

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

А.А. Ицкович, И.А. Файнбург

ПОСОБИЕ

**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**“УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ”**

**для студентов VI курса
специальности 130300 заочного обучения**

Москва 2005

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

Кафедра технической эксплуатации ЛА и АД

А.А.Ицкович, И.А. Файнбург

ПОСОБИЕ

**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**“УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ”**

**для студентов VI курса
специальности 130300 заочного обучения**

Москва 2005

ББК 052-082

И 96

Рецензент канд. техн. наук, доц. П.К.Кабков

Ицкович А.А., Файнбург И.А.

Пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине «Управление процессами технической эксплуатации летательных аппаратов» для студентов VI курса специальности 130300 заочного обучения. - М.: МГТУ ГА, 2005. -

Данное пособие издается в соответствии с учебным планом для студентов VI курса специальности 130300 заочного обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры _____ 2005 г.
и методического совета _____ 2005г.

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Выполнение курсовой работы (КР) является этапом изучения дисциплины «Управление процессами технической эксплуатации летательных аппаратов» и предусматривает решение задач по основным темам дисциплины: системный анализ процессов технической эксплуатации летательных аппаратов; программное управление процессами технической эксплуатации летательных аппаратов; оперативное управление процессами технической эксплуатации летательных аппаратов.

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

При выполнении КР автор несет ответственность за правильность расчетов и принятые проектные.

Преподаватель на установочной лекции дает рекомендации по выполнению КР студентом, уточняет объем и глубину проработки отдельных заданий, проводит консультации.

При оформлении КР необходимо соблюдать определенные требования. Изложение материалов КР должно быть конкретным и четким. Заимствованные цитаты, таблицы и другие материалы должны иметь ссылку на источник. В тексте необходимо соблюдать единую техническую терминологию, принятую в учебных пособиях и стандартах.

Оформление материала, изложенного в КР, производится в соответствии с ГОСТ 2.105-79 «Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ 2.106-68 «Текстовые документы», п.7, «Расчеты». Титульный лист КР должен быть выполнен чертежным шрифтом черной тушью (Приложение 5). За ним следует «Содержание», на котором выполняется основная надпись.

Текст пояснительной записки должен быть написан разборчиво на одной стороне листа формата А4 (297x210 мм). Числовые значения в формулах объясняются. Окончательный результат приводится с указанием размерности. Таблицы, помещенные в тексте должны иметь номера и названия. При приведении

результатов расчетов в табличной форме даются примеры расчетов с подстановкой исходных данных в расчетные формулы. Графики, схемы, рисунки следует выполнять на листах миллиметровой бумаги формата А4. Рисунки должны иметь номера и подрисуночные подписи. На графиках указывать масштаб и размерность изображаемых величин. На все таблицы и графики в тексте должны быть ссылки.

В тексте необходимо выделить заголовки отдельных частей КР, их разделов и подразделов в соответствии с «Содержанием». В конце пояснительной записки приводится литература, используемая при выполнении КР.

2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

В качестве объектов анализа в контрольной работе выбираются типовые функциональные системы и изделия самолетов Ил-62, Ту-154, Ту-134 и Як-40.

Исходные данные и конкретные технические задания для выполнения КР приведены для каждой задачи отдельно. Выбор варианта задания производится согласно шифру зачетной книжки по сумме трех последних цифр. Например, для шифра М73576, вариант 18 ($5+7+6$).

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

При выполнении КР необходимо выполнить следующие задания:

Задание № 1. Управление объемами запасных частей для замены отказавших изделий.

1.1. Определение необходимого количества запасных изделий для эксплуатации парка ЛА на период назначенного ресурса.

1.2. Определение возможной длительности эксплуатации изделий для парка ЛА с учетом замены отказавших и при наличии заданного количества запчастей на складе авиапредприятия.

Задание № 2. Управление техническим состоянием изделий, подверженных износу и старению.

2.1. Определение зависимости параметра изделия от наработки для математического ожидания и среднего квадратического отклонения по статистическим данным эксплуатационных наблюдений при двух фиксированных значения наработки.

2.2. Определение зависимости параметра изделия от наработки для математического ожидания и среднего квадратического отклонения по статистическим данным эксплуатационных наблюдений при трех фиксированных значения наработки.

Задание № 3. Модели управляемых состояний процесса технической эксплуатации ЛА

3.1. Определение параметров модели управляемого состояния использования по назначению

3.2. Определение параметров управляемого состояния технического обслуживания и ремонта с детерминированной периодичностью и переменным объемом работ.

Задание № 4 . Управление режимами технического обслуживания и ремонта изделий ЛА с учетом старения и частичного восстановления.

4.1. Определение параметров закона распределения Вейбулла наработки изделия до отказа;

4.2. Оценка параметров функции затрат на техническое обслуживание и ремонт ЛА;

4.3. Определение оптимальной периодичности технического обслуживания и ремонта изделий ЛА;

4.4. Управление режимами технического обслуживания и ремонта изделий ЛА.

Содержание пояснительной записки КР:

Введение.

1. Управление объемами запасных частей для замены отказавших изделий.

1.1. Определение потребного количества запасных изделий для эксплуатации парка ЛА на период назначенного ресурса.

1.2. Определение возможной длительности эксплуатации изделий для парка ЛА с учетом замены отказавших и при наличии заданного количества запчастей на складе авиапредприятия.

2. Управление техническим состоянием изделий, подверженных износу и старению.

2.1. Определение зависимости параметра изделия от наработки для математического ожидания и среднего квадратического отклонения по статистическим данным эксплуатационных наблюдений при двух фиксированных значения наработки.

2.2. Определение зависимости параметра изделия от наработки для математического ожидания и среднего квадратического отклонения по статистическим данным эксплуатационных наблюдений при трех фиксированных значения наработки.

3. Модели управляемых состояний процесса технической эксплуатации ЛА

3.1. Определение параметров модели управляемого состояния использования по назначению.

3.2. Определение параметров управляемого состояния технического обслуживания и ремонта с детерминированной периодичностью и переменным объемом работ.

4. Управление режимами технического обслуживания и ремонта изделий ЛА с учетом старения и частичного восстановления.

4.1. Определение параметров закона распределения Вейбулла наработки изделия до отказа;

4.2. Оценка параметров функции затрат на техническое обслуживание и ремонт ЛА;

4.3. Определение оптимальной периодичности технического обслуживания и ремонта изделий ЛА;

4.4. Управление режимами технического обслуживания и ремонта изделий ЛА.

Выводы.

Список литературы.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

4.1. Задание № 1. Управление объемами запасных частей для замены отказавших изделий.

4.1.1. Техническое задание:

Задание содержит решение следующих задач:

- 1). Определение потребного количества запасных изделий для эксплуатации парка ЛА на период назначенного ресурса.
- 2). Определение возможной длительности эксплуатации изделий для парка ЛА с учетом замены отказавших и при наличии заданного количества запчастей на складе авиапредприятия.

В качестве объекта анализа выбираются типовые изделия системы кондиционирования воздуха (СКВ) самолета Ту-154: распределитель, обратный клапан, турбохолодильник, кран надува, регулятор избыточного давления, блок управления.

4.1.2. Необходимые теоретические сведения.

Для управления объемами запасных частей используется уравнение Пуассона:

$$P_{r\text{ДОП}} = \sum_{n=0}^r \frac{(\omega t)^n}{n!} e^{-\omega t}, \quad (4.1.1)$$

где: $P_{r\text{ДОП}}$ – вероятность того, что для замены отказавших изделий будет достаточно r запасных частей $P_{r\text{ДОП}} = 1 - P_{\text{ДОП}}$;

ω - параметр потока отказа;

t - период эксплуатации в часах наработки.

Параметр потока отказа ω вычисляется известными методами теории надежности на базе статистических данных наработки до отказа восстанавливаемых изделий. На интервале наработки Δt_i определяется статистическая оценка ω_i^* :

$$\omega_i^* = \frac{\Delta n_i}{N \Delta t_i}, \quad (4.1.2)$$

где Δn_i - количество отказов изделий на интервале наработки Δt_i .

Строится гистограмма $\omega_i^* = f(t)$ и определяется среднее значение $\omega(t)$ для k интервалов:

$$\omega_{cp}^* = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \omega_i^* . \quad (4.1.3)$$

4.1.3. Последовательность выполнения работы

1) Получение исходных данных

Варианты задания формируются в соответствии с данными табл. 4.1.1.

Выбор варианта задания студентами производится согласно шифру зачетной книжки по сумме трех последних цифр. Например, для шифра М73496, вариант №19 (4+9+6).

Исходные данные по надежности (табл. 4.1.2) являются результатами эксплуатационных наблюдений за наработками изделий до отказа.

2) Порядок решения задачи №1

Исходные данные: № варианта; коэффициент корректировки; заданное изделие СКВ; объем парка ЛА (m); количество изделий на ЛА (a); назначенный ресурс ($T_{рн}$), допустимая вероятность отсутствия запасного изделия на складе для замены отказавшего ($P_{доп}$) (табл. 4.1.1); наработки до отказа для заданного изделия СКВ (табл. 4.1.2).

