

**Московский государственный технический
университет гражданской авиации**

Н.Н. Смирнов

**Пособие
по выполнению практических занятий по дисциплине
«Основы теории технической эксплуатации ЛА и АД»**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЛА**

**Для студентов IV курса специальности 130300
всех форм обучения**

Москва – 2002

**Министерство транспорта РФ
Государственная служба гражданской авиации**

**Московский государственный технический
университет гражданской авиации**

**Кафедра технической эксплуатации
летательных аппаратов и авиадвигателей**

Н.Н. Смирнов

**Пособие
по выполнению практических занятий по дисциплине
«Основы теории технической эксплуатации ЛА и АД»**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЛА**

**Для студентов IV курса специальности 130300
всех форм обучения**

Москва – 2002

ББК 052 – 082

С

Рецензент: д-р техн. наук проф. Ицкович А.А.

Смирнов Н.Н.

С Пособие по выполнению практических занятий по дисциплине «Основы теории технической эксплуатации ЛА и АД» – М: МГТУ ГА, 2002. - ... с.

Данное пособие издается в соответствии в соответствии с учебным планом для студентов 4 курса дневного обучения и студентов 5 курса заочного обучения по специальности 130300.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры
и методического совета по специальности 130300

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Цель работы

Целью практического занятия по теме «Определение периодичности технического обслуживания изделий функциональных систем ЛА» является:

- 1) закрепление знаний по темам лекционных занятий «Формирование режимов технического обслуживания ЛА»;
- 2) приобретение навыков определения периодичности технического обслуживания различных изделий функциональных систем ЛА;

1.2. Основные вопросы, подлежащие изучению для выполнения практического занятия

Для закрепления теоретического материала по указанной теме и подготовки к практическому занятию студентам рекомендуется изучить следующие вопросы:

- 1) содержание понятия «режимы технического обслуживания ЛА»;
- 2) способ выделения изделий функциональных систем, отказы которых влияют на безопасность полетов;
- 3) классификация стратегий технического обслуживания изделий функциональных систем;
- 4) способ выбора рациональных стратегий технического обслуживания для конкретных изделий функциональных систем;
- 5) классификация методов определения периодичности технического обслуживания изделий и критерии оптимизации.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ТЕМЕ

2.1. Постановка задачи определения периодичности технического обслуживания изделий функциональных систем ЛА.

Под периодичностью технического обслуживания изделий ($t_{пр.}$) понимается интервал времени или наработки (в часах налета, посадках, циклах) между данным видом обслуживания и последующим таким же видом или другим большей сложности.

Назначение сроков проведения технического обслуживания подразумевает определение оптимальной периодичности выполнения профилактических регламентных работ ($t_{пр. опт.}$) для каждого изделия функциональной системы в соответствии с принципиальной и структурной схемами системы.

В зависимости от эксплуатационно-технических характеристик изделий функциональных систем определение $t_{пр. опт.}$ производится различными методами с использованием различных критериев оптимизации.

Выбор нужного метода и критерия для определения $t_{пр. опт.}$ того или иного изделия осуществляется в зависимости от:

- вида выполняемых на изделии регламентных работ;
- принятой стратегии технического обслуживания.

В большинстве случаев для определения $t_{пр. опт.}$ отдельных изделий используются вероятностные методы.

Наиболее сложным является вопрос о выборе стратегий технического обслуживания изделий, которые, в свою очередь, взаимосвязаны со стратегиями эксплуатации (использования) изделий на борту ЛА.

К возможным стратегиям эксплуатации (использования) изделий функциональных систем на борту ЛА относятся: до выработки ресурса; до безопасного отказа; до предотказового состояния.

В зависимости от принятой стратегии эксплуатации (использования) на борту ЛА того или иного изделия для него выбирается соответствующая стратегия технического обслуживания.

Различают стратегии: технического обслуживания по наработке (ТОНАР); техническое обслуживание по состоянию в контроле параметров (ТОСКП); техническое обслуживание по состоянию в контроле уровня надежности (ТОСКУН).

При ТОНАР перечень и периодичность выполнения операций определяются значением наработки изделий с начал эксплуатации или после капитального ремонта.

При ТОСКП изделие используется до предотказового состояния, межремонтный ресурс не устанавливается. Критерием технического состояния изделия является значение контролируемого параметра или совокупности параметров.

При ТОСКУН изделие используется до безопасного отказа, межремонтный ресурс не устанавливается. Техническое обслуживание содержит работы по регулировке, калибровке, обнаружению отказов и их устранению. Критерием технического состояния является уровень надежности совокупности однотипных изделий.

Выбор соответствующей стратегии технического обслуживания изделия осуществляется с использованием логической схемы, приведенной на рис. 1.

