D, T_{Ж}, T_L, T_B$ - время пребывания в состояниях ТО, 3, Дв, Д, Ж, Л, В (табл.3.3);

$$K_{испр2} = \frac{t_{испр1}}{T_2},$$

$$T_3 = T_2 + T_{ОР} + T_P + T_{ЖР} + T_C,$$

где $T_{ОР}, T_P, T_{ЖР}, T_C$ - время пребывания в состояниях ОР, Р, ЖР, С (табл.3.3).

$$K_{испр3} = \frac{t_{испр1}}{T_3};$$

в) оценка удельных простоев ЛА по техническим причинам $K_{Пj}$, $j = \overline{0,3}$ с учетом иерархической структуры ПТЭ ЛА по формуле табл. 2.3, п. 3.3 для своего варианта (табл. 3.3)

Удельные простои ЛА по техническим причинам на j -м уровне управления (табл.3, п.3.3),

$$K_{Пj} = \frac{t_{П сумj}}{H},$$

где $t_{П сумj}$ - суммарные простои парка ЛА по техническим причинам; H - налет парка ЛА .

$$t_{П сум0} = t_k - H,$$

$$\begin{aligned}
 t_{\text{ПСУМ1}} &= t_{\text{ПСУМ0}} + T_{\Gamma} + T_{\text{М}} + T_{\text{А}} + T_{\text{Е}}, \\
 t_{\text{ПСУМ2}} &= t_{\text{ПСУМ1}} + T_{\text{ТО}} + T_{\text{З}} + T_{\text{ДВ}} + T_{\text{Д}} + T_{\text{Ж}} + T_{\text{В}} + T_{\text{ПР}} + T_{\text{С}}, \\
 t_{\text{ПСУМ3}} &= t_{\text{ПСУМ2}} + T_{\text{ОР}} + T_{\text{Р}} + T_{\text{ЖР}}. \\
 K_{\text{П0}} &= \frac{t_{\text{ПСУМ0}}}{H}, \quad K_{\text{П1}} = \frac{t_{\text{ПСУМ1}}}{H}, \\
 K_{\text{П2}} &= \frac{t_{\text{ПСУМ2}}}{H}, \quad K_{\text{П3}} = \frac{t_{\text{ПСУМ3}}}{H}.
 \end{aligned}$$

3.3.4. Анализ эффективности ПТЭ ЛА по показателям эффективности использования ЛА по времени (табл. 2.3 п.3):

сформировать исходные данные для анализа эффективности ПТЭ ЛА по показателям эффективности использования ЛА по времени для своего варианта по табл. 3.3 и представить их в форме этой таблицы, показать уровни управления U_0, U_1, U_2, U_3 , как в табл. 2.2;

Определить фонды времени (простои) непересекающихся подмножеств ЛА: исправных в рейсе T_0 , исправных в авиапредприятии T_1 , неисправных в авиапредприятии T_2 , неисправных в Центре технического обслуживания и ремонта (авиаремонтном заводе) T_3 по формулам (табл. 2.2)

$$T_0 = T_{\text{К}} - H,$$

где $T_{\text{К}}$ - время пребывания в рейсе,

$$T_1 = T_{\text{К}} + T_{\Gamma} + T_{\text{М}} + T_{\text{А}} + T_{\text{Е}},$$

где $T_{\text{К}}, T_{\Gamma}, T_{\text{М}}, T_{\text{А}}, T_{\text{Е}}$ - время пребывания в состояниях К, Г, М, А, Е (табл. 3.3),

$$T_2 = T_1 + T_{\text{ТО}} + T_{\text{З}} + T_{\text{ДВ}} + T_{\text{Д}} + T_{\text{Ж}} + T_{\text{Л}} + T_{\text{В}},$$

где $T_{\text{ТО}}, T_{\text{З}}, T_{\text{ДВ}}, T_{\text{Д}}, T_{\text{Ж}}, T_{\text{Л}}, T_{\text{В}}$ - время пребывания в состояниях ТО, З, ДВ, Д, Ж, Л, В (табл. 3.3),

$$T_3 = T_2 + T_{\text{ОР}} + T_{\text{Р}} + T_{\text{ЖР}}, + T_{\text{С}},$$

где $T_{\text{ОР}}, T_{\text{Р}}, T_{\text{ЖР}}, T_{\text{С}}$ - время пребывания в состояниях ОР, Р, ЖР, С (табл. 3.3).