Определение статистической оценки параметра потока отказа ω_{cp}^* :

исходные данные наработки до отказа разбить на интервалы и для каждого интервала определить ω_i^* , $i = 1, k$ по формуле 4.1.2;

построить гистограмму $\omega_i^* = f(t)$;

определить среднее значение ω_{cp}^* по формуле 4.1.3.

Для определения потребного количества запасных изделий, $n_{з(1)}$ для эксплуатации одного изделия установленного на ЛА, в течении назначенного ресурса $T_{рн}$ подставляем в формулу 4.1.1:

$Pr_{доп} = 1 - P_{доп}$, $t = T_{рн}$, $\omega = \omega_{cp}^*$.

Принимаем $n = 0$ и определяем $Pr_0 (n = 0)$; затем $n = 1$ и находим $Pr_1 (n = 1)$.

Таблица 4.1.1

Варианты заданий

№Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Коэффициент Корректировки	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
Наименование Изделия СКВ	Предел Расширитель 513					Обратный Клапан 5102					Турбохоло- дильник 1621т					Кран надува 4602					Регулятор Изб.дав 4561					блок управления 2427				
Объем Парка ЛА	5					10					15					20					25					30				
Кол-во изделий На ЛА а	5					4					2					3					2					2				
Количество Запасных Частей на Складе n _з	5					4					55					2					5					5				
Назначенный Ресурс, T _{рн}	3000					3000					6000					4000					6000					6000				
P _{доп}	0,25					0,2					0,05					0,1					0,05					0,05				

Таблица 4.1.2.

Статистические данные по наработке до отказа

Наименование Изделия	Наработки до отказа, ч
Распределитель 513	150, 155, 230, 245, 310, 330, 420, 475, 510, 520, 530,565,87
Обратный Клапан 5102	310, 340, 355, 367, 420, 470, 510, 533, 540, 570, 585, 670
Турбохолодильник 1621т	327, 395, 450, 470, 535, 540, 570, 610, 620, 637, 780, 800, 950, 1000
Кран надува 4602	125, 130, 185, 210, 230, 235, 240, 257, 310, 320, 345, 400, 470, 520, 710
Регулятор избы- точного давления 4561	370,410,425,500,560,575,582,600,610,620,655 720,810,815,900
Блок управления 2427	588,646,675,697,798,836,893,969,1013,1026 1083,1112,1273

При этом на каждом шаге проверяем условие: не превышает ли сумма

$$\sum_{n=1}^r p_n$$

значение $P_{r_{\text{доп}}}$. При

$$\sum_{n=1}^k p_n \geq P_{r_{\text{доп}}}$$

вычисления прекращаются и определяется $n_{3(1)} = r$.

Графическое определение необходимого количества запасных изделий $n_{3(1)}$ для одного изделия, установленного на самолете, приведено на рис. 4.1.1.

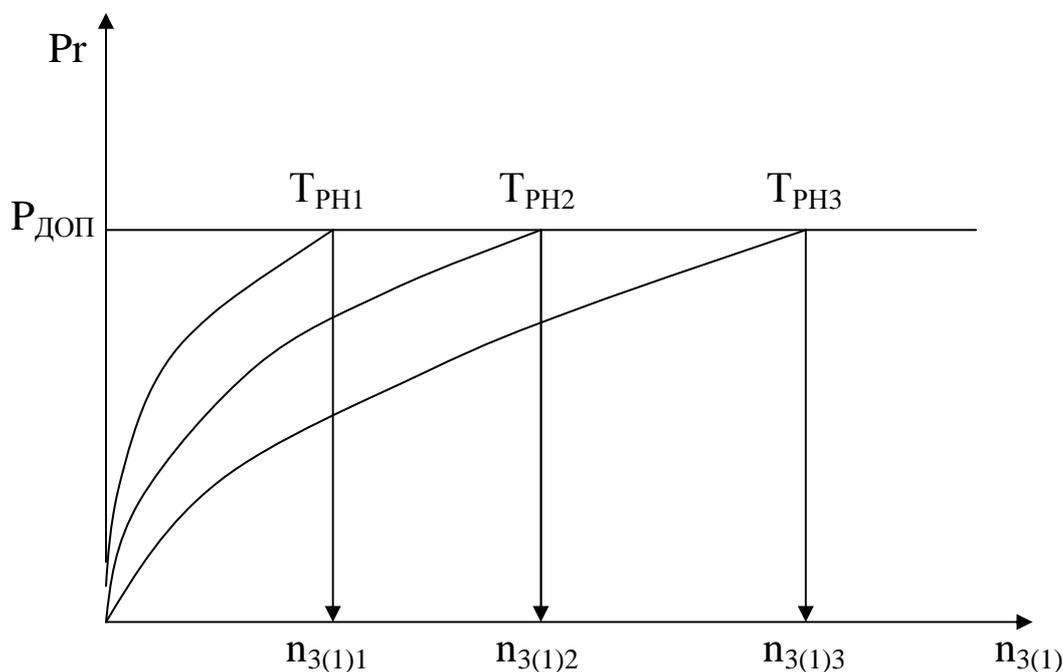


Рис. 4.1.1. Определение $n_{3(1)}$ необходимого n_{3i} для i -го варианта задания T_{PHi}

Потребное количество запасных изделий n_3 для эксплуатации изделий парка ЛА:

$$N_{3П} = n_{3(1)} \cdot a \cdot m.$$

Порядок решения задачи №2

Исходные данные для выбранного варианта в задаче №1: вариант задания, заданное изделие СКВ, объем парка ЛА (m), количество изделий на ЛА (a), допустимая вероятность отсутствия запасного изделия на складе для замены отказавшего ($P_{доп}$), количество запасных частей на складе (n_3) (табл. 2.1.1), $\omega = \omega_{ср}$, вычисленное в задаче №1.

Для определения возможной длительности эксплуатации для парка ЛА с учетом отказавших и при наличии заданного количества запчастей на складе авиапредприятия n_3 подставляем в формулу (4.1.1):

$$Pr_{доп} = 1 - P_{доп},$$

$$t = \tau,$$

$$\omega = \omega_{ср}.$$

Принимаем $\tau_1 = 1000$ и рассчитываем:

$$P_{n_3(\tau_1)} = \sum_{n=0}^{n_3} P_n,$$

Затем $\tau_2 = 2000$ и определяем

$$P_{n_3(\tau_2)} = \sum_{n=0}^{n_3} P_n,$$

и т.д. При этом на каждом шаге проверяется условие не превышает ли сумма $P_{n_3(\tau_i)}$ значения $Pr_{\text{доп}}$. При $P_{n_3(\tau_i)} \geq Pr_{\text{доп}}$ вычисления прекращаются и принимается $\tau = \tau_i$.

Графическое определение возможной длительности эксплуатации τ_i представлено на рис. 4.1.2.

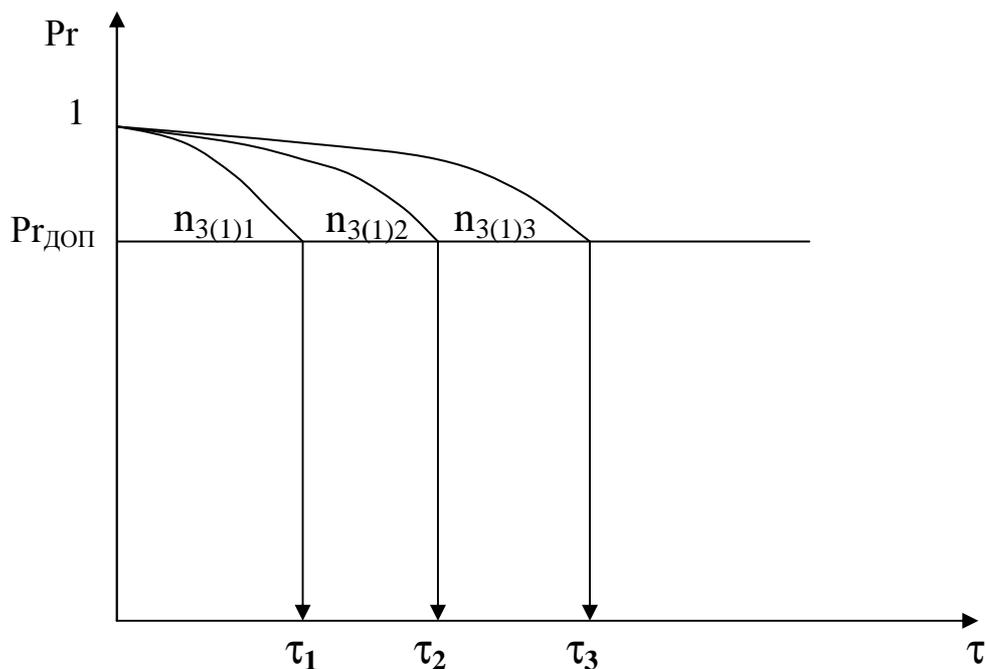


Рис. 4.1.2. Определение τ_i для i -го варианта задания.

4.2. Задание № 2. Управление техническим состоянием изделий, подверженных износу и старению.

4.2.1. Техническое задание

Задание № 2 содержит решение следующих задач:

1). Определение зависимости параметра изделия от наработки для математического ожидания и среднего квадратического отклонения по статистическим данным эксплуатационных наблюдений при двух фиксированных значения наработки.

