

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Цель работы

Целью практического занятия (ПЗ) по теме «Определение периодичности выполнения регламентных работ на изделиях, обслуживаемых по стратегии с КУН» является:

- 1) закрепление знаний по теме лекционных занятий «Обеспечение безотказности и долговечности ЛА»;
- 2) приобретение навыков формирования режимов технического обслуживания (ТО) изделий АТ, обслуживаемых по стратегии с КУН.

1.2. Основные вопросы, подлежащие изучению для выполнения практического занятия

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

- 1) основные положения стратегии ТО с КУН;
- 2) структура режимов ТО изделий, обслуживаемых по стратегии с КУН;
- 3) метод определения периодичности выполнения регламентных работ с учетом трудоемкости ТОиР;
- 4) метод определения допустимых уровней надежности.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ТЕМЕ

2.1. Постановка задачи

Обслуживанию по стратегии с КУН подлежат изделия, отказы которых не оказывают влияния на безопасность полетов.

Ресурс изделиям не устанавливается, и они эксплуатируются до отказа, полностью исчерпав свои технические возможности.

При проведении регламентных работ отказавшие изделия восстанавливаются заменой на работоспособные.

Стратегия ТО с КУН включает:

- 1) выполнение регламентных работ на изделиях по осмотру, регулировке, калибровке, смазке и т.д.;
- 2) замену отказавших изделий на работоспособные;
- 3) контроль уровня надежности однотипных изделий за календарные периоды.

Структура режимов ТО изделий, обслуживаемых по стратегии с КУН, представлена в табл. 1.

Структура режимов ТО изделий, эксплуатируемых до отказа

№ п/п	Режимы ТО			Техническая документация
	Характер ТО	Объем работ (содержание)	Периодичность	
1.	Постоянный объем	Регулировка, калибровка, смазка и т.д.	$T_{\text{пр опт}}$, определяется с учетом трудоемкости ТО	Регламент ТО
2.	Переменный объем	Поиск и устранение отказов	Факт отказа	Методики поиска и устранения отказов (алгоритмы)
3.	Постоянный объем	Контроль уровня надежности однотипных изделий	Календарные периоды контроля (текущий месяц, предыдущий квартал с учетом текущего месяца, предыдущий год с учетом текущего месяца)	Методика статистического регулирования надежности изделий авиационной техники

Подлежат определению режимы ТО изделий, указанные в табл. 1.

Исходной информацией является накопленная при эксплуатации статистическая база по отказам изделий, средние трудоемкости выполнения профилактических и восстановительных работ, ежемесячный налет эксплуатируемого парка ЛА (Приложения 1, 2, 3).

По результатам контроля надежности однотипных изделий выполняется анализ случаев превышения допустимого уровня и разрабатываются управляющие воздействия для повышения их надежности.

При выполнении ПЗ по данной теме решаются следующие задачи для однотипных изделий:

- 1) определение периодичности выполнения регламентных работ;
- 2) определение допустимого уровня надежности;
- 3) контроль уровня надежности за календарные периоды.

2.2. Определение периодичности выполнения регламентных работ

Для изделий, отказы которых не оказывают заметного влияния на безопасность полетов, определение оптимальной периодичности осуществляют с учетом экономических показателей. В данном случае максимизируется

отношение вероятности безотказной работы изделия в межпрофилактический период $P(t_{\text{ПП}})$ к трудоемкости его технического обслуживания (и текущего ремонта) за $t_{\text{ПП}}$ с учетом устранения отказов в случаях их появления ($T_{\text{ТОиР}}$).

$$\Pi(t_{\text{ПП}}) = \left[\frac{P(t_{\text{ПП}})}{T_{\text{ТОиР}}} \right]_{\max}$$