Определить сумму простоев

$$T_{\Sigma} = T_0 + T_1 + T_2 + T_3.$$

Определить коэффициенты простоев в непересекающихся подмножествах состояний по формулам:

$$\begin{aligned}
 K_0 &= \frac{T_0}{T_{\Sigma}}, & K_1 &= \frac{T_1}{T_{\Sigma}}, \\
 K_2 &= \frac{T_2}{T_{\Sigma}}, & K_3 &= \frac{T_3}{T_{\Sigma}}.
 \end{aligned}$$

Определить фонды времени, накопленные по уровням управления иерархической структуры процесса ТЭ ЛА: исправных в рейсе T_{U_0} , исправных в рейсе и исправных в авиапредприятии T_{U_1} , исправных в рейсе, исправных в авиапредприятии и неисправных в авиапредприятии T_{U_2} , исправных в рейсе, исправных в авиапредприятии, неисправных в

авиапредприятия и неисправных в Центре технического обслуживания и ремонта (авиаремонтном заводе) T_{U_3} (табл.2.2) по формулам

$$T_{U_0} = T_K, \quad T_{U_1} = T_{U_0} + T_1,$$

$$T_{U_2} = T_{U_1} + T_2, \quad T_{U_3} = T_{U_2} + T_3.$$

Выполнить оценку показателей эффективности использования ЛА по времени для исходного варианта по формулам (табл. 3, п. 3)

а) коэффициенты использования (табл.3, п.3.1)
по уровням управления

$$J_0 = \frac{H}{T_{U_0}}, \quad J_1 = \frac{H}{T_{U_1}},$$

$$J_2 = \frac{H}{T_{U_2}}, \quad J_3 = \frac{H}{T_{U_3}}.$$

абсолютный коэффициент использования $J = \frac{H}{\Phi} = J_3$;

б) коэффициенты эффективности использования (табл. 3, п.3.4)

$$I_0 = \frac{H}{T_{U_0}}, \quad I_1 = \frac{T_{U_0}}{T_{U_1}},$$

$$I_2 = \frac{T_{U_1}}{T_{U_2}}, \quad I_3 = \frac{T_{U_2}}{T_{U_3}}.$$

Внести результаты расчетов в табл. 3.4.

3.3.8. Моделирование показателей эффективности использования ЛА по времени $K_{III} = J_l, l = \overline{0,3}$ и $K_{ЭIII} = I_l, l = \overline{0,3}$:

а) зафиксировать значение общего фонда времени Φ ;

б) задать значения абсолютного коэффициента использования для вариантов моделирования $J_l = \overline{0,1;0,6}$ с интервалом 0,05;

в) для каждого значения $J_l = \overline{0,1;0,6}$ определить

налет парка ЛА $H_l = \Phi J_l$,

суммарные простои $T_{\Sigma l} = \Phi - H_l$;

простои в непересекающихся подмножествах состояний

$$T_{0l} = K_0 T_{\Sigma l}, \quad T_{1l} = K_1 T_{\Sigma l},$$

$$T_{2l} = K_2 T_{\Sigma l}, \quad T_{3l} = K_3 T_{\Sigma l}.$$

г) определить фонды времени, накопленные по уровням управления иерархической структуры процесса ТЭ ЛА для моделируемых вариантов

$$T_{U_0l} = T_{0l} + H_l, \quad T_{U_1l} = T_{U_0l} + T_{1l},$$

$$T_{U_2l} = T_{U_1l} + T_{2l}, \quad T_{U_3l} = T_{U_2l} + T_{3l}.$$

д) определить коэффициенты использования для моделируемых вариантов

$$J_{0l} = \frac{H_l}{T_{U_0l}}, \quad J_{1l} = \frac{H_l}{T_{U_1l}},$$

$$J_{2l} = \frac{H_l}{T_{U_2l}}, \quad J_{3l} = \frac{H_l}{T_{U_3l}}.$$

е) определить коэффициенты эффективности использования для моделируемых вариантов