2). Определение зависимости параметра изделия от наработки для математического ожидания и среднего квадратического отклонения по статистическим данным эксплуатационных наблюдений при трех фиксированных значения наработки.

В качестве объекта анализа выбираются параметры гидравлического насоса НП-43М самолета Ту-134 аксиально-поршневого типа, регулируемой подачи.

4.2.2. Необходимые теоретические сведения [1]

При нелинейном характере процесса изменения параметра $\eta(t)$ скорость изменения параметра V может быть аппроксимирована линейной зависимостью

$$V = \frac{d\eta}{dt} = C + k\eta. \quad (4.2.1)$$

Преобразуя и интегрируя левую и правую части (2.2.1) по времени и параметру получаем

$$t - t_1 = \frac{1}{k} \ln \frac{C + k\bar{\eta}}{C + k\bar{\eta}_1},$$

где $\bar{\eta}_1$ и $\bar{\eta}$ - средняя величина параметра при t_1 и общая средняя, соответственно.

В десятичных логарифмах:

$$t - t_1 = \frac{1}{k \lg e} \lg \frac{\frac{C}{k} + \bar{\eta}}{\frac{C}{k} + \bar{\eta}_1}.$$

Обозначая $\frac{1}{k \lg e} = A$, $\frac{C}{k} = h$, получим

$$\bar{\eta} = (\bar{\eta} + h) \cdot 10^{\frac{t-t_1}{A}} - h. \quad (4.2.2)$$

Коэффициент А, измеренный в единицах наработки, определяет форму кривой (коэффициент долговечности), коэффициент h, измеренный в единицах параметра, определяет положения кривой (коэффициент смещения).

Дифференцируя (4.2.2) получим уравнение скорости изменения параметра

$$V = \frac{d\eta}{dt} = \frac{\bar{\eta}_1 + h}{A \lg e} 10^{\frac{t-t_1}{A}}. \quad (4.2.3)$$

Экспоненциальное уравнение (4.2.2) предполагает нормальное распределение параметра для любого момента наработки.

В этом случае верхнюю (нижнюю) доверительную границу изменения параметра можно описать таким же экспоненциальным уравнением, подставляя в него вместо математического ожидания исходного параметра верхний (нижний) доверительный предел этой случайной величины

$$\eta_1^1 = \bar{\eta}_1 + t_\beta \sigma_1$$

$$(\eta_1^{11} = \bar{\eta}_1 - t_\beta \sigma_1),$$

верхняя доверительная граница процесса изменения параметра

$$\eta^1 = (\bar{\eta}_1 + t_\beta \sigma_1 + h) 10^{\frac{t-t_1}{A}} - h, \quad (4.2.4)$$

нижняя доверительная граница процесса изменения параметра

$$\eta^{11} = (\bar{\eta}_1 - t_\beta \sigma_1 + h) 10^{\frac{t-t_1}{A}} - h, \quad (4.2.5)$$

где σ_1 - среднее квадратическое отклонение параметра при наработке t_1

t_{β} - коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности β (табл. П.1).

Подставив в (4.2.4) и (4.2.5) вместо η' и η'' значения верхнего и нижнего доверительных пределов в момент t_2 и решив совместно, получим

$$A = \frac{t_2 - t_1}{\lg \frac{\sigma_2}{\sigma_1}}, \quad (4.2.6)$$

$$h = \frac{\bar{\eta}_2 - \bar{\eta}_1 \frac{\sigma_2}{\sigma_1}}{\frac{\sigma_2}{\sigma_1} - 1}, \quad (4.2.7)$$

где $\bar{\eta}_2$ и σ_2 - среднее значение параметра и среднее квадратическое отклонение в момент t_2 .

Уравнения (4.2.2, 4.2.4, ..., 4.2.7) дают возможность по статистическим данным эксплуатационных наблюдений параметра в моменты t_1 и t_2 найти уравнения для математического ожидания и доверительных пределов процесса изменения параметра (задача №1).

В случае, если известны математические ожидания параметра $\bar{\eta}_1$, $\bar{\eta}_2$, $\bar{\eta}_3$ при трех фиксированных значениях наработки t_1 , t_2 , t_3 (задача №2) получим

$$h = \frac{\bar{\eta}_2^2 - \bar{\eta}_1 \bar{\eta}_3}{\bar{\eta}_1 + \bar{\eta}_3 - 2\bar{\eta}_2^2}, \quad (4.2.8)$$

$$A = \frac{t_3 - t_1}{\lg\left(\frac{\eta_3 - \eta_2}{\eta_2 - \eta_1}\right)^2} \quad (4.2.9)$$

4.2.3. Последовательность выполнения работы

1). Получение исходных данных

Варианты задания формируются в соответствии с данными табл.4.2.1.

Выбор варианта студенты производят согласно шифру зачетной книжки по сумме трех последних цифр.

Исходные данные по параметрам (табл.4.2.1) являются результатами эксплуатационных наблюдений за параметрами изделий при фиксированных значениях наработки t .

Исходные данные варианта формируются при умножении наработки t на корректирующий коэффициент (табл. 4.2.1).

2). Порядок решения задачи № 1.

Исходные данные : № варианта, коэффициент корректировки ; данный параметр гидронасоса, значения моментных функций : матожидания $\bar{\eta}$ и среднего квадратического отклонения σ при наработках $t_1=500$ ч. ,

$t_2=1000$ ч. (в исходном варианте) ; доверительная вероятность α .

Определение значений коэффициентов долговечности A и смещения h по формулам (4.2.6) и (4.2.7) соответственно.

Составление зависимостей матожидания $\bar{\eta}$, верхнего η' и нижнего η'' доверительных пределов параметра гидронасоса $\eta(t)$ от наработки t по формулам (4.2.2) , (4.2.4) и (4.2.5) соответственно.

Составление зависимости скорости V изменения параметра η от наработки t по формуле (4.2.3) .

По полученным зависимостям определить прогноз матожидания $\bar{\eta}$, верхнего η' и нижнего η'' доверительных пределов и скоростей V изменения параметра на период упреждения $\tau = \frac{t_2}{2}$ (при наработке $t_3 = t_2 + \frac{t_2}{2}$).

Построение графических зависимостей $\bar{\eta}(t), \eta'(t), \eta''(t), v(t)$ (рис. 4.2.1).

Порядок решения задачи №2

Исходные данные: № варианта, коэффициент корректировки; данный параметр гидронасоса, значения моментных функций: матожидания $\bar{\eta}$ и среднего квадратического отклонения σ при наработках $t_1=0$ ч. , $t_2=500$ ч, $t_3= 1000$ ч. (в исходном варианте).

Определение значений коэффициентов долговечности A и состояния h по формулам (4.2.8), (42.9).

Далее выполнить операции в последовательности решения задачи №1 и сравнить результаты прогноза в задачах 1 и 2, сделать выводы.

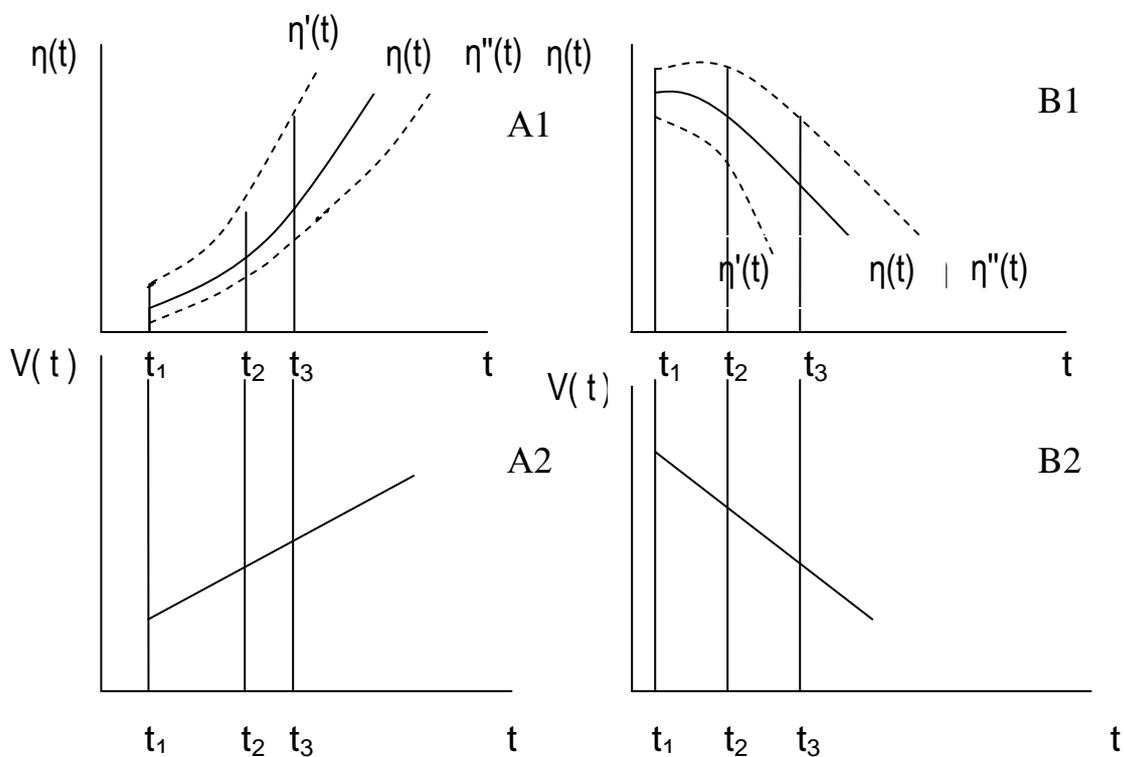


Рис.4.2.1. Вид зависимостей $\eta(t), \eta'(t), \eta''(t), V(t)$:

A1, A2 – при возрастающем; B1, B2 – при убывающем характере изменения параметра $\eta(t)$.