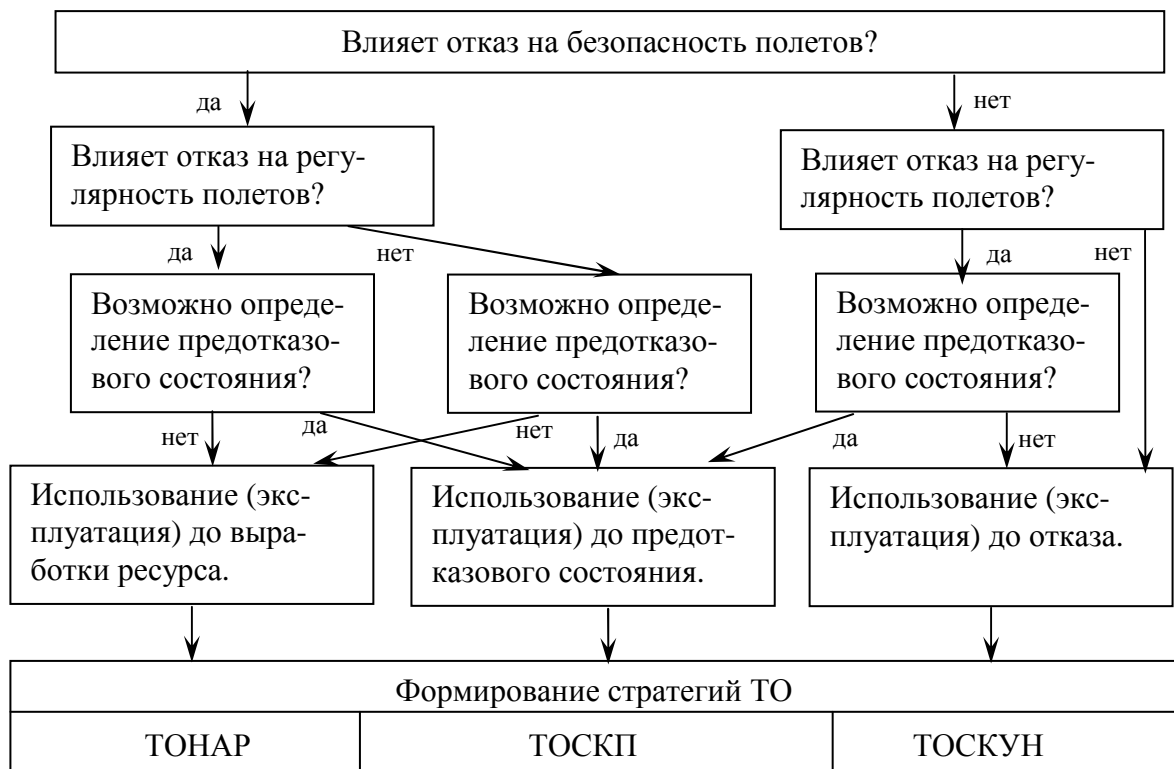


Рис. 1. Логическая схема выбора рациональных стратегий использования и технического обслуживания для изделий ФС.

Выбрав для каждого из изделий соответствующую стратегию технического обслуживания: ТОНАР, ТОСКУН или ТОСКП, становится возможным определить метод расчета $t_{пр. опт.}$ и критерий оптимизации (табл. 1).

Таблица 1

Методы расчета $t_{пр. опт.}$ и критерии оптимизации

№ пп.	Стратегия технического обслуживания	Метод расчета $t_{пр. опт.}$	Критерии оптимизации
1.	ТОНАР	Индивидуальный	$P(t_{пр.}) \geq P_{норм.}$
2.	ТОСКУН	С учетом трудоемкости технического обслуживания	$\Pi(t_{пр.}) \rightarrow \max$
3.	ТОСКП	С учетом развития неисправности в отказ	$P_{н,о}(t_{пр.}) \rightarrow \max$

Условные обозначения:

$P(t_{пр.})$ - вероятность безотказной работы изделия за $t_{пр.}$;

$P_{норм}$ - нормативное значение вероятности, заданное из условия обеспечения безопасности полетов;

$\Pi(t_{пр.})$ - отношение вероятности безотказной работы изделия в межпрофилактический период $P(t_{пр.})$ к трудоемкости его технического обслуживания и текущего ремонта $T_{ТОиР}$ за $t_{пр.}$;

$P_{н,о}(t_{пр.})$ – вероятность появления неисправности и неоявления отказа изделия за $t_{пр.}$;

2.2. Определение периодичности технического обслуживания изделий индивидуальным методом

Для изделий, отказ которых влияет на безопасность полетов и для которых не представляется возможным определить предотказовое состояние в связи с отсутствием контролируемого параметра или средства диагностирования, рекомендуется применять индивидуальный метод определения $t_{пр. опт.}$. Графическая интерпретация метода представлена на рис. 2.