$$I_{0l} = \frac{H_l}{T_{U_0l}}, \quad I_{1l} = \frac{T_{U_0l}}{T_{U_1l}},$$

$$I_{2l} = \frac{T_{U_1l}}{T_{U_2l}}, \quad I_{3l} = \frac{T_{U_2l}}{T_{U_3l}}.$$

Внести результаты расчетов в табл. 3.4.

3.3.9. Определить зависимости коэффициентов использования $J_l(J), l = \overline{0,3}$ и коэффициентов эффективности использования ЛА $I_l(J), l = \overline{0,3}$ от абсолютного коэффициента использования $J = J_3$.

3.3.10. Построить зависимости коэффициентов использования $J_l(J), l = \overline{0,3}$ и коэффициентов эффективности использования ЛА $I_l(J), l = \overline{0,3}$ от абсолютного коэффициента использования $J = J_3$.

3.3.11. Оформить отчет по практическому занятию в соответствии с требованиями, приведенными в п. 1.4

Таблица 3.5
 Распределение фонда времени парка RRJ-95 Авиапредприятия за ** квартал **** года (исходные данные для примера расчета и моделирования показателей эффективности использования ЛА)

Тип ВС	Период	Исправные										Неисправные									
		Категорное время ВС всего парка, самолето-часов	Всего	В рейсе	Налет*	Обеспечение вылета в базовом аэропорту	В резерве	Простои по метеусловиям и запретам полетов	Не совершавшие полетов	На ТО	Отсутствие ЗПЧ	Отсутствие АД	Доработки по б/длетам	Рекламации промышленности	Восстановление повреждений	Продление ресурсов и сроков службы	Сертификация экзмпляра ЛА	Расследование АИ/списание	Ожидание ремонта	В ремонт	Рекламации в адрес Ремзаводов ЛА
Обозначения		И	И	К	Н	Е	Г	М	А	ТО	З	Д	Ж	В	П	Э	Л/С	О	Р	Ж	
RRJ-95	*** кв.	44093	12937	8511	6173	2646	168	3038	2879	2270	-	-	-	13982	-	-	-	-	-	-	
		U0																			
Уровни управления		U1 (без учета *)																			
		U2																			
		U3																			

Таблица 3.6.
 Пример расчета и моделирования показателей эффективности использования парка самолетов RRJ-95 Авиакомпанияи
 за ** квартал **** года

J	K ₀		K ₂		K ₃		T _γ	H	Φ	I ₀	I ₁	I ₂	I ₃	J ₀	J ₁	J ₂	J ₃
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₃	0											
J_{факт} 0,19	17587	51979	79052	0	148618	33821	182439	0,66	0,50	0,57	1	0,66	0,33	0,19	0,19	0,19	0,19
0,10	19703,41	57468,29	87023,40	0	164195,10	18243,90	182439	0,48	0,40	0,52	1	0,48	0,19	0,10	0,10	0,10	0,10
0,15	18608,78	54275,60	82188,77	0	155073,15	27365,85	182439	0,60	0,46	0,55	1	0,60	0,27	0,15	0,15	0,15	0,15
0,20	17514,14	51082,92	77354,14	0	145951,20	36487,80	182439	0,68	0,51	0,58	1	0,68	0,35	0,20	0,20	0,20	0,20
0,25	16419,51	47890,24	72519,50	0	136829,25	45609,75	182439	0,74	0,56	0,60	1	0,74	0,41	0,25	0,25	0,25	0,25
0,30	15324,88	44697,56	67684,87	0	127707,30	54731,70	182439	0,78	0,61	0,63	1	0,78	0,48	0,30	0,30	0,30	0,30
0,35	14230,24	41504,87	62850,24	0	118585,35	63853,65	182439	0,82	0,65	0,66	1	0,82	0,53	0,35	0,35	0,35	0,35
0,40	13135,61	38312,19	58015,60	0	109463,40	72975,60	182439	0,85	0,69	0,68	1	0,85	0,59	0,40	0,40	0,40	0,40
0,45	12040,97	35119,51	53180,97	0	100341,45	82097,55	182439	0,87	0,73	0,71	1	0,87	0,64	0,45	0,45	0,45	0,45
0,50	10946,34	31926,83	48346,34	0	91219,50	91219,50	182439	0,89	0,76	0,74	1	0,89	0,68	0,50	0,50	0,50	0,50
0,55	9851,71	28734,14	43511,70	0	82097,55	100341,45	182439	0,91	0,79	0,76	1	0,91	0,72	0,55	0,55	0,55	0,55
0,60	8757,07	25541,46	38677,07	0	72975,60	109463,40	182439	0,93	0,82	0,79	1	0,93	0,76	0,60	0,60	0,60	0,60