Таблица 4.2.1

Варианты заданий

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Коэффициент коррекции	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Параметр гидронасоса	Давление рабочей жидкости P , кг/см ²					Объемный КПД, γ					Зазор в поршневых парах по $\varnothing 9,2$, S_1 мк					Суммарный осевой люфт δ , мк					Зазор золотника с гильзой по $\varnothing 6,3$ S_2 , мк					Зазор направляющей с силовым цилиндром S_3 , мк				
	$\overline{\eta_p}$		σ_p			$\overline{\eta_\gamma}$		σ_γ			$\overline{\eta_{s1}}$		σ_{s1}			$\overline{\eta_\delta}$		σ_δ			$\overline{\eta_{s2}}$		σ_{s2}			$\overline{\eta_{s3}}$		σ_{s3}		
Наработки $t, ч$	0	224.6		0.56		0.929		0.011		25.3		1.4		17.9		4.9		4.7		0.66		21.84		1.69						
	500	217.9		4.2		0.904		0.026		26.9		2.5		71.6		20.1		9.3		2.0		31.62		3.45						
	1000	215.9		4.4		0.893		0.048		29.7		3.3		91.5		21.7		10		2.05		37.3		9.5						
Доверительная вероятность β	0.95					0.9					0.85					0.9					0.85					0.8				

Задание № 3. Модели управляемых состояний процесса технической эксплуатации ЛА

4.3.1. Техническое задание:

Задание № 3 содержит решение следующих задач:

1). Определение параметров модели управляемого состояния использования по назначению.

2). Определение параметров управляемого состояния технического обслуживания и ремонта с детерминированной периодичностью и переменным объемом работ.

В качестве объектов анализа выбираются функциональные системы ЛА, характеристики их надежности и видов технического обслуживания и ремонта.

4.3.2. Необходимые теоретические сведения. [2]

Модели управляемых состояний: использования по назначению I_i , $i = \overline{1, S}$ и технического обслуживания и ремонта (ТОиР) V_j , $j = \overline{1, n}$ являются фрагментами полумарковской модели управляемого ПТЭ ЛА.

В модели управляемого состояния использования по назначению (рис.4.3.1) выделяются следующие состояния:

- состояния использования I_{i+1} , в котором объект имеет уровень работоспособности ниже, чем в I_i ;
- состояние ТОиР (восстановления) V_j , $j = \overline{1, n}$, посещаемое с периодичностью T_j .

Модель управляемого состояния использования по назначению должна удовлетворять следующим требованиям:

1). В предположении ожидания переходов из I_i в I_{i+1} заданы :

а) случайное время пребывания объекта в состоянии I_i , имеющее функцию распределение $F(t)$

$$P\{\tau < t\} = F(t), \quad (4.3.1)$$

где τ - время пребывания в состоянии I_i до выхода в состояния V_1, \dots, V_n ;

б) вероятность P_1, \dots, P_n ($P_1 + \dots + P_n = 1$) перехода в состояния V_1, \dots, V_n соответственно, отражающие периодичность проведения ТО и Р в этих состояниях.

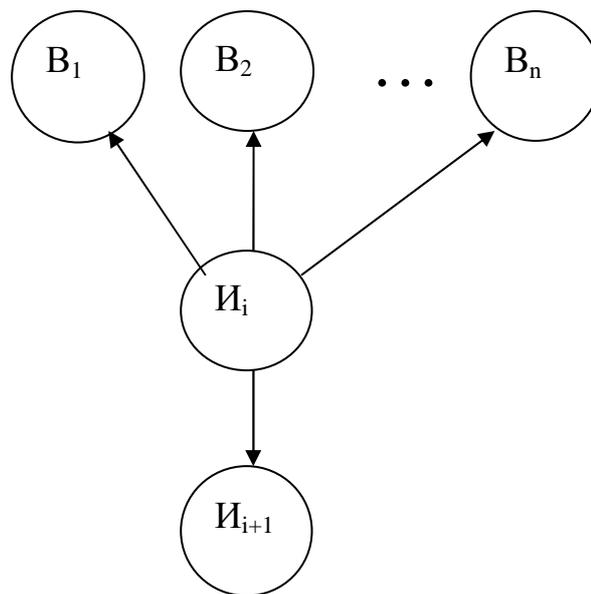


Рис. 4.3.1. Управляемое состояние использования по назначению ЛА

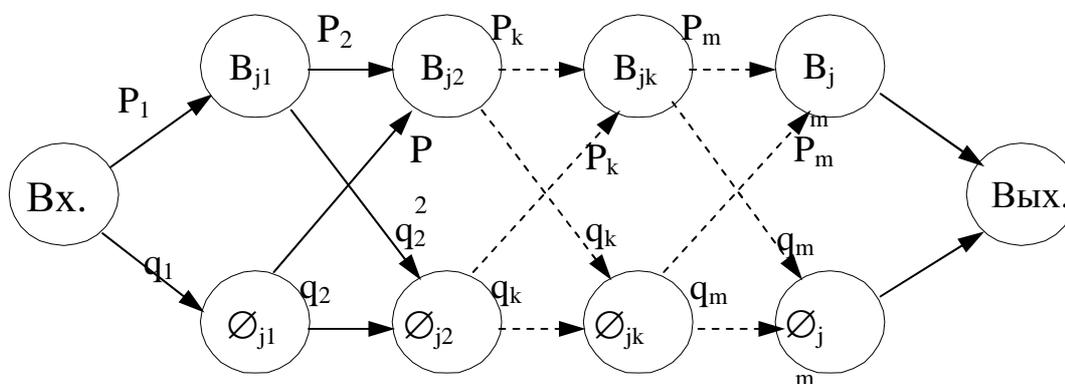


Рис .4.3.2 Управляемое состояние ТОиР ЛА

Пусть объект попадает в состояние ТО и Р с периодичностью

$$\tau_0 = \int_0^{\infty} t dt \quad , \text{ а в состоянии } B_j, J=\overline{1,n} \quad \text{попадает с периодом } T_j \quad (\text{ суммарное}$$

время пребывания объекта в состоянии I_i) между двумя последовательными попаданиями состояние B_j .

На практике $T_1 = \tau_0$, $T_2 = K_1 T_1$, ..., $T_n = K_{n-1} T_{n-1}$, где K_1, \dots, K_{n-1} – целые числа, при этом P_i определяется по формулам:

$$P_1 = \frac{K_1 - 1}{K_1} = 1 - \frac{T_1}{T_2}, \dots, \\ P_j = \frac{K_j - 1}{K_j} = \frac{T_1}{T_j} \left(1 - \frac{T_j}{T_{j+1}}\right), \dots \quad (4.3.2)$$

$$P_n = \frac{T_1}{T_n}.$$

2). В предположении отсутствия переходов в состояния ТО и Р задано случайное время пребывания объекта в состоянии I_i , распределенное по закону $G(t)$

$$P\{\tau < t\} = G(t), \quad (4.3.3)$$

где τ – время выхода из I_i в I_{i+1}

Процессы 1) и 2), накладываемые друг на друга, должны отражаться заданием параметров

$$\mu_{I_i B_1} = \mu_{I_i B_2} = \dots = \mu_{I_i B_n} - \text{среднее время пребывания}$$

объекта в состоянии I_i при условии его последующего перехода в состояние ТО и Р,

$\mu_{I_i I_{i+1}}$ – среднее время пребывания в состоянии I_i при условии перехода в состояние I_{i+1} ,

μ_{I_i} – среднее время пребывания в состоянии I_i ,

$P_{I_i B_j}$ – вероятность перехода из I_i в B_j ,

$P_{I_i I_{i+1}}$ – вероятность перехода из I_i в I_{i+1} .