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

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

$$T_{\text{ТОиР}} = T_{\text{ТО}} + T_{\text{Р}}.$$

В свою очередь

$$T_{\text{ТО}} = \bar{T}_{\text{ТО}} \cdot \frac{\tau_{\text{ПП}}}{t_{\text{ПП}}};$$

$$T_{\text{Р}} = \bar{T}_{\text{Р}} \cdot \omega_0 \cdot t_{\text{ПП}},$$

где $\bar{T}_{\text{ТО}}$ – средние значения трудоемкости разового планового обслуживания и устранения отказа; $\tau_{\text{ПП}}$ – действующая периодичность ТО изделия; $t_{\text{ПП}}$ – варьируемая периодичность ТО; ω_0 – параметр потока отказов изделия (статистическая оценка).

Развернутое выражение для определения $\Pi(t_{\text{ПП}})$ имеет вид:

$$\Pi(t_{\text{ПП}}) = \left[\frac{e^{-\omega_0 \cdot t_{\text{ПП}}}}{\bar{T}_{\text{ТО}} \cdot \frac{\tau_{\text{ПП}}}{t_{\text{ПП}}} + \bar{T}_{\text{Р}} \cdot \omega_0 \cdot t_{\text{ПП}}} \right]_{\max}$$

Необходимые для расчета исходные данные представлены в Приложении 1. Результаты расчета представляют по форме табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета $T_{\text{ТОиР}}$, Π и $t_{\text{ПП ОПТ}}$

№ п/п	$t_{\text{ПП}}$	$P(t_{\text{ПП}})$	$T_{\text{ТО}}$	$T_{\text{Р}}$	$T_{\text{ТОиР}}$	$\Pi(t_{\text{ПП}})$	$t_{\text{ПП ОПТ}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
...							
n							

В графе 2 задаются различные значения $t_{ПР}$. Определяются значения $P(t_{ПР})$, $T_{ТouP}$, $\Pi(t_{ПР})$ и для одного из изделий дается графическое изображение зависимостей $P(t_{ПР})$, $T_{ТouP}$ и $\Pi(t_{ПР})$ от $t_{ПР}$ (рис. 1).

Оптимальное значение $t_{ПР.ОПТ}$ находится в зоне максимального значения $\Pi(t_{ПР})_{max}$.

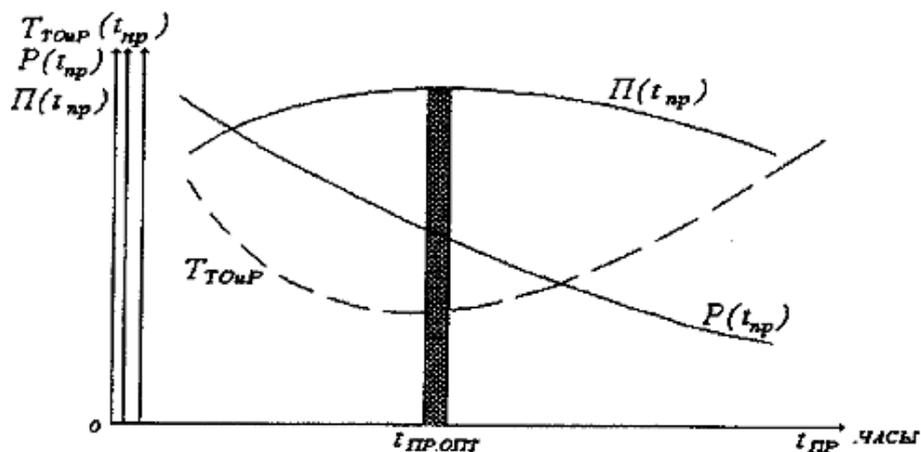


Рис. 1. Характер изменения $P(t_{ПР})$, $T_{ТouP}$, $\Pi(t_{ПР})$ в зависимости от $t_{ПР}$

2.3. Определение допустимого уровня надежности изделий

Определение допустимого уровня надежности выполняется с целью последующего контроля и анализа надежности однотипных изделий АТ в эксплуатационном авиапредприятии (ЭАП).