4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3 - 4 часа

Тема: Анализ эффективности процесса технической эксплуатации летательных аппаратов по показателям его экономичности.

Цель: Практическое освоение методов анализа эффективности ПТЭ ЛА по показателям их экономичности.

4.1. Объект лабораторной работы.

Объектом лабораторной работы являются ПТЭ парка ЛА авиапредприятия, имеющие иерархическую структуру.

4.2. Техническое задание.

Лабораторная работа состоит из следующих заданий:

4.2.1. Изучение теоретических сведений (п. 2.3) и рассмотрение иерархической структуры ПТЭ ЛА и системы показателей его эффективности (п. 2.3.2)

рассмотрение иерархической структуры ПТЭ ЛА подмножеств непересекающихся состояний (табл. 3.2) и уровней управления процессом ТЭ ЛА (табл. 2.1, 2.2, рис. 2.1),

выбор показателей экономичности ПТЭ ЛА (табл. 2.3, п. 4) для подмножеств непересекающихся состояний и уровней управления ПТЭ ЛА.

4.2.2. Анализ распределения эксплуатационных расходов для ЛА отечественного и иностранного производства (табл. 4.1),

сравнительная характеристика эксплуатационных расходов для ЛА отечественного и иностранного производства (табл. 4.1).

4.2.3. Оценка показателей экономичности ПТЭ ЛА (табл. 2.3, п. 4) для подмножеств непересекающихся состояний и уровней управления ПТЭ ЛА (табл. 2.1, 2.2, рис. 2.1)

формирование исходных данных по табл. 4.2- 4.4 для оценки показателей экономичности ПТЭ ЛА (табл. 2.3, п. 4) по трудовым затратам для подмножеств непересекающихся состояний и уровней управления ПТЭ ЛА,

формирование исходных данных по табл. 4.3, 4.4 для оценки показателей экономичности ПТЭ ЛА (табл. 2.3, п. 4) по материальным затратам (себестоимости) для подмножеств непересекающихся состояний и уровней управления ПТЭ ЛА,

исходные данные по табл. 4.3, 4.4 формируются следующим образом
оценка обобщенных показателей экономичности ПТЭ ЛА (табл. 2.3, п. 4):
оценка удельных трудовых затрат на техническую эксплуатацию ЛА за год на j-м уровне управления по формуле табл. 2.3, п. 4.1,

оценка удельных материальных затрат на техническую эксплуатацию ЛА за год на j-м уровне управления формуле табл. 2.3, п. 4.2,

оценка удельной себестоимости работ по технической эксплуатации ЛА за год на j-м уровне управления по формуле табл. 2.3, п. 4.3 для своего варианта.

4.2.4. Анализ эффективности ПТЭ ЛА по показателям его экономичности (табл. 2.3 п.4).

формирование исходные данные для анализа эффективности ПТЭ ЛА по частным показателям экономичности для своего варианта (табл. 4.3-4.4), оценка частных показателей экономичности ПТЭ ЛА и представление результатов в табл. 4.5- 4.6,

построение гистограмм показателей экономичности ПТЭ ЛА по данным табл. 4.5- 4.6.