Обозначим $P_{I_i B}$ вероятность перехода в состояние ГО и Р

$$P_{I_i B} = \sum_{j=0} P_{I_i B_j} = 1 - P_{I_i I_{i+1}},$$

тогда получим

$$P_{I_i B_j} = P_j P_{I_{iB}} \quad (4.3.4)$$

Вероятность $F(t)$ выхода объекта в состояние $B = UB_j$ $j = \overline{1, n}$ до наступления отказа за время $\tau < t$ определяется по формуле:

$$\overline{G}(t) = \int_0^t (1 - F(\tau)) dG(\tau). \quad (4.3.5)$$

Параметры состояний фрагмента модели ПТЭ определяются по формулам :

$$P_{I_i B_j} = P_j \left(1 - \int_0^{\infty} G(\tau) dF(\tau) \right), \quad j = \overline{1, n}$$

$$P_{I_i I_{i+1}} = 1 - \int_0^{\infty} F(\tau) dG(\tau),$$

$$\mu_{I_i B_j} = \frac{\int_0^{\infty} t(1 - G(t)) dF(t)}{1 - \int_0^{\infty} G(\tau) dF(\tau)}, \quad j = \overline{1, n} \quad (4.3.6)$$

$$\mu_{I_i I_{i+1}} = \frac{\int_0^{\infty} t(1 - F(t)) dG(t)}{1 - \int_0^{\infty} F(t) dG(t)},$$

$$\mu_{H_i} = \int_0^{\infty} t dF(t) + \int_0^{\infty} t dG(t) - \int_0^{\infty} t d(F(t)G(t)).$$

В частном случае, соответствующем детерминированной периодичности ТО и Р τ_0 , получим

$$F(t) = \begin{cases} 0, t < \tau_0 \\ 1, t \geq \tau_0 \end{cases}$$

Тогда приведенные выше формулы (4.3.6) примут вид:

$$P_{H_i H_{i+1}} = G(\tau_0), \quad (4.3.7)$$

$$P_{H_i B_j} = P_j(1 - G(\tau_0)), \quad i = \overline{1, n} \quad (4.3.8)$$

$$\mu_{H_i B_j} = \tau_0, \quad (4.3.9)$$

$$\mu_{H_i H_{i+1}} = \frac{1}{G(\tau_0) \int_0^{\tau_0} t dG(t)}, \quad (4.3.10)$$

$$\mu_{H_i} = \int_0^{\tau_0} t dG(t) = \tau_0(1 - G(\tau_0)). \quad (4.3.11)$$

Функции и параметры распределений (экспоненциального, нормального и Вейбула) приведены в табл. 4.3.1

II. Модель управляемого состояния ТО и Р (рис. 4.3.2) с детерминированной периодичностью и переменным объемом работ определяет следующую ситуацию: из исходного состояния (одно из состояний использования

$I_i, i = \overline{1, s}$) объект попадает с периодичностью τ_0 в состояние ТОиР B_j , где выполняется некоторый постоянный объем работ A_{j1} и переменный объем работ $A_{jk}, k = \overline{2, m}$ при каждом попадании в это состояние ТО и Р.

Таблица 4.3.1

Функции распределения и параметры распределения

Закон распределения	Функция распределения $F(t) = G(\tau_0)$	Параметры распределения
Экспоненциальный	$1 - e^{-\lambda \tau_0}$	$\lambda = \frac{1}{m_t}$
Нормальный	$\Phi\left(\frac{\tau_0 - m_t}{\sigma_t}\right)$	m_t, σ_t
Вейбулла	$1 - e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b}$	$b = f(v), v = \frac{\sigma_t}{m_t}$ $a = \frac{m_t}{K_b}$

Примечание: 1) функция нормального распределения ФС определяется по табл. П. 2.

2) параметры распределения Вейбулла определяются по табл. Приложения 3: по значению коэффициента вариации V находим параметр (b) и коэффициент K_b и вычисляем параметр a .

Принята следующая структура состояния ПТЭ B_j :

состояния B_{jk} , $k = \overline{1, m}$ в которых выполняется объем работ A_{jk} ;

нулевые" состояния Φ_{jk} , $k = \overline{1, m}$, характеризующие нулевыми значениями среднего времени пребывания и расходов на единицу времени пребывания объекта в них.

Вероятности переходов P_i, q_i (см. рис. 4.3.2) удовлетворяют условию

$$P_i, q_i \geq 0, P_i + q_i = 1$$

Продолжительность пребывания μ_i в состоянии B_{ji} , является аддитивным параметром. В состоянии Φ_{ji} продолжительность пребывания равна нулю.

Среднее время μ_{jcp} пребывания в состоянии ТО и Р B_j удовлетворяет уравнению:

$$\mu_{jcp} = P_1 \mu_1 + P_2 \mu_2 + \dots + P_m \mu_m. \quad (4.3.12)$$

Другие параметры состояния ТО и Р B_j :

средние трудовые затраты

$$\tau_{jcp} = P_1 \mu_1 + P_2 \tau_2 + \dots + P_m \tau_m \quad (4.3.13)$$

средняя стоимость ТО и Р

$$C_{jcp} = P_1 C_1 + P_2 C_2 + \dots + P_m C_m. \quad (4.3.14)$$

В частном случае модель состояния ТО и Р характеризуется значениями параметров:

$$P_1 = 1, P_2 = \frac{1}{2}, \dots, P_m = \frac{1}{m},$$

(4.3.15)

$$\begin{aligned}\mu_{jcp} &= \mu_1 + \frac{\mu_2}{2} + \dots + \frac{\mu_m}{m}, & \tau_{jcp} &= \\ C_{jcp} &= C_1 + \frac{C_2}{2} + \dots + \frac{C_m}{m}.\end{aligned}\quad (4.3.17)$$

4.3.3. Получение вариантов исходных данных

Варианты задания формируются в соответствии с данными табл. 4.3.2. путем умножения их на корректирующие коэффициенты. Выбор варианта задания производится согласно шифру зачетной книжки по сумме трех последних цифр.

Для получения значения варианта задания следует умножать исходные данные m_t , σ_t , t_i , τ_i на коэффициент корректировки варианта задания.

4.3.4. Последовательность выполнения работы.

Задача №1

Исходные данные: № варианта, корректирующий коэффициент, значение моментных функций m_t и σ_t при разных законах распределения, периодичностей $T_{i,ч}$, продолжительностей $t_{i,ч}$ и трудоемкостей $\tau_{i,чел-ч}$, ТО и Р самолета (см. табл. 4.3.2).

Порядок решения задачи №1

- 1). Определение вероятностей P_j , $j=\overline{1,r}$ по формуле (4.3.2)
- 2). Оценка параметра экспоненциального распределения и управляемого состояния использования по назначению:
 - параметры распределения λ (см. табл. 4.3.2);
 - вероятности перехода $P_{I_i I_{i+1}}$ (см. табл. 4.3.2);
 - вероятностей переходов $P_{I_{iB1}}, P_{I_{iB2}}, P_{I_{iB3}}, P_{I_{iB4}}$ по формуле (4.3.8), и найденным ранее значениям вероятностей P_j , $j=\overline{1,r}$, времени пребывания в состоянии I_i по формуле (4.3.11).
- 3). Оценка параметров нормального распределения и управляемого состояния использования по назначению: параметров распределения m_t и σ_t заданных в исходных данных (см. табл. 4.3.1);
 - вероятности перехода $P_{I_i I_{i+1}} = G(\tau_0)$ по формуле, приведенной в таблице 4.3.2 и по данным табл. П. 2.

вероятностей переходов $P_{ИiВ1}, P_{ИiВ2}, P_{ИiВ3}, P_{ИiВ4}$ по формуле (4.3.8) и найденным ранее значениям $P_j, j=1, r;$ времени пребывания в состоянии I_i по формуле (4.3.11).

4). Оценка параметров распределения Вейбулла и управляемого состояния использования по назначению: 1

коэффициента вариации по формуле приведенной в табл. 4.3.2, параметра распределения b и коэффициента K_b по табл. П.3, параметра распределения a ;

вероятности перехода $P_{Иi Иi+1}$ (см. табл. 4.3.2);

вероятностей переходов $P_{ИiВ1}, P_{ИiВ2}, P_{ИiВ3}, P_{ИiВ4}$ по формуле (4.3.8) и найденным значениям вероятностей $P_j, j=1, r;$

времени пребывания в состоянии I_i по формуле (4.3.11) .

Задача №2

Исходные данные: № варианта, корректирующий коэффициент, значение периодичностей T_i , ч, продолжительностей t_i , ч и трудоемкостей τ_i , чел.-ч ТОиР самолета или продолжительностей, трудоемкостей ТОиР при заданных вероятностях переходов (см. табл. 4.3.1)

Порядок решения задачи №2

1) Определение параметров управляемого состояния ТОиР по исходным данным приведенным в пп. 2,3 табл. 4.3.1:

вероятности $P_j, j=1, n$ (оценены в задаче №1);

среднего времени пребывания в состоянии ТОиР по формуле(4.3.12);

средней трудоемкости в состоянии ТОиР по формуле 4.3.13.

2) Определение параметров управляемого состояния ТОиР по данным п.4 табл. 4.3.2 (частный случай):

вероятности $P_j, j=1, n$ заданы;

среднего времени пребывания в состоянии ТОиР находим по формуле (4.3.15);

средней трудоемкости в состоянии ТОиР - по формуле (4.3.16).