Допустимый уровень надежности обозначается ВГР (верхняя граница регулирования). ВГР представляет собой допустимое количество отказов совокупности однотипных изделий за контрольный период. ВГР определяется в каждом ЭАП самостоятельно при эксплуатации приписного парка ЛА с учетом случайного характера возникновения отказов, фактической наработки изделий за контрольный период и экономически целесообразного (планового) уровня надежности.

Для расчета ВГР используется закон Пуассона:

$$P_{ЗAD} = \sum_{n=0}^{ВГР} \frac{(K_{1000ПЛАН} \cdot \frac{T \cdot a}{1000})^n}{n!} \cdot e^{-K_{1000ПЛАН} \cdot \frac{T \cdot a}{1000}},$$

$P_{ЗAD} = 1 - \alpha$; α — риск принятия решения о понижении уровня надежности;
 $K_{1000 план}$ — плановый уровень надежности однотипных изделий (количество отказов на 1000 ч налета);

a — количество однотипных изделий на ЛА;

n — количество отказов (переменная случайная величина);

T , ч — налет парка ЛА.

Для упрощения расчетов ВГР вводится понятие планового количества отказов ($n_{ПЛ}$), которое характеризует экономически допустимое количество отказов изделий для ЭАП за контрольный период.

$$n_{ПЛ} = K_{1000ПЛАН} \cdot \frac{T \cdot a}{1000}.$$

В табл. 3 представлены результаты расчетов ВГР для $P_{ЗАД} = 0,975$ (что соответствует $\alpha = 0,025$) при $n_{ПЛ} \{0,1 \div 80\}$; при $n_{ПЛ} > 86,86$ ВГР определяется по выражению:

$$ВГР = n_{ПЛ} + 2\sqrt{n_{ПЛ}}.$$

Таблица 3

Значения ВГР для $P_{ЗАД} = 0,975$ при $n_{ПЛ} \{0,1 \div 80\}$

$n_{ПЛ}$	ВГР								
0,1	1,5	0,2	1,5	0,3	2,5	0,4	2,5	0,5	2,5
0,7	3,5	0,8	3,5	0,9	3,5	2	5,5	0,6	2,5
4	8,5	5	10,5	6	11,5	7	13,5	3	7,5
9	15,5	10	17,5	20	29,5	30	41,5	8	14,5
50	64,5	60	76,5	70	87,5	80	98,5	40	53,5

ВГР определяется по истечении каждого календарного месяца. Для учета больших, умеренных и малых сдвигов надежности в конце каждого календарного месяца одновременно рассчитывают четыре значения ВГР: за последний месяц (текущий); за предыдущий месяц; за три последних, включая текущий (текущий квартал); за двенадцать последних, включая текущий (текущий год). Перечисленные контрольные периоды отличаются налетом парка ЛА.

Схема контрольных периодов представлена на рис. 2.