Работа выполняется в соответствии с методическими рекомендациями, приведенными в п. 4.3.

4.3. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы

4.3.1. Вопросы, рекомендуемые к рассмотрению (ПЗ-3)

1. Дайте определения понятия ПТЭ ЛА.

2. Что понимается под иерархической структурой ПТЭ ЛА?

3. Какие непересекающиеся подмножества состояний выделяются в ПТЭ ЛА?

4. Какие определены уровни управления ПТЭ ЛА?

5. Какие главные цели управления ПТЭ ЛА?

6. Какие виды показателей включает система показателей эффективности ПТЭ ЛА?

7. Какие показатели эффективности ПТЭ ЛА характеризуют экономичность процессов?

8. Что понимается под экономичностью ПТЭ ЛА?

9. Что такое показатель экономичности ПТЭ ЛА?

10. Какие источники информации используются для анализа экономичности ПТЭ ЛА?

11. Что представляют собой частные показатели эффективности ПТЭ ЛА?

12. Какие формулы используются для оценки показателей экономичности ПТЭ ЛА?

4.3.2. Рассмотрение иерархической структуры ПТЭ ЛА и системы показателей его эффективности

рассмотрение иерархической структуры ПТЭ ЛА подмножеств непересекающихся состояний (табл. 3.2):

исправные в рейсе

$$S_0 = (s_1, \dots, s_{r_0}),$$

исправные в авиапредприятии

$$S_1 = (s_{r_0+1}, \dots, s_{r_1}),$$

неисправные в авиапредприятии

$$S_2 = (s_{r_1+1}, \dots, s_{r_2}),$$

неисправные в Центре ТОиР (АРЗ)

$$S_3 = (s_{r_2+1}, \dots, s_r);$$

и уровней управления ПТЭ ЛА (табл. 2.1, 2.2, рис. 2.1):

исправные в рейсе

$$U_0 = (S_0),$$

исправные в рейсе и в авиапредприятии

$$U_1 = (S_0, S_1),$$

исправные в рейсе и в авиапредприятии, неисправные в авиапредприятии

$$U_2 = (S_0, S_1, S_2),$$

исправные в рейсе и в авиапредприятии, неисправные в авиапредприятии
и в Центре ТОиР (АРЗ)

$$U_2 = (S_0, S_1, S_2, S_3);$$

выбор показателей экономичности ПТЭ ЛА (табл. 2.1, п.4) для подмножеств непересекающихся состояний $\tau_{y_{0j}}, c_{My_{0j}}, c_{y_{0j}}$,

где для

$$S_1 \quad j \in E,$$

$$S_2 \quad j \in TO, B, Д,$$

$$S_3 \quad j \in P$$

и уровней управления ПТЭ ЛА

где для

$$U_1 \quad j \in E,$$

$$U_2 \quad j \in E, TO, B, Д,$$

$$U_3 \quad j \in E, TO, B, Д, P.$$

4.3.3. Анализ распределения эксплуатационных расходов для ЛА отечественного и иностранного производства (табл. 4.1)

сравнительная характеристика эксплуатационных расходов для ЛА отечественного и иностранного производства,

построение диаграммы распределения эксплуатационных расходов для ЛА отечественного и иностранного производства.

4.3.4. Оценка показателей экономичности ПТЭ ЛА (табл. 2.1, п. 4) для подмножеств непересекающихся состояний и уровней управления ПТЭ ЛА