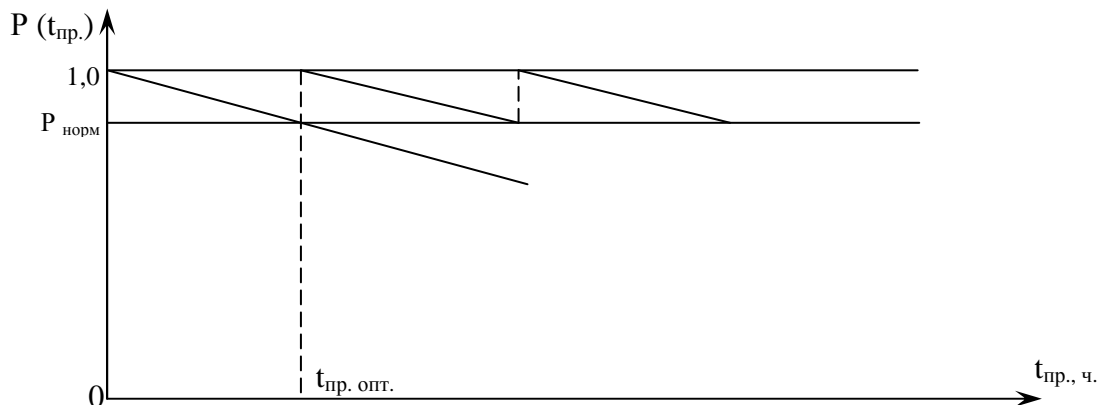


Рис. 2. Схема определяющая $t_{пр. опт.}$ изделий индивидуальным методом

Исходной информацией для расчета является характеристика безотказности рассматриваемого изделия – параметр потока отказов ω_0 , значения которого даны в Приложении № 1.

Вероятность безотказной работы изделия за межпрофилактический период $P(t_{пр.})$ определяется подстановкой различных значений $t_{пр.}$ (задаются 4-5 значений $t_{пр.}$) в основное уравнение метода:

$$P(t_{пр.}) = e^{-\omega_0 \cdot t_{пр.}}$$

Результаты расчета для изделий, оптимальная периодичность ТО которых определяется по критерию $P(t_{пр.}) \geq P_{норм.}$, сводятся в табл. 2.

Таблица 2

Номер изделия	Задаваемые значения $t_{пр}$	$P(t_{пр.})$	$t_{пр. опт.}$

Для определения $t_{пр. опт.}$ рекомендуется использовать $P_{норм.} \geq 0,98$.

2.3. Определение периодичности технического обслуживания изделий методом, учитывающим трудоемкость обслуживания.

Для изделий, отказы которых не оказывают заметного влияния на безопасность полетов, определение оптимальной периодичности осуществляется с учетом экономических показателей. В данном случае максимизируется отношение вероятности безотказной работы изделия в межпрофилактический период $P(t_{пр.})$ к трудоемкости его технического обслуживания и текущего ремонта $T_{ТОиР}$ за $t_{пр.}$

$$\Pi(t_{пр.}) = \left[\frac{P(t_{пр.})}{T_{ТОиР}} \right] \max.$$

В данном случае $T_{ТОиР}$ представляется в виде двух слагаемых:

- 1) трудоемкости плановых (профилактических) работ $T_{ТО}$;
- 2) трудоемкости работ по устранению неисправностей и отказов (текущего ремонта) $T_{Р}$.

$$T_{ТОиР} = T_{ТО} + T_{Р}.$$

В свою очередь,

$$T_{ТО} = \overline{T_{ТО}} \frac{\tau_{пр.}}{t_{пр.}}; \quad T_{Р} = \overline{T_{Р}} \omega_0 t_{пр.},$$

Где: $\overline{T_{ТО}}$, $\overline{T_{Р}}$ – среднее значения трудоемкости разового планового обслуживания и устранения неисправности или отказа, соответственно;

$\tau_{пр.}$ – действующая периодичность технического обслуживания изделия;

$t_{пр}$ – варьируемая периодичность;

ω_0 - параметр потока отказов изделия (статистическая оценка).

Развернутое выражение для определения $\Pi(t_{пр.})$ имеет вид:

$$\Pi(t_{\text{пр.}}) = \left[\frac{e^{-\omega_0 t_{\text{пр.}}}}{T_{\text{ТО}} \frac{\tau_{\text{нр}}}{t_{\text{нр}}} + T_{\text{Р}} \omega_0 t_{\text{нр}}} \right]_{\text{max}}$$

Необходимые для расчета исходные данные можно получить из Приложение № 1.

Для тех изделий функциональных систем, из числа включенных в задание, оптимальная периодичность технического обслуживания которых определяется по критерию $\Pi(t_{\text{пр.}}) \rightarrow \text{max}$, результаты расчета представляются в форме табл. 3.

Таблица 3

Номер изделия	Задаваемые значения $t_{\text{пр.}}$	$P(t_{\text{пр.}})$	$T_{\text{ТО}}$	$T_{\text{Р}}$	$T_{\text{ТОиР}}$	$\Pi(t_{\text{пр.}})$	$t_{\text{пр. опт.}}$
1	2	3	4	5	6	7	8

Для каждого из изделий в графе 2 задаются 4-5 значений $t_{\text{пр.}}$. После выполненных расчетов для одного из изделий дается также графическое изображение зависимостей:

$P(t_{\text{пр.}}) = f(t_{\text{пр.}})$, $T_{\text{ТОиР}} = f(t_{\text{пр.}})$, $\Pi(t_{\text{пр.}}) = f(t_{\text{пр.}})$ (рис. 3).