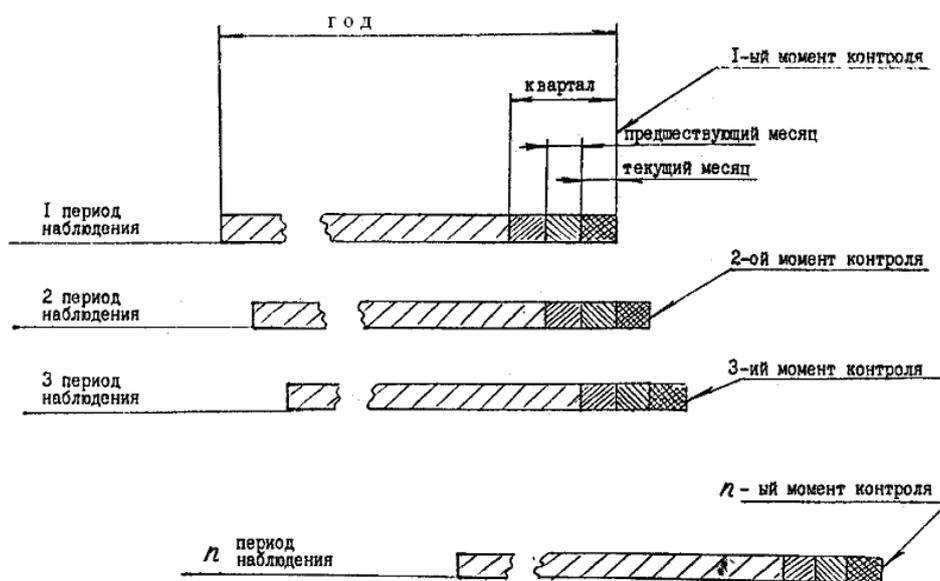


Рис. 2. Схема периодов наблюдения и моментов контроля уровня надежности изделий АТ

2.4. Контроль уровня надежности изделий

Контроль уровня надежности изделий АТ выполняется путем сравнения фактического количества отказов (наблюдаемого в ЭАП) с установленным допустимым уровнем (ВГР). По результатам контроля строятся графики (рис. 3).

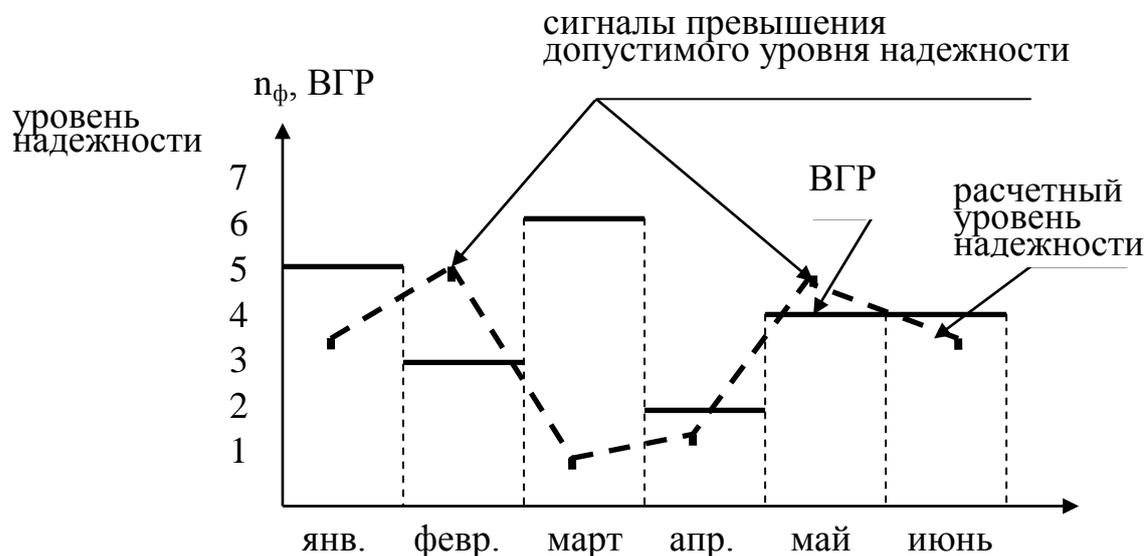


Рис. 3. Пример результатов контроля уровня надежности изделия АТ за текущие месяцы

Контроль проводится для анализа и, в случае необходимости, разработки решений по повышению надежности однотипных изделий АТ.

При анализе рассматриваются контрольные периоды, указанные в п. 2.3 Пособия (рис. 2).

Для выдвижения гипотезы о понижении уровня надежности изделий используют информацию табл. 4. Знаком «+» отмечены сигналы о превышении ВГР для обозначенных контрольных периодов.