формирование исходных данных по табл. 4.3, 4.4 для оценки показателей экономичности ПТЭ ЛА (табл. 2.3, п. 4) по трудовым затратам для подмножеств непересекающихся состояний

$$\tau_{1сум} = \tau_E,$$

$$\tau_{2сум} = \tau_E + \tau_{TO} + \tau_B + \tau_D,$$

$$\tau_{3сум} = \tau_P$$

и уровней управления ПТЭ ЛА

$$\tau_{U_1сум} = \tau_{1сум},$$

$$\tau_{U_2сум} = \tau_{1сум} + \tau_{2сум},$$

$$\tau_{U_3сум} = \tau_{1сум} + \tau_{2сум} + \tau_{3сум};$$

формирование исходных данных (по табл. 4.2 - 4.4) для оценки показателей экономичности ПТЭ ЛА (табл. 2.3, п. 4) по материальным затратам (себестоимости) для подмножеств непересекающихся состояний

$$C_{1сум} = C_E,$$

$$C_{2сум} = C_E + C_{ТО} + C_B + C_D,$$

$$C_{3сум} = C_P$$

и уровней управления ПТЭ ЛА

$$C_{U_1сум} = C_{1сум},$$

$$C_{U_2сум} = C_{1сум} + C_{2сум},$$

$$C_{U_3сум} = C_{1сум} + C_{2сум} + C_{3сум};$$

исходные данные по табл. 4.3, 4.4 формируются следующим образом

$$\tau_E = \tau_{BB} + \tau_{A1} + \tau_{A2} + \tau_{ДР1},$$

$$\tau_{ТО} = \tau_{ОТО} + \tau_{ПТО},$$

$$\tau_{ОТО} = \tau_B + \tau_{B_{нет}} + \tau_{Xp} + \tau_{ТП} + \tau_{ДР2},$$

$$\tau_{ДР1} = \frac{\tau_E \tau_{ДР}}{\tau_E + \tau_{ТО}},$$

$$\tau_{ДР2} = \frac{\tau_{ОТО} \tau_{ДР}}{\tau_E + \tau_{ТО}},$$

аналогично определяются исходные данные по материальным затратам и себестоимости;

оценка обобщенных показателей экономичности ПТЭ ЛА (табл. 2.3, п. 4):

оценка удельных трудовых затрат на техническую эксплуатацию ЛА за год на j-м уровне управления по формуле табл. 2.3, п. 4.1,

оценка удельных материальных затрат на техническую эксплуатацию ЛА за год на j-м уровне управления формуле табл. 2.3, п. 4.2,

оценка удельной себестоимости работ по технической эксплуатации ЛА за год на j-м уровне управления по формуле табл. 2.3, п. 4.3 для своего варианта.

4.3.5. Анализ эффективности процесса ТЭ ЛА по показателям его экономичности (табл. 2.3 п.4)

формирование исходных данных для анализа эффективности ПТЭ ЛА по частным показателям экономичности для своего варианта (табл. 4.2- 4.4),

оценка частных показателей экономичности ПТЭ ЛА и представление результатов в табл. 4.5,

построение гистограмм показателей экономичности ПТЭ ЛА по данным табл. 4.6- 4.7.

Таблица 4.1

Распределение эксплуатационных расходов

№ п/п	Виды расходов	Расходы по ЛА, проценты		
		Ил-96-300	Б-767	В мире
1	Стоимость парка	5,60	34,00	45,00
2	Экипаж	15,60	14,90	18,00
3	Топливо	44,32	23,56	14,00
4	ТОиР	21,63	21,92	18,00
5	Другие расходы	5,62	5,621	5,00
	Прочие расходы	7,23		
	Итого	100,00	100,00	100,00

4.3.6. Оформить отчет по практическому занятию в соответствии с требованиями, приведенными в п. 1.4.

Таблица 4.2

Варианты заданий для оценки показателей экономической эффективности Авиапредприятия за ***** год

№ варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип самолета	АН-24 АН-26 ТУ-154Б	АН-26 ТУ-154Б ТУ-154М	ТУ-154Б ТУ-154М Ту-214	ТУ-154М Ту-214 Ил-62М	АН-24 ТУ-154Б Ту-214	АН-26 ТУ-154М Ил-62М	Ту-214 Ил-62М АН-24	АН-26 Ту-214 ТУ-154М	Ту-214 ТУ-154М АН-24	Ил-62М ТУ-154Б ТУ-154М

Таблица 4.3

Исходные данные по расходам на периодическое ТО (ПТО) парка ЛА Авиапредприятия за ***** год