Таблица 4.3.2

Варианты заданий

№варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Коэффициент Корректировки	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3
1.Значения моментных функций Наробаток до Отказа t Экспоненциальн ный mt Нормальный m _t σ _t Вейбулла m _t σ _t		1000				2000					3000					4000					5000					6000				
2.Периодич- ность ТО самолета типа		Ту-134				Ту-134					Як-40					Ту-154					Ил-62м					Ил-86				
T ₁		330				300					300					300					300					330				
T ₂		1000				900					900					900					900					1000				
T ₃		2000				1800					1800					1800					1800					2000				
T ₄		6000				6000					10000					6000					10000					10000				

Таблица 2.3.2 (продолжение)

№варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Коэффициент Корректировки	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3
3 Продолжи- тельность t_i ч и трудоем- кость τ_i чел.-ч ТоиР при периодичности:	t_i	τ_i		t_i	τ_i		T_i		τ_i	t_i	τ_i		t_i	τ_i		t_i	τ_i		T_i	τ_i										
T_1	114,3	123,8		112,5	237,9		298,3		295,5	134,5	350,6		141,9	451,7		270	571,9													
T_2	179,6	194,6		183,3	387,8		529,9		525,2	204,2	532,6		224,5	714,7		464,5	982,8													
T_3	346,1	374,8		280,2	601,5		1475,9		1254,9	309,3	806,5		353,6	1125		1407	2977,4													
T_4	1140	2800		1140	2800		2795,9		2980	1020	5115		2800	5000		2858,5	6050													
4 Продолжи- тельность t_i ч и трудоем- кость τ_i чел-ч ТоиР при веро- ятностях пере- ходов:	t_i	τ_i		t_i	τ_i		T_i		τ_i	t_i	τ_i		t_i	τ_i		t_i	τ_i		t_i	τ_i										
$P_1=1$	50	120		70	150		90		170	100	200		120	250		150	300													
$P_2=1/2$	150	270		100	200		120		250	160	350		200	310		250	370													
$P_3=1/3$	200	350		210	500		250		450	260	450		350	600		400	650													
$P_4=1/4$	300	600		350	700		360		550	300	600		460	750		550	810													
$P_5=1/5$	450	800		500	810		400		1000	460	850		510	900		620	950													
$P_6=1/6$	520	950		550	950		560		1200	500	1000		620	1100		750	1200													
$P_7=1/7$	750	1020		700	1200		800		1500	680	1300		760	1500		900	1800													

Задание № 4. Управление режимами технического обслуживания и ремонта изделий ЛА с учетом старения и частичного восстановления

4.4.1. Техническое задание.

Задание № 4 содержит из решение следующий задач:

- 1). Определение параметров закона распределения Вейбулла наработки изделия до отказа;
- 2). Оценка параметров функции затрат на техническое обслуживание и ремонт ЛА;
- 3). Определение оптимальной периодичности технического обслуживания и ремонта изделий ЛА;
- 4). Управление режимами технического обслуживания и ремонта изделий ЛА.

Объектом анализа является ЛА, изделия которого по мере старения подвергаются частичному восстановлению. Пусть I_K , $0 \leq K \leq N$ состояние объекта в зависимости от числа восстановлений, а B – состояние частичного восстановления, в котором с вероятностью P_0 («качество восстановления») изделие заменяется новым (полностью восстанавливается), а с вероятностью $q_0 = 1 - P_0$ продолжает эксплуатироваться в прежнем состоянии (рис. 4.4.1а). Установлен заданный уровень безотказности: вероятности безотказной работы $P^* = 1 - q^*$, где q^* - допустимая вероятность отказа. Состояние U_K является смешанным состоянием, т.е. среднестатистический объект, находящийся в состоянии U_K с вероятностью P_{SK} , $0 \leq S \leq N$, $\sum_S P_{SK} = 1$ является объектом проработавшим время $s\phi_0$ без восстановления, где ϕ_0 - периодичность технического обслуживания (ремонта) ЛА.

4.4.2. Необходимые теоретические сведения.

Для изделия, полное восстановление (замена на новое) которого производится с вероятностью P_0 ($q_0 = 1 - P_0$ - вероятность продолжения эксплуатации в том же состоянии) при каждом техническом обслуживании (ремонте), выполняемом с периодичностью ϕ_0 , установлена заданная вероятность безотказной работы $P^* = 1 - q^*$, где q^* - допустимая вероятность отказа. Задача управления режимами технического обслуживания и ремонта ЛА заключается в определении периодичности ϕ_0 (и, возможно, «качества восстановления» P_0), обеспечивающих минимальные удельные затраты на техническое обслуживание и ремонт $C(\phi_0, P_0)$ при заданном уровне надежности $P \geq 1 - q^*$. Блок-схема модели оптимизации режимов технического обслуживания

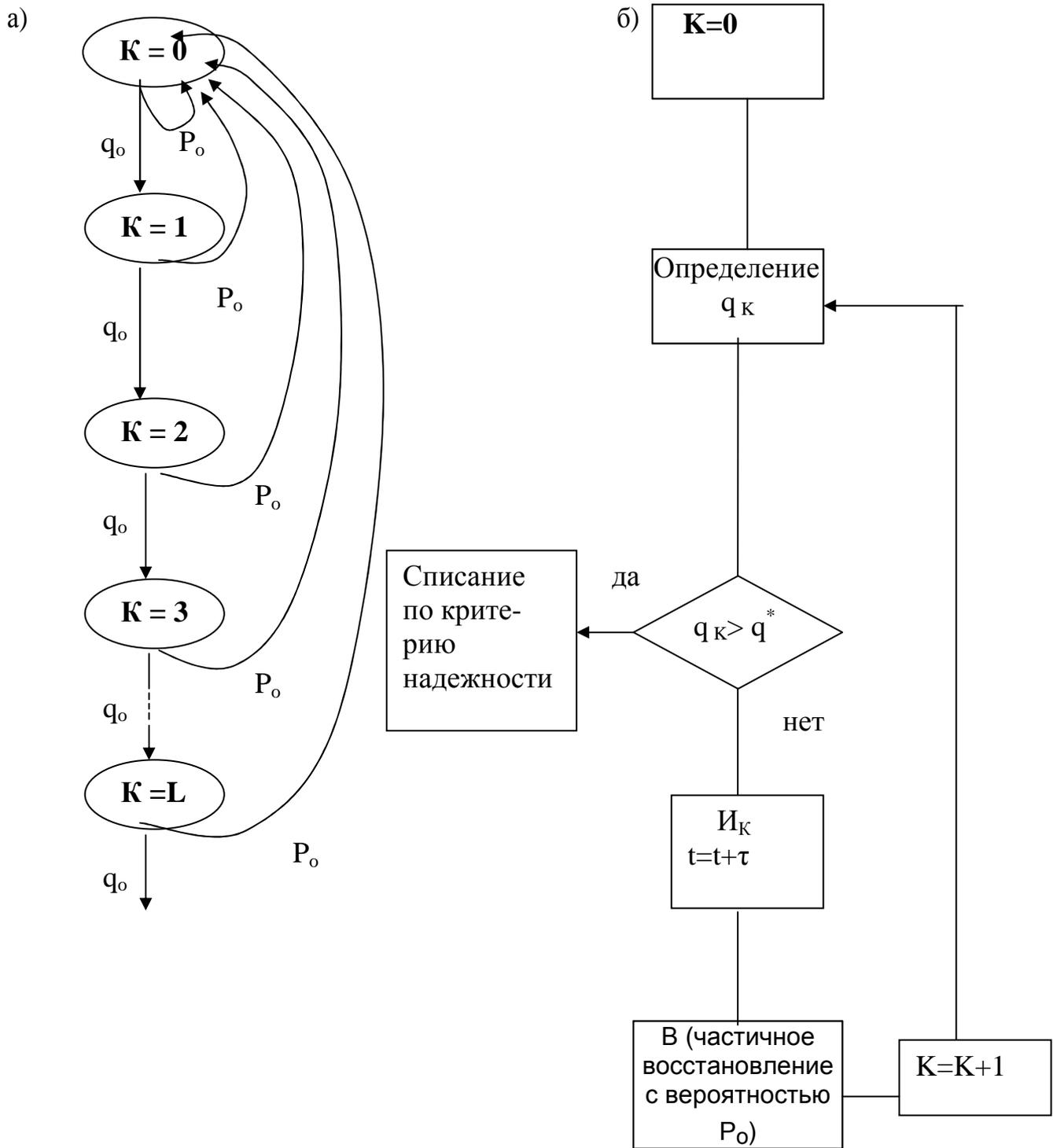


Рис. 4.4.1 Модель управления режимами технического обслуживания и ремонта изделий с учетом старения и частичного восстановления: а) – механизм формирования технического состояния изделий; б) – блок-схема модели процесса технической эксплуатации изделий.

ния и ремонта изделий с учетом старения и частичного восстановления приведена на рис. 4.4.1.

При решении задач приняты следующие предположения:

1) наработка изделий до отказа имеет распределение Вейбулла с плотностью

$$f_0(t) = \lambda b t^{b-1} \cdot e^{-\lambda t^b}, \quad (4.4.1)$$

где λ, b - параметры распределения Вейбулла; в табл. П.3

$$\lambda = \frac{1}{a}, \quad b = b. \quad (4.4.2)$$

Коэффициент вариации определяется по формуле:

$$V = \frac{y_t}{m_t},$$

где m_t и y_t - математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение наработки до отказа, соответственно.