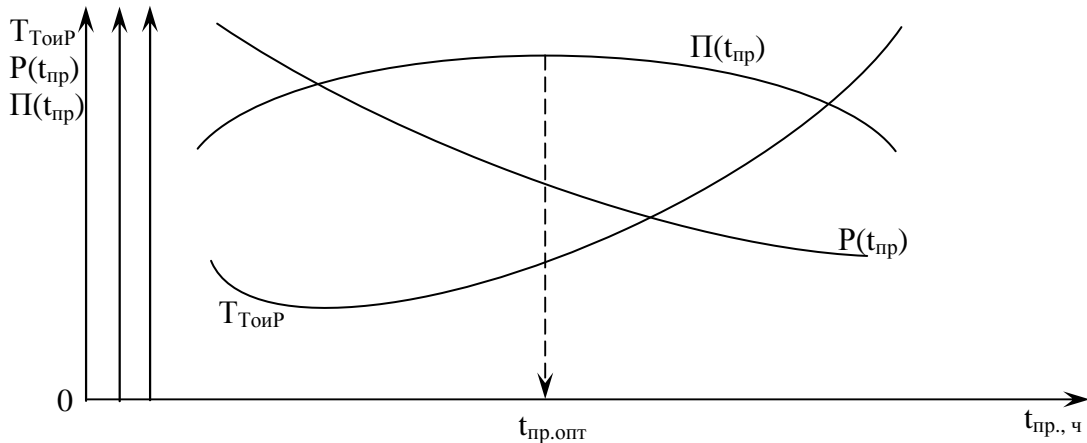


Рис. 3. Характер изменения $P(t_{\text{пр.}})$, $T_{\text{ТОиР}}$, $\Pi(t_{\text{пр.}})$ в зависимости от $t_{\text{пр.}}$.

2.4. Определение периодичности технического обслуживания изделий методом, учитывающим время развития неисправности в отказ

Для изделий, отказ которых влияет на безопасность полетов, но для которых представляется возможность определить предотказовое состояние, рекомендуется применять метод определения $t_{\text{пр. опт.}}$, основанный на анализе закономерностей развития отказов. Предполагается, что с устранением неисправностей в установленные сроки предупреждается развитие отказов (рис.4).

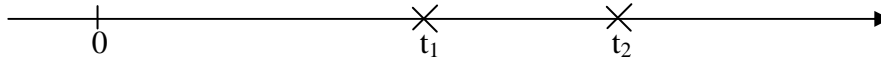


Рис.4. Модель развития отказа

- $0 - t_1$ - время развития неисправности;
 t_1 - момент появления неисправности;
 $t_1 - t_2$ - время развития отказа;
 t_2 - момент возникновения отказа.

Для оптимизации сроков выполнения ТО максимизируется вероятность совместного события – возникновение неисправности и непоявление отказа $P_{H,\bar{O}}(t_{пр.})$:

$$P_{H,\bar{O}}(t_{пр.}) = \left[\frac{\omega_H}{\omega_O - \omega_H} \left(e^{-\omega_H t_{пр.}} - e^{-\omega_O t_{пр.}} \right) \right]_{\max};$$

- где: $t_{пр.}$ – варьируемая периодичность технического обслуживания изделия;
 ω_H, ω_O – параметр потока неисправностей и отказов, соответственно.

Необходимые для расчета исходные данные для тех изделий, периодичность которых определяется по критерию $P_{H,\bar{O}}(t_{пр.}) \rightarrow \max$, (ω_H и ω_O), можно получить из Приложения № 1.

Результаты расчета представляются в форме табл.4:

Таблица 4

Номер изделия	Задаваемые значения $t_{пр.}$	$P_{\hat{H}}(t_{пр.})$	$P_O(t_{пр.})$	$P_{H,\bar{O}}(t_{пр.})$	$t_{пр. \text{ опт.}}$
1	2	3	4	5	6

Для каждого из изделий в графе 2 задаются 4-5 значений $t_{пр.}$. Определяются значе-

ния $P_{\hat{H}}(t_{пр.}) = e^{-\omega_H t_{пр.}}$; $P_O(t_{пр.}) = 1 - e^{-\omega_O t_{пр.}}$; $P_{H,\bar{O}}(t_{пр.})$ по приведенному выше выражению. После выполненных расчетов для одного из изделий дается графическое изображение зависимостей: $P_O(t_{пр.}) = f(t_{пр.})$, $P_{\hat{H}}(t_{пр.}) = f(t_{пр.})$, $P_{H,\bar{O}}(t_{пр.}) = f(t_{пр.})$ (рис. 5).

