

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

---

**Кафедра технической эксплуатации летательных аппаратов  
и авиационных двигателей**

**И.Ф. Полякова**

**ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
И РЕМОНТА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**

**Пособие по выполнению  
контрольной работы № 1**

**«Расчет, оценка и анализ показателей  
эффективности ПТЭ ЛА»**

*для студентов  
специальности 080507  
всех форм обучения*

Москва - 2006

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

---

Кафедра технической эксплуатации летательных аппаратов  
и авиационных двигателей

И.Ф. Полякова

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
И РЕМОНТА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Пособие по выполнению  
контрольной работы № 1

«Расчет, оценка и анализ показателей  
эффективности ПТЭ ЛА»

*для студентов  
специальности 080507  
всех форм обучения*

Москва - 2006

Рецензент канд. техн. наук, доц. В.А.Найда  
Полякова И. Ф.

Основы технической эксплуатации и ремонта авиационной  
техники:

Пособие по выполнению контрольной работы № 1 «Расчет, оценка и анализ показателей эффективности ПТЭ ЛА». – М.:МГТУГА, 2006.- с.

В пособии приведены краткие методические указания по выполнению контрольной работы, а также варианты заданий и исходные данные, содержащие необходимые сведения для расчета, оценки и анализа показателей эффективности ПТЭ ЛА.

Данное пособие издается в соответствии с учебным планом для студентов III курса специальности 080507 всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 31.01.2006 г. и методического совета г.

## РАСЧЕТ, ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПТЭ ЛА

### 1. Общие методические указания

Цель контрольной работы - закрепление студентами навыков проведения расчета, оценки и анализа показателей эффективности *процессов технической эксплуатации* (ПТЭ) ЛА. Задание по выполнению контрольной работы каждый студент выбирает согласно своему варианту по приложениям 2-4. Вариант задания выбирается по последней цифре номера зачетной книжки (шифра).

Контрольная работа должна быть оформлена в соответствии со следующими требованиями:

1. Контрольная работа должна быть выполнена на листах формата А4.
2. Работа должна быть написана темными чернилами, с полями для пометок рецензента, аккуратно оформлена и **обязательно сброшюрована**.
3. **Титульный лист** контрольной работы должен соответствовать приложению 1.
4. Изложение материала должно быть четким, заимствованные цитаты, таблицы и другие материалы должны иметь ссылку на литературу.
5. В тексте необходимо соблюдать единую техническую терминологию и обозначения, принятые в учебно-методической литературе.
6. В конце работы следует привести перечень используемой литературы.
7. Работа должна быть подписана автором с указанием даты передачи работы в деканат (для заочного факультета) или на рецензию.

### 2. Методические указания по выполнению контрольной работы

Для описания процесса технической эксплуатации ЛА используется полумарковская модель. Состояния ПТЭ и последовательность переходов из состояния в состояние иллюстрируется графом. На рис. 1 представлен примерный граф состояний и переходов ПТЭ ЛА. Перечень возможных состояний и их границы определены Инструкцией по почасовому учету исправности и использования самолетов (табл.1.). При построении модели проектируемого ПТЭ ЛА используются:

- приложения 2-4 (для выбора варианта задания и заданных условий эксплуатации парка ЛА);
- примерный граф (рис. 1);
- перечень возможных состояний ПТЭ ЛА (табл.1);
- данные для расчета и оценки показателей эффективности ПТЭ (приложения 5 – 7)

## 2.1. Расчет показателей эффективности ПТЭ

Процесс технической эксплуатации (ПТЭ) - это последовательная во времени смена состояний технического обслуживания и ремонта ЛА в соответствии с принятыми стратегиями.

Под эффективностью ПТЭ понимают результаты работы авиапредприятия по поддержанию требуемого уровня по безопасности полетов, использованию и исправности самолетного парка и экономичности эксплуатации.

Таким образом, результаты работы авиапредприятия по ТО ЛА оценивают по следующим критериям эффективности:

- безопасность полетов;
- регулярность полетов;
- использование самолетного парка;
- исправность самолетного парка;
- экономичность эксплуатации.

Количественные величины оценок эффективности определяются с помощью соответствующих показателей эффективности (табл. 2, 3).