2) функция затрат на техническое обслуживание и ремонт имеет вид

$$M_0(t) = A_1 + A_2 t + A_3 t^v, \quad v > 0, \quad (4.4.3)$$

где A_1 - разовые затраты

$A_2 t$ - затраты пропорциональные времени (наработке),

$A_3 t^v$ - затраты на восстановление.

Оценка параметров функции затрат выполняется по формулам

$$M_0(t) = A_1 + A_3 t^v, \quad (4.4.4)$$

$$\text{где } v = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln M_{0i} \cdot \ln t_i) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln M_{0i} \cdot \sum_{i=1}^n \ln t_i}{\sum_{i=1}^n (\ln t_i)^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \ln t_i \right)^2}, \quad (4.4.5)$$

$$A_3 = \exp \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln M_{0i} - v \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln t_i \right), \quad (4.4.6)$$

$$A_1 = \begin{cases} M_{01} + DM_{01}^{\bar{\sigma}} & \text{при } A_3 < 0 \\ M_{01} - DM_{01}^{\bar{\sigma}} & \text{при } A_3 > 0, \\ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_{0i} & \text{при } A_3 = 0 \end{cases} \quad (4.4.7)$$

$$DM_0^{\bar{\sigma}} = t_f^{\bar{\sigma}^*} \frac{\bar{S}(M_0)}{\sqrt{n}}, \quad \bar{\sigma}^* = 0,99, f = n - 1, \quad (4.4.8)$$

$$\bar{S}(M_0) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_{0i}^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n M_{0i} \right)^2}{n-1}}, \quad (4.4.9)$$

где $t_f^{\bar{\sigma}^*}$ - коэффициент Стьюдента при уровне значимости $\bar{\sigma}^*$ и числе степеней свободы f для выборки объема n .

При заданных значениях P_0 , q^* , найденных выше параметрах распределения Вейбулла $\bar{\sigma}$, l и параметрах функции затрат A_1 , A_3 , ϵ оптимальная периодичность технического обслуживания и ремонта определяется следующим образом:

А. В предположении выполнения условия бесконечного времени жизни изделия вычисляем ϕ_0

$$\phi_0 = \left| \frac{A_1}{A_3 \cdot \Gamma(\epsilon + 1) \cdot (\epsilon - 1)} \right|^{\frac{1}{\epsilon}} \cdot |\ln q_0|, \quad (4.4.10)$$

где $\Gamma(\epsilon + 1)$ - гамма-функция.

Б. Проверка условия бесконечного времени жизни изделия

$$\frac{q_0 |\ln q_0|}{\phi_0} \int_0^{\infty} f_0(t) e^{-t |\ln q_0| / \phi_0} dt \leq q^*. \quad (4.4.11)$$

Если $f_0(t)$ имеет распределение Вейбулла (4.4.1), то соотношение (4.4.11) можно заменить на

$$\frac{l \phi_0^{\epsilon} \cdot P_0^2 \cdot \Gamma(\bar{\sigma} + 1)}{q_0 |\ln q_0|^{\bar{\sigma} + 1}} \leq q^*. \quad (4.4.12)$$

В. Если значение ϕ_0 из (4.10) удовлетворяет неравенствам (4.4.11), (4.4.12), то вычисленная по (4.10) периодичность технического обслуживания и ремонта является оптимальной.

В противном случае ϕ_0 определяется из уравнения

$$\frac{q_0 |\ln q_0|}{\phi_0} \int_0^{\infty} f_0(t) e^{-t |\ln q_0| / \phi_0} dt = q^* \quad (4.4.13)$$

или, в случае распределения Вейбулла, по формуле

$$\phi_0 = \left(\frac{q_0 \cdot q^* |\ln q_0|^{\bar{\sigma}+1}}{l \cdot P_0^2 \cdot \Gamma(\bar{\sigma}+1)} \right)^{1/\bar{\sigma}} \quad (4.4.14)$$

Управление режимами технического обслуживания и ремонта можно производить, варьируя значением вероятности полного восстановления («качества восстановления») P_0 .

4.4. Методические указания по выполнению лабораторной работы.

4.4.1. Вопросы, рекомендуемые к рассмотрению.

1. Каким параметром определяется частичное восстановление (обновление) объекта?

2. Как задается уровень безотказности объекта?

3. Какой критерий принимается при оптимизации периодичности технического обслуживания объекта?

4. Какой закон распределения наработки до отказа предполагается в данной работе?

5. Как оцениваются параметры закона распределения наработки до отказа?

6. Какая функция затрат используется в данной работе?

7. Как определяются параметры функции затрат?

8. Как определяется оптимальная периодичность технического обслуживания и ремонта?

9. Варьируя каким параметром можно управлять режимами технического обслуживания и ремонта?

4.4.2. Получение исходных данных.

Варианты исходных данных формируются в соответствии с данными табл.

4.1.

Выбор варианта задания студентами производится согласно шифру зачетной книжки по сумме трех последних цифр.

4.4.3. Порядок решения задач.

Задача №1. Определение параметров закона распределения Вейбулла наработки изделия до отказа. Вычислить коэффициент вариации по формуле (4.4.2.).

По табл. П.2 определить параметр $\delta = b$ и коэффициент K_b , по которому вычислить $l = \frac{l}{a}$.

Задача №2. Оценка параметров функции затрат на техническое обслуживание и ремонт ЛА.

1) Вычислить параметр ϵ по формуле (4.5). Расчеты рекомендуется выполнить с использованием табл. 4.4.2.

2) Определить A_3 по формуле (4.4.6).

3) По табл. П.1 определить коэффициент Стьюдента для $\delta^* = 0,99, f = n - 1$, приняв $n = 25$.

Определить DM_0^{δ} по формуле (4.4.8), приняв $\bar{S}(M_0) = \frac{M_0}{2}$.

4) вычислить A_1 по формуле (4.4.7) с учетом полученного значения параметра A_3 .

Задача №3. Определение оптимальной периодичности технического обслуживания и ремонта ЛА.

Расчеты выполнить в следующем порядке:

1) в предположении условия бесконечного времени жизни изделия определить ϕ_0 по формуле (4.4.10), значения гамма-функции определить по табл. П.4;

2) проверить условие бесконечного времени жизни по формуле (4.4.12);

3) если значение ϕ_0 из (4.4.10) удовлетворяет неравенству (4.4.12), то вычисленная по (4.4.10) периодичность технического обслуживания и ремонта ϕ_0 является оптимальной;

4) в противном случае ϕ_0 определяется по формуле (4.4.14).

Задача №4. Управление режимами технического обслуживания и ремонта изделий ЛА.

Варьируя значениями вероятности полного восстановления P_0 , определить значения периодичностей технического обслуживания и ремонта, повторив расчеты по формулам (4.4.10) или (4.4.14). Построить график $\phi_0(P_0)$ и выполнить анализ полученных результатов.

Таблица 4.4.1

Исходные данные

Вариант	t, ч	M_{0i} , чел-ч	P^*	P_0	m_t	y_t
1	2	3	4	5	6	7
1,2	300	85,0	0,95	0,30	1000	550
	900	177,3				
	1800	274,4				
3,4	300	91,5	0,90	0,25	2000	1100
	900	277,3				
	1800	360,2				

Продолжение табл. 4.4.1						
1	2	3	4	5	6	7
5,6	300 900 1800	176,5 454,9 634,6	0,85	0,20	3000	1600
7,8	300 900 1800	112,5 257,3 421,2	0,80	0,15	3500	1900
9,10	300 900 1800	133,4 302,2 570,3	0,75	0,12	2800	1500
11,12	300 900 1800	142,2 295,5 570,2	0,95	0,18	2500	1400
13,14	300 900 1800	156,1 342,5 590,4	0,92	0,16	3200	1800
15,16	300 900 1800	84,7 123,6 198,2	0,80	0,15	4000	2100
17,18	300 900 1800	39,1 71,2 176,0	0,75	0,10	5000	2600
19,20	300 900 1800	123,8 194,6 374,8	0,70	0,05	6000	3200
21,22	300 900 1800	98,2 210,4 395,3	0,90	0,20	4600	2500
23,24	300 900 1800	135,2 250,1 480,5	0,95	0,15	3700	2000
25,26	300 900 1800	67,2 150,3 290,4	0,85	0,25	5200	3000
27,28	300 900 1800	98,3 210,2 450,5	0,98	0,18	4200	2400
29,30	300 900 1800	127,2 280,4 620,3	0,85	0,20	3800	2000

Таблица 4.4..2

Расчет параметра v

t_i	M_{0i}	$\ln t_i$	$\ln M_{0i}$	$\ln t_i \cdot \ln M_{0i}$	$(\ln t_i)^2$
		$\sum_{i=1}^n \ln t_i$	$\sum_{i=1}^n \ln M_{0i}$	$\sum_{i=1}^n \ln t_i \cdot \ln M_{0i}$	$\sum_{i=1}^n (\ln t_i)^2$