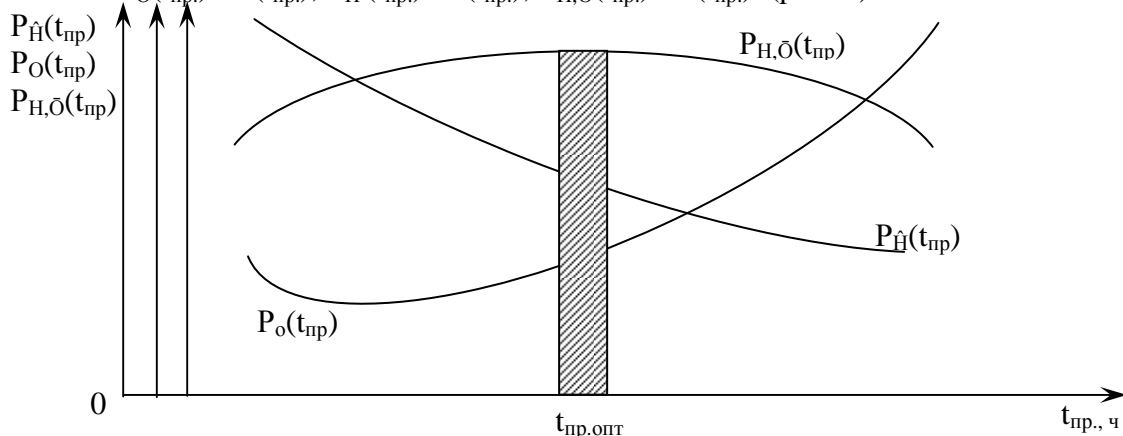


Рис.5. Характер изменения $P_O(t_{пр.})$, $P_{\hat{H}}(t_{пр.})$, $P_{H,\bar{O}}(t_{пр.})$ в зависимости от $t_{пр.}$. Оптимальные значения $t_{пр. \text{ опт.}}$ будут при максимальном значении $P_{H,\bar{O}}(t_{пр.})$.

3. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПРОРАБОТКИ НА ПРАКТИЧЕСКОМ ЗАНЯТИИ

Для выполнения задания студенты изучают методические указания (п.2 Пособия), получают от преподавателя варианты задания и решают задачи определения периодичности технического обслуживания изделий функциональных систем.

В соответствии с полученным вариантом задания и с использованием исходных данных, приведенных в Приложении студенту требуется для каждого изделия:

- 1) определить приемлемый метод и критерий оптимизации $t_{\text{пр. опт.}}$;
- 2) рассчитать оптимальную периодичность технического обслуживания ($t_{\text{пр. опт.}}$);
- 3) дать графическое изображение зависимостей:

$$P(t_{\text{пр.}}) = f(t_{\text{пр.}}), \Pi(t_{\text{пр.}}) = f(t_{\text{пр.}}), P_{\text{н,о}}(t_{\text{пр.}}) = f(t_{\text{пр.}}).$$

4. ОТЧЕТНОСТЬ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

После выполнения практического занятия студент предъявляет преподавателю отчет по форме, приведенной в Приложении № 2, который включает:

- А) формулировку задачи и исходную информацию по выбранному варианту;
- Б) изложение порядка решения задачи (выбор для каждого из изделий стратегий технического обслуживания, метода определения $t_{\text{пр. опт.}}$ и критерия оптимизации).
- В) расчет периодичности технического обслуживания всех изделий, включенных в вариант задания, с использованием для каждого из них «своего» критерия оптимизации.
- Г) результаты расчета в форме табл. 5

Таблица 5

Номер изделия	Стратегия тех-нич. обслужив.	Метод определения $t_{\text{пр. опт.}}$	Критерий оптимизации	$t_{\text{пр. опт}}$
1				
2				
3				
4				
5				

Литература

1. Техническая эксплуатация летательных аппаратов. Учебник для вузов. Под ред. Н.Н.Смирнова.- М.: Транспорт, 1990.
2. Смирнов Н.Н. Научные основы построения системы технического обслуживания и ремонта самолетов ГА.- М.: МГТУ ГА, 1994.
3. Дергач О.Я. Формирование систем технического обслуживания самолетов при их создании.- М.: Машиностроение, 1994.
4. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию.- 2-е изд.- М.: Транспорт, 1987.
5. Далецкий С.В. Проектирование системы технического обслуживания и ремонта воздушных судов гражданской авиации.- М.: МАИ, 2001.

