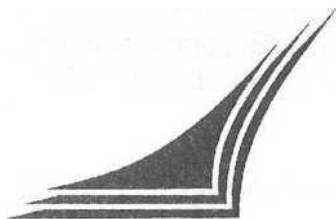


ФГБОУ ВО
“Воронежский государственный технический университет”

Кафедра «Самолетостроение»



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению и оформлению
лабораторных работ
по дисциплине “Эксплуатационная технологичность и
надежность летательных аппаратов”
для студентов специальности 24.05.07 «Самолето- и
вертолетостроение»
очной формы обучения

Воронеж 2016

Составители: к.т.н. С. К. Кириакиди

УДК 629.7.017.1(07)

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Эксплуатационная технологичность и надежность летательных аппаратов» для студентов специальности 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: С.К.Кириакиди, Воронеж, 2016. 23 с.

Данные методические указания предназначены для организации лабораторных работ по дисциплине «Эксплуатационная технологичность и надежность летательных аппаратов», в процессе выполнения которых определяются фактический ресурс агрегатов самолета, усталостная долговечность и ресурс планера, надежность гидросистем.

Табл.8. Ил.1. Библиогр.: 1 назв.

Рецензент канд. техн. наук Н.В.Лосев

Ответственный за выпуск зав. кафедрой
Д-р техн. наук, проф. В.И.Корольков

Печатается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет», 2016

Введение

Важное место при проектировании и изготовлении летательных аппаратов занимает комплекс работ по обеспечению заданной долговечности деталей и узлов самолета.

Практика показывает, что при усложнении летательного аппарата усложняется весь комплекс предварительных исследований, соответственно увеличивается и его стоимость. Все это оправдывается при обеспечении соответствующего полного ресурса самолета, обеспечении безопасных условий эксплуатации.

Экспериментальные данные о фактической долговечности деталей и узлов имеют значительный разброс. Расчетные методы оценки долговечности при создании нового летательного аппарата играют свою роль при получении оптимальных решений. Применение методов теории вероятностей позволяет достаточно полно учесть множество факторов, от которых зависит долговечность самолета.

Для определения работоспособности конструкции предварительно проводятся испытания новых материалов, испытания элементов конструкции в полном объеме рабочих условий и нагрузок. Результаты испытаний являются основанием для принятия решений. Испытание основных систем на функционирование позволяет определить конструктивные недостатки на этапе проектирования.

И чем больше будет выявлено недостатков при предварительных экспериментальных исследованиях, тем меньше будет доработок КД, тем быстрее будет налажено серийное производство.

Студентам специальности "Самолето - вертолетостроение" необходимо познакомиться с методами расчета усталостной долговечности и ресурса планера самолета, методами определения фактического ресурса по результатам испытаний, с методикой проведения ресурсных испытаний агрегатов, узлов и деталей современных пассажирских самолетов.

Лабораторная работа №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО РЕСУРСА АГРЕГАТА САМОЛЕТА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ

Цель работы: изучение методики определения фактического ресурса агрегата самолета по результатам проведенных испытаний.

Приборы и оборудование: ЭВМ, линейка, карандаш.

1.1. Основные понятия и определения

В тактико-технических требованиях на самолет задается количественная величина показателя безотказности, которая на этапе проектирования должна быть рассчитана конструктором. Для проведения правильного расчета конструктор должен располагать достоверной и достаточной исходной информацией о надежности и фактических условиях работы элементов и агрегатов систем самолета. Такую информацию можно получить по результатам испытаний.

Испытания, которым подвергаются изделия авиационной техники с точки зрения оценки их фактической надежности, можно разделить на два вида - определительные и контрольные.

Определительные испытания позволяют получить количественные оценки фактических показателей надежности агрегатов, систем и самолета. Они обеспечивают основную долю всей информации о фактическом уровне надежности, которая используется в технической документации и служит основанием для схемно-конструкторской доработки изделия.

Контрольные испытания позволяют лишь установить соответствие или несоответствие фактической надежности изделия согласованным требованиям к его надежности. При этом абсолютная оценка показателя надежности не производится, что обеспечивает снижение потребного для данной точности и достоверности объема испытаний.

Рассмотрим методику проведения и обработки результатов стендовых ресурсных испытаний агрегатов

самолета, подверженных износу и старению.