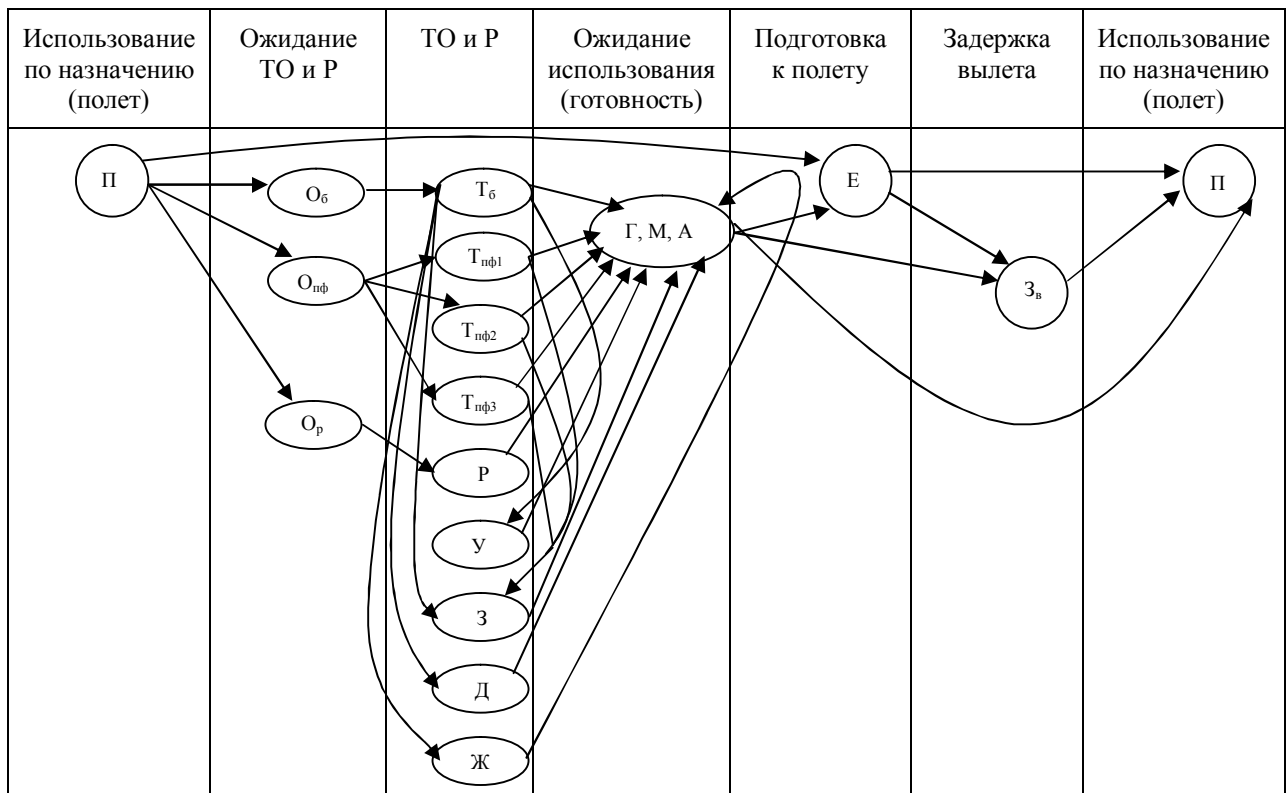


Рис.1. Примерный граф состояний и переходов ПТЭ ЛА.  
Обозначение состояний по табл. 1

Таблица 1

## Перечень возможных состояний ПТЭ ЛА

Шифр состояния	Наименование состояния	Границы состояния	
		начало	конец
1	2	3	4
П	Использование по назначению (полет)	Взлет	Посадка
Е	Подготовка к полету (Ф-А)	Начало Ф-А	Окончание Ф-А
А	Неиспользованное время	Готовность	Взлет
М	Простои по метеоусловиям	Взлет по расписанию	Взлет фактический
Г	В резерве	Назначение в резерв	Снятие с резерва
О <sub>Б</sub>	Ожидание Ф-Б	Посадка	Начало Ф-Б
Т <sub>Б</sub>	Обслуживание по Ф-Б	Начало Ф-Б	Окончание Ф-Б
О <sub>ПФ</sub>	Ожидание периодического ТО	Посадка	Начало периодического ТО
Т <sub>ПФ</sub> (Ф1)	Периодическое ТО (Ф1)	Начало Ф1	Окончание Ф1
Т <sub>ПФ</sub> (Ф2)	Периодическое ТО (Ф2)	Начало Ф2	Окончание Ф2
Т <sub>ПФ</sub> (Ф3)	Периодическое ТО (Ф3)	Начало Ф3	Окончание Ф3
У	Устранение неисправностей	Прерывание ТО	Дата готовности
О <sub>Р</sub>	Ожидание отправки в ремонт	Начало ожидания отправки в ремонт	Отправка в ремонт
Р	Ремонт	Отправка в ремонт	Прибытие после ремонта
З	Отсутствие запчастей	Прерывание ТО	Дата готовности
Д	Доработки по бюллетеням	Начало доработок	Окончание доработок
Ж	Рекламации промышленности	Обнаружение неисправности	Устранение неисправности
З <sub>В</sub>	Задержка вылета	Начало задержки	Окончание задержки

Таблица 2

## Критерии и показатели эффективности

Критерии эффективности ПТЭ	Показатели эффективности
Безопасность полетов	$K_{1000}$
Регулярность полетов	$P_{100ПП}$
Использование самолетного парка	$K_{И}, K_{ИР}, K_{ВИР}$
Исправность самолетного парка	$K_{ИСПР}, K_{П}$
Экономичность эксплуатации	$K_{Т}$

В табл. 3 приведены расчетные формулы для определения показателей эффективности.