№	Статьи расходов	АН-24	АН-26	ТУ-154Б	ТУ-154М	Ту-214	Ил-62М	Периодическое ТО, всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Материальные расходы	3433,5	1067,2	4967,1	11707,5	28339,8	11936,0	61451,3
2	Фонд оплаты труда	8043,3	4548,0	8180,8	13460,2	20468,1	16834,7	71535,0
3	Амортизация основных фондов	627,7	350,8	635,5	1067,9	1589,9	1334,5	5606,3
4	Прочие расходы	8742,5	4751,0	9204,4	14435,6	21710,5	18034,0	76878,1
5	Итого расходы на периодическое ТО, тыс. руб	20847,1	10717,0	22987,8	40671,2	72108,3	48139,3	25470,7
6	Объем работ по ПТО, чел.-ч	28143,6	15930,6	32476,7	50743,7	48512,9	62406,2	238213,7
7	Фактический налог часов, ч	6300,0	355,0	3103,0	9052,0	9524,0	2418,0	20752,0

Таблица 4.4

Исходные данные по расходам на оперативное ТО (ОТО) парка ЛА Авиапредприятия за **:*:* год

№ п/п	Статьи расходов	АН-24	АН-26	ТУ-154Б	ТУ-154М	Ту-214	Ил-62М	Оперативное ТО, всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Материальные расходы, тыс. руб.	2862,4	466,2	5459,9	5676,3	25654,3	4925,7	45144,8
2.	Фонд оплаты труда, тыс. руб.	9446,2	2498,6	6509,5	18232,7	17321,0	10624,9	64632,8
3.	Амортизация основных фондов, тыс. руб.	46,0	12,2	31,4	88,5	84,7	51,4	314,3
4.	Прочие расходы, тыс. руб.	10766,6	2844,9	7328,1	20593,0	19716,9	12025,2	73274,7
5	Итого расходы на ОТО собственного парка ВС, тыс. руб.	23221,2	5822,0	19328,9	44590,5	62776,9	27627,2	183366,6
6	Объем работ по ОТО собственного парка ВС, чел.-ч в том числе	32225,5	8500,6	27931,9	79274,8	73512,0	47626,2	269080
7	Вылет/встреча (В/В)	1740,8	121,0	2224,2	7091,1	15079,6	2013,0	28269,7
8	Форма А1	4180,8	898,4	3732,2	11263,7	17199,0	8096,1	45370,2
9	Форма А2	4504,9	368,0	1704,3	4841,2	567,2	4908,6	16894,2
10	Форма Б	1512,0	472,6	1651,2	4241,2	6092,4	3671,6	17641,0
11	Форма Б чет.	1207,5	281,5	0,0	559,1	4489,8	3515,1	10053,0
12	Хранение (Хр)	147,9	33,0	111,8	200,1	41,2	169,2	703,3
13	Тех. Помощь (ТП)	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,8	2,3
14	Доп. Работы (ДР)	18931,6	6325,6	18508,2	51078,4	30051,8	25250,8	150146,4
15	Расходы, тыс. руб., в том числе:	23221,2	5822,0	19328,9	44590,5	62776,9	27627,2	183366,6
16	Вылет/встреча	1186,0	85,6	1502,2	4832,8	10488,0	1354,8	19449,4
17	Форма А1	2851,4	618,1	2517,9	7729,8	11817,1	5479,8	31014,1
18	Форма А2	3084,4	257,7	1145,1	2393,7	365,4	3113,1	11459,4

Продолжение табл.4.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
19	Форма Б	1043,8	333,6	1125,8	2817,3	4214,5	2467,4	12002,4
20	Форма Б чет.	841,0	191,2	0,0	398,9	3137,1	2344,8	6913,0
21	Хранение (Хр)	107,7	23,4	77,4	143,3	29,5	124,2	505,5
22	Тех. Помощь (ТП)	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	1,2	1,5
23	Доп. Работы (ДР)	19924,9	4332,2	12548,0	34708,9	20429,7	17077,7	102021,3