Внешние условия при испытании агрегатов должны максимально соответствовать фактическим условиям их эксплуатации. В процессе испытаний агрегатов по их наработке необходимо выполнять все профилактические ремонты и работы. При возникновении в процессе испытаний неисправностей или таких отказов, которые устраняются в эксплуатации регулировкой или ремонтом, а также заменой запасных деталей без замены агрегата, они оформляются карточками учета неисправностей, учитываются при оценке безотказности агрегата и не влияют на значение ресурса, а ресурсные испытания продолжаются. Технические причины отказов и неисправностей подробно исследуются и разрабатываются рекомендации по их устранению

1.2. Теоретические зависимости

Испытания агрегатов с целью определения их фактического полного ресурса проводятся до наступления предельного состояния каждого агрегата, предполагающего окончательное прекращение применения объекта по назначению или появления такого отказа, который уже не подлежит устранению. В случае отсутствия полного отказа агрегата его испытание прекращается при наработке, соответствующей

$$t_{max} = k \cdot t_3 \quad (1)$$

где t_{max} - максимальная наработка агрегата при испытаниях;
 t_3 - заданный ресурс;
 k - коэффициент перекрытия ресурса, рекомендуется выбирать $k - 1,25 \div 1,5$.

Учитывая, что значение ресурса агрегата определяется износными отказами и агрегаты являются восстанавливаемыми изделиями, принимаем нормальный закон распределения моментов полных отказов. Имеющийся опыт

оценки показателей долговечности восстанавливаемых изделий свидетельствует о правомерности такой предпосылки.

Количественная оценка значения фактического ресурса агрегата по результатам испытаний производится в следующем порядке.

1. Определяется средняя наработка до полного отказа

$$t_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (2)$$

где t_i - фактическая наработка до полного отказа i - го образца агрегата; n - количество испытанных образцов агрегата.

2. Определяем среднее квадратическое отклонение наработок

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - t_{cp})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

3. Значение искомой наработки определяется по формуле

$$t = t_{cp} - u\sigma, \quad (4)$$

где u - квантиль нормального распределения для заданной величины доверительной вероятности γ , Введение понятия квантиля вызвано тем, что на практике часто требуется знать получающееся значение наработки для заданного округленного значения интегральной функции или вероятности. Квантиль u называется значение аргумента (наработки), соответствующее округленному значению функции распределения. Значения квантилей для различных законов распределения табулированы. В таблице 1.1 представлены значения квантилей нормального распределения.

Таблица 1.1

γ	0,75	0,8	0,85	0,90	0,95	0,99
u	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	2,326

1.3. Порядок выполнения работы

1.Получить задание.

2.Провести расчет наработки агрегата по вышеприведенной методике для различных нижних границ наработки, при которых наступают полные отказы у " α " % агрегатов.

При этом $\gamma=1-(\alpha/100)$. Расчет провести для $\alpha=1,5, 10,15,20,25$ %.

3. Построить зависимость $t=f(\alpha)$.

4. По результатам расчета сделать выводы.

Варианты заданий

Вариант 1. Испытанию подвергались 60 воздушных шлангов, результаты испытаний следующие

Кол-во шлангов, шт.	4	3	5	7	12	8	10	11
Наработка, ч.	58	61	66	72	74	81	85	88

Вариант 2. В результате стендовых испытаний 43 насосов гидропривода были получены следующие результаты.

Количество насосов, шт.	2	3	5	1	7	7
Наработка, ч.	100	120	170	185	210	220

Количество насосов, шт.	6	4	8
Наработка, ч.	350	290	300

Вариант 3. Испытанию подвергались 42 гидроклапана, результаты испытаний следующие.

Кол-во клапанов, шт.	2	3	5	8	4	9	5	6
Наработка, ч.	91	98	105	112	126	131	145	148

Контрольные вопросы:

- 1 Понятие квантиля нормального распределения.
- 2 Определение средней наработки до полного отказа элемента конструкции по результатам испытаний.
- 3 Зависимость отказов детали от ее наработки (графическое представление).
- 4 Методы оценки ресурса детали по результатам испытаний.

Лабораторная работа №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И РЕСУРСА ПЛАНЕРА

Цель работы: изучение методики расчета усталостной долговечности и ресурса планера самолета по наиболее слабому в отношении выносливости элементу.