Таблица 3

## Расчетные формулы для определения показателей

Показатель	Расчетная формула	Примечание
$P_{100ПП}$	$P_{100ПП} = \left(1 - \frac{n_{Зв}}{n_{П}}\right) \cdot 100\%$	$n_{Зв}$ , $n_{П}$ - количество попаданий в состояния Зв и П
$K_{И}$	$K_{И} = \frac{\pi_{П} \cdot \mu_{П}}{\sum_{i=1}^N \pi_i \cdot \mu_i}$	$\pi_i$ , $\mu_i$ - характеристики i-го состояния ПТЭ. $\pi_{П}$ , $\mu_{П}$ - характеристики состояния П.
$K_{ИР}$	$K_{ИР} = \frac{\pi_{П} \cdot \mu_{П} + \sum_j \pi_j \cdot \mu_j}{\sum_{i=1}^N \pi_i \cdot \mu_i}$	$\pi_j$ , $\mu_j$ - характеристики состояний: Е, Об, Тб, Зв.
$K_{ВИР}$	$K_{ВИР} = \frac{\pi_{П} \cdot \mu_{П} + \sum_j \pi_j \cdot \mu_j}{\sum_{i=1}^N \pi_i \cdot \mu_i}$	$\pi_j$ , $\mu_j$ - характеристики состояний: Е, Об, Тб, Зв, А, М, Г.
$K_{П}$	$K_{П} = \frac{\sum_j \pi_j \cdot \mu_j}{\pi_{П} \cdot \mu_{П}}$	$\pi_j$ , $\mu_j$ - характеристики состояний: Оп, Ор, Ф1, Ф2, Ф3, У, Р, З, Д, Ж.
$K_{ИСПР}$	$K_{ИСПР} = \frac{\sum_{i=1}^N \pi_i \cdot \mu_i - \sum_j \pi_j \cdot \mu_j}{\sum_{i=1}^N \pi_i \cdot \mu_i}$	$\pi_j$ , $\mu_j$ - характеристики состояний: Оп, Ор, Ф1, Ф2, Ф3, У, Р, З, Д, Ж.
$K_{Т}$	$K_{Т} = \frac{\sum_j \pi_j \cdot \tau_j}{\pi_{П} \cdot \mu_{П}}$	$\pi_j$ , $\tau_j$ - характеристики состояний: Е, Тб, Ф1, Ф2, Ф3, Р, У, Д.

Входящие в формулы для расчета показателей эффективности величины  $n_i$ ,  $\pi_i$ ,  $\mu_i$  определяются из зависимостей, приведенных в табл. 4;  $\tau_i$  определяется по прил. 6, а величины  $T_{ГСС}$ ,  $N_{ЛА}$ ,  $t_{БП}$ ,  $t_{Б}$ ,  $\tau_{Ф1}$ ,  $\tau_{Ф2}$ ,  $\tau_{Ф3}$ ,  $T_{РЕС.С}$  из приложения 3.

## Формирование характеристик проектируемого ПТЭ ЛА

Характеристика			Способ определения (формула)	Примечание
№ п/п	Наименование	Обозначение		
1	2	3	4	5
1	Количество состояний ПТЭ	N	Определяется по количеству состояний графа проектируемого ПТЭ с учетом заданных условий эксплуатации (номер варианта)	Заданные условия эксплуатации парка ЛА за 1 год эксплуатации (прил. 4)
2	Количество попаданий в состояния	$n_i$	$n_{\Pi} = \frac{T_{ГСС} \cdot N_{ЛА}}{t_{БП}}$ $n_E = 1,1 \cdot n_{\Pi}$ $n_{ТБ} = \frac{365}{\tau_B} \cdot N_{ЛА} - (n_{\phi 1} + n_{\phi 2} + n_{\phi 3})$ $n_{ОБ} = n_{ТБ}$ $n_{\phi 1} = \frac{T_{ГСС} \cdot N_{ЛА}}{\tau_{\phi 1}} - (n_{\phi 2} + n_{\phi 3} + n_p)$ $n_{\phi 2} = \frac{T_{ГСС} \cdot N_{ЛА}}{\tau_{\phi 2}} - (n_{\phi 3} + n_p)$ $n_{\phi 3} = \frac{T_{ГСС} \cdot N_{ЛА}}{\tau_{\phi 3}} - n_p$ $n_p = \frac{T_{ГСС} \cdot N_{ЛА}}{T_{РЕС.С}}$	$T_{ГСС}$ – средний годовой налет на списочный ЛА (прил. 3). $N_{ЛА}$ – заданный объем парка ЛА (прил. 3). $t_{БП}$ – средняя длительность беспосодочного полета (прил. 3). $\tau_B$ – периодичность выполнения формы Б в сутках (прил. 3).



Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5
			$n_{OP} = n_P$ $n_{ПФ} = n_{\Phi 1} + n_{\Phi 2} + n_{\Phi 3}$ $n_{ОПФ} = n_{ПФ}$ $n_U = 0,05 \cdot n_{ПФ}$ $n_3 = 0,15 \cdot n_{ПФ}$ $n_D = 0,1 \cdot n_{ПФ}$ $n_{Ж} = 0,03 \cdot n_{ПФ}$ $n_{Зв} = 0,05 \cdot n_{ПФ}$ $n_M = n_A = n_{Г} = 0,1 \cdot n_{ПФ}$ $n_{Дв} = 0,05 \cdot n_{ПФ}$	$\tau_{\Phi 1}, \tau_{\Phi 2}, \tau_{\Phi 3}$ – периодичность выполнения $\Phi 1, \Phi 2, \Phi 3$ , рассчитанная для оптимального регламента (прил. 3). Данную периодичность условно можно принять и для ЛА в целом. $n_{ПФ}$ – общее число попаданий ЛА на периодические формы ТО.
3	Относительная частота попадания в состояния	$\pi_i$	$\pi_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^N n_i}$	
4	Среднее время пребывания в состоянии, ч	$?_i$	$\mu_i = \frac{t_i}{n_i}$ $\mu_{ПФ} = t_{БП}$	$t_i$ - суммарное время пребывания парка ЛА в $i$ -м состоянии (прил. 5).

Промежуточные результаты расчетов показателей эффективности ПТЭ необходимо свести в табл. 5. При выполнении расчетов  $n_i, \pi_i$  и показателей эффективности ПТЭ в формулы для их вычисления необходимо **подставить исходные данные и привести эти расчеты** в контрольной работе.

Таблица 5

Промежуточные результаты расчетов

Состояния	$t_i$	$n_i$	$\pi_i$	$?_i$	$\tau_i$	$\pi_i \cdot ?_i$	$\pi_i \cdot \tau_i$
1	2	3	4	5	6	7	8
П							
Е							
...							
		$\Sigma n_i =$				$\Sigma \pi_i \cdot ?_i =$	$\Sigma \pi_i \cdot \tau_i =$

## 2.2. Оценка показателей эффективности

Оценка показателей эффективности ПТЭ производится дифференцированно, по каждому показателю. В контрольной работе выполняется оценка по показателям критериев регулярности полетов, использования и исправности самолетного парка и экономичности эксплуатации.

Для оценки уровня эффективности используются относительные показатели

$$\bar{P} = P_{расч.} / P_{норм.}$$

По результатам оценки принимается решение о соответствии или несоответствии уровня эффективности проектируемого ПТЭ нормативам.

При условии:

$\bar{P} < 1$  для  $K_{П}$ ,  $K_{Т}$ ;

$\bar{P} > 1$  для  $P_{100ПП}$ ,  $K_{И}$ ,  $K_{ИР}$ ,  $K_{ВИР}$ ,  $K_{ИСПР}$

проектируемый ПТЭ соответствует нормативам. При несоблюдении данного условия уровень эффективности проектируемого ПТЭ будет ниже нормативного. В таких случаях требуется разработка предложений, направленных на повышение эффективности проектируемого ПТЭ ЛА.

Результаты расчетов оформляем в форме табл. 6.

Таблица 6

Оценка и анализ эффективности ПТЭ

Критерий		Регулярность	Использование			Исправность		Экономичность
Показатели		$P_{100ПП}$	$K_{И}$	$K_{ИР}$	$K_{ВИР}$	$K_{П}$	$K_{ИСПР}$	$K_{Т}$
Для проектируемого ПТЭ	$P_{расч}$							
Нормативные	$P_{норм}$							
Анализ эффективности	↑, ↓, –							

Примечание: стрелки “↑” или “↓” означают, что эффективность ПТЭ за отчетный период возросла или снизилась соответственно; прочерк “–” означает, что эффективность не изменилась.

### 2.3. Разработка предложений по совершенствованию процесса ТО и улучшению эксплуатационной технологичности ЛА

В качестве основы для разработки предложений принимаются полученные характеристики проектируемого ПТЭ (табл. 5 и 6).

Среди всех состояний ПТЭ, кроме состояния использования П, выделяются доминирующие, т.е. те, которые оказали наибольшее отрицательное воздействие на изменение показателей эффективности. Для показателей эффективности, которые характеризуют критерии использования и исправности, доминирующие состояния определяются по максимальной величине произведения  $\pi_i \cdot \eta_i$ , а для критерия экономичности эксплуатации – по максимальной величине произведения  $\pi_i \cdot \tau_i$ .

Необходимо указать по 3 доминирующих состояния, *проранжировав* их предварительно, в которых следует снижать время пребывания парка ЛА или трудозатраты, что позволит улучшить эффективность эксплуатации.