Исходные данные для решения задачи по выбранному варианту задания

Вариант задания	№ изделия	Влияние отказа изделия на БП	Возможность определения предотказ. состояния	Действ. периодичн. $\tau_{пр.,ч}$	ω_0	ω_H	$\overline{T_{то}}$, чел.-ч.	$\overline{T_p}$, чел.-ч
1	1	+	-	300	$0,8 \times 10^{-4}$	$0,7 \times 10^{-3}$	0,15	1,0
	2	-	-	600	$0,3 \times 10^{-3}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,15	0,8
	3	+	+	300	$1,2 \times 10^{-3}$	$0,6 \times 10^{-2}$	0,2	1,1
	4	+	+	300	$0,7 \times 10^{-3}$	$0,8 \times 10^{-2}$	0,3	1,2
	5	-	-	900	$0,5 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-3}$	0,15	1,3
2	1	-	-	600	$1,3 \times 10^{-4}$	$0,8 \times 10^{-3}$	0,15	0,7
	2	+	+	300	$1,1 \times 10^{-3}$	$0,7 \times 10^{-2}$	0,3	1,0
	3	-	-	300	$0,8 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$	0,2	1,2
	4	+	-	900	$2,3 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-2}$	0,4	0,6
	5	+	+	600	$0,7 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,5	1,5
3	1	+	+	900	$1,1 \times 10^{-3}$	$0,7 \times 10^{-2}$	0,2	1,6
	2	-	-	300	$0,8 \times 10^{-4}$	$0,5 \times 10^{-3}$	0,3	0,9
	3	+	-	300	$3,1 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$	0,15	0,8
	4	-	-	600	$2,3 \times 10^{-4}$	$0,8 \times 10^{-3}$	0,3	1,0
	5	+	+	300	$1,9 \times 10^{-4}$	$0,6 \times 10^{-3}$	0,4	1,1
4	1	-	-	600	$1,2 \times 10^{-3}$	$0,8 \times 10^{-2}$	0,15	0,7
	2	+	-	300	$1,1 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,2	1,1
	3	+	+	900	$0,9 \times 10^{-4}$	$0,7 \times 10^{-3}$	0,25	0,9
	4	-	-	300	$0,7 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$	0,4	1,4
	5	+	+	600	$1,3 \times 10^{-4}$	$0,8 \times 10^{-3}$	0,2	1,3
5	1	+	+	900	$0,8 \times 10^{-3}$	$0,7 \times 10^{-2}$	0,3	0,9
	2	+	-	600	$0,6 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-3}$	0,2	1,1
	3	-	-	300	$0,7 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-3}$	0,15	0,8
	4	+	+	300	$1,1 \times 10^{-3}$	$0,8 \times 10^{-2}$	0,4	1,5
	5	-	-	600	$2,1 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,2	1,7
6	1	-	-	900	$2,8 \times 10^{-4}$	$0,7 \times 10^{-3}$	0,4	0,9
	2	+	-	600	$1,2 \times 10^{-3}$	$0,8 \times 10^{-2}$	0,5	1,7
	3	+	+	300	$0,7 \times 10^{-4}$	$0,7 \times 10^{-3}$	0,3	0,8
	4	+	+	300	$1,1 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$	0,2	1,2
	5	-	-	600	$2,1 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-3}$	0,3	1,3
7	1	+	+	600	$0,3 \times 10^{-4}$	$0,8 \times 10^{-3}$	0,2	1,3
	2	-	-	300	$1,1 \times 10^{-3}$	$0,7 \times 10^{-2}$	0,15	0,9
	3	+	+	900	$2,3 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-3}$	0,3	1,8
	4	+	-	300	$0,9 \times 10^{-3}$	$0,7 \times 10^{-2}$	0,2	1,2
	5	-	-	300	$1,3 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,4	1,4
8	1	-	-	600	$0,3 \times 10^{-4}$	$0,8 \times 10^{-3}$	0,2	1,3
	2	+	-	300	$1,1 \times 10^{-3}$	$0,7 \times 10^{-2}$	0,15	0,9
	3	+	+	900	$2,3 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$	0,3	1,8
	4	-	-	300	$0,9 \times 10^{-3}$	$0,7 \times 10^{-2}$	0,2	1,2
	5	+	+	300	$1,3 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,4	1,4