Приборы и оборудование: ЭВМ.

2.1. Основные понятия и определения

Долговечность - свойство самолета сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Долговечность характеризует экономическую целесообразность эксплуатации самолета до предельного налета и календарного срока. Среди факторов, ограничивающих долговечность самолета, самым важным оказывается усталость конструкции планера. Усталостным разрушением называется потеря несущих способностей конструкции из-за воздействия большого числа переменных нагрузок. В результате постепенного накопления необратимых изменений в структуре материала силовой детали планера сначала образуются микротрещины, а затем магистральная макротрещина, приводящая к усталостному разрушению. Усталостное разрушение зависит от большого числа факторов, которые трудно учесть при расчетах, поэтому основным способом подтверждения заданного полного ресурса нового самолета является проведение натурных усталостных испытаний отдельных агрегатов и систем, а также планера самолета в целом.

2.2. Теоретические зависимости

Рассмотрим методику расчета усталостной долговечности и ресурса планера, принятую в отрасли. Среднее значение усталостной долговечности в летных часах до разрушения конструкции определяется по формуле

$$\tau = \frac{1}{\sum_i (N_i^* / N_{pi})}, \quad (1)$$

где N_i^* - количество циклов с данным приращением перегрузки, определяется по диаграмме повторяемости перегрузок за час типового полета; N_{pi} - количество циклов до разрушения, определяется по кривым выносливости в зависимости от значения коэффициента нагрузки.

Коэффициент нагрузки определяется как

$$K = \frac{n_y}{m \cdot n^p} \quad (2)$$

$$n_y = 1 + \Delta n_y, \quad (3)$$

где n^p - расчетная разрушающая перегрузка, для ближнего магистрального пассажирского самолета можно принять $n^p = 4,9$;

m - коэффициент избытка статической прочности, $m = 1,06$,

Δn_y - приращение вертикальной перегрузки;

n_y - значение вертикальной перегрузки.

Ресурс планера рассчитывается по формуле

$$\tau_{\text{рес}} = \frac{\tau}{\eta}, \quad (4)$$

где η - общий коэффициент надежности при расчете срока службы авиационных конструкций, определяемый как

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \quad (5)$$

здесь η_1 - частный коэффициент надежности, учитывающий рассеивание результатов испытаний на выносливость, принимается для магистрального самолета $\eta_1 = 2,94$; η_2 - коэффициент, учитывающий, неточность расчета срока службы по методу линейного суммирования повреждений, принимается $\eta_2 = 2,5$; η_3 - коэффициент, учитывающий возможное отклонение условий нагружения в эксплуатации от принятых в расчетах, принимается $\eta_3 = 1,5$.

2.3. Порядок выполнения работы

Расчет усталостной долговечности и ресурса планера ведем для наиболее слабого по выносливости элемента конструкции -

заклепочного соединения двух деталей из материала Д16. Расчет проводится с использованием ЭВМ в следующей последовательности.

1. Из диаграммы повторяемости перегрузок за час типового полета для значений $\Delta\eta_y = 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1; 1,3$ определяем N_i^* .

2. Рассчитываем n_y и K .

3. По графику кривых выносливости наиболее слабого элемента конструкции планера определяем N_{pi} . Режим полета (K_1, K_2 или K_3) определяется вариантом (вариант 1, 2, 3).

4. Рассчитываем τ .

5. Определяем η и $\tau_{рес}$.

6. По результатам расчета сделать выводы.

Контрольные вопросы:

1 Понятие усталостной долговечности.

2 В чем выражается усталостная долговечность.

3 От чего зависит усталостная долговечность детали, конструкции.

4 Понятие коэффициента нагрузки при расчете усталостной долговечности.

5 Понятие вертикальной перегрузки.

6 От чего зависит коэффициент надежности.

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРОСИСТЕМЫ УБОРКИ-ВЫПУСКА ШАССИ САМОЛЕТА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ

Цель работы: изучение методики определения надежности гидросистемы уборки-выпуска шасси самолета.

Приборы и оборудование: микрокалькуляторы, линейка, карандаш.