Таблица 4

Информация для анализа надежности изделий АТ

Варианты наличия сигнала о превышении ВГР ($n > \text{ВГР}$)					Гипотеза о понижении уровня надежности
№ вар	контрольные периоды				
	предшест. месяц	текущ. месяц	квартал	год	
1	2	3	4	5	6
1	-	-	-	-	нет понижения надежности
2	+	-	-	-	случайное снижение надежности, анализ причин отказов не проводить

1	2	3	4	5	6
3	-	+	-	-	влияние сезонности, анализ причин отказов не проводить
4	+	+	-	-	
5	-	+	+	-	влияние сезонности, анализировать причину отказа
6	+	+	+	-	
7	-	-	+	-	организационный фактор, анализировать причину отказа
8	+	-	+	-	
9	-	-	-	+	КПН или организационный фактор, анализировать причину отказа
10	+	-	-	+	КПН или организационный фактор, анализировать причину отказа
11	-	+	-	+	
12	-	-	+	+	
13	+	+	-	+	
14	+	-	+	+	
15	-	+	+	+	КПН, анализировать причину отказа
16	+	+	+	+	

Примечание: «+» - сигнал превышения ВГР ($n > \text{ВГР}$);

КПН – конструктивно-производственный недостаток.

В табл. 5 приведен рекомендуемый перечень мероприятий по повышению надежности изделий АТ.

Таблица 5

Рекомендуемый перечень мероприятий по повышению надежности изделий АТ

№ п/п	Действующий фактор	Мероприятия по повышению надежности
1	2	3
1	конструктивно-производственный	1) предложения к промышленности по доработке изделий; 2) введение дополнительного контроля при ТО; 3) установление назначенного ресурса и переход на стратегию технического обслуживания по наработке (ТОНАР); 4) корректировка заказов на запасные части
2	эксплуатационный	1) предложения по корректировке регламента; 2) предложения к промышленности по доработке изделий для соответствующих климатических условий; 3) ввести ограничение по использованию

		изделий в соответствующих климатических условиях; 4) корректировка заказов на запасные части
3	организационный	Повышение качества ТО за счет: 1) внедрения систем контроля качества ТО; 2) внедрения систем повышения качества труда; 3) перераспределения людских ресурсов; 4) повышения квалификации технического персонала; 5) обновления материальной части (оснастка, инструмент); 6) применения новых технологий ТО; 7) внедрения информационных систем при ТО; 8) улучшения материально-технического снабжения; и т.д.

3. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПРОРАБОТКИ НА ПРАКТИЧЕСКОМ ЗАНЯТИИ

Для выполнения ПЗ студенты изучают методические указания (п. 2. Пособия), получают от преподавателя вариант задания (табл. П.1) и формируют режимы ТО изделий, обслуживаемых по стратегии с КУН.

Задание выполняется на примере изделий системы кондиционирования воздуха (СКВ) самолета Ту-154М.

Исходные данные для выполнения задания представлены в Приложениях. В каждом варианте рассматривается один тип изделия СКВ.

В Приложении 1 для каждого варианта задания представлены данные по изделиям СКВ Ту-154М.

В Приложении 2 представлены помесечные данные по налету парка Ту-154М.

В Приложении 3 представлены помесечные статистические данные о фактическом количестве отказов для каждого типа изделий СКВ Ту-154М.

Для полученного варианта задания и с использованием исходных данных Приложений 1, 2, 3 студенту требуется:

1) определить $t_{ПР.ОПТ}$ с учетом трудоемкости ТОиР изделия и построить график функции $P(t_{ПР})$ в соответствии с п. 2.2. Пособия;

2) определить ВГР для контрольных периодов (текущего месяца, предыдущего месяца, текущего квартала, текущего года) в соответствии с п.2.3. Пособия;

3) выполнить контроль уровня надежности изделия путем сравнения $n_{ФАКТ}$ с ВГР в соответствии с п. 2.4. Пособия, при этом:

- а) результаты контроля уровня надежности изделия по текущим месяцам представить графически (аналогично рис. 3 Пособия);
- б) результаты контроля уровня надежности изделия по всем указанным выше контрольным периодам представить по форме табл. 4 в соответствии с п. 2.4. Пособия;
- в) представить рекомендации по повышению уровня надежности изделия.