### 2.4. Алгоритм выполнения работы

При решении задачи обеспечения эффективности ПТЭ заданного парка ЛА за рассматриваемый период (один год) рекомендуется воспользоваться следующим алгоритмом:

1. По последней цифре номера зачетной книжки определить вариант задания, например:  
для шифра 010321, вариант задания 1.
2. Из прил. 2 выбирается тип ЛА и вариант условий эксплуатации (для рассматриваемого примера - вариант №1, тип ЛА - Ил - 86; вариант условий эксплуатации - 1).
3. Для заданного варианта условий эксплуатации необходимо скорректировать исходные данные (прил. 5). Для рассматриваемого примера при эксплуатации парка Ил - 86 не будет состояний  $O_B$  и  $O_P$ . Поэтому из таблицы (прил. 5) их следует исключить, а время нахождения самолетов в этих состояниях прибавить к времени нахождения ЛА в состоянии А, т.к. сумма  $t_i$  должна равняться располагаемому фонду времени  $\Phi$  рассматриваемого парка самолетов Ил – 86, т.е.

$$\Phi = 8760 \cdot N_{\text{ЛА}}$$

4. Рассчитать показатели эффективности ПТЭ ЛА (см. формулы табл. 3.). Входящие в формулу для расчета величины  $\pi_i$ ,  $\tau_i$ ,  $\eta_i$  следует определить согласно выражениям (табл.4.). При расчетах величин  $\pi_i$ , а также показателей эффективности, подставить исходные данные в соответствующие формулы и привести эти расчеты в контрольной работе. Промежуточные результаты расчетов представить в виде табл. 5. Значения вычисленных  $\pi_i$  давать с точностью до трех значащих цифр после запятой.

5. Заполнить табл. 6, вписав в нее значения рассчитанных показателей эффективности и их нормативных значений (прил. 7), произвести оценку эффективности ПТЭ по каждому показателю. В строке “Анализ эффективности” (табл.6.) с помощью стрелочек указать, увеличилась эффективность ПТЭ (стрелочка направлена вверх) или уменьшилась (стрелочка направлена вниз).
6. Выводы по работе должны содержать:
  - а) констатацию факта изменения эффективности ПТЭ по каждому из рассматриваемых критериев;
  - б) определение доминирующих состояний ПТЭ, ориентируясь на которые следует дать предложения по совершенствованию ПТЭ;
  - в) формулировку предложений по повышению эффективности ПТЭ рассматриваемого парка ЛА.

## **2.5. Пример выполнения работы**

По последней цифре номера зачетной книжки выбирается вариант задания. Из приложения 2 выбирается тип ЛА и вариант условий эксплуатации. В приложении 4 указаны состояния, которые отсутствуют для заданного варианта условий эксплуатации.

В рассматриваемом примере по условиям эксплуатации отсутствуют состояния  $O_B$  и  $O_P$ , а исходные данные для расчетов приведены в табл. 7 – 10.

Корректируем исходные данные соответственно заданному варианту условий эксплуатации, то есть убираем состояния  $O_B$  и  $O_P$ , а время нахождения самолетов в этих состояниях прибавляем к состоянию А.

Таблица 7

Таблица 8

Исходные данные о времени пребывания парка ЛА

Состояния ПТЭ	Суммарное время пребывания парка самолетов в состояниях ПТЭ, ч
П	10417
Е	10745
А	834
М	1668
Г	834
Т <sub>Б</sub>	1583
О <sub>Б</sub>	396
З <sub>В</sub>	652
Т <sub>П</sub> (Ф1)	840
Т <sub>П</sub> (Ф2)	1150
Т <sub>П</sub> (Ф3)	1512
О <sub>П</sub>	742
У	716
Р	1800
О <sub>Р</sub>	340
Д	2300
Ж	663
З	3304
Д <sub>В</sub>	3304
<b>Σ</b>	<b>43800</b>

Исходные данные для проектируемого ПТЭ

N <sub>ЛА</sub>	5
T <sub>ГСС</sub> , ч	2083
t <sub>БП</sub> , ч	4,5
τ <sub>Б</sub> , сут.	10
T <sub>РЕС.С.</sub> , ч.	12000
Периодичность технического обслуживания для всех типов ЛА: τ <sub>Ф1</sub> = 300 ч; τ <sub>Ф2</sub> = 900 ч; τ <sub>Ф3</sub> = 1800ч.	

Таблица 9

Данные о трудоемкости ТОиР ЛА

Состояния ПТЭ	Средние значения трудоемкости ТО Таблица 9иР, чел.-ч
Е	16
Т <sub>Б</sub>	58
Т <sub>Ф1</sub>	762
Т <sub>Ф2</sub>	1040
Т <sub>Ф3</sub>	3898
Р	80100
У	28
Д	290

Таблица 10

Нормативные значения показателей эффективности ПТЭ

Нормативные значения	P <sub>100ТП</sub>	K <sub>И</sub>	K <sub>ИР</sub>	K <sub>ВИР</sub>	K <sub>П</sub>	K <sub>ИСИР</sub>	K <sub>Т</sub>
	95%	0,3	0,7	0,75	0,85	0,7	14

Скорректированные соответственно заданному варианту условий эксплуатации исходные данные о времени пребывания парка ЛА в проектируемом ПТЭ представлены в табл. 12 (в столбце t<sub>i</sub>).

Производим расчет количества попаданий самолетов парка в состояния ПТЭ (табл. 11), а также выполняем и другие промежуточные расчеты, и их результаты приводим в таблице 12.