На рисунке 3.1. приведена схема гидросистемы уборки-выпуска шасси самолета. Значения интенсивностей отказов (λ_i) элементов данной гидросистемы, способных привести к отказу - остановке движения потока силового цилиндра (без вытекания жидкости из гидросистемы), сведены в таблицу 3.1

3.1. Порядок выполнения работы

1. Найти общую интенсивность отказов гидросистемы λ и среднюю наработку на отказ T .

2. Выразить надежность как вероятность безотказной работы системы (P) через надежность её элементов.

3. Построить кривую вероятности безотказной работы системы $P(\tau)$ и определить срок службы (τ), в течение которого $P \leq 0,999$ (1,2,3 варианты); $P \leq 0,998$ (4,5,6 варианты). Взять значения $\tau = 100, 200, 500, 700, 1000, 5000$ ч.

4. Определить оптимальную последовательность поиска неисправностей элемента системы, вызвавшей остановку движения штока.

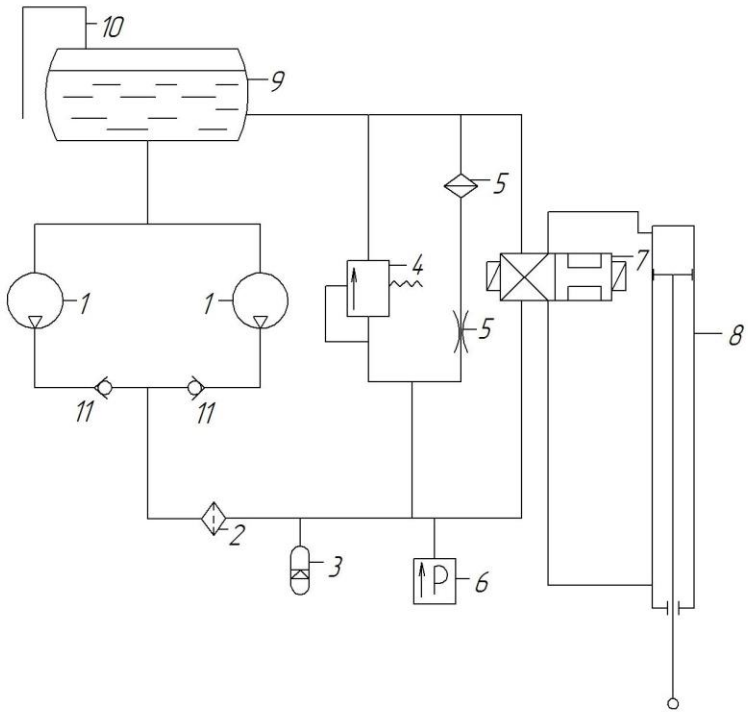


Рисунок 3.1. Схема гидросистемы уборки-выпуска шасси самолета

Таблица 3.1

Наименование элементов	Виды отказов	Интенсивность отказов на 1 час полета $\lambda_i \cdot 10^6$					
		1	2	3	4	5	6
Насос (каждый)	Поломка и прекращение подачи жидкости	20,0	20,6	20,4	21,0	19,7	21,3
Фильтр	Засорение фильтра, проток жидкости без фильтрации	1,0	1,2	1,1	1,6	1,4	0,9
Гасители пульсаций	Разрушение мембран, утечка азота	10,0	10,4	10,2	11,2	9,6	10,8
Предохранительный клапан	Засорение и прекращение прохода жидкости	9,0	9,2	9,6	9,1	8,6	9,5
Дроссель и теплообменник	Засорение и прекращение прохода жидкости	0,12	0,11	0,15	0,1	0,14	0,16
Манометр	Поломка механизма указателя	0,01	0,02	0,015	0,011	0,016	0,012
Электрогидравлический клапан	Засорение и прекращение прохода	15,0	15,4	15,6	15,3	14,7	15,1
Силовой цилиндр	Заклинивание штока в цилиндре	0,10	0,12	0,11	0,15	0,19	0,16
Бак	-	0	0	0	0	0	0
Трубопровод наддува	-	0	0	0	0	0	0
Обратный клапан	-	0	0	0	0	0	0

5. Сделать выводы.

Указания:

1. Учесть, что насос 1 дублирован (имеет нагруженный резерв)
2. Ввиду малости значений λ_i для остальных элементов, вероятностью одновременного отказа нескольких из них пренебречь.
3. Отказы элементов считать независимыми.
4. Для упрощения принять, что внешний осмотр отказавшего элемента информации о его неисправности не дает, а время нужное для, проверки каждого элемента одинаково.