Вариант задания	№ изделия	Влияние отказа изделия на БП	Возможность определения предотказ. состояния	Действ. периодичн. $\tau_{пр.,ч}$	ω_0	ω_H	$\overline{T_{ТО}}$, чел.-ч.	$\overline{T_p}$, чел.-ч
9	1	+	-	600	$0,6 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-3}$	0,15	0,9
	2	+	+	300	$1,3 \times 10^{-4}$	$0,8 \times 10^{-3}$	0,2	1,1
	3	+	+	300	$1,1 \times 10^{-3}$	$0,7 \times 10^{-2}$	0,3	1,8
	4	-	-	900	$2,1 \times 10^{-4}$	$0,6 \times 10^{-3}$	0,2	1,4
	5	-	-	600	$0,7 \times 10^{-3}$	$0,8 \times 10^{-2}$	0,4	1,3
10	1	+	+	300	$1,8 \times 10^{-4}$	$0,7 \times 10^{-3}$	0,15	0,9
	2	+	-	600	$1,6 \times 10^{-3}$	$0,9 \times 10^{-2}$	0,2	1,2
	3	-	-	300	$1,7 \times 10^{-4}$	$0,6 \times 10^{-3}$	0,3	1,7
	4	-	-	900	$0,9 \times 10^{-4}$	$0,7 \times 10^{-3}$	0,2	1,5
	5	+	+	600	$1,2 \times 10^{-4}$	$0,8 \times 10^{-3}$	0,4	1,8
11	1	+	-	300	$4,5 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,2	1,1
	2	-	-	600	$2,7 \times 10^{-4}$	$0,7 \times 10^{-3}$	0,15	0,9
	3	+	+	900	$1,2 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-2}$	0,3	1,4
	4	-	-	300	$0,9 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-3}$	0,2	1,3
	5	+	+	600	$0,8 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-2}$	0,4	2,0
12	1	-	-	600	$1,8 \times 10^{-4}$	$3,1 \times 10^{-3}$	0,15	1,1
	2	+	-	900	$2,7 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-3}$	0,3	1,3
	3	+	+	300	$0,8 \times 10^{-3}$	$0,9 \times 10^{-2}$	0,2	0,9
	4	-	-	300	$0,7 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-3}$	0,4	1,8
	5	+	+	300	$0,6 \times 10^{-3}$	$0,9 \times 10^{-2}$	0,3	1,4
13	1	+	+	600	$1,2 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,15	0,9
	2	+	-	900	$3,1 \times 10^{-3}$	$0,8 \times 10^{-2}$	0,4	1,1
	3	-	-	300	$2,1 \times 10^{-4}$	$0,7 \times 10^{-3}$	0,2	1,0
	4	+	+	600	$1,2 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$	0,15	0,8
	5	-	-	300	$0,9 \times 10^{-4}$	$0,6 \times 10^{-3}$	0,3	1,2
14	1	+	+	300	$2,3 \times 10^{-3}$	$3,1 \times 10^{-2}$	0,2	1,1
	2	+	-	300	$1,3 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,15	0,7
	3	-	-	600	$0,7 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-3}$	0,3	1,0
	4	-	+	900	$2,6 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$	0,15	0,9
	5	+	-	600	$1,9 \times 10^{-4}$	$0,8 \times 10^{-3}$	0,2	1,3
15	1	-	-	600	$3,1 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-3}$	0,5	2,3
	2	+	-	900	$2,2 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,2	1,2
	3	-	-	300	$0,9 \times 10^{-3}$	$0,7 \times 10^{-2}$	0,4	0,9
	4	+	+	300	$1,8 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^{-3}$	0,15	1,2
	5	+	+	600	$2,1 \times 10^{-3}$	$0,9 \times 10^{-2}$	0,4	1,1
16	1	+	+	900	$1,7 \times 10^{-4}$	$0,8 \times 10^{-3}$	0,3	1,5
	2	-	-	300	$2,3 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,4	1,4
	3	+	-	300	$0,7 \times 10^{-4}$	$0,6 \times 10^{-3}$	0,2	1,2
	4	-	-	600	$3,1 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$	0,5	2,3
	5	+	+	600	$2,1 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-3}$	0,6	1,9

Вариант задания	№ изделия	Влияние отказа изделия на БП	Возможность определения предотказ. состояния	Действ. периодичн. $\tau_{пр.,ч}$	ω_0	ω_H	$\overline{T_{ТО}}$, чел.-ч.	$\overline{T_p}$, чел.-ч
17	1	-	-	300	$1,2 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-3}$	0,3	1,1
	2	+	+	300	$0,9 \times 10^{-3}$	$2,1 \times 10^{-2}$	0,15	0,9
	3	+	-	600	$1,2 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,2	1,3
	4	-	-	900	$0,7 \times 10^{-3}$	$0,8 \times 10^{-2}$	0,5	2,1
	5	+	+	600	$0,5 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-3}$	0,4	2,0
18	1	+	+	600	$1,3 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-2}$	0,15	0,8
	2	+	-	300	$2,1 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-3}$	0,3	1,0
	3	-	-	900	$3,3 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^{-3}$	0,2	1,8
	4	-	-	600	$0,9 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-2}$	0,3	1,3
	5	+	+	300	$1,8 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-3}$	0,2	1,1
19	1	+	-	900	$0,5 \times 10^{-4}$	$0,6 \times 10^{-3}$	0,2	1,3
	2	-	-	300	$2,1 \times 10^{-3}$	$0,7 \times 10^{-2}$	0,15	0,9
	3	+	+	600	$2,8 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-3}$	0,3	1,8
	4	-	-	300	$0,9 \times 10^{-3}$	$0,8 \times 10^{-2}$	0,2	1,2
	5	+	+	900	$1,2 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,4	1,4
20	1	+	+	300	$1,1 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,15	1,4
	2	+	-	900	$0,9 \times 10^{-3}$	$0,7 \times 10^{-2}$	0,2	1,1
	3	+	+	600	$1,7 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-3}$	0,3	1,5
	4	-	-	300	$0,6 \times 10^{-3}$	$0,9 \times 10^{-2}$	0,2	1,3
	5	-	-	600	$1,2 \times 10^{-4}$	$0,8 \times 10^{-3}$	0,4	2,0
21	1	+	-	600	$0,8 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-3}$	0,15	0,9
	2	+	+	900	$1,3 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,2	1,1
	3	-	-	300	$1,4 \times 10^{-3}$	$0,8 \times 10^{-2}$	0,3	1,8
	4	+	+	300	$2,1 \times 10^{-4}$	$0,6 \times 10^{-3}$	0,2	1,4
	5	-	-	600	$0,7 \times 10^{-3}$	$0,8 \times 10^{-2}$	0,4	1,3
22	1	-	-	900	$1,8 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,15	0,9
	2	+	-	300	$1,9 \times 10^{-3}$	$0,8 \times 10^{-2}$	0,2	1,2
	3	+	+	600	$1,8 \times 10^{-4}$	$0,6 \times 10^{-3}$	0,3	1,7
	4	-	-	900	$0,9 \times 10^{-4}$	$0,7 \times 10^{-3}$	0,2	1,5
	5	+	+	300	$1,4 \times 10^{-4}$	$0,8 \times 10^{-3}$	0,4	1,8
23	1	+	+	300	$4,5 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	0,2	1,1
	2	-	-	600	$2,7 \times 10^{-4}$	$0,8 \times 10^{-3}$	0,15	0,9
	3	+	-	300	$1,2 \times 10^{-3}$	$0,7 \times 10^{-2}$	0,3	1,4
	4	+	+	900	$1,9 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-3}$	0,2	1,3
	5	-	-	300	$0,8 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-2}$	0,4	2,0
24	1	+	-	600	$1,8 \times 10^{-4}$	$3,1 \times 10^{-3}$	0,15	1,1
	2	-	-	300	$2,7 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-3}$	0,3	1,3
	3	+	+	300	$0,8 \times 10^{-3}$	$0,8 \times 10^{-2}$	0,2	0,9
	4	-	-	900	$1,7 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-3}$	0,4	1,8
	5	+	+	600	$1,6 \times 10^{-3}$	$0,9 \times 10^{-2}$	0,3	1,4