## Формирование характеристик проектируемого ПТЭ ЛА

Наименование	Расчет
Количество попаданий в состояния $n_i$	$n_{\Pi} = \frac{T_{ГСС} \cdot N_{ЛА}}{t_{БП}} = \frac{2083 \cdot 5}{4,5} = 2314,89$
	$n_E = 1,1 \cdot n_{\Pi} = 1,1 \cdot 2314,89 = 2546,38$
	$n_p = \frac{T_{ГСС} \cdot N_{ЛА}}{T_{РЕС.С}} = \frac{2083 \cdot 5}{12000} = 0,87$
	$n_{\phi 3} = \frac{T_{ГСС} \cdot N_{ЛА}}{\tau_{\phi 3}} - n_p = \frac{2083 \cdot 5}{1800} - 0,87 = 4,92$
	$n_{\phi 2} = \frac{T_{ГСС} \cdot N_{ЛА}}{\tau_{\phi 2}} - (n_{\phi 3} + n_p) = \frac{2083 \cdot 5}{900} - (4,92 + 0,87) = 5,79$
	$n_{\phi 1} = \frac{T_{ГСС} \cdot N_{ЛА}}{\tau_{\phi 1}} - (n_{\phi 2} + n_{\phi 3} + n_p) = \frac{2083 \cdot 5}{300} - (5,79 + 4,92 + 0,87) = 23,15$
	$n_{ГБ} = \frac{365}{\tau_b} \cdot N_{ЛА} - (n_{\phi 1} + n_{\phi 2} + n_{\phi 3}) =$ $= \frac{365}{10} \cdot 5 - (23,15 + 5,79 + 4,92) = 148,64$
	$n_{\Pi\Phi} = n_{\phi 1} + n_{\phi 2} + n_{\phi 3} = 23,15 + 5,79 + 4,92 = 33,86$
	$n_V = 0,05 \cdot n_{\Pi} = 0,05 \cdot 2314,89 = 115,74$
	$n_3 = 0,15 \cdot n_{\Pi\Phi} = 0,15 \cdot 33,86 = 5,08$
	$n_D = 0,1 \cdot n_{\Pi\Phi} = 0,1 \cdot 33,86 = 3,39$
	$n_{Ж} = 0,03 \cdot n_{\Pi\Phi} = 0,03 \cdot 33,86 = 1,02$
	$n_{36} = 0,05 \cdot n_{\Pi} = 0,05 \cdot 2314,89 = 115,74$
	$n_M = n_A = n_{Г} = 0,1 \cdot n_{\Pi} = 0,1 \cdot 2314,89 = 231,49$
$n_{Д6} = 0,05 \cdot n_{\Pi\Phi} = 0,05 \cdot 33,86 = 1,69$	

## Промежуточные результаты расчетов

Состояния	$t_i$	$n_i$	$\pi_i$	$?_i$	$\tau_i$	$\pi_i \cdot ?_i$	$\pi_i \cdot \tau_i$
П	10417	2314,89	0,385	4,5		1,73	
Е	10745	2546,38	0,423	4,22	16	1,79	6,77
А	<b>1570</b> (834 + 396 + 340)	231,49	0,0385	6,78		0,26	
М	1668	231,49	0,0385	7,21		0,28	
Г	834	231,49	0,0385	3,6		0,14	
Тб	1583	148,64	0,0247	10,65	58	0,26	1,43
Зв	652	115,74	0,0192	5,63		0,11	
Тп(Ф1)	840	23,15	0,00385	36,29	762	0,14	2,93
Тп(Ф2)	1150	5,79	0,000962	198,71	1040	0,19	1,00
Тп(Ф3)	1512	4,92	0,000818	307,37	3898	0,25	3,19
Оп	742	33,86	0,00563	21,92		0,12	
У	716	115,74	0,0192	6,19	28	0,12	0,54
Р	1800	0,87	0,000144	2073,53	80100	0,30	11,56
Д	2300	3,39	0,000563	679,36	290	0,38	0,16
Ж	663	1,02	0,000169	652,78		0,11	
З	3304	5,08	0,000844	650,61		0,55	
Дв	3304	1,69	0,000281	1951,84		0,55	
	<b>43800</b>	<b>6015,62</b>				<b>7,28</b>	<b>27,59</b>

Рассчитываем показатели эффективности (формулы для расчета приведены в таблице 3).

$$P_{100\text{ тп}} = \left(1 - \frac{n_{3\text{э}}}{n_{\text{п}}}\right) \cdot 100\% = \left(1 - \frac{115,74}{2314,89}\right) \cdot 100\% = 95\%$$

$$K_{\text{п}} = \frac{\pi_{\text{п}} \cdot \mu_{\text{п}}}{\sum_{i=1}^N \pi_i \cdot \mu_i} = \frac{1,73}{7,28} = 0,24$$

$$K_{\text{иср}} = \frac{\pi_{\text{п}} \cdot \mu_{\text{п}} + \sum_j \pi_j \cdot \mu_j}{\sum_{i=1}^N \pi_i \cdot \mu_i} = \frac{1,73 + 2,16}{7,28} = 0,53$$

$$K_{\text{вир}} = \frac{\pi_{\text{п}} \cdot \mu_{\text{п}} + \sum_j \pi_j \cdot \mu_j}{\sum_{i=1}^N \pi_i \cdot \mu_i} = \frac{1,73 + 2,83}{7,28} = 0,63$$

$$K_{\text{п}} = \frac{\sum_j \pi_j \cdot \mu_j}{\pi_{\text{п}} \cdot \mu_{\text{п}}} = \frac{2,17}{1,73} = 1,25 \left[ \frac{\text{ч.}}{\text{ч.нал.}} \right]$$

$$K_{\text{испр}} = \frac{\sum_{i=1}^N \pi_i \cdot \mu_i - \sum_j \pi_j \cdot \mu_j}{\sum_{i=1}^N \pi_i \cdot \mu_i} = \frac{7,28 - 2,17}{7,28} = 0,70$$

$$K_T = \frac{\sum_j \pi_j \cdot \tau_j}{\pi_{пл} \cdot \mu_{пл}} = \frac{27,59}{1,73} = 15,93 \quad \left[ \frac{\text{чел.} - \text{ч}}{\text{ч.нал.}} \right]$$

Далее выполняем оценку и анализ эффективности ПТЭ (результаты расчетов в табл. 13).

Таблица 13

## Оценка и анализ эффективности ПТЭ

Критерий		Регулярность	Использование			Исправность		Экономичность
Показатели		$P_{100ПТ}$	$K_{И}$	$K_{ИР}$	$K_{ВИР}$	$K_{П}$	$K_{ИСПР}$	$K_T$
Для проектируемого ПТЭ	$P_{расч}$	95%	0,24	0,53	0,63	1,25	0,7	15,93
Нормативные	$P_{норм}$	95%	0,3	0,7	0,75	0,85	0,7	14
Анализ эффективности	$\uparrow, \downarrow, -$	-	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	-	$\downarrow$

**Вывод:**

1. По критерию регулярности эффективность ПТЭ не изменилась. По критерию использования по всем показателям ( $K_{И}$ ,  $K_{ИР}$ ,  $K_{ВИР}$ ) эффективность ПТЭ снизилась. По критерию исправности по показателю  $K_{П}$  эффективность ПТЭ снизилась, а по показателю  $K_{ИСПР}$  не изменилась. По критерию экономичности эффективность ПТЭ снизилась.
2. Доминирующие состояния:

По максимальной величине $\pi_i \cdot \tau_i$	<b>Е</b>	<b>З</b>	<b>Дв</b>
	1,79	0,55	0,55
По максимальной величине $\pi_i \cdot \tau_i$	<b>Р</b>	<b>Е</b>	<b><math>T_{П}(\PhiЗ)</math></b>
	11,56	6,77	3,19

3. Для повышения эффективности по критериям использования и исправности необходимо снижать время пребывания парка ЛА в состояниях Е, З, Дв, а чтобы повысить экономичность эксплуатации, необходимо снижать трудозатраты в состояниях Р, Е,  $T_{П}(\PhiЗ)$ .



**Литература**

1. Техническая эксплуатация летательных аппаратов: Учебник для вузов; Под ред. Н.Н. Смирнова. – М.: Транспорт, 1990.
2. Смирнов Н.Н., Полякова И.Ф. Расчет, оценка и анализ эффективности процесса технической эксплуатации ЛА. Пособие по проведению лабораторной работы по дисциплине “Основы теории технической эксплуатации ЛА и АД”. – М.: МГТУ ГА, 1999.

Московский государственный технический университет  
гражданской авиации

Кафедра “Техническая эксплуатация летательных  
аппаратов и авиационных двигателей”

Контрольная работа

\_\_\_\_\_

(зачтена, не зачтена)

\_\_\_\_\_

(руководитель: уч. степень,  
звание, Ф.И.О)

\_\_\_\_\_ 200...г.

(подпись) (дата)

Расчет, оценка и анализ показателей  
эффективности ПТЭ ЛА

Пояснительная записка к контрольной работе  
по дисциплине  
“Основы технической эксплуатации и ремонта АТ”

Работу выполнил студент  
группы \_\_\_\_\_  
(номер группы)

\_\_\_\_\_

(Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_

(шифр)  
Работа сдана  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 200...г.

Москва 200...г.

## Варианты задания

Вариант задания	Тип ЛА	Вариант условий эксплуатации парка ЛА
1	Ил-86	1
2	Ту-134	2
3	Ту-154	3
4	Як-40	4
5	Як-42	5
6	Ан-24	6
7	Ил-62	7
8	Ил-86	8
9	Ту-134	9
10	Ту-154	10

## Данные для расчета показателей эффективности.

	Типы ЛА						
	Ту-134	Ту-154	Як-40	Як-42	Ан-24	Ил-62	Ил-86
НЛА	14	20	16	14	16	20	12
ТГСС, ч	2285	2500	2025	2285	2050	2800	2100
$\bar{t}$ БП, ч	1,5	2,2	1,1	2,0	4,5	5,2	4,0
$\tau_B$ , сут	7	10	7	7	70	15	7
ТРЕС.С	6000	10000	6000	12000	10000	12000	12000
Периодичность технического обслуживания для всех типов ЛА: $\tau\Phi 1=300$ ч; $\tau\Phi 2=900$ ч; $\tau\Phi 3=1800$ ч							