3.2. Теоретические замечания

1. Общий поток отказов характеризуется интенсивностью λ

$$\lambda = \sum \lambda_i , \quad (1)$$

где λ_i - интенсивность отказов элементов. Средняя наработка на отказ:

$$T = \frac{1}{\lambda} \quad (2)$$

2. Вероятность безотказной работы, p - надежность системы, определяется структурой системы и характеристиками надежности её элементов p_i . Из рассмотрения принципиальной схемы системы (рисунок 3.1) и видов отказов (табл. 3.1) следует вывод (студентам необходимо сделать его самостоятельно); отказ каких элементов приводит к остановке движения штока силового цилиндра, а каких – нет. После этого выделить расчетную гидролинию.

3. При параллельном соединении, например двух элементов (1, 2), общая надежность

$$p_{1,2} = 1 - (1 - p_1)(1 - p_2) \quad (3)$$

т.к. p_1 -надежность 1 элемента, p_2 - надежность 2 элемента; вероятность отказа 1-го ($1 - p_1$), 2 -го ($1 - p_2$); вероятность отказа двух элементов $(1 - p_1)(1 - p_2)$; а надежность при этом $p_{1,2} = 1 - (1 - p_1)(1 - p_2)$

При последовательном соединении нескольких элементов общая надежность $p_{3,4,5} = p_3 \cdot p_4 \cdot p_5$

где p_3 - надежность 3 -го элемента; p_4 - надежность 4-го элемента; p_5 - надежность 5-го элемента.

4. При постоянном λ время τ безотказной работы подчиняется экспоненциальному закону распределения и вероятность безотказной работы (надежность):

$$p_i = \exp(-\lambda_i \cdot \tau) \quad (4)$$

при $\lambda_i \cdot \tau \ll 1$; $p_i = 1 - \lambda_i \cdot \tau$. Для значений λ_i , приведенных в табл. 4.1. и $\tau \ll 10000$ ч

Контрольные вопросы:

- 1 Порядок работы гидросистемы на выпуск шасси.
- 2 Порядок работы гидросистемы на уборку шасси.
- 3 Определение общей надежности двух элементов, соединенных параллельно.
- 4 Определение общей надежности двух элементов, соединенных последовательно.
- 5 Определение общей надежности цепочки элементов, состоящей из последовательно и параллельно соединенных элементов.

Лабораторная работа №4

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ БОЛТОВОГО СОЕДИНЕНИЯ.

Цель работы: изучение методики оценки вероятности безотказной работы болтового соединения.

Приборы и оборудование: образцы болтовых соединений, счетные машины.

4.1. Теоретические зависимости.

Работоспособность узлов, механизмов, технических систем характеризуется рядом критериев: прочностью, износостойкостью, усталостью, точностью и некоторыми другими.

Расчет надежности основан на сравнении, по заданным критериям, расчетных параметров с их предельными величинами, которые выбираются по нормативным или справочным данным.

Работоспособность детали или узла обеспечивается по заданному критерию, если расчетный параметр y меньше его предельного значения $y_{пр}$, т. е.:

$$y \leq y_{пр} \quad (1)$$

Для обеспечения работоспособности задаются коэффициентом безопасности

$$n = \frac{y_{пр}}{y} \quad (2)$$

Расчетные параметры рассматриваются как конкретные величины, хотя в действительности они имеют рассеяние. Поэтому используют вероятностные методы расчета, в которых параметры y и $y_{пр}$ считают случайными величинами. Тогда

вероятность безотказной работы определяется по квантилю нормального распределения U_p от заданного критерия.

$$U_p = \frac{\bar{y}_{np} - \bar{y}}{\sqrt{\sigma_{y_{np}}^2 + \sigma_y^2}} \quad (3)$$

где \bar{y}_{np}, \bar{y} – средние значения величин y_{np} и y ;

$\sigma_{y_{np}}, \sigma_y$ – средние квадратические отклонения величин y_{np} и y .

Соотношение (3) можно выразить через коэффициент безопасности n и коэффициент вариации V :

$$U_p = \frac{n - 1}{\sqrt{(nV_{y_{np}})^2 + V_y^2}} \quad (4)$$

где
$$n = \frac{\bar{y}_{np}}{\bar{y}}; \quad V_{y_{np}} = \frac{\sigma_{y_{np}}}{\bar{y}_{np}}; \quad V_y = \frac{\sigma_y}{\bar{y}} \quad (4)$$

Надежность болтового соединения оценивается по трем основным критериям: нераскрытие стыка, прочность болта, выносливость болта.

4.2. Квантиль нормального распределения по критерию не раскрытия стыка U_{p1}

$$U_{p1} = \frac{n_1 - 1}{\sqrt{n_1^2 V_{зат}^2 + V_F^2}} \quad (5)$$

где $n_1 = \frac{F_{зат}}{\beta_c F (1 - \chi)}$ коэффициент запаса нераскрытия стыка по средним нагрузкам;

$F_{зат}$ – сила затяжки;

F – отрывающая сила;

β_c – коэффициент, учитывающий возможность ослабления затяжки;

$(1 - \chi)$ – множитель, характеризующий долю внешней нагрузки на стык;

$V_{зат}$, V_F – коэффициенты вариации случайных сил $F_{зат}$ и F соответственно;

$$F_{зат} = \sigma_{зат} \pi \frac{d_p^2}{4} \quad (6)$$

$\sigma_{зат}$ – среднее напряжение при затяжке

d_p – расчетный диаметр резьбы болта

По таблице нормального распределения находится вероятность безотказной работы по критерию нераскрытия стыка $P = P(U_{p1})$

4.3. Квантиль нормального распределения по критерию прочности болта U_{p3}

$$U_{p3} = \frac{n_3 - 1}{\sqrt{n_3^2 V_{\sigma_t}^2 + V_{рас}^2}} \quad (7)$$

где n_3 – коэффициент запаса прочности;

σ_t – среднее значение предела текучести материала;

$\sigma_{рас}$ – расчётное значение напряжения;

$V_{рас}$ – коэффициент вариации расчетного напряжения;

$$n_3 = \frac{\sigma_t}{\sigma_{рас}} \quad (8)$$

$$\sigma_{рас} = \frac{4}{\pi d_p^2} (KF_{зат} + \chi F) \quad (9)$$

где V_{σ_t} – коэффициент вариации предела текучести материала;

d_p – расчетный диаметр резьбы болта;

K – коэффициент, учитывающий кручение болта;
 Если кручение болта при затяжке исключено, то
 $K = 1.0$, в остальных случаях $K = 1.3$.

По таблице нормального распределения (таблица 4.2.) находится вероятность безотказной работы болтового соединения по критерию статической прочности

$$P_3 = P(U_{p3}) \quad (10)$$

4.4. Квантиль нормального распределения по критерию выносливости болта U_{p4} .

$$U_{p4} = \frac{n_4 - 1}{\sqrt{n_4^2 V_{-1}^2 + V_a^2}}, \quad (11)$$

где: n_4 - коэффициент запаса выносливости;
 σ_{-1} - среднее значение предела выносливости болта;
 σ_a - среднее значение действующих напряжений;
 V_{-1} - коэффициент вариации предела выносливости;
 V_a - коэффициент вариации действующих напряжений;

$$\sigma_a = \frac{4}{\pi d_p^2} \cdot [0,5\chi \cdot F + \frac{\varphi}{K_\sigma} (F_{зат} + 0,5\chi \cdot F)] \quad (12)$$

$$n_4 = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a}, \quad (13)$$

где φ – коэффициент чувствительности материала к асимметрии цикла

K_σ – среднее значение коэффициента концентрации напряжений в зависимости от предела прочности материала

По таблице нормального распределения (таблица 4.2.) находится вероятность безотказной работы болтового соединения по критерию выносливости

$$P_4 = P(U_{p4}) \quad (14)$$

4.5. Далее определяется вероятность безотказной работы болтового соединения по трем критериям $P_{\text{болт.соед.}}$:

$$P_{\text{болт.соед.}} = P_1 P_3 P_4 = p(U_{p1})p(U_{p3})p(U_{p4}) \quad (15)$$

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.

Две стальные детали стянуты болтом М12 (Сталь 20) с усилием от 0 до F. Среднее значение силы F, коэффициент вариации этой силы, а также другие параметры приведены в таблице 4.1. согласно варианту задания.

Определить вероятность безотказной работы болтового соединения по основным критериям: не раскрытие стыка, статической прочности и усталости болта.

Известно:

$\sigma_r = 380$ МПа (38 кг/мм²) – Сталь 20

$d_p = 10,2$ мм

$\beta_c = 1,2$

$V_{\text{рас}} = 0,071$

Таблица 4.1 Варианты заданий

Вариант	F, Н	σ_{-1} , МПа	$\sigma_{\text{зам}}$, МПа	V_{-1}	$V_{\text{зам}}$	V_{σ_1}	V_F	V_a	K_σ	X	ϕ
1	10000	40	200	0,15	0,08	0,050	0,2	0,1	3,0	0,2	0,1
2	9800	41	230	0,16	0,07	0,045	0,18	0,11	3,1	0,23	0,08
3	11400	43	210	0,16	0,075	0,060	0,19	0,12	3,2	0,21	0,09
4	12100	41	235	0,17	0,071	0,068	0,17	0,11	3,03	0,21	0,11
5	11000	40	215	0,15	0,079	0,061	0,19	0,14	3,2	0,2	0,11
6	9700	45	218	0,17	0,81	0,057	0,18	0,12	3,4	0,24	0,12
7	10900	43	236	0,16	0,87	0,68	0,17	0,11	3,1	0,23	0,09

8	11500	45	232	0,15	0,63	0,63	0,19	0,14	3,2	0,21	0,8
---	-------	----	-----	------	------	------	------	------	-----	------	-----

4.6. Порядок выполнения работы.

1. Получить вариант задания

2. Изучить теорию работы.

3. Используя зависимости разделов 1.1, 1.2 и 1.3 определить квантили нормального распределения по критериям не раскрытия стыка, прочности болта, выносливости болта.

4. По таблице 4.2. в зависимости от квантилей нормального распределения найти вероятность безотказной работы болтового соединения по критериям не раскрытия стыка, прочности и выносливости болта.

5. Определить вероятность безотказной работы болтового соединения совместно по трем критериям.

6. Сделать выводы.

Таблица 4.2. Таблица нормального распределения

U_p	$\Phi(U_p)$	U_p	$\Phi(U_p)$
0.00	0.5000	1.05	0.1469
0.05	0.4801	1.10	0.1357
0.10	0.4602	1.15	0.1351
0.15	0.4404	1.20	0.1151
0.20	0.4207	1.25	0.1056
0.25	0.4013	1.30	0.0968
0.30	0.3821	1.35	0.0885
0.35	0.3632	1.40	0.0808
0.40	0.3446	1.45	0.0735
0.45	0.3264	1.50	0.0668
0.50	0.3085	1.55	0.0606
0.55	0.2912	1.60	0.0548
0.60	0.2743	1.70	0.0446
0.65	0.2578	1.75	0.0401
0.70	0.2420	1.80	0.0359
0.75	0.2266	1.85	0.0322
0.80	0.2119	1.90	0.0288
0.85	0.1977	1.95	0.0256
0.90	0.1841	2.00	0.0228
0.95	0.1711	2.50	0.0052

1.00	0.1587	3.00	0.0014
------	--------	------	--------

Контрольные вопросы:

1 Методики определения вероятности безотказной работы болтового соединения.

2 Квантиль нормального распределения по критерию нераскрытия стыка.

3 Определение усилия затяжки.

4 Квантиль нормального распределения по критерию прочности болта.

5 Квантиль нормального распределения по критерию выносливости болта.

6 Определение вероятности безотказной работы болтового соединения по трем критериям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анцелиович Л.Л. Надежность, безопасность и живучесть самолета. М.: “Машиностроение”, 1985. 295 с.
2. Волков Л.И., Шिशкевич А.М. Надежность летательных аппаратов. М.: Высшая школа, 1975. 296 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
“Эксплуатационная технологичность и надежность
летательных аппаратов” для студентов специальности
24.05.07 “Самолето- и вертолетостроение” очной формы
обучения.

Составители:

Кириакиди Сергей Константинович

В авторской редакции

Подписано в печать,

Формат 60X84/16. Бумага для множительных аппаратов.

Усл. печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 0,9. Тираж 30 экз. «С»

ФГБОУ ВО “Воронежский государственный технический
университет”

394026 Воронеж, Московский просп., 14