Приложение № 2

Кафедра ТЭЛА и АД
 Дисциплина «Основы теории технической эксплуата-
 ции летательных аппаратов»

О Т Ч Е Т

О выполнении работы по практическому занятию на тему
 «Определение периодичности технического обслуживания изделий
 функциональных систем ЛА»

Студент _____
 Группа _____

Отчет принял _____
 «___» _____ 200_ г.

1. Цель практического занятия

.....

2. Исходные данные для варианта № ____

№ из-дел.	Влияние от-каза изделия на БП	Возможность определения предотказ. состояния	Действ. период. $\tau_{пр.,ч}$	ω_0	ω_n	$\overline{T_{ТО}}$, чел.-ч.	$\overline{T_p}$, чел.-ч
1							
2							
3							
4							
5							

3. Выбор для каждого изделия соответствующих стратегий ТО, метода определения $t_{пр}$ и критерия оптимизации

№ издел.	Стратегия	Метод	Критерий
1			
2			
3			
4			
5			

4. Определение оптимальной периодичности ТО изделий

4.1. Индивидуальный метод

Расчет ведется по выражению: $P(t_{пр.}) = 1 - e^{-\omega_0 t_{пр.}} = \dots$

Результаты расчета:

№ изд.	Задаваемые значения $t_{пр.,ч.}$	$P(t_{пр.})$	$T_{пр.опт.}$
.....			

4.2. Метод, учитывающий трудоемкость ТОиР

Расчет по выражению: $\Pi(t_{пр.}) = \left[\frac{P(t_{пр.})}{T_{ТОиР}} \right] = \text{-----}$

Результаты расчета:

№ издел.	Задаваемые значения $t_{пр}$	$P(t_{пр.})$	$T_{ТОиР}$	$\Pi(t_{пр.})$	$t_{пр.опт.}$
.....				
.....				

4.3. Метод, учитывающий время развития неисправности в отказ

Расчет ведется по выражению:

$$P_{H,O}(t_{пр.}) = \left[\frac{\omega_H}{\omega_O - \omega_H} \left(e^{-\omega_H t_{пр.}} - e^{-\omega_O t_{пр.}} \right) \right] = \dots$$

Результаты расчета:

№ изд.	Задаваемые значения $t_{пр.}$	$P_{H,O}(t_{пр.})$	$t_{пр.опт.}$
.....			
.....			

5. Оформление окончательных результатов

№ изд.	Стратегия	Метод	Критерий	$t_{\text{пр.опт.}}$	$\tau_{\text{пр}}$	Отклон. %
1						
2						
3						
4						
5						

6. Выводы по результатам

Работа выполнена «___» _____ 200__ г.

Подпись студента _____

Содержание

Стр.

1. Общие положения	
1.1. Цель работы	
1.2. Основные вопросы, подлежащие изучению для выполнения практического занятия	
2. Методические указания по теме	
2.1. Постановка задачи определения периодичности технического обслуживания изделий функциональных систем ЛА	
2.2. Определение периодичности технического обслуживания изделий индивидуальным методом	
2.3. Определение периодичности технического обслуживания изделий методом, учитывающим трудоемкость обслуживания	
2.4. Определение периодичности технического обслуживания изделий методом, учитывающим время развития неисправности в отказ	
3. Задание для самостоятельной проработки по практическому занятию ...	
4. Отчетность по практическому занятию	
Литература	
Приложение № 1. Исходные данные для решения задачи по выбранному варианту задания	
Приложение № 2. Форма отчета о выполнении работы по практическому занятию	