## Приложение 4

## Варианты по условиям эксплуатации парка ЛА для проектируемого ПТЭ

Вариант условий эксплуатации	Заданные условия эксплуатации	Обозначение состояния
1	2	3
10	Отсутствуют задержки вылетов по техническим причинам	З <sub>В</sub>
	Формы периодического ТО выполняются без ожидания	О <sub>П</sub>
9	Ремонт выполняется без ожидания	О <sub>Р</sub>
	Не будет простоев из-за отсутствия запасных частей	З
8	Отсутствуют простои по метеоусловиям	М
	Не будет задержек вылетов	З <sub>В</sub>
7	Отсутствуют простои самолетов в резерве	Г
	Не будет ожидания форм периодического обслуживания	О <sub>П</sub>
6	Отсутствуют простои из-за рекламаций промышленности	Ж
	Не будет простоев из-за отсутствия запасных частей	З
5	Отсутствуют простои в ожидании формы Б	О <sub>Б</sub>
	Отсутствуют простои при выполнении доработок	Д
4	Ремонт выполняется без ожидания	О <sub>Р</sub>
	Не будет простоев по метеоусловиями	М
3	Не будет простоев в ожидании формы Б	О <sub>Б</sub>
	Не будет простоев из-за отсутствия запасных частей	З
2	Не проводились доработки по бюллетеням	Д
	Не будет задержек вылетов по техническим причинам	З <sub>В</sub>
1	Не будет простоев в ожидании формы Б	О <sub>Б</sub>
	Ремонт выполняется без ожидания	О <sub>Р</sub>

## Приложение 5

Суммарное время пребывания парка самолетов за 1 год эксплуатации  
в состояниях ПТЭ ( $t_i$ , час).

Состояния ПТЭ	Типы ЛА						
	Ту-134	Ту-154	Як-40	Як-42	Ан-24	Ил-62	Ил-86
1	2	3	4	5	6	7	8
П	31989	49999	32400	32000	32400	55998	25000
Е	37534	45000	48600	29920	46332	39695	25789
АМГ	18627	20455	20620	12400	17010	12133	8007
Т <sub>б</sub>	5346	7100	5856	7512	5497	8784	3798
О <sub>б</sub>	1320	1420	1318	1189	1832	2086	950
Зв	2771	2500	4124	2480	4698	2301	1564
Тп(Ф1)	1704	5328	1296	3408	1728	6000	3630
Тп(Ф2)	864	2016	864	1728	864	2976	2016
Тп(Ф3)	1152	2852	2880	2160	792	3900	2760
О <sub>п</sub>	859	1976	867	1498	727	2715	1782
У	3091	2840	4861	2800	5508	2552	1720
Р	5760	7200	6480	4320	6720	10800	4320
Ор	2160	1430	2298	1080	3024	2016	816
Д	3200	5952	2880	4330	2160	8424	5520
Ж	720	1430	666	996	498	1800	1590
ЗД <sub>в</sub>	5542	17702	4150	14820	10549	13020	15858

## Приложение 6

Данные о трудоемкости ТО и Р ЛА  $\tau$  в состояниях ПТЭ.

Состояни я ПТЭ	Наименован ие состояния	Средние значения трудоемкости ТО и Р, чел.-ч.						
		Ту-134	Ту-154	Як-40	Як-42	Ан-24	Ил-62	Ил-86
Е	Форма А	6,5	8,6	4,7	10,0	5,2	14,5	20,0
Т <sub>б</sub>	Форма Б	18	22	14	33	12	29	64
Т <sub>ф1</sub>	Форма 1	320	460	130	395	213	600	760
Т <sub>ф2</sub>	Форма 2	517	710	220	520	285	800	1010
Т <sub>ф3</sub>	Форма 3	730	1070	380	1260	470	1490	3930
Р	Ремонт(КВР	26260	52130	25860	48500	22530	65600	78700
у	Устранение неис- правностей	11,6	14,5	13,8	21,0	18,0	24,5	34,0
Д	Доработки по бюл- летням	160	180	140	210	130	210	320

## Приложение 7

## Нормативные значения показателей эффективности ПТЭ ЛА

Показатели Тип ЛА	$P_{100TP}$	$K_{И}$	$K_{ИР}$	$K_{ВИР}$	$K_{П}$	$K_{ИСПР}$	$K_{Т}$
Ту-134	96%	0,29	0,67	0,80	0,8	0,8	10
Ту-154	95%	0,29	0,62	0,75	0,9	0,7	8
Як-40	96%	0,25	0,68	0,80	0,7	0,8	6
Як-42	96%	0,28	0,65	0,75	0,8	0,7	10
Ан-24	97%	0,26	0,65	0,80	0,6	0,8	8
Ил-62	95%	0,29	0,60	0,65	1,1	0,7	10
Ил-86	95%	0,29	0,65	0,75	0,9	0,7	18