4. ОТЧЕТНОСТЬ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

После выполнения практического занятия студент представляет преподавателю отчет по форме, представленной в Приложении 4, который включает:

- 1) формулировку задачи и исходные данные по заданному варианту;
- 2) результаты определения $t_{ПР.ОПТ}$ изделия (расчетная таблица и график);
- 3) результаты определения допустимого уровня надежности (ВГР);
- 4) график по результатам контроля уровня надежности изделия для шести текущих месяцев, указанных в варианте задания;
- 5) расчетную информацию для анализа надежности изделия;
- 6) предложения по повышению надежности изделия.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Смирнов Н.Н. Основы теории технической эксплуатации летательных аппаратов. Части 1 и 2. – М.: МГТУ ГА, 2001, 2003.
- 2. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. – 2-е изд. - М.: Транспорт, 1987.
- 3. Смирнов Н.Н., Герасимова Е.Д., Полякова И.Ф. Эксплуатационная надежность и режимы технического обслуживания самолетов. - М.: МГТУ ГА, 2002.

Эксплуатационно-технические характеристики изделий СКВ Ту-154М

Вариант задания	Период наблюдения	Изделие		Колич. на ЛА	ω_0	$T_{го},$ чел.-ч	$T_{р},$ чел.-ч	$\tau_{пр},$ ч	K_{1000} план.
		Наимен.	Тип						
1	янв-июнь	клапан обратный	5102М	4	$2,7*10^{-6}$	0,2	1,1	900	0,08
2	июль-дек								
3	янв-июнь	клапан обратный	4672	2	$2,7*10^{-6}$	0,2	1,1	900	0,01
4	июль-дек								
5	янв-июнь	клапан обратный	5203Т	4	$2,7*10^{-6}$	0,2	1,1	900	0,03
6	июль-дек								
7	янв-июнь	переключ. СКВ	ПМГ-15К	2	$0,9*10^{-5}$	0,5	1,4	300	0,01
8	июль-дек								
9	янв-июнь	клапан выпускной	4870Т	3	$2,7*10^{-6}$	0,3	1,2	900	0,02
10	июль-дек								
11	янв-июнь	сигнал. темпер	5747Т	3	$2,3*10^{-6}$	0,3	0,9	300	0,07
12	июль-дек								
13	янв-июнь	воздухо-воздушн. радиатор	4458Т	2	$2,5*10^{-5}$	0,4	2,0	300	0,03
14	июль-дек								
15	янв-июнь	термо-реле	4463АТ	2	$2,7*10^{-6}$	0,15	0,9	900	0,01
16	июль-дек								
17	янв-июнь	регулят. избыточ. давления	4561АТ	2	$0,3*10^{-5}$	0,4	1,2	300	0,01
18	июль-дек								
19	янв-июнь	исполнит. механизм	5377Т	3	$1,2*10^{-5}$	0,5	1,7	300	0,07
20	июль-дек								
21	янв-июнь	регулят. избыточ. давления	5206Т	3	$0,3*10^{-5}$	0,4	1,2	300	0,08
22	июль-дек								
23	янв-июнь	электро-механизм	МПК-13А	5	$0,7*10^{-5}$	0,5	1,4	300	0,1
24	июль-дек								
25	янв-июнь	клапан обратный	3203Т	4	$2,7*10^{-6}$	0,2	1,1	900	0,03
26	июль-дек								

Помесячный налет парка ЛА

Календарный период	январь	февраль	март	апрель	май	июнь
Налет парка ЛА, ч	18742	17500	18150	17900	18900	19120
Календарный период	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Налет парка ЛА, ч	19210	19340	19150	18750	18100	17800