Расчет показателей экономичности ПТЭ ЛА
в Авиапредприятии за **** год

№ п/п	Показатели экономичности	Значения показателей для ЛА типа		
		1	2	3
1	2			
1	Удельные трудовые затраты для S_1 $j \in E$, чел.-ч/ч налета			
2	Удельные материальные затраты для S_1 $j \in E$, руб./ч налета			
3	Удельная себестоимость для S_1 $j \in E$, руб./ч налета			
4	Удельные трудовые затраты для S_2 $j \in TO, B, D$, чел.-ч/ч налета			
5	Удельные материальные затраты для S_2 $j \in TO, B, D$, руб./ч налета			
6	Удельная себестоимость для S_2 $j \in TO, B, D$, руб./ч налета			
7	Удельные трудовые затраты для S_3 $j \in P$, чел.-ч/ч налета			
8	Удельные материальные затраты для S_3 $j \in P$, руб./ч налета			
9	Удельная себестоимость для S_3 , $j \in P$ руб./ч налета			
10	Удельные трудовые затраты для U_1 $j \in E$, чел.-ч/ч налета			
11	Удельные материальные затраты для U_2 $j \in E, TO, B, D$, руб./ч налета			
12	Удельная себестоимость для U_3 $j \in E, TO, B, D, P$ руб./ч налета			

Таблица 4.6

Расчет показателей экономичности ПТЭ ЛА
по оперативному ТО (ОТО) в Авиапредприятии за **** год

№ п/п	Статьи расходов	Расходы для ЛА типа		
		1	2	3
1	2			
1	Удельные материальные затраты на ОТО, руб./ч налета			
2	Удельный фонд оплаты труда на ОТО, руб./ч налета			
3	Удельная амортизация основных фондов по ОТО, руб./ч налета			
4	Удельные прочие затраты на ОТО, руб./ч налета			
5	Удельные трудовые затраты на ОТО, чел.-ч/ч налета			
6	Удельная себестоимость ОТО, руб./ч налета			
7	Себестоимость 1 чел.-ч работ по ОТО, руб./чел.-ч			

Таблица 4.7

Расчет показателей экономичности ПТЭ ЛА по периодическому ТО (ПТО) в
Авиапредприятии за **** год

№ п/п	Статьи расходов	Расходы для ЛА типа		
		1	1	1
1	2	3	4	5
1	Удельные материальные затраты на ПТО, руб./ч налета			
2	Удельный фонд оплаты труда на ПТО, руб./ч налета			
3	Удельная амортизация ОФ по ПТО, руб./ч налета			
4	Удельные прочие затраты на ПТО, руб./ч налета			
6	Удельные трудовые затраты на ПТО, чел.-ч/ч налета			
7	Удельная себестоимость, на ПТО руб./ч налета			
8	Себестоимость 1 чел.-ч работ по ПТО, руб./чел.-ч			

ЛИТЕРАТУРА

1. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Эффективность процессов эксплуатации летательных аппаратов. Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2011. – 119 с.
2. Ицкович А.А., Файнбург И.А., Файнбург Г.Д., Эффективность процессов технической эксплуатации летательных аппаратов: учебно-методическое пособие по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы.- М.: ИД Академия Жуковского, 2018.-40 с.
3. Ицкович А.А. Файнбург И.А. Показатели эффективности процессов поддержания летной годности воздушных судов// Научный вестник МГТУГА № 178, серия Эксплуатация воздушного транспорта и ремонт АТ. – М.: МГТУ ГА, 2012.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения.....	4
2. Практическое занятие №1. Анализ эффективности процесса эксплуатации летательных аппаратов по показателям безотказности ЛА, безопасности и регулярности полетов.....	4
3. Практическое занятие №2. Анализ эффективности процесса технической эксплуатации летательных аппаратов по показателям эффективности использования ЛА по времени.....	15
4. Практическое занятие №3. Анализ эффективности процесса технической эксплуатации летательных аппаратов по показателям его экономичности.....	30
ЛИТЕРАТУРА.....	39