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П.1

Значения коэффициента Стьюдента t_{β}

$f = k$	β						
	0.8	0.9	0.95	0.98	0.99	0.995	0.999
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.09	31.60
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	12.92
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.595	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	6.869
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.500	4.029	5.408
8	1.397	1.860	2.306	2.897	3.355	3.833	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.781
10	1.372	1.813	2.228	2.764	3.169	3.581	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.373	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.625	2.977	3.326	4.141
15	1.341	1.753	2.131	2.603	2.947	3.286	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.584	2.921	3.252	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.540	2.861	3.174	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.850
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.792
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.745
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.707
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.674
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.646
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.705	2.971	3.551
50	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	2.936	3.496
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.460
80	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	2.887	3.416
100	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	2.871	3.391
150	1.287	1.655	1.976	2.352	2.609	2.849	3.357
200	1.286	1.653	1.972	2.345	2.601	2.839	3.340
300	1.284	1.650	1.968	2.339	2.592	2.828	3.323
500	1.283	1.648	1.965	2.334	2.586	2.82	3.310
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.291

Таблица П.2

Значения $F_0(X)$

X		0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	5000	5040	5080	5120	5160	5199	5239	5279	5319
0.1	0	5398	5438	5478	5517	5557	5596	5636	5675	5714
0.2	0	5793	5832	5871	5910	5948	5987	6026	6064	6103
0.3	0	6179	6217	6255	6293	6331	6368	6406	6443	6480
0.4	0	6554	6591	6628	6664	6700	6736	6772	6808	6844
0.5	0	6915	6950	6985	7019	7054	7088	7123	7157	7190
0.6	0	7257	7291	7324	7357	7389	7422	7454	7486	7517
0.7	0	7580	7611	7642	7673	7704	7344	7764	7794	7823
0.8	0	7881	7910	7939	7967	7995	8023	8051	8078	8106
0.9	0	8159	8186	8212	8238	8264	8289	8315	8340	8365
1	0	8413	8438	8461	8485	8508	8531	8554	8577	8599
1.1	0	8643	8665	8686	8708	8729	8749	8770	8790	8810
1.2	0	8849	8869	8888	8907	8925	8944	8962	8980	8997
1.3	0.9	0320	0490	0658	0824	0988	1149	1308	1466	1621
1.4	0.9	1924	2073	2220	2364	2507	2647	2785	2922	3056
1.5	0.9	3319	3448	3574	3699	3822	3943	4062	4179	4295
1.6	0.9	4520	4630	4738	4845	4950	5053	5154	5254	5352
1.7	0.9	5543	5637	5728	5818	5907	5994	6080	6164	6246
1.8	0.9	6407	6485	6562	6637	6712	6784	6856	6926	6995
1.9	0.9	7128	7193	7257	7320	7381	7441	7500	7558	7615
2	0.9	7725	7778	7831	7882	7932	7982	8030	8077	8124
2.1	0.9	8214	8257	8300	8341	8382	8422	8461	8500	8537
2.2	0.9	8610	8645	8679	8713	8745	8778	8809	8840	8870
2.3	0.9	8928	8956	8983	9010	9036	9061	9086	9111	9134
2.4	0.99	1802	2024	2240	2451	2656	2857	3053	3244	3431
2.5	0.99	3790	3963	4132	4297	4457	4614	4766	4915	5060
2.6	0.99	5339	5473	5603	5731	5855	5975	6093	6207	6319
2.7	0.99	6533	6636	6736	6833	6928	7020	7110	7197	7282
2.8	0.99	7445	7523	7599	7673	7744	7814	7882	7948	8012
2.9	0.99	8134	8193	8250	8305	8359	8411	8462	8511	8559
3	0.99	8650	8694	8736	8777	8817	8856	8893	8930	8965

Коэффициенты для распределения Вейбулла

b	K_b	C_b	V
0.2	120	1900	15.83
0.3	8.86	46.9	5.29
0.4	3.32	10.4	3.14
0.5	2	4.47	2.24
0.6	1.50	2.61	1.74
0.7	1.27	1.86	1.46
0.8	1.13	1.43	1.26
0.9	1.05	1.17	1.11
1	1.00	1.00	1.00
1.1	0.965	0.878	0.910
1.2	0.941	0.787	0.837
1.3	0.924	0.716	0.775
1.4	0.911	0.659	0.723
1.5	0.903	0.612	0.678
1.6	0.897	0.574	0.640
1.7	0.892	0.540	0.605
1.8	0.889	0.512	0.575
1.9	0.887	0.485	0.547
2	0.886	0.463	0.523
2.1	0.886	0.441	0.489
2.2	0.886	0.425	0.480
2.3	0.886	0.409	0.461
2.4	0.887	0.394	0.444
2.5	0.887	0.380	0.428
3	0.893	0.326	0.365
3.5	0.900	0.285	0.316
4	0.906	0.255	0.281

$$t=a \cdot K_b, \sigma(t)=a \cdot C_b$$

Таблица П. 4

Значения гамма-функции

X	$\Gamma(x)$	X	$\Gamma(x)$	X	$\Gamma(x)$	X	$\Gamma(x)$
1.00	1.0000	1.25	0.9064	1.50	0.8862	1.75	0.9191
1.01	0.9943	1.26	0.9044	1.51	0.8866	1.76	0.9214
1.02	0.9888	1.27	0.9025	1.52	0.8870	1.77	0.9238
1.03	0.9835	1.28	0.9007	1.53	0.8876	1.78	0.9262
1.04	0.9784	1.29	0.8990	1.54	0.8882	1.79	0.9288
1.05	0.9735	1.30	0.8975	1.55	0.8889	1.80	0.9314
1.06	0.9687	1.31	0.8960	1.56	0.8896	1.81	0.9341
1.07	0.9642	1.32	0.8946	1.57	0.8905	1.82	0.9368
1.08	0.9597	1.33	0.8934	1.58	0.8914	1.83	0.9397
1.09	0.9555	1.34	0.8922	1.59	0.8924	1.84	0.9426
1.10	0.9514	1.35	0.8912	1.60	0.8935	1.85	0.9456
1.11	0.9474	1.36	0.8902	1.61	0.8947	1.86	0.9487
1.12	0.9436	1.37	0.8893	1.62	0.8959	1.87	0.9518
1.13	0.9399	1.38	0.8885	1.63	0.8972	1.88	0.9551
1.14	0.9364	1.39	0.8879	1.64	0.8986	1.89	0.9584
1.15	0.9330	1.40	0.8873	1.65	0.9001	1.90	0.9618
1.16	0.9298	1.41	0.8868	1.66	0.9017	1.91	0.9652
1.17	0.9267	1.42	0.8864	1.67	0.9033	1.92	0.9688
1.18	0.9237	1.43	0.8860	1.68	0.9050	1.93	0.9724
1.19	0.9209	1.44	0.8858	1.69	0.9068	1.94	0.9761
1.20	0.9182	1.45	0.8857	1.70	0.9086	1.95	0.9799
1.21	0.9156	1.46	0.8856	1.71	0.9106	1.96	0.9837
1.22	0.9131	1.47	0.8856	1.72	0.9126	1.97	0.9877
1.23	0.9108	1.48	0.8857	1.73	0.9147	1.98	0.9917
1.24	0.9085	1.49	0.8859	1.74	0.9168	1.99	0.9958
0.5	1.7725	1.5	0.8862	2.5	1.3294	3.5	3.3233
0.5	$\sqrt{\pi}$	1.5	$1/2 \sqrt{\pi}$	2.5	$3/4 \sqrt{\pi}$	3.5	$15/8 \sqrt{\pi}$

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

Кафедра технической эксплуатации ЛАиАД

«Проверена»
Преподаватель

степень, звание, Ф.И.О.

(подпись, дата)

«Результат собеседования»

(зачтена, не зачтена

(подпись, дата)

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

**по дисциплине «Управление процессами
технической эксплуатации ЛА»**

Контрольную работу выполнил

Студент _____

Ф.И.О. (подпись)

Шифр _____

Группа _____

Дата _____

Москва 200__

ЛИТЕРАТУРА

1. Ицкович А.А. Управление процессами технической эксплуатации летательных аппаратов. Часть 1. Учебное пособие. - М.: МГТУ ГА, 1994.
2. Ицкович А.А. Управление процессами технической эксплуатации летательных аппаратов. Часть 2. Методология программного управления процессами технической эксплуатации летательных аппаратов: Учебное пособие. - М.: МГТУ ГА, 2002.
3. Ицкович А.А. Управление процессами технической эксплуатации летательных аппаратов. Часть 3 Методология текущего планирования и оперативного управления процессами технической эксплуатации летательных аппаратов: Учебное пособие. - М.: МГТУ ГА, 2002.
4. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Пособие по изучению дисциплины «Управление процессами технической эксплуатации летательных аппаратов» для студентов VI курса специальности 130300 заочного обучения. - М.: МГТУ ГА, 2005.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие методические указания.....	
2. Техническое задание.....	
3. Контрольные задания.....	
4. Методические рекомендации по выполнению контрольных заданий.....	
4.1. Задание № 1. Управление объемами запасных частей для замены отказавших изделий.....	
4.2. Задание № 2. Управление техническим состоянием изделий, подверженных износу и старению.....	
4.3. Задание № 3. Модели управляемых состояний процесса технической эксплуатации.....	
4.4. Задание № 4. Управление режимами технического обслуживания и ремонта изделий ЛА с учетом старения и частичного восстановления.....	
Приложение.....	
Литература.....	