Статистические данные по отказам изделий за календарные месяцы
(фактическое количество отказов, $n_{ф}$)

Тип изделия	К а л е н д а р н ы е м е с я ц ы											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
5102М	6	12	3	0	7	10	5	9	4	7	11	9
4672	3	0	2	2	1	0	3	0	0	2	1	0
5203Т	5	3	0	10	6	1	0	12	2	1	0	10
ПМГ-15К	6	0	0	1	1	3	1	0	2	0	0	1
4870Т	0	1	2	5	2	0	1	3	0	4	1	2
5747Т	2	4	3	0	1	4	5	1	2	3	0	1
4458Т	0	1	1	2	0	0	5	3	1	0	6	3
4463А Т	1	0	0	1	0	2	0	1	1	2	0	0
4561А Т	0	0	2	1	0	0	3	0	0	1	1	0
5377Т	1	5	1	0	4	2	1	0	0	2	3	0
5206Т	0	2	0	1	3	0	0	1	2	1	0	4
МПК-13А	7	10	3	6	5	11	0	7	8	0	10	5
3203Т	5	3	0	2	1	4	0	2	7	1	5	4

Таблица 2

Текущие месяцы контроля						
Налет парка ЛА, ч						
Фактическое количество отказов						

2.3. Результаты определения $t_{пр. опт}$ с учетом трудоемкости $T_{оир}$

Таблица 3

№п/п	$t_{пр}, ч$	$P(t_{пр})$	$T_{то},$ чел.-ч	$T_{р},$ чел.-ч	$T_{тоир},$ чел.-ч	$\Pi(t_{пр})$	$t_{пр. опт},$ ч
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
3							
...							
к							

Характер изменения $\Pi(t_{пр})$ представлен на рис. 1.



Рис.1. Изменение $\Pi(t_{пр})$ изделия _____

2.4. Результаты определения допустимого уровня надежности изделия _____

Таблица 4

Текущ. месяц	n _ф	ВГР	Предыдущ. месяц	n _ф	ВГР	Текущ. кварт.	n _ф	ВГР	Текущ. год	n _ф	ВГР

2.5. Результаты контроля уровня надежности изделия _____

Для текущих месяцев результаты контроля представлены на рис. 2

Уровень
надежности



Месяцы

Рис.2. Контроль уровня надежности изделия _____
за текущие месяцы

Для всех календарных периодов результаты контроля представлены в табл. 5

Таблица 5

Текущ. месяц	$n_{\phi} > \text{ВГР}$	Пред-ыдущ. месяц	$n_{\phi} > \text{ВГР}$	Текущ. кварт.	$n_{\phi} > \text{ВГР}$	Текущ. год	$n_{\phi} > \text{ВГР}$	Гипотеза о понижении уровня надежности

Примечание: информация для заполнения табл.5 взята из табл.4;
 $n_{\phi} > \text{ВГР}$ отмечено знаком «+»

2.6. Предложения по повышению надежности изделия _____

Работу выполнил студент _____ « » _____ 20 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
1.1. Цель работы	3
1.2. Основные вопросы, подлежащие изучению для выполнения практического занятия	3
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ТЕМЕ	3
2.1. Постановка задачи	3
2.2. Определение периодичности выполнения регламентных работ	4
2.3. Определение допустимого уровня надежности изделий	6
2.4. Контроль уровня надежности изделий	8
3. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПРОРАБОТКИ НА ПРАКТИЧЕСКОМ ЗАНЯТИИ	10
4. ОТЧЕТНОСТЬ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ	11
Литература	11
Приложение 1. Эксплуатационно-технические характеристики изделий СКВ Ту-154М	12
Приложение 2. Помесячный налет парка ЛА	13
Приложение 3. Статистические данные по отказам изделий за календарные месяцы	14
Приложение 4. Форма отчета о выполнении работы по практическому занятию	15