

Министерство образования и науки Челябинской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Южно-Уральский государственный технический колледж»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
по ПМ 06 Разработка, моделирование и оптимизация работы мехатронных систем

МДК 06.01 Разработка и моделирование мехатронных систем

для студентов специальности по
15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств
(по отраслям)

Челябинск, 2021 г

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению практических работ по ПМ.06

Практические работы являются важным элементом учебной дисциплины. На практических занятиях студенты овладевают первоначальными профессиональными умениями и навыками, которые в дальнейшем закрепляются и совершенствуются в процессе курсового проектирования, учебной и производственной (по профилю специальности и преддипломной) практики. Наряду с формированием умений и навыков в процессе практических занятий обобщаются, систематизируются, углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность использовать теоретические знания на практике, формируются элементы общих и профессиональных компетенций.

Методические рекомендации предназначены для организации выполнения практических работ по междисциплинарному курсу МДК 05.01 «Теоретические основы обеспечения надежности систем автоматизации и модулей мехатронных систем». Программой профессионального модуля ПМ.05 «Проведение анализа характеристик и обеспечение надежности систем автоматизации (по отраслям)» предусмотрено выполнение 12 практических работ, направленных на

- формирование элементов следующих компетенций:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 6.1. Осуществлять контроль параметров качества систем автоматизации.

ПК 6.2. Проводить анализ характеристик надежности систем автоматизации.

ПК 6.3. Обеспечивать соответствие состояния средств и систем автоматизации требованиям надежности.

формирование умений:

- рассчитывать надежность систем управления и отдельных модулей и подсистем мехатронных устройств и систем;
- определять показатели надежности систем управления;

обобщение и систематизацию знаний:

- показатели надежности;
- назначение элементов систем автоматизации и элементов мехатронных устройств и систем;

Описание каждой практической работы содержит:

- номер работы;
- наименование;
- цель;
- элементы компетенций,
- теоретическое изложение необходимого материала;

- варианты заданий;
- порядок выполнения и оформления работы;
- контрольные вопросы.

Отчеты студентов по практическим работам должны содержать:

- номер работы;
- наименование;
- цель;
- задание в соответствии с вариантом;
- расчеты;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод.

Титульный отчета лист оформляется в соответствии с приложением И. Для получения дополнительной, более подробной информации по основным вопросам учебной дисциплины в конце методических рекомендаций приведен перечень информационных источников.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№ занятия	Тема	Тема практического занятия	Часы
1	Тема 1.3. Расчет надежности локальных систем без учета восстановления.	Расчет вероятности безотказной работы системы при последовательном соединении элементов.	4
2		Расчет среднего времени безотказной работы системы с параллельным соединением элементов	2
3	Тема 1.4. Восстанавливаемые системы	Определение среднего времени восстановления системы	2
4	Тема 1.5. Проектная оценка надежности автоматизированной системы управления.	Расчет надежности АСУТП	4
5		Расчет норм надежности по номограмме	2
6	Тема 1.6. Надежность программного обеспечения АСУ.	Выполнение защиты информации от случайного изменения и диагностика сохранности.	4
7		Шифрование текста методом перестановки	2
8		Шифрование текста методом замены	2
9		Шифрование текста методом гаммирования	4
10	Тема 2.1. Расчеты надежности элементов мехатронных модулей.	Расчет надежности соединения зубчатого колеса и сплошного вала по критерию прочности охватывающей детали.	4
11		Расчет вероятности безотказной работы сварного шва.	2
12		Расчет вероятности безотказной работы болтового соединения.	2
13		Расчет надежности зубчатой передачи.	4
		Всего:	38

Практическая работа №1

Расчет вероятности безотказной работы системы при последовательном соединении элементов.

Цель работы: Освоение методики расчета надежности последовательной системы

Знания (актуализация):

- показатели надежности;
- назначение элементов систем автоматизации и элементов мехатронных устройств и систем;

Умения:

- рассчитывать надежность систем управления и отдельных модулей и подсистем мехатронных устройств и систем;
- определять показатели надежности систем управления.

1. Теоретическое обоснование

1) Структурной схемой для расчета надежности называется графическое отображение элементов системы, позволяющее однозначно определить состояние системы (работоспособное или неработоспособное) по состоянию (работоспособное или неработоспособное) ее элементов.

При составлении схемы элементы системы могут соединяться последовательно или параллельно в зависимости от их влияния на работоспособное состояние системы. Если отказ элемента независимо от его назначения вызывает отказ системы, то элемент соединяют последовательно. Если отказ системы возникает при отказе всех или части однотипных элементов, то такие элементы соединяют параллельно. Последовательное соединение элементов называют также основным, а параллельное - резервным.

2) При расчете вероятности безотказной работы, средней наработки до возникновения первого отказа элементы системы рассматриваются как невосстанавливаемые. В этом случае, если структура системы сводится к основному или резервному соединению элементов, при условии, что работа одного из параллельно соединенных элементов обеспечивает работоспособное состояние системы, показатели безотказности последней определяются по показателям безотказности элементов с использованием классического метода

расчета надежности.

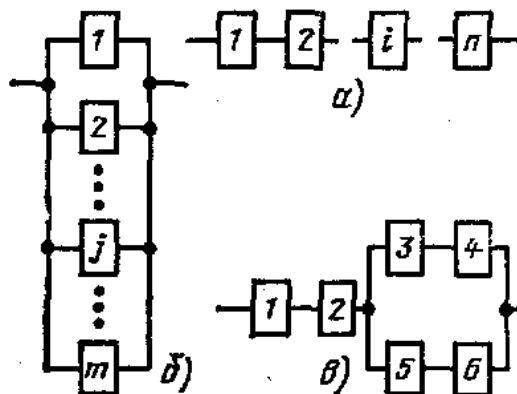


Рисунок 1- Соединение элементов системы:
а – последовательное (основное); б – параллельное (резервное);
в – смешанное

Поскольку при основном соединении элементов работоспособное состояние системы имеет место при совпадении работоспособных состояний всех элементов, то вероятность этого состояния системы определяется произведением вероятностей работоспособных состояний всех элементов. Если система состоит из n последовательно включенных элементов, то при вероятности безотказной работы каждого из элементов $p_i(t)$ вероятность безотказной работы системы

$$P_C(t) = p_1(t) p_2(t) \dots p_n(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t).$$

2. Задание : Оценить вероятность безотказной работы одноступенчатого редуктора (рисунок 2), если известно, что математические ожидания несущей способности его элементов составляют: зубчатой передачи $m_{R1} = a_1 m_F$,

подшипников входного вала $m_{R2} = m_{R3} = a_2 m_F$,

подшипников выходного вала $m_{R4} = m_{R5} = a_3 m_F$,

выходного и входного валов $m_{R6} = m_{R7} = a_4 m_F$.

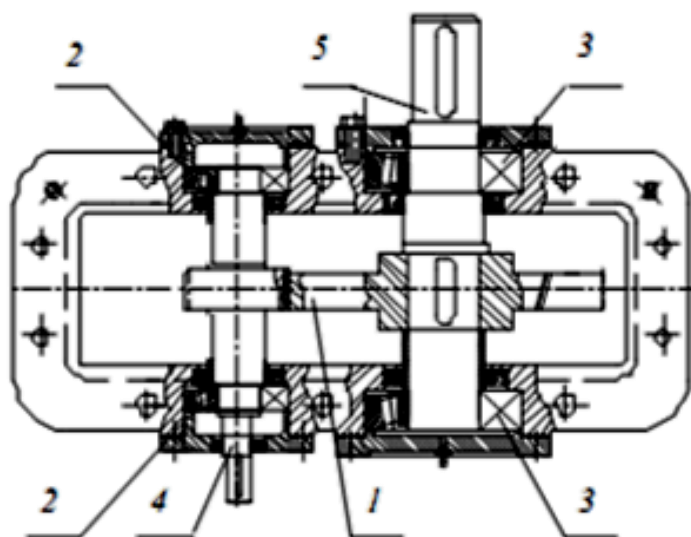


Рисунок 2 – Одноступенчатый редуктор.

1 – зубчатая передача; 2 – подшипники входного вала;

3 – подшипники выходного вала; 4 – входной вал; 5 – выходной вал.

Задано, что несущие способности передачи, подшипников и валов нормально распределены с коэффициентами вариации $\nu_{R1}, \nu_{R2}, \nu_{R3}, \nu_{R4}, \nu_{R5}, \nu_{R6}, \nu_{R7}$.

Нагрузка по редуктору распределена также нормально с коэффициентом вариации ν_F . Исходные данные для расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1- Исходные данные.

№ варианта	a_1	a_2	a_3	a_4	ν_{R1}	ν_{R2}	ν_{R3}	ν_{R4}	ν_{R5}	ν_{R6}	ν_{R7}	ν_F
1	1,5	1,4	1,6	2,1	0,1	0,08	0,09	0,1	0,09	0,11	0,11	0,1
2	1,6	1,6	1,7	2,0	0,08	0,1	0,12	0,1	0,08	0,09	0,12	0,08
3	1,7	1,6	1,8	2,0	0,11	0,11	0,11	0,1	0,1	0,12	0,14	0,9
4	1,4	1,3	1,5	2,1	0,09	0,1	0,1	0,1	0,12	0,14	0,15	0,1
5	1,5	1,3	1,9	2,2	0,12	0,09	0,09	0,08	0,1	0,1	0,09	0,11
6	1,3	1,0	1,4	2,0	0,14	0,1	0,08	0,9	0,15	0,1	0,08	0,12
7	1,6	1,2	1,8	2,3	0,1	0,12	0,1	0,1	0,13	0,11	0,16	0,14
8	1,8	1,5	1,9	2,1	0,1	0,11	0,12	0,11	0,14	0,12	0,18	0,15
9	1,9	1,7	1,7	2,5	0,15	0,13	0,1	0,12	0,18	0,14	0,09	0,09
10	1,5	1,3	1,6	2,0	0,14	0,1	0,1	0,14	0,09	0,15	0,1	0,08
11	1,6	1,5	1,8	2,1	0,12	0,1	0,14	0,15	0,07	0,11	0,07	0,16
12	1,2	1,1	1,3	1,9	0,09	0,08	0,09	0,09	0,12	0,12	0,09	0,18
13	1,2	1,0	1,5	1,8	0,08	0,09	0,13	0,08	0,14	0,1	0,12	0,09

14	1,4	1,3	1,6	1,9	0,13	0,1	0,15	0,16	0,11	0,1	0,11	0,1
15	1,5	1,2	1,6	2,0	0,1	0,11	0,16	0,18	0,1	0,09	0,11	0,1
16	1,6	1,2	1,8	2,2	0,16	0,13	0,11	0,09	0,16	0,09	0,12	0,12
17	1,5	1,3	1,6	2,1	0,15	0,14	0,12	0,1	0,08	0,16	0,14	0,13
18	1,4	1,2	1,8	1,9	0,14	0,1	0,1	0,1	0,09	0,14	0,15	0,16
19	1,8	1,4	1,9	2,3	0,1	0,09	0,1	0,12	0,16	0,17	0,09	0,12
20	1,7	1,6	1,9	2,4	0,1	0,15	0,09	0,13	0,14	0,18	0,08	0,1
21	1,9	1,5	2,0	2,6	0,15	0,19	0,08	0,16	0,17	0,09	0,16	0,1
22	1,5	1,2	1,7	2,0	0,14	0,16	0,08	0,12	0,18	0,12	0,18	0,09
23	1,6	1,3	1,8	2,1	0,17	0,09	0,08	0,1	0,19	0,1	0,09	0,1
24	1,3	1,2	1,6	2,0	0,16	0,12	0,09	0,1	0,16	0,11	0,1	0,11
25	1,1	1,0	1,5	2,3	0,1	0,11	0,1	0,09	0,18	0,1	0,12	0,09
26	1,8	1,6	1,9	2,5	0,1	0,08	0,09	0,1	0,09	0,11	0,11	0,1
27	1,7	1,4	1,8	2,6	0,08	0,1	0,12	0,1	0,08	0,09	0,12	0,08
28	1,6	1,5	1,8	2,3	0,11	0,11	0,11	0,1	0,1	0,12	0,14	0,9
29	1,5	1,2	1,8	2,4	0,09	0,1	0,1	0,1	0,12	0,14	0,15	0,1
30	1,4	1,3	1,8	2,0	0,12	0,09	0,09	0,08	0,1	0,1	0,09	0,11

3. Порядок расчета

1) Задайтесь нагрузками – значениями F_A и F_B в первом приближении, предполагая, что эти значения дадут близкие к требуемым значениям вероятностей безотказной работы систем при фиксированных нагрузках

$$F_A \approx (1 + 3\nu_F) m_F \quad F_B \approx (1 + \nu_F) m_F$$

2) Вычислите квантили нормального распределения элементов, соответствующие вероятностям безотказной работы при нагрузках F_A и F_B

$$u_{pAi} = \frac{F_A - m_{Ri}}{\nu_{Ri} m_{Ri}} \quad u_{pBi} = \frac{F_B - m_{Ri}}{\nu_{Ri} m_{Ri}}$$

где $i = 1, 2, 3, \dots, 7$ — индекс элемента редуктора.

3) По квантилям нормального распределения из таблицы приложения Г определите вероятности безотказной работы элементов P_{Ai} и P_{Bi} .

4) Рассчитайте вероятности безотказной работы редуктора P_A и P_B при фиксированных нагрузках P_A и P_B как произведение вероятностей безотказной

работы элементов

$$P_A = \prod_{i=1}^7 P_{Ai} \qquad P_B = \prod_{i=1}^7 P_{Bi}$$

5) Сопоставляя полученные значения P_A и P_B с диапазонами допустимых значений ($P_A = 0,45 \dots 0,60$ и $P_B = 0,95 \dots 0,99$), определите, правильно ли сделаны первые приближения нагрузок P_A и P_B . Если $P_A < 0,45$, то необходимо уменьшить нагрузку F_A , если $P_A > 0,60$ – увеличить. Аналогично, если $P_B < 0,95$, то необходимо уменьшить нагрузку F_B , если $P_B > 0,99$ – увеличить. Такие итерации необходимо делать до тех пор, пока вычисленные значения вероятностей безотказной работы не будут удовлетворять условиям

$$0,45 \leq P_A \leq 0,60;$$

$$0,95 \leq P_B \leq 0,99 .$$

6) Определите математическое ожидание несущей способности редуктора

$$m_R = F_A - \frac{F_B - F_A}{u_{pB} - u_{pA}} u_{pA} ,$$

где u_{pA} , u_{pB} – квантили нормального распределения, соответствующие вероятностям безотказной работы P_A и P_B .

7) Вычислите коэффициент вариации несущей способности редуктора

$$v_R = \frac{F_B - F_A}{F_A u_{pB} - F_B u_{pA}}$$

8) Вычислите квантиль нормального распределения, соответствующий вероятности безотказной работы редуктора

$$u_p = - \frac{\bar{n} - 1}{\sqrt{(\bar{n} \nu_R)^2 + \nu_R^2}},$$

где \bar{n} - условный запас прочности по средним значениям несущей способности

и нагрузки

$$\bar{n} = \frac{m_R}{m_F}$$

9) Определите вероятность безотказной работы, соответствующую квантили нормального распределения по таблице приложения Г

4. Контрольные вопросы

- 1) Характеризуйте основное соединение элементов системы.
- 2) Перечислите элементы одноступенчатого редуктора.
- 3) В каких случаях рассматривают нормальное распределение наработки до отказа?

Практическая работа №2

Расчет среднего времени безотказной работы системы с параллельным соединением элементов

Цель работы: Освоение методики расчета среднего времени безотказной работы системы с параллельным соединением элементов.

Знания (актуализация):

- показатели надежности;
- назначение элементов систем автоматизации и элементов мехатронных устройств и систем;

Умения:

- рассчитывать надежность систем управления и отдельных модулей и подсистем мехатронных устройств и систем;
- определять показатели надежности систем управления.

1. Теоретическое обоснование

1) *Показателями надежности* называются количественные характеристики одного или нескольких свойств, составляющих надежность системы.

Интенсивность отказов.

Интенсивность отказов $\lambda(t)$ определяется как условная плотность вероятности отказа системы в момент t при условии, что до этого момента отказы не возникали.

Условная вероятность безотказной работы системы на интервале $(t, t + \Delta t)$ при условии, что система работоспособна в момент t , определяется выражением :

$$P(t, t + \Delta t) = P(t + \Delta t) / P(t).$$

На интервале $(t, t + \Delta t)$ условная вероятность отказа системы

$$1 - P(t, t + \Delta t) = 1 - P(t + \Delta t) / P(t) = - [P(t + \Delta t) - P(t)] / P(t);$$

$$\frac{1 - P(t, t + \Delta t)}{\Delta t} = - \frac{P(t + \Delta t) - P(t)}{\Delta t} \cdot \frac{1}{P(t)}.$$

Устремив Δt к нулю, получим

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[-\frac{1-P(t, t+\Delta t)}{\Delta t} \right] = -\frac{dP(t)}{dt} \cdot \frac{1}{P(t)}. \quad (2.2)$$

Выражение (2. 2) можно представить в виде

$$\lambda(t) = -\frac{d[1-F(t)]}{dt} \cdot \frac{1}{P(t)} = \frac{dF(t)}{dt} \cdot \frac{1}{P(t)} = \frac{f(t)}{P(t)}, \quad (2.3)$$

из чего следует, что $\lambda(t) \geq f(t)$.

Решим соотношение (2.2) относительно $P(t)$:

$$\int_0^t \lambda(t) dt = -\int_0^t dP(t) / P(t) = -\ln P(t),$$

отсюда

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (2.4)$$

Так как функции $F(t)$ и $P(t)$ безразмерны, то размерность интенсивности отказов, как это следует из (1.13) – величина, обратная наработке t (например, 1/ч).

Интенсивность отказов $\lambda(t)$ дает наглядную картину изменения безотказности. Типичная зависимость $\lambda(t)$ во времени дана на рисунке 3. Ниспадающий вид кривой $\lambda(t)$ относится к периоду приработки системы (1-й участок). При этом выявляются скрытые дефекты изготовления отдельных элементов системы, недостатки монтажа, наладки, нарушения, произошедшие в результате транспортировки. По окончании приработки наступает период нормальной эксплуатации (2-й участок). В течение этого времени интенсивность отказов относительно неизменна. Именно этот участок соответствует основному времени эксплуатации систем. Возрастание кривой $\lambda(t)$ относится к периоду старения системы из-за износа отдельных ее элементов и изменения их характеристик (3-й участок).

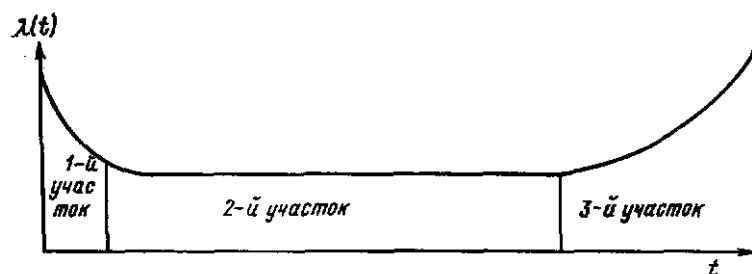


Рисунок 3 - График изменения интенсивности отказов

Средняя наработка до отказа. Функции $F(t)$, $f(t)$, $P(t)$, $\lambda(t)$ полностью описывают случайную величину T . В то же время для решения значительного числа задач надежности достаточно знать только показатели, являющиеся числовыми характеристиками этой случайной величины. К ним в первую очередь относится *средняя наработка до отказа* (среднее время безотказной работы) – математическое ожидание случайной величины T – наработки до отказа (или времени безотказной работы)

$$\tau = M[T] = \int_0^{\infty} t f(t) dt,$$

где M – символ математического ожидания.

$$\tau = - \int_0^{\infty} t dP(t) = -tP(t) \Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} P(t) dt = \int_0^{\infty} P(t) dt .$$

Отсюда следует, что средняя наработка до отказа геометрически равна площади под кривой $P(t)$ (см. рисунок 3).

2. Задание: Решите задачу

Реактор непрерывного действия снабжен 6 центробежными насосами, работающими в системе с резервированием, причем если один из насосов выходит из строя, то другие способны работать при полной системной нагрузке. Рассчитайте вероятность безотказной работы системы и среднее время безотказной работы в течение продолжительности времени выполнения технологического задания t , ч, при условии, что интенсивности отказов

насосов составляют $\lambda_1, \text{ч}^{-1}; \lambda_2, \text{ч}^{-1}; \dots; \lambda_6, \text{ч}^{-1}$. Отказы насосов статистически независимы и все насосы начинают работать в момент времени $t = 0$.

Таблица 2 - Интенсивности отказов насосов.

№ варианта	$t, \text{ч}$	$\lambda_1, \text{ч}^{-1}$	$\lambda_2, \text{ч}^{-1}$	$\lambda_3, \text{ч}^{-1}$	$\lambda_4, \text{ч}^{-1}$	$\lambda_5, \text{ч}^{-1}$	$\lambda_6, \text{ч}^{-1}$
1	1000	$4,883 \cdot 10^{-3}$	$5,606 \cdot 10^{-3}$	$1,820 \cdot 10^{-5}$	$2,080 \cdot 10^{-5}$	$4,930 \cdot 10^{-6}$	$1,567 \cdot 10^{-3}$
2	1050	$1,880 \cdot 10^{-3}$	$4,565 \cdot 10^{-3}$	$1,570 \cdot 10^{-3}$	$1,990 \cdot 10^{-3}$	$4,260 \cdot 10^{-4}$	$6,040 \cdot 10^{-4}$
3	1054	$2,382 \cdot 10^{-3}$	$5,457 \cdot 10^{-3}$	$2,080 \cdot 10^{-4}$	$2,900 \cdot 10^{-4}$	$5,650 \cdot 10^{-5}$	$7,650 \cdot 10^{-4}$
4	1100	$5,348 \cdot 10^{-3}$	$4,109 \cdot 10^{-3}$	$1,121 \cdot 10^{-3}$	$1,840 \cdot 10^{-3}$	$6,722 \cdot 10^{-3}$	$1,717 \cdot 10^{-3}$
5	1006	$5,255 \cdot 10^{-3}$	$8,453 \cdot 10^{-3}$	$2,460 \cdot 10^{-4}$	$1,640 \cdot 10^{-3}$	$2,827 \cdot 10^{-3}$	$1,687 \cdot 10^{-3}$
6	1400	$5,468 \cdot 10^{-3}$	$4,472 \cdot 10^{-3}$	$1,020 \cdot 10^{-3}$	$1,680 \cdot 10^{-3}$	$2,770 \cdot 10^{-4}$	$1,755 \cdot 10^{-3}$
7	1240	$2,638 \cdot 10^{-3}$	$5,433 \cdot 10^{-3}$	$1,433 \cdot 10^{-3}$	$1,420 \cdot 10^{-3}$	$5,315 \cdot 10^{-3}$	$1,403 \cdot 10^{-2}$
8	1780	$3,020 \cdot 10^{-3}$	$2,447 \cdot 10^{-3}$	$8,580 \cdot 10^{-4}$	$9,830 \cdot 10^{-4}$	$2,330 \cdot 10^{-4}$	$9,680 \cdot 10^{-5}$
9	1360	$3,480 \cdot 10^{-3}$	$1,959 \cdot 10^{-3}$	$1,136 \cdot 10^{-3}$	$1,302 \cdot 10^{-3}$	$3,090 \cdot 10^{-4}$	$1,117 \cdot 10^{-3}$
10	1420	$5,430 \cdot 10^{-4}$	$7,466 \cdot 10^{-3}$	$5,280 \cdot 10^{-4}$	$6,050 \cdot 10^{-4}$	$1,430 \cdot 10^{-4}$	$1,740 \cdot 10^{-4}$
11	1870	$1,468 \cdot 10^{-3}$	$2,773 \cdot 10^{-3}$	$3,463 \cdot 10^{-3}$	$3,968 \cdot 10^{-3}$	$9,400 \cdot 10^{-4}$	$4,710 \cdot 10^{-4}$
12	1006	$5,634 \cdot 10^{-3}$	$7,369 \cdot 10^{-3}$	$3,204 \cdot 10^{-2}$	$3,671 \cdot 10^{-2}$	$8,701 \cdot 10^{-3}$	$1,809 \cdot 10^{-3}$
13	1780	$1,830 \cdot 10^{-3}$	$4,361 \cdot 10^{-3}$	$3,913 \cdot 10^{-2}$	$4,483 \cdot 10^{-2}$	$1,063 \cdot 10^{-2}$	$5,870 \cdot 10^{-6}$
14	1340	$2,437 \cdot 10^{-3}$	$8,510 \cdot 10^{-4}$	$6,089 \cdot 10^{-3}$	$6,976 \cdot 10^{-3}$	$1,653 \cdot 10^{-3}$	$7,820 \cdot 10^{-4}$
15	1490	$2,820 \cdot 10^{-4}$	$8,243 \cdot 10^{-3}$	$1,417 \cdot 10^{-2}$	$1,624 \cdot 10^{-2}$	$3,850 \cdot 10^{-4}$	$9,050 \cdot 10^{-5}$
16	1900	$1,021 \cdot 10^{-2}$	$1,419 \cdot 10^{-3}$	$4,594 \cdot 10^{-3}$	$6,690 \cdot 10^{-4}$	$1,590 \cdot 10^{-4}$	$3,279 \cdot 10^{-3}$
17	1405	$3,045 \cdot 10^{-3}$	$6,610 \cdot 10^{-3}$	$1,937 \cdot 10^{-2}$	$2,219 \cdot 10^{-2}$	$5,261 \cdot 10^{-3}$	$9,780 \cdot 10^{-4}$
18	1789	$6,135 \cdot 10^{-3}$	$1,566 \cdot 10^{-3}$	$8,946 \cdot 10^{-3}$	$1,025 \cdot 10^{-2}$	$2,429 \cdot 10^{-3}$	$1,969 \cdot 10^{-3}$
19	1080	$1,016 \cdot 10^{-3}$	$1,324 \cdot 10^{-3}$	$5,800 \cdot 10^{-3}$	$6,645 \cdot 10^{-3}$	$1,575 \cdot 10^{-3}$	$3,260 \cdot 10^{-4}$
20	1004	$1,524 \cdot 10^{-3}$	$8,224 \cdot 10^{-3}$	$3,658 \cdot 10^{-2}$	$4,191 \cdot 10^{-2}$	$9,932 \cdot 10^{-3}$	$4,890 \cdot 10^{-4}$
21	1320	$1,546 \cdot 10^{-3}$	$8,950 \cdot 10^{-4}$	$3,130 \cdot 10^{-4}$	$1,310 \cdot 10^{-3}$	$3,100 \cdot 10^{-4}$	$4,960 \cdot 10^{-4}$
22	1084	$1,040 \cdot 10^{-3}$	$4,866 \cdot 10^{-3}$	$3,023 \cdot 10^{-3}$	$5,350 \cdot 10^{-4}$	$1,270 \cdot 10^{-4}$	$3,340 \cdot 10^{-4}$
23	1807	$6,985 \cdot 10^{-3}$	$4,302 \cdot 10^{-3}$	$3,857 \cdot 10^{-2}$	$7,450 \cdot 10^{-5}$	$1,770 \cdot 10^{-5}$	$2,242 \cdot 10^{-3}$
24	1999	$7,662 \cdot 10^{-3}$	$9,707 \cdot 10^{-3}$	$1,147 \cdot 10^{-2}$	$3,920 \cdot 10^{-4}$	$9,280 \cdot 10^{-5}$	$2,460 \cdot 10^{-3}$
25	1902	$5,100 \cdot 10^{-4}$	$3,282 \cdot 10^{-3}$	$2,412 \cdot 10^{-2}$	$1,709 \cdot 10^{-3}$	$4,050 \cdot 10^{-4}$	$1,640 \cdot 10^{-4}$
26	1001	$5,290 \cdot 10^{-4}$	$8,690 \cdot 10^{-3}$	$6,157 \cdot 10^{-2}$	$7,510 \cdot 10^{-4}$	$1,780 \cdot 10^{-4}$	$1,700 \cdot 10^{-4}$
27	1150	$4,880 \cdot 10^{-3}$	$9,072 \cdot 10^{-3}$	$7,221 \cdot 10^{-2}$	$1,316 \cdot 10^{-4}$	$3,120 \cdot 10^{-4}$	$1,566 \cdot 10^{-3}$
28	1064	$5,423 \cdot 10^{-3}$	$6,926 \cdot 10^{-3}$	$2,553 \cdot 10^{-2}$	$4,220 \cdot 10^{-4}$	$1,000 \cdot 10^{-4}$	$1,741 \cdot 10^{-3}$
29	1104	$3,423 \cdot 10^{-3}$	$3,201 \cdot 10^{-3}$	$1,742 \cdot 10^{-2}$	$6,710 \cdot 10^{-4}$	$1,590 \cdot 10^{-4}$	$1,099 \cdot 10^{-3}$
30	1004	$2,792 \cdot 10^{-3}$	$1,710 \cdot 10^{-3}$	$6,150 \cdot 10^{-5}$	$9,780 \cdot 10^{-4}$	$2,320 \cdot 10^{-4}$	$8,960 \cdot 10^{-4}$

3. Порядок расчета

1) При анализе системы с параллельным соединением элементов подразумевается, что при включении системы включаются все подсистемы и что отказы не влияют на надежность подсистем, продолжающих работать.

Тогда вероятность безотказной работы системы определяется как дополнение вероятности до единицы

$$P_s = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i).$$

Если интенсивности отказов элементов постоянны, то

$$P_s(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - e^{-\lambda_i t})$$

2) Среднее время безотказной работы

$$T_0 = \int_0^{\infty} P_s(t) dt = \int_0^{\infty} \left\{ 1 - \prod_{i=1}^n (1 - e^{-\lambda_i t}) \right\} dt = \left(\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\lambda_n} \right) - \left(\frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2} + \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_3} + \dots \right) +$$

$$+ \left(\frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} + \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_4} + \dots \right) + (-1)^{n+1} \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$$

4. Контрольные вопросы

- 1) Назовите показатели надежности.
- 2) Еще одно название параллельного соединения элементов системы?
- 3) Характер изменения вероятности безотказной работы при $t \rightarrow \infty$?

Определение среднего времени восстановления системы

Цель работы: Освоение методики расчета характеристик надежности.

Знания (актуализация):

- показатели надежности;
- назначение элементов систем автоматизации и элементов мехатронных устройств и систем;

Умения:

- рассчитывать надежность систем управления и отдельных модулей и подсистем мехатронных устройств и систем;
- определять показатели надежности систем управления.

1. Теоретическое обоснование

1) Работоспособным называется такое состояние системы (элемента), при котором значения параметров, характеризующих способность системы выполнять заданные функции, находятся в пределах, установленных нормативно-технической или конструкторской документацией. Соответственно неработоспособным называется состояние системы, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не находится в пределах, установленных указанной документацией. Например, система измерения температуры является неработоспособной, если основной параметр, характеризующий качество ее функционирования — погрешность измерения, превышает заданную величину.

2) Восстановлением называется событие, заключающееся в переходе системы из неработоспособного в работоспособное состояние. Соответственно к *невосстанавливаемым* относят системы, восстановление которых непосредственно после отказа считается нецелесообразным или невозможным, а к *восстанавливаемым* - в которых проводится восстановление непосредственно после отказа.

Время восстановления всегда включает в себя время T_{B1} поиска причины отказа и время T_{B2} его устранения (рисунок 4а). Оперативное время

восстановления

$$T_{B.оп} = T_{B1} + T_{B2}.$$

При эксплуатации системы могут быть добавлены времена:

T_{B3} – ожидание от момента обнаружения отказа до начала поиска его причины (это время может существенно превышать T_{B1} и T_{B2} на предприятиях, где технологическое оборудование работает круглосуточно, а ремонтный персонал – в одну смену);

T_{B4} – обеспечение персонала инструментами, материалами, запасными частями;

T_{B5} – ожидание от момента окончания устранения отказа до момента включения системы;

T_{B6} и T_{B7} – демонтаж и монтаж технического средства (системы).

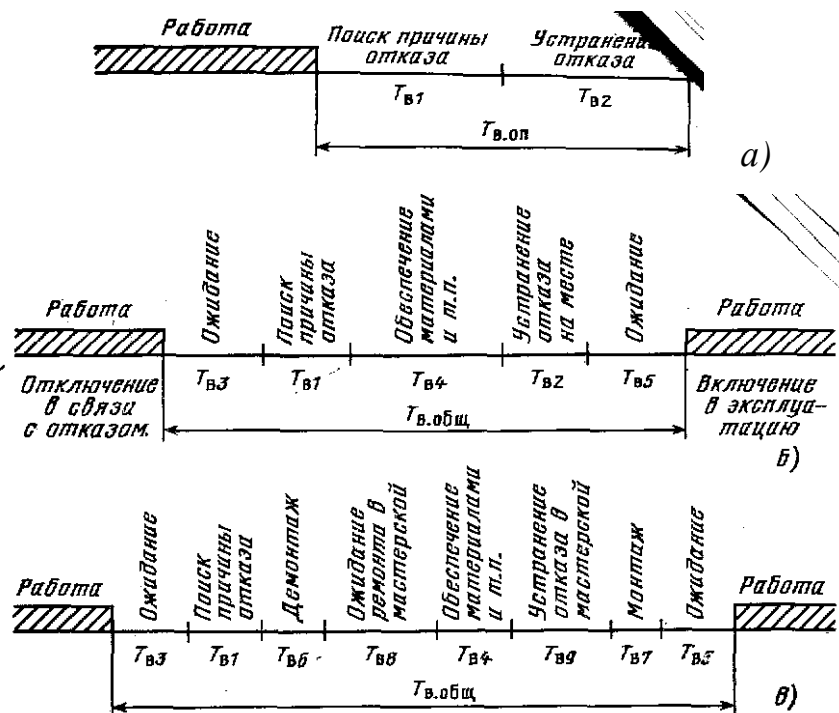


Рисунок 4 - Примеры структуры времени восстановления

На рисунке 4,б приведена структура времени восстановления,

проведенного непосредственно на месте установки отказавшего технического средства без его замены. Общее время восстановления

$$T_{B.OБЩ} = \sum_{i=1}^5 T_{ei}.$$

На рисунке 4,в рассмотрен случай, когда восстановление проведено путем демонтажа отказавшего технического средства, его последующего ремонта в мастерской и монтажа на прежнем месте. При этом общее время восстановления

$$T_{B.OБЩ} = \sum_{i=1,3-9} T_{ei},$$

где T_{B8} – длительность ожидания ремонта в мастерской; T_{e9} – время устранения отказа в мастерской.

2.Задание.

Определите среднее время восстановления, если известно среднее время контроля, среднее время поиска дефекта и среднее время устранения дефекта (таблица 3).

Таблица 3 – Исходные данные.

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T_k, ч$	10	9	8	7	11	12	10	6	11	5
$T_d, ч$	4	2	3	4	5	5	3	3	2	2
$T_{устр.д., ч}$	2	1	3	3	1	2	3	2	3	1

3.Порядок работы.

1) Выполните рисунок структуры времени восстановления работоспособности системы по варианту задания.

2) Выполните расчет.

4. Контрольные вопросы

- 1) Какие системы называются работоспособными? Неработоспособными?
- 2) Дайте определение восстанавливаемой системы.
- 3) От каких факторов зависит время восстановления системы?

Практическая работа №4

Расчет надежности АСУТП

Цель работы: Освоение методики расчета количественных показателей надежности для конкретного устройства.

Знания (актуализация):

- показатели надежности;
- назначение элементов систем автоматизации и элементов мехатронных устройств и систем;

Умения:

- рассчитывать надежность систем управления и отдельных модулей и подсистем мехатронных устройств и систем;
- определять показатели надежности систем управления.

1. Теоретическое обоснование

Расчет надежности системы состоит в определении количественных показателей надежности системы по значениям характеристик надежности элементов. Расчет надежности выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 20237-81 и сводится к расчету вероятности безотказной работы изделия и времени наработки на отказ.

Расчет производится при следующих допущениях:

- 1) Отказы элементов являются событиями случайными и независимыми;
- 2) Вероятность безотказной работы элементов изменяется от времени по экспоненциальному закону, т.е. интенсивность отказов не зависит от времени;
- 3) Учет влияний условий работы производится приближенно;
- 4) Параметрические отказы отдельно не учитываются.

Для основного функционального соединения элементов в изделии принимается:

$$P(t) = \prod_{i=1}^N P_i(t) \quad \text{или} \quad P(t) = e^{-\sum_{i=1}^N \lambda_i t}.$$

Если каждый элемент (узел, блок) имеет n компонентов, то:

$$\lambda_i = \sum_{j=1}^n \lambda_j$$

где λ_j – интенсивность отказов отдельного компонента, следовательно:

$$P(t) = e^{-t \left[\sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j \right) \right]}$$

Учет влияний условий эксплуатации изделия в ориентировочных расчетах обычно производится с помощью поправочного коэффициента K_λ .

Величина интенсивности отказов компонента $\lambda_j = \lambda_{j0} \cdot K_\lambda$

$$K_\lambda = K_y \cdot K_i \cdot K_o$$

где λ_{j0} – интенсивность отказов при лабораторных условиях работы,

K_o – эксплуатационный коэффициент для пересчета интенсивности отказа групп или типов элементов от режимов испытаний к условиям эксплуатации,

K_i – коэффициент электрической нагрузки,

K_y – коэффициент расчета надежности, связанный с постоянным совершенствованием технологии.

Время наработки на отказ рассчитывается по формуле:

$$T_m = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j \right)}$$

Значения поправочных коэффициентов и интенсивностей отказа для различных схмотехнических элементов приведены в приложении А.

2.Порядок работы

1) Пользуясь схемой электрической принципиальной и приложенной к ней спецификацией (приложение Б) в соответствии с вариантом задания внесите в графу «Наименование элементов» таблицы 5 все входящие в устройство элементы (резисторы, конденсаторы, микросхемы и т. д.).

Таблица 5 – Интенсивности отказа и поправочные коэффициенты.

Наименование элемента	К- во п	$\lambda_0 \cdot 10^{-6}$	K_3	K_n	K_y	K_λ	$\sum_{j=1}^n \lambda_{j0} \cdot K_\lambda \cdot 10^{-6}$
1	2	3	4	5	6	7	8

При выполнении задания обратите внимание:

а) Схемотехнические элементы: постоянные и переменные резисторы следует учитывать отдельно, поскольку они имеют существенно различные интенсивности отказов; также следует учитывать отдельно конденсаторы керамические типа КМ, КН, электролитического типа К56 -10 (20,50) и бумажные.

б) Контакты: одним из факторов возможных отказов являются контакты соединительного разъема. Разъемы в электрических схемах обычно обозначаются индексом Х1 – Х... - вилка печатная. Иногда в вилке печатной задействованы не все контакты, тогда графа «цепь» в изображении вилки остается пустой – эти контакты не следует учитывать.

в) Пайка является одним из источников отказов. Количество паяк подсчитывается следующим образом:

- конденсаторы, резисторы и диоды имеют две точки пайки;
- транзисторы имеют три точки пайки;
- микросхемы в зависимости от типа - 14, 16 и более паяк;
- реле имеют 4, 5 и более паяк в зависимости от контактных групп (штырь является пайкой);
- к общему количеству следует добавить еще 30% паяк.

г) Надежность реле состоит из надежности катушек и надежности магнитоуправляемых контактов, поэтому их учитывают отдельно. Исключение составляют реле типа РЭС, РПС, которое герметизировано (его интенсивность отказов указана в приложении А).

д) Значения интенсивностей отказов и поправочные коэффициенты даны в приложении А.

2) Рассчитайте интенсивность отказов и вероятность безотказной работы за 2000 часов.

3. Контрольные вопросы

- 1) Что называют отказом системы?
- 2) Что такое наработка на отказ?
- 3) Как в расчетах учитываются условия эксплуатации изделия?
- 4) Как определить количество паек схемотехнического элемента?

Практическая работа №5

Расчет норм надежности по номограмме

Цель работы: Освоение методики расчета норм надежности по номограмме.

Знания (актуализация):

- показатели надежности;
- назначение элементов систем автоматизации и элементов мехатронных устройств и систем;

Умения:

- рассчитывать надежность систем управления и отдельных модулей и подсистем мехатронных устройств и систем;
- определять показатели надежности систем управления.

1. Теоретическое обоснование

Для расчета норм надежности используются номограммы.

Номограмма определяет зависимость вероятности безотказной работы системы за 1 час и среднего времени в зависимости от ее сложности и значения интенсивности отказов элементов (приложение В). Номограмма построена в соответствии с экспоненциальным законом распределения надежности.

Для ориентировочного расчета принимаются следующие допущения:

- все элементы равнонадежны;
- средняя интенсивность отказов элементов постоянна.

2. Задание: Определите вероятность безотказной работы составной части системы, если предположить, что действует экспоненциальный закон надежности, используя номограмму (приложение В), если известны вероятность безотказной работы системы и доля сложности составной части системы, представленные в таблице 6.

Таблица 6 – Вероятности безотказной работы системы и доля сложности составной части.

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	0,81	0,82	0,88	0,89	0,9	0,93	0,94	0,97	0,86	0,84
N/N _i	0,6	0,5	0,7	0,3	0,2	0,8	0,9	0,4	0,5	0,1

3. Порядок выполнения:

- 1) На осях номограммы (приложение В) определите значения по варианту задания.
- 2) Выполните построение и определите вероятность безотказной работы составной части.

4. Контрольные вопросы

- 1)Что называют номограммой?
- 2)Каков характер распределения надежности при использовании номограмм?
- 3)Какие допущения приняты для ориентировочного расчета по номограммам?

Практическая работа №6

Выполнение защиты информации от случайного изменения и диагностика сохранности.

Цель работы: Освоение методов защиты информации диагностики
сохранности информации на персональном компьютере.

Знания (актуализация):

- показатели надежности;
- назначение элементов систем автоматизации и элементов мехатронных устройств и систем;

Умения:

- рассчитывать надежность систем управления и отдельных модулей и подсистем мехатронных устройств и систем;
- определять показатели надежности систем управления.

Приборы и оборудование: Персональный компьютер

1. Теоретическое обоснование

1) Диагностика и программная надежность АСУ, построенных на базе персональных компьютеров.

При работе на персональном компьютере и использовании его либо в качестве управляющего устройства в АСУ, либо в качестве устройства обмена информацией в локальной вычислительной сети, либо, наконец, в качестве устройства временного (или постоянного) хранения секретной или конфиденциальной информации, необходимо соблюдать меры защиты информации или используемого программного обеспечения.

К таким мерам можно отнести:

- временную блокировку монитора компьютера;
- использование гибких магнитных дисков для длительного хранения информации;
- резервное копирование информации;
- очистку *Корзины* и меню *Документ*;
- очистку дисков от удаленных файлов;

- диагностику сохранности информации;
- защиту информации от случайного изменения;
- сокрытие файлов и папок;
- защиту информации паролем.

2) При временном отлучении от компьютера и желании защитить свою информацию от нежелательных, но не очень сведущих в компьютерном деле посетителей, возможно произвести временную блокировку монитора компьютера за счет перехода в полноэкранный режим DOS. В этом режиме весь экран монитора становится темным с несколькими ничего не значащими для неопытного человека символами.

3) Использование гибких магнитных дисков для длительного хранения информации позволяет секретную или конфиденциальную информацию всегда хранить при себе. Для этого после завершения работы на компьютере необходимо скопировать информацию на гибкий магнитный диск с обязательным удалением из компьютера скопированной информации.

4) Резервное копирование информации производится в тех случаях, когда имеется вероятность преднамеренного или случайного удаления программного обеспечения АСУ или разработанного файла, попадания в компьютер вируса или полного сбоя системы.

При установке программного обеспечения в этом случае необходимо создавать аварийный или системный диск. На этом диске должна находиться информация, достаточная операционной системе для запуска компьютера с диска А, а также некоторая информация о конфигурации компьютера. Этот диск следует хранить в безопасном месте.

Системный диск не может восстановить файлы данных, которые создаются при помощи различных приложений - текстовых процессоров, приложений электронных таблиц, графических редакторов, а также информации, полученной из внешних источников.

Существуют специальные программы резервного копирования, позволяющие быстро скопировать информацию, находящуюся на жестком

диске компьютера на гибкие диски. Из этих программ широко используются Norton Backup и Fast Back Plus.

5) Удаление файлов из *Корзины*.

В соответствии со стандартными установками Windows удаленные файлы фактически сохраняются в папке *Корзина* вплоть до ее очистки. Это связано в ряде случаев с необходимостью восстановления случайно удаленных файлов. Поэтому в папке *Корзина* "удаленные" файлы можно не только просмотреть, но и восстановить. По этой причине корзину необходимо периодически очищать от скопившихся там "удаленных" файлов, которые могут представлять интерес для определенного круга лиц. Та же проблема стоит и в связи с удалением файлов из меню *Документы*.

6) Использование программ-утилит.

В дисках, которые используются для хранения информации, применяются магнитные материалы. Информация хранится в отдельных намагниченных областях диска. Эти области диска называются секторами. Несколько секторов объединяются в кластеры. Секторы и кластеры образуют дорожки диска. Информация о размере и месте расположения файла на диске заносится в дорожки каталогов. Информация одного файла не обязательно будет располагаться в смежных секторах. Она может находиться в любом месте диска. Когда файл, записанный на диск, удаляется, данные этого файла остаются на диске. В этом случае удаляется лишь информация о файле из каталога. После удаления файла сектора, в которые он был записан, становятся доступными для вновь создающихся файлов, так как компьютер воспринимает их как свободные. Данные вновь создаваемого файла записываются "поверх" данных уничтоженного файла без дополнительной операции стирания старой информации. Промежуток времени между уничтожением старого файла и вновь создаваемого, данные которого могут быть записаны в сектора удаленного файла, может быть использован посторонними лицами для восстановления уничтоженного файла при помощи специальных программ-утилит, например, Norton Unerase.

Для окончательного уничтожения данных аннулированного файла во всех секторах, которые он занимал на диске, используются специальные программы-утилиты, которые заполняют эти сектора либо нулями, либо случайными числами, при этом производят эти операции по несколько раз подряд для обеспечения требуемой надежности. К таким утилитам относятся McAfee Office 2000, Norton Utilities 2000 и Quarterdeck Remove-It.

7) Диагностика сохранности информации состоит в контроле текущего использования (открывания) файлов с секретной или конфиденциальной информацией. Для осуществления диагностики сохранности файла также возможен просмотр диалогового окна *Свойства*, щелкнув правой клавишей мыши по искомому файлу в списке, который отображается командами *Файл- открыть*.

Диагностику сохранности файлов необходимо производить перед их открытием. В противном случае в окне *Свойства* будут утрачены дата и время открытия файла проверяющим.

8) Защита файла от изменения в нем информации при случайных воздействиях осуществляется за счет задания атрибута *Только чтение* в окне *Свойства*.

9) Скрытие файла или папки сводится к удалению их названий из списка файлов или папок каталога, но при сохранении самого файла. Это дает возможность в некоторой степени предохранить информацию от преднамеренного искажения или хищения.

2. Порядок работы

1) Временная блокировка монитора.

Для запуска режима DOS необходимо открыть меню **Пуск**, выбрать **Программы**, в открывшемся окне нажать **Сеанс MS DOS**. Весь экран монитора станет темным.

Для возврата из режима DOS наберите **EXIT (exit)** и нажмите клавишу **Enter**.

Если **Сеанс MS DOS** открывается в небольшом окне поверх остальных окон, то необходимо нажать комбинацию клавиш **Alt+пробел** для вызова меню DOS, выбрать в нем команду **Развернуть** и повторить запуск режима DOS.

2) Копирование файла на гибкий диск:

- установите дискету в дисковод A;
- щелкните правой клавишей мыши по кнопке **ПУСК**;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **ПРОВОДНИК**;
- щелкните дважды левой клавишей мыши по искомой папке;
- щелкните правой клавишей мыши по копируемому файлу;
- щелкнуть левой клавишей мыши по пункту **ФАЙЛ**;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **КОПИРОВАТЬ**;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **ДИСК A**;
- щелкните правой клавишей мыши по свободному месту окна;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **ВСТАВИТЬ**.

3)Удаление файла:

- щелкните правой клавишей мыши по значку **МОЙ КОМПЬЮТЕР**;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **ПРОВОДНИК**;
- щелкните левой клавишей мыши по искомому диску в окне **Все папки**;
- щелкните дважды левой клавишей мыши по папке, в которой находится искомый файл;
- щелкните правой клавишей мыши по файлу, который надо удалить;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **УДАЛИТЬ**;
- ответьте на вопрос компьютера.

4) Удаление файла из корзины:

- щелкните дважды левой клавишей мыши по значку **КОРЗИНА**;
- щелкните левой клавишей мыши по файлу, который надо удалить;
- щелкните левой клавишей мыши в строке меню по пункту **ФАЙЛ**;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **УДАЛИТЬ**;
- ответьте на вопрос компьютера.

Вместо периодической очистки корзины возможно вообще отказаться от услуг корзины, произведя соответствующую настройку корзины.

Настройка *Корзины*:

- щелкните правой клавишей мыши по знаку **КОРЗИНА**;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **СВОЙСТВА**;
- щелкните левой клавишей мыши по вкладке **ГЛОБАЛЬНЫЕ**;
- установите переключатель на пункт **ЕДИНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ВСЕХ ДИСКОВ**;
- установите движок **МАКСИМАЛЬНЫЙ ОБЪЕМ КОРЗИНЫ** на 10%;
- установите флажок на пункте **ЗАПРАШИВАТЬ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ НА УДАЛЕНИЕ**;
- щелкните левой клавишей мыши по кнопке ОК.

Если необходимо отказаться от услуг корзины, то после пункта *Единые параметры...*

- установите переключатель на пункт **УНИЧТОЖАТЬ ФАЙЛЫ СРАЗУ ПОСЛЕ УДАЛЕНИЯ, НЕ ПОМЕЩАЯ В КОРЗИНУ**;
- щелкните левой клавишей мыши по кнопке **ОК**.

Уничтожение удаленных файлов из меню *Документы*:

- щелкните левой клавишей мыши по кнопке **ПУСК**;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **НАСТРОЙКА**;
- щелкните клавишей мыши по пункту **ПАНЕЛЬ ЗАДАЧ**;
- в окне *Свойства: панель задач* щелкните левой клавишей по вкладке **НАСТРОЙКА МЕНЮ**;
- щелкните левой клавишей мыши по кнопке **ОЧИСТИТЬ**;
- щелкните левой клавишей мыши по кнопке ОК. После выполнения вышеуказанной операции в меню *Документы* уничтожаются все файлы.

5) Диагностика с помощью приложения *Проводник*:

- щелкните правой клавишей мыши по кнопке **ПУСК**;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **ПРОВОДНИК**;
- щелкните дважды левой клавишей мыши по искомой папке;
- щелкните правой клавишей мыши по искомому файлу;

- щелкните левой клавишей мыши по пункту **СВОЙСТВА**;
- щелкните левой клавишей мыши по вкладке **ОБЩИЕ** окна *Свойства*.

В средней части окна *Свойства* приведены время и дата создания файла и время и дата последнего его открытия или изменения. Если открытие или изменение файла последний раз осуществлялось после времени и даты последней работы над ним автором, то это значит, что этот файл кто-то открывал.

6) Защита от изменения информации:

- щелкните правой клавишей мыши по кнопке **ПУСК**;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **ПРОВОДНИК**;
- щелкните дважды левой клавишей мыши по искомой папке;
- щелкните правой клавишей мыши по искомому файлу;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **СВОЙСТВА**;
- щелкните левой клавишей мыши по вкладке **ОБЩИЕ** окна *Свойства*;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **ТОЛЬКО ЧТЕНИЕ**;
- щелкните левой клавишей мыши по кнопке **ОК**.

При атрибуте *Только чтение* нельзя изменять содержимое файла и удалять его командой *DEL*.

7) Скрытие файла или папки:

- щелкните правой клавишей мыши по кнопке **ПУСК**;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **ПРОВОДНИК**;
- щелкните дважды левой клавишей мыши по искомой папке;
- щелкните правой клавишей мыши по искомому файлу;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **СВОЙСТВА**;
- щелкните левой клавишей мыши по вкладке **ОБЩИЕ** окна *Свойства*;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **СКРЫТЫЙ**;
- щелкните левой клавишей мыши по кнопке **ОК**;
- щелкните левой клавишей мыши по меню **ВИД**;
- щелкните левой клавишей мыши по пункту **ПАРАМЕТРЫ**;

- щелкните левой клавишей мыши по вкладке **ПРОСМОТР**;

- щелкните левой клавишей мыши по пункту **НЕ**

ОТОБРАЖАТЬ ФАЙЛЫ СЛЕДУЮЩИХ ТИПОВ;

- щелкните левой клавишей мыши по кнопке **ОК**.

Для отмены режима сокрытия информации в предыдущей последовательности команд вместо строки

НЕ ОТОБРАЖАТЬ ФАЙЛЫ СЛЕДУЮЩИХ ТИПОВ;

использовать строку

ОТОБРАЖАТЬ ВСЕ ФАЙЛЫ.

8) Защита информации паролем чаще всего сводится либо к обеспечению невозможности включения (блокировки) программы Windows, либо к устранению попыток изменить информацию файла.

Блокировка программы Windows

- щелкните левой клавишей мыши по кнопке **ПУСК**;

- щелкните левой клавишей мыши по пункту **НАСТРОЙКА**;

- щелкните левой клавишей мыши по пункту **ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ**;

- щелкните дважды левой клавишей мыши по пункту **ПАРОЛИ**;

- щелкните левой клавишей мыши по вкладке **СМЕНА ПАРОЛЕЙ**;

- щелкните левой клавишей мыши по кнопке **СМЕНИТЬ ПАРОЛЬ**;

- установите указатель мыши в текстовое поле **НОВЫЙ ПАРОЛЬ**;

- щелкните левой клавишей мыши;

- наберите на клавиатуре пароль;

- установите указатель мыши в поле **ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ПАРОЛЯ**;

- щелкните левой клавишей мыши;

- наберите на клавиатуре тот же пароль;

- щелкните левой клавишей мыши по кнопке **ОК** и **ЗАКРЫТЬ**.

Смена пароля блокировки программы Windows -

щелкните левой клавишей мыши по кнопке **ПУСК**;

- щелкните левой клавишей мыши по пункту **НАСТРОЙКА**;

- щелкните левой клавишей мыши по пункту **ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ**;

- щелкните дважды левой клавишей мыши по пункту **ПАРОЛИ**;

- щелкните левой клавишей мыши по вкладке **СМЕНА ПАРОЛЕЙ**;

- щелкните левой клавишей мыши по кнопке **СМЕНИТЬ ПАРОЛЬ**;

-наберите на клавиатуре действующий пароль в поле **СТАРЫЙ**

ПАРОЛЬ;

-установите указатель мыши в поле **НОВЫЙ ПАРОЛЬ**;

- щелкните левой клавишей мыши;

-наберите на клавиатуре новый пароль;

-установите указатель мыши в поле **ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ПАРОЛЯ**;

- щелкните левой клавишей мыши;

-наберите на клавиатуре новый пароль;

- щелкните левой клавишей мыши по кнопке **ОК** и **ЗАКРЫТЬ**.

Отмена блокировки программы Windows:

-щелкнуть левой клавишей мыши по кнопке **ПУСК**;

-щелкнуть левой клавишей мыши по пункту **НАСТРОЙКА**;

-щелкнуть левой клавишей мыши по пункту **ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ**;

-щелкнуть дважды левой клавишей мыши по пункту **ПАРОЛИ**;

-щелкнуть левой клавишей мыши по вкладке **СМЕНА ПАРОЛЕЙ**;

-щелкнуть левой клавишей мыши по кнопке **СМЕНИТЬ ПАРОЛЬ**;

-установить указатель мыши в текстовое поле **СТАРЫЙ ПАРОЛЬ**;

-щелкнуть левой клавишей мыши по кнопке **ОК** и **ЗАКРЫТЬ**.

Устранение попыток изменения информации файла вводом пароля:

-щелкнуть левой клавишей мыши в строке меню по пункту **СЕРВИС**;

-щелкнуть левой клавишей мыши по пункту **УСТАНОВИТЬ ЗАЩИТУ**;

-ввести пароль в текстовом поле и нажать кнопку **ОК**;

- подтвердить пароль в текстовом поле и нажать кнопку ОК.

3. Контрольные вопросы

1) Какие из мер защиты информации производятся на базе программы Windows?

2) Возможно ли полностью и в каком случае удалить информацию из персонального компьютера?

3) Какой способ хранения информации является наиболее надежным?

4. Отчет

Отчет хранится в папке студента на сервере

Практическая работа №7

Шифрование текста методом перестановок

Цель работы: Освоение шифрования текста методом перестановок с ключом и без ключа.

Знания (актуализация):

- показатели надежности;
- назначение элементов систем автоматизации и элементов мехатронных устройств и систем;

Умения:

- рассчитывать надежность систем управления и отдельных модулей и подсистем мехатронных устройств и систем;
- определять показатели надежности систем управления.

1. Теоретическое обоснование.

1) Наиболее надежным способом защиты информации в АСУ является ее шифрование. Шифрование применяется человечеством очень давно и многие ее методы за это время стали классическими. Шифровальные методы с одним секретным ключом называются симметричными криптосистемами.

В переводе с греческого языка *crypts* значит тайный, а *logos* - сообщение. От совместного использования этих двух слов получены следующие термины.

Криптология - наука о секретных (тайных) сообщениях.

Криптосистема обеспечивает работу АСУ с секретной или конфиденциальной информацией.

Криптоанализ характеризует раскрытие секретной или конфиденциальной информации.

Криптография представляет собой совокупность методов преобразования информации, направленных на ее защиту от искажения или разглашение.

Криптостойкость оценивает способность зашифрованной информации противостоять криптоанализу.

Криптограммой называется зашифрованный при помощи специальных приемов текст или документ.

Криптология базируется на шифровании, которое заключается в переводе исходного текста в отвлеченные от данного текста символы по заранее выбранному алгоритму.

2) Шифрование должно удовлетворять следующим трем требованиям:

- надежности закрытия текста;
- простоте процесса шифрования и расшифровывания;
- стойкости к случайным помехам.

Симметричные криптосистемы могут использовать один секретный ключ как на стороне передачи информации, так и на стороне приема информации.

3) Метод перестановок.

При этом методе символы исходного текста переставляются по определенному правилу в пределах блока шифруемого текста. Это самый простой и самый древний метод шифрования. В большинстве случаев перестановка производится на базе таблиц без ключа или с ключом.

Пример 1: Зашифровать текст без ключа. Задан исходный блок текста:

ВЫПЛАТИТЬ ИВАНОВУ СТО РУБЛЕЙ.

Составляется таблица с количеством строк и столбцов, соответствующим количеству букв исходного текста. Текст в таблице записывается начиная с первого столбца сверху вниз

В	Т	В	У	У
Ы	И	А	С	Б
П	Т	Н	Т	Л
Л	Ь	О	О	Е
А	И	В	Р	И

Зашифрованный текст из таблицы считывается по строкам слева направо, начиная с первой строки. Зашифрованный текст будет иметь следующий вид
ВТВУУ ЫИАСБ ПТНТЛ ЛЬООЕ АИВРЙ.

Пример 2. Зашифровать текст с ключом. Ключом является заранее выбранное слово, которое является секретным и не подлежит разглашению.

Задан исходный блок текста:

ВЫПЛАТИТЬ ИВАНОВУ СТО РУБЛЕЙ.

В этом случае в таблицу для шифрования добавляются две первые строки. В первую строку помещается ключ (например, ВИЛКА), а во вторую строку помещают цифры, характеризующие порядок букв ключа в русском алфавите.

В	И	Л	К	А
2	3	5	4	1
В	Т	В	У	У
Ы	И	А	С	Б
П	Т	Н	Т	Л
Л	Ь	О	О	Е
А	И	В	Р	И

Далее таблица преобразуется путем перемещения столбцов. Столбцы располагаются в соответствии с указанными номерами букв ключа.

А	В	И	К	Л
1	2	3	4	5
У	В	Т	У	В
Б	Ы	И	С	А
Л	П	Т	Т	Н
Е	Л	Ь	О	О
И	А	И	Р	В

Зашифрованный текст из таблицы считывается по строкам слева направо, начиная с третьей строки. Зашифрованный текст будет иметь следующий вид

УВТУВ БЫИСА ЛПТТН ЕЛЬОО ЙАИРВ.

Возможно производить повторное шифрование (цикл шифрования).
Расшифрование текста производится в обратном порядке.

2. Порядок работы

2.1 Зашифровать текст без ключа.

2.2 Зашифровать текст с ключом.

Варианты заданий представлены в таблице 7.

Таблица 7 -Варианты заданий

№ варианта	Текст	Ключ
1	Выплатить Петрову сто рублей	Мешок
2	Выплатить Петрову сто рублей	Игрок
3	Выплатить Петрову сто рублей	Пирог
4	Выплатить Петрову сто рублей	Чулок
5	Выплатить Петрову сто рублей	Песок
6	Выплатить Петрову сто рублей	Носик
7	Выплатить Петрову сто рублей	Лерка
8	Выплатить Петрову сто рублей	Налог
9	Выплатить Петрову сто рублей	Пилка
10	Выплатить Петрову сто рублей	Пушка

4. Контрольные вопросы

- 1) Что такое криптология?
- 2) Какие требования предъявляются к шифрованию?
- 3) Какой метод шифрования самый древний?

Практическая работа №8

Шифрование текста методом замены

Цель работы: Освоение приемов шифрования текста методом замены.

Знания (актуализация):

- показатели надежности;
- назначение элементов систем автоматизации и элементов мехатронных устройств и систем;

Умения:

- рассчитывать надежность систем управления и отдельных модулей и подсистем мехатронных устройств и систем;
- определять показатели надежности систем управления.

1. Теоретическое обоснование.

При этом методе шифрования символы исходного текста заменяются символами другого алфавита по заранее установленным правилам с применением ключа или без него (метод Гай Юлия Цезаря, 50 г до н.э.).

Пример 1. Зашифровать исходный текст *без ключа*, используя в качестве новых символов шифрования буквы русского алфавита.

Исходный текст: ВЫПЛАТИТЬ СТО РУБЛЕЙ.

В качестве символов шифрования используются буквы русского алфавита, смещенные относительно исходного алфавита на некоторую величину q , например $q=3$. В этом случае оба алфавита расположатся следующим образом

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПРС ТУФХ ЦЧШЩЬЫЪЭЮЯ

ГДЕЖЗИЙКЛМНОПРСТУФХЦЧШЩЬЫЪЭЮЯАБ В Зашифрованный

текст примет вид

ЕЮТОГХЛХЭФХСУЦДОИМ.

Пример 2. Зашифровать исходный текст с ключом, используя в качестве новых символов шифрования буквы русского алфавита. Исходный текст

ВЫПЛАТИТЬ СТО РУБЛЕЙ.

В качестве ключа выбрано ключевое слово АРГУМЕНТ.

В таблицу сначала вписывается ключевое слово, а затем символы русского алфавита, пропуская буквы входящие в это ключевое слово

А	Р	Г	У	М	Е	Н	Т
Б	В	Д	Ж	З	И	И	К
Л	О	П	С	Ф	Х	Ц	Ч
Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я

Для выполнения процесса шифрования в таблице находится очередная буква исходного текста и в шифровку записывается буква, расположенная ниже ее в том же столбце. Если буква исходного текста оказывается в нижней строке, тогда берется буква из верхней строки того же столбца. При этом в формировании зашифрованного текста участвуют и буквы ключевого слова.

Зашифрованный текст будет иметь вид

ОУЫШБКХКГ ЫКЦ ВЖЛШИЦ.

2.Порядок работы

- 1)Зашифровать текст без ключа.
- 2)Зашифровать текст с ключом.

Варианты заданий представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Варианты заданий

№ варианта	Текст	Ключ
1	Выплатить сто рублей	Росомаха
2	Выплатить сто рублей	Колымага
3	Выплатить сто рублей	Бедолага
4	Выплатить сто рублей	Пепелище
5	Выплатить сто рублей	Лабрадор
6	Выплатить сто рублей	Грузовик
7	Выплатить сто рублей	Кострома
8	Выплатить сто рублей	Челябинск
9	Выплатить сто рублей	Шадринск
10	Выплатить сто рублей	Златоуст

4. Контрольные вопросы

- 1) Как шифруют методом замены без ключа?

2)Каковы правила шифрования с ключевым словом методом замены?

Практическая работа №9

Шифрование текста методом гаммирования

Цель работы: Освоение приемов шифрования текста методом гаммирования.

Знания (актуализация):

- показатели надежности;
- назначение элементов систем автоматизации и элементов мехатронных устройств и систем;

Умения:

- рассчитывать надежность систем управления и отдельных модулей и подсистем мехатронных устройств и систем;
- определять показатели надежности систем управления.

1. Теоретическое обоснование

Метод гаммирования базируется на операции логического сложения по модулю 2 (символ \oplus). Например, если складывать по модулю 2 два аргумента, представленные в двоичной системе счисления, то можно записать

$$0 \oplus 0=0, \quad 0 \oplus 1=1, \quad 1 \oplus 0=1, \quad 1 \oplus 1=0.$$

При использовании этого метода кодовые комбинации, характеризующие буквы исходного текста, складываются по модулю 2 с псевдослучайными кодовыми комбинациями, генерируемыми компьютером.

Пример 1. Зашифровать исходный текст

ИДЕАЛ.

Компьютеры могут обрабатывать только информацию, представленную в числовой форме. При вводе исходного текста, вводимые буквы кодируются определенными числами (кодowymi комбинациями), а при выводе их на монитор или принтер по каждой кодовой комбинации строится изображение буквы. Соответствие между буквами исходного текста и их кодовыми комбинациями называется кодировкой символов. На импортных компьютерах кодировка производится в коде ASCII. В нашей стране создана модифицированная альтернативная кодировка - ГОСТ символов русского алфавита с кодовыми комбинациями в диапазоне от 128 до 239 (от А до Я). При методе гаммирования кодовые комбинации букв модифицированного альтернативного алфавита складываются с псевдослучайными кодовыми комбинациями, генерируемыми

компьютером. Но для простоты понимания процесса шифрования методом гаммирования предположим, что буквы исходного текста в компьютере выражаются кодовыми комбинациями как это указано ниже

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111
З	И	И	К	Л...		
1000	1001	1010	1011	1100...		

Предположим, что компьютер генерирует псевдослучайную последовательность кодовых комбинаций вида (числа генерируются случайные по своему значению, но всегда в строго определенной последовательности)

0101, 0010, 0100, 0001, 0011, 0111, 0110 ...

Производится сложение по модулю 2 кодовых комбинаций исходного текста и кодовых комбинаций псевдослучайной последовательности

И	Д	Е	А	Л
0101	0010	0100	0001	0110
<u>1001</u>	<u>0101</u>	<u>0110</u>	<u>0001</u>	<u>1100</u>
1100	0111	0010	0000	1111

Зашифрованный текст примет вид

1100, 0111, 0010, 0000, 1111.

Расшифрование производится повторным сложением по модулю 2 кодовых комбинаций зашифрованного текста с кодовыми комбинациями псевдослучайной последовательности.

ИДЕАЛ

0101	0010	0100	0001	0011
<u>1100</u>	<u>0111</u>	<u>0010</u>	<u>0000</u>	<u>1111</u>
1001	0101	0110	0001	1100.

В данном методе шифрования кодовые комбинации псевдослучайной последовательности образуются из так называемой ключевой последовательности, где первая кодовая комбинация ключевой последовательности называется ключом (0101).

Псевдослучайная последовательность двоичных кодовых комбинаций формируется из ключевого потока путем последовательного формирования групп с добавлением нуля в старшем двоичном разряде каждой группы.

Предположим, ключевой поток имеет вид 1010011.

Тогда псевдослучайные кодовые комбинации, получаемые из ключевого потока, примут вид

1010011→0101; 1010011→0010; 1010011→0100; 1010011→0001;
1010011→0011; 1010011→0111; 1010011→0110.

После генерации кодовой комбинации 0110 последовательность кодовых комбинаций повторяется. Чем длиннее ключевой поток, тем большая криптостойкость шифрования.

2.Порядок работы

1) Зашифровать текст.

Варианты заданий представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Варианты заданий

№ варианта	Текст
1	Метод
2	Ореол
3	Ареал
4	Песок
5	Носик
6	Лерка
7	Налог
8	Пилка
9	Пушка
10	Кошка

4. Контрольные вопросы

- 1) Дайте определение криптостойкости?
- 2) Как увеличить криптостойкость шифрования методом гаммирования?

Практическая работа №10

Расчет надежности соединения зубчатого колеса и сплошного вала по критерию прочности охватывающей детали.

Цель работы: Освоение методики расчета надежности элементов мехатронных модулей.

Знания (актуализация):

- показатели надежности;
- назначение элементов систем автоматизации и элементов мехатронных устройств и систем;

Умения:

- рассчитывать надежность систем управления и отдельных модулей и подсистем мехатронных устройств и систем.

1. Теоретическое обоснование

1) В соединении двух деталей, входящих одна в другую, различают охватывающую и охватываемую поверхности. Для гладких цилиндрических соединений охватывающая поверхность называется «отверстием», охватываемая называется «валом».

Разность между охватывающим и охватываемым размерами определяет характер соединения или посадки, т.е. большую или меньшую свободу их относительного перемещения или прочность их неподвижного соединения.

Когда охватывающий размер до сборки больше охватываемого. Разность между ними называется натягом. Натяг характеризует прочность неподвижного соединения.

2) Актуальность расчета соединений с натягом вызывается большим рассеянием, вызванным коэффициентом трения, зависящим от многих факторов: состоянием сопрягаемых поверхностей; оксидных пленок; случайного попадания масла; внешних нагрузок.

2. Задание: Решите задачу

Соединение зубчатого колеса со сплошным валом диаметром d , мм, соответствует заданной посадке. Соединение нагружено вращающим моментом

T , Н·м, заданным случайной нормальной распределенной величиной со средним значением \bar{T} , Н·м, и коэффициентом вариации v_T . Определить вероятность безотказной работы соединения по критерию прочности охватываемой (вала) и охватывающей детали (ступицы колеса), если известно, что диаметр ступицы зубчатого колеса D , мм; длина посадочной поверхности l , мм; модуль упругости материала (сталь) деталей $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа; среднее значение и коэффициент вариации коэффициента трения соответственно равны \bar{f} и v_f ; коэффициент, учитывающий уменьшение со временем контакта, равен $K = 1,5$; среднее значение предела текучести материала охватывающей детали $\sigma_{t2} = 589$ МПа, коэффициент вариации $v_t = 0,06$. Исходные данные для расчета представлены в таблице 10.

Таблица 10 - Исходные данные для расчета надежности соединения с натягом

№ варианта	d , мм	D , мм	l , мм	\bar{T} , Н·м	v_r	\bar{f}	v_f	Посадка
1	48,0	85,0	60,0	1300,0	0,19	0,13	0,10	H8/x8
2	40,0	76,0	60,0	1950,0	0,18	0,12	0,08	H6/p5
3	54,0	80,0	52,0	1150,0	0,15	0,14	0,90	H6/r5
4	60,0	76,0	72,0	7240,0	0,12	0,15	0,10	H6/s5
5	46,0	92,0	65,0	2000,0	0,10	0,12	0,11	H7/p6
6	52,0	86,0	78,0	5400,0	0,15	0,12	0,12	H7/r6
7	64,0	78,0	80,0	6050,0	0,13	0,16	0,14	H7/s6
8	56,0	86,0	85,0	4240,0	0,14	0,18	0,15	H7/t6
9	42,0	90,0	50,0	1380,0	0,18	0,13	0,09	H7/s7
10	58,0	110,0	90,0	8900,0	0,09	0,13	0,08	H7u7
11	70,0	150,0	105,0	9000,0	0,15	0,12	0,16	H8/s7
12	72,0	146,0	115,0	6080,0	0,12	0,19	0,18	H8/u8
13	66,0	108,0	126,0	8000,0	0,14	0,12	0,09	H8/x8
14	84,0	160,0	148,0	7360,0	0,11	0,18	0,10	H8/z8
15	80,0	160,0	123,0	8820,0	0,12	0,16	0,10	H8/x8
16	70,0	200,0	168,0	6400,0	0,16	0,12	0,12	H6/p5
17	36,0	72,0	42,0	2450,0	0,18	0,14	0,13	H6/r5
18	48,0	90,0	54,0	1960,0	0,19	0,15	0,16	H6/s5
19	82,0	120,0	92,0	10000,0	0,16	0,20	0,12	H7/p6
20	80,0	136,0	68,0	964,00	0,14	0,15	0,10	H7/r6
21	76,0	130,0	70,0	9800,0	0,17	0,16	0,10	H7/s6
22	42,0	100,0	55,0	2400,0	0,18	0,18	0,09	H7/t6
23	38,0	94,0	40,0	1560,0	0,19	0,12	0,10	H7/s7
24	34,0	80,0	40,0	1240,0	0,16	0,12	0,11	H7/u7
25	48,9	96,0	55,0	1160,0	0,18	0,12	0,09	H8/s7
26	58,0	116,0	84,0	2290,0	0,19	0,16	0,10	H8/u8
27	62,0	120,0	42,0	4040,0	0,18	0,12	0,08	H8/x8
28	72,0	120,0	92,0	8580,0	0,10	0,14	0,90	H8/z8
29	68,0	120,0	102,0	6840,0	0,12	0,15	0,10	H6/r5
30	54,0	106,0	64,0	2870,0	0,12	0,15	0,11	H6/s5

3. Порядок расчета

1) Среднее значение натяга \bar{N} (мкм) равно разности средних значений отклонений вала \bar{e} и отверстия \bar{E} , которые в системе отверстия можно выразить через табличные значения допусков диаметров вала t_e , отверстия t_E по таблице 11 и нижнее отклонение диаметра вала ei по таблице 12.

Таблица 11 - Допуски размеров до 500 мм (по ГОСТ 25346-89 и ГОСТ 25348-82)

Номинальные размеры, мм	Квалитеты																		
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Допуски																		
	мкм													мм					
До3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,12	0,14	0,25	0,4	0,6	1
Св. 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,14	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2
Св. 6 до 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,17	0,36	0,58	0,9	1,5
Св. 10 до 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,22	0,43	0,7	1,1	1,8
Св. 18 до 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,26	0,52	0,84	1,3	2,1
Св. 30 до 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,31	0,62	1,00	1,6	2,5
Св. 50 до 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,37	0,74	1,2	1,9	3,0
Св. 80 до 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,43	0,87	1,4	2,2	3,5
Св. 120 до 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,5	1,00	1,6	2,5	4,0
Св. 180 до 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,56	1,15	1,85	2,9	4,6
Св. 250 до 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,63	1,3	2,1	3,2	5,2
Св. 315 до 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,69	1,4	2,3	3,6	5,7
Св. 400 до 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,77	1,55	2,5	4,0	6,3

Таблица 12 - Предельные отклонения валов в посадках с натягом, мкм (система отверстия)

Номинальные размеры	Квалитеты													
	4	5			6				7		8			
	Поля допусков													
	<i>п4</i>	<i>п5</i>	<i>р5</i>	<i>п5</i>	<i>р6</i>	<i>р6</i>	<i>с6</i>	<i>т6</i>	<i>с7</i>	<i>и7</i>	<i>и8</i>	<i>к8</i>	<i>з8</i>	
От 1 до 3	+7 +4	+ 10 +6	+14 +10	+18 +14	+ 12 +6	+16 +10	+20 + 14	-	+24 +14	+28 +18	+32 +18	+34 +20	+40 +26	
Св. 3 до 6	+ 12 +8	+ 17 + 12	+20 + 15	+24 + 19	+20 +12	+23 + 15	+27 +19	-	+31 +19	+35 +23	+41 +23	+46 +28	+53 +35	
Св. 6до10	+ 14 + 10	+21 +15	+25 +19	+29 +23	+24 +15	+28 + 19	+32 +23	-	+38 +23	+43 +28	+50 +28	+56 +34	+64 +42	
Св. 10 до 14	+17 + 12	+26 + 18	+31 +23	+36 +28	+29 + 18	+34 +23	+39 +28	-	+46 +28	+51 +33	+60 +33	+67 +40	+77 +50	
Св. 14 до 18						+34 +23	+39 +28	-	+46 +28	+51 +33	+60 +33	+72 +45	+87 +60	
Св. 18 до 24	+21 + 15	+31 +22	+37 +28	+44 +35	+35 +22	+41 +28	+48 +35	-	+56 +36	+62 +41	+74 +41	+87 +54	+ 106 +73	
Св. 24 до 30						+41 +28	+48 +35	+54 +41	+56 +36	+69 +48	+81 +48	+97 +64	+ 121 +88	
Св. 30 до 40	+24 +17	+37 +26	+45 +34	+54 +43	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48	+68 +43	+85 +60	+99 +60	+ 119 +80	+ 151 + 112	
Св. 40 до 50						+50 +34	+59 +43	+70 +54	+68 +43	+95 +70	+109 +70	+ 136 +97	+175 + 136	
Св. 50 до 65	+28	+45	+54 +41	+66 +53	+51	+60 +41	+72 +53	+85 +66	+83 +53	+117 +87	+133 +87	+168 + 122	+218 + 172	
Св. 65 до 80	+20"	+32	+56 +43	+72 +59	+32	+62 +43	+78 +59	+94 +75	+89 +59	+132 + 102	+ 148 +102	+ 192 +146	+256 +210	
Св. 80 до 100	+33 +23	+52 +37	+66 +51	+86 +71	+59 +37	+73 +51	+93 +71	+113 +91	+ 106 +71	+ 159 + 124	+ 173 +124	+232 + 178	+312 +258	
Св. 100 до 120			+69 +54	+94 +79		+76 +54	+101 +79	+ 126 +104	+ 114 +79	+ 179 + 144	+ 198 +144	+264 +210	+364 +310	
Св. 120 до 140	+39 +27	+61 +43	+81 +63	+110 +92	+68 +43	+88 +63	+117 +92	+147 +122	+132 +92	+210 +170	+233 + 170	+311 +248	+428 +365	
Св. 140 до 160			+83 +65	+ 118 +100		+90 +65	+125 +100	+ 159 +134	+140 + 100	+230 +190	+253 +190	+343 +280	+478 +415	
Св. 160 до 180			+86 +68	+126 +108		+93 +68	+133 + 108	+171 + 146	+ 148 + 108	+250 +210	+273 +210	+373 +310	+528 +465	
Св. 180 до 200			+45 +31	+70 +50		+97 +77	+142 + 122	+79 +50	+ 106 +77	+151 +122	+195 +166	+ 168 +122	+282 +236	+308 +236
Св. 200 до 225			+100 +80	+150 + 130		+109 +80	+159 + 130	+209 + 180	+176 +130	+304 +258	+330 +258	+457 +385	+647 +575	
Св. 225 до 250			+104 +84	+ 160 +140		+ 113 +84	+169 +140	+225 + 196	+ 186 +140	+330 +284	+356 +284	+497 +425	+712 +640	
Св. 250 до 280	+50 +34	+79 +56	+117 +94	+ 181 +158	+88 +56	+126 +94	+190 +158	+250 +218	+210 +158	+367 +315	+396 +315	+556 +475	+791 +710	
Св. 280 до 315			+121 +98	+193 + 170		+130 +98	+202 + 170	+272 +240	+222 +170	+402 +350	+431 +350	+606 +525	+871 +790	
Св. 315 до 355	+55 +37	+87 +62	+133 +108	+215 +190	+98 +62	+144 +108	+226 +190	+304 +268	+247 + 190	+447 +390	+479 +390	+679 +590	+989 +900	
Св. 355 до 400			+ 139 + 114	+233 +208		+150 +114	+244 +208	+330 +294	+265 +208	+492 +435	+524 +435	+749 +660	+1089 +1000	
Св. 400 до 450	+60 +40	+95 +68	+153 + 126	+259 +232	+108 +68	+166 + 126	+272 +232	+370 +330	+295 +232	+553 +490	+587 +490	+837 +740	+1197 +1100	
Св. 450 до 500			+159 + 132	+279 +252		+ 172 + 132	+292 +252	+400 +360	+315 +252	+603 +540	+637 +540	+917 +820	+1347 +1250	

$$\bar{N} = \bar{e} - \bar{E} = ei + 0,5(t_e - t_E).$$

Среднее квадратичное отклонение S_N натяга

$$S_N = \frac{1}{6} \sqrt{t_e^2 + t_E^2}$$

Коэффициент вариации v_N натяга $v_N = \frac{S_N}{N}$.

При изготовлении вала и отверстия по одинаковым квалитетам точности

$$t_e = t_E = t, \quad \bar{N} = ei, v_N = \frac{\sqrt{2}t}{6ei} = 0,236 \frac{t}{ei}$$

2) Поправка на обмятие микронеровностей равна сумме высот микронеровностей посадочных поверхностей R_{z1} и R_{z2} (мкм) (по таблице 13):

$$u = 1,2(R_{z1} + R_{z2})$$

3) Рассчитайте безразмерный коэффициент, определяющий соотношение геометрических размеров (диаметра) вала и зубчатого колеса

$$\psi = \frac{1 + \left(\frac{d}{D}\right)^2}{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2},$$

где d - диаметр вала, мм;

D - диаметр зубчатого колеса, мм.

4) Определите среднее значение давления на посадочной поверхности для соединения сплошного вала со ступицей с наружным диаметром D , мм, из материала с одинаковым модулем упругости E , МПа, и одинаковым коэффициентом поперечного сжатия:

$$\bar{p} = \frac{(\bar{N} - u)E \cdot 10^{-3}}{d(1 + \psi)}$$

5) Рассчитайте коэффициент вариации давления на посадочной поверхности

$$v_p = v_N \frac{1}{\left(1 - \frac{u}{\bar{N}}\right)}$$

6) Определите среднее значение предельного по прочности сцепления момента $\bar{T}_{\lim} = 0,5 \cdot 10^{-3} \pi d^2 l \bar{p} \bar{f} \frac{1}{K}$,

где l – длина посадочной поверхности, мм;

\bar{f} - среднее значение коэффициента трения;

К – коэффициент, учитывающий уменьшение давления контакта со временем.

7) Определите коэффициент вариации предельного по прочности сцепления момента $\nu_{\text{lim}} = \sqrt{\nu_p^2 + \nu_f^2}$

Таблица 13 - Поверхности отверстий и валов в системе отверстия и вала

Класс точности (калители)	Обозначение полей допусков		Размеры, мм													
			от 1 до 3	св. 3 до 6	св. 6 до 10	св. 10 до 18	св. 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св. 120 до 180	св. 180 до 260	св. 260 до 360	св. 360 до 500	св. 500 до 630	св. 630 до 1000
			Параметры шероховатостей поверхностей, мкм													
2 (6 – 7)	Отверстие	H_7	$R_a = 0,63$	$R_a = 1,25$			$R_a = 2,5$			$R_a = 20$			$R_a = 40$			
		u_7					$R_a = 2,5$			$R_a = 20$			–			
	R_6, s_6	$R_a = 2,5$					$R_a = 20$			$R_a = 40$						
	Вал	n_6	$R_a = 0,63$			$R_a = 1,25$			$R_a = 2,5$			$R_a = 20$				
		k_6														
		Js_6														
		h_6	$R_a = 0,63$			$R_a = 1,25$			$R_a = 2,5$			$R_a = 20$				
		g_6														
f_7		$R_a = 0,63$		$R_a = 1,25$			$R_a = 2,5$			$R_a = 40$		–				
e_7	$R_a = 1,25$			$R_a = 2,5$						$R_a = 20$						
2a (7 – 8)	Отверстие	H_8	$R_a = 1,25$			$R_a = 2,5$			$R_a = 20$			$R_a = 40$				
		s_7, u_8	$R_a = 0,63$	$R_a = 1,25$			$R_a = 2,5$			$R_a = 20$			$R_a = 40$			
	Отверстие	H_8, H_9	$R_a = 1,25$	$R_a = 2,5$			$R_a = 20$			$R_a = 40$			$R_a = 80$			
		u_8	–	$R_a = 20$			$R_a = 20$			$R_a = 40$			$R_a = 40$	$R_a = 80$		
	Вал	x_8, u_8	–	$R_a = 20$			$R_a = 20$			$R_a = 20$			$R_a = 40$	$R_a = 80$		
		s_8		$R_a = 20$			$R_a = 20$			$R_a = 20$			$R_a = 40$	$R_a = 80$		
		h_8, h_9	$R_a = 1,25$	$R_a = 2,5$			$R_a = 20$			$R_a = 40$			$R_a = 80$			
		f_9, e_9	$R_a = 2,5$													
e_8		$R_a = 2,5$			$R_a = 20$			$R_a = 20$								
d_9		$R_a = 2,5$			$R_a = 20$			$R_a = 20$								
3 (8 – 9)	Отверстие	H_8, H_9	$R_a = 1,25$	$R_a = 2,5$			$R_a = 20$			$R_a = 40$			$R_a = 80$			
		u_8	–	$R_a = 20$			$R_a = 20$			$R_a = 40$			$R_a = 40$	$R_a = 80$		
	Вал	x_8, u_8	–	$R_a = 20$			$R_a = 20$			$R_a = 20$			$R_a = 40$	$R_a = 80$		
		h_8, h_9	$R_a = 1,25$	$R_a = 2,5$			$R_a = 20$			$R_a = 40$			$R_a = 80$			
		f_9, e_9	$R_a = 2,5$													
		e_8	$R_a = 2,5$			$R_a = 20$			$R_a = 20$							
		d_9	$R_a = 2,5$			$R_a = 20$			$R_a = 20$							

8) Рассчитайте коэффициент запаса прочности по средним значениям

$$\bar{n}_c = \frac{\bar{T}_{\text{lim}}}{T}$$

9) Рассчитайте квантиль нормированного нормального распределения

$$u_p = -\frac{\bar{n}_c - 1}{\sqrt{\bar{n}_c \nu_{\text{lim}}^2 + \nu_T^2}}$$

10) Определение по таблице приложения Г вероятности безотказной работы P_c по критерию прочности сцепления в зависимости от квантили нормированного нормального распределения.

11) Рассчитайте среднее значение эквивалентного напряжения у посадочной поверхности ступицы колеса

$$\bar{\sigma}_э = \frac{2\bar{p}}{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2}.$$

12) Коэффициент вариации эквивалентного напряжения у посадочной поверхности ступицы колеса равен коэффициенту вариации давления на посадочной поверхности $v_э = v_p$.

13) Определите коэффициент запаса прочности по средним напряжениям

$$\bar{n}_p = \frac{\bar{\sigma}_t}{\bar{\sigma}_э}.$$

14) Рассчитайте квантиль нормированного нормального распределения

$$u_p = -\frac{\bar{n}_p - 1}{\sqrt{\bar{n}_p v_t^2 + v_э^2}}.$$

15) Определите вероятность безотказной работы P_n соединения зубчатого колеса со сплошным валом по критерию прочности охватывающей детали в зависимости от квантиля нормированного нормального распределения u_p по таблице приложения Г.

4. Контрольные вопросы

- 1) Дайте определение соединения с натягом.
- 2) Перечислите внешние факторы, влияющие на соединение с натягом.
- 3) Приведите примеры соединений с натягом.

Практическая работа №11

Расчет вероятности безотказной работы сварного шва

Цель работы: Освоение методики расчета вероятности безотказной работы сварного шва.

Знания (актуализация):

- показатели надежности;
- назначение элементов систем автоматизации и элементов мехатронных устройств и систем;

Умения:

- рассчитывать надежность систем управления и отдельных модулей и подсистем мехатронных устройств и систем.

1. Теоретическое обоснование

1) В ряде машин и аппаратов надежность конструкций в значительной степени определяется сопротивлением усталости сварных соединений.

Предел выносливости сварных соединений имеет значительное рассеяние. Чтобы оценить его коэффициент вариации, проанализированы результаты усталостных испытаний. Коэффициенты вариации предела выносливости вследствие разброса качества сварного шва представлены в таблице 14.

Таблица 14 - Коэффициент вариации предела выносливости

№	Вид соединения	$\nu_{св}$
1	Стыковое, сварка ручная	0,05
2	Стыковое, сварка полуавтоматическая или автоматическая	0,03
3	Внахлестку	0,06
4	В тавр с разделкой кромок и глубоким проплавлением	0,04
5	В тавр без разделки кромок и глубокого проплавления	0,06
6	С элементами, не передающими нагрузки	0,03
7	Балки двутавровые	0,05
8	Коробчатые балки	0,09

2) На усталостную прочность сварного соединения значительное влияние оказывает качество подготовки деталей под сварку (разброс угла разделки кромок, разброс зазора между кромками, степень несовпадения стыкуемых

поверхностей, загрязнения кромок), наличие поверхностных дефектов шва (подрезов, кратеров, прижогов), неоднородность шва (наличие пор, шлаковых включений, несплавлений, непроваров, трещин).

Для упрощения расчета предположим, что сварной шов выполнен качественно:

- при контроле подготовительных операций;
- при контроле режима сварки;
- при применении различных методов дефектоскопии (радиационного, ультразвукового, магнитного, капиллярного) после сварки.

В случаях, если контроль не обеспечен, неоднородность шва может существенно понизить показатели надежности соединения.

2.Задание: Решите задачу

Рассчитать вероятность безотказной работы сварного шва заданными конфигурацией и характеристиками, если среднее значение действующих напряжений составляет $\bar{\sigma}_a$, МПа; среднее значение предела выносливости гладкого образца $\bar{\sigma}_{-1}$, МПа; расчетное сечение основного металла, расположенного вдали от сварного шва; коэффициент вариации нагрузки $v_a = 0,1$. Исходные данные для расчета представлены в приложении Д.

3.Порядок расчета.

- 1) Определите среднее значение предела выносливости (МПа),

$$\bar{\sigma}_{-1\partial} = \frac{\bar{\sigma}_{-1} \varepsilon_{\sigma} \beta \gamma}{k_{\sigma}},$$

где $\bar{\sigma}_{-1}$ - среднее значение предела выносливости гладкого образца, МПа;

ε_{σ} - коэффициент влияния абсолютных размеров;

β - коэффициент, учитывающий упрочнение, $\beta \geq 1$;

γ - коэффициент, учитывающий состояние поверхности, $\gamma \leq 1$;

k_{σ} - эффективный коэффициент концентрации напряжения, определяемый по таблице 15, в зависимости от характеристики сварного шва.

Таблица 15 - Эффективный коэффициент концентрации напряжения

№	Расчетное сечение основного металла	k_σ
1	Вдали от сварных швов	1,00
2	В месте перехода к стыковому или лобовому шву (металл обработан наждачным кругом)	1,00
3	В месте перехода к стыковому или лобовому шву (металл обработан строганием)	1,10
4	В месте перехода к стыковому шву без механической обработки последнего	1,40
5	без механической обработки последнего, но с плавным переходом при ручной сварке	2,00
6	В месте перехода к лобовому шву при наличии выпуклого валика и небольшого подреза	3,00
7	В месте перехода к продольным (фланговым) швам у концов последних	3,00

Примем $\beta = 1$; $\gamma = 1$; $\varepsilon_\sigma = 1$.

2) Рассчитайте коэффициент запаса прочности по средним напряжениям

$$n = \frac{\bar{\sigma}_{-1\sigma}}{\sigma_a},$$

где σ_a – среднее значение действующих напряжений, МПа.

3) Рассчитайте коэффициент вариации предела выносливости сварной

детали $\nu_{-1\sigma} = \sqrt{\nu_\sigma^2 + \nu_{св}^2 + \nu_{пл}^2 + \nu_{пов}^2},$

где ν_σ – коэффициент вариации предела выносливости детали одной плавки без сварного шва, $\nu_\sigma = 0,04 \dots 0,06$ (чем меньше наиболее напряженный объем, тем больше величина ν_σ);

$\nu_{пл}$ – коэффициент вариации среднего предела выносливости по плавкам,

$$\nu_{пл} = 0,06 \dots 0,08;$$

$\nu_{пов}$ – коэффициент вариации среднего предела выносливости в

зависимости от состояния поверхностей свариваемых деталей: если окалина удалена, кромки деталей не повреждены кислородной резкой, то принимают

$\nu_{пов} = 0$; в противном случае принимают $\nu_{пов} = 0,06$;

$\nu_{св}$ – коэффициент вариации предела выносливости в зависимости от

качества сварного шва принимают по таблице 14.

4) Рассчитайте квантиль нормированного нормального распределения

$$u_p = - \frac{\bar{n} - 1}{\sqrt{n \sigma_{-10}^2 + \sigma_{нов}^2}}.$$

5) Определите вероятность безотказной работы сварного шва $P_{св}$ в зависимости от значения квантили нормированного нормального распределения по таблице приложения Г.

4. Контрольные вопросы

- 1) Перечислите факторы, влияющие на качество сварного шва.
- 2) Как оценить качество сварного шва?

Практическая работа №12

Расчет вероятности безотказной работы болтового соединения

Цель работы: Освоение методики расчета вероятности безотказной работы болтового соединения.

Знания (актуализация):

- показатели надежности;
- назначение элементов систем автоматизации и элементов мехатронных устройств и систем;

Умения:

- рассчитывать надежность систем управления и отдельных модулей и подсистем мехатронных устройств и систем;
- определять показатели надежности систем управления.

1. Теоретическое обоснование.

1) Вопрос о надежности резьбовых соединений возникает в основном в связи с рассеянием нагрузок, предела выносливости болтов, разбросом их ударной прочности при низких температурах и с недостаточной надежностью многих применяемых средств стопорения.

Надежность болтов рассчитывается по критерию прочности при статических и переменных нагрузках.

2) Специфика расчета резьбовых соединений на надежность может быть сведена к учету рассеяния начальной затяжки и к уточненному учету рассеяния концентрации напряжений. В расчете принимаем случайными величинами внешнюю нагрузку, силу начальной затяжки, предел выносливости материала и эффективный коэффициент концентрации напряжений в связи с разбросом радиуса выкрутки резьбы. Сильная затяжка повышает надежность работы резьбового соединения, так как при этом повышается жесткость стыка и существенно понижается доля переменной нагрузки, приходящейся на болт.

3) Чтобы обеспечить требуемую затяжку болтов, силу затяжки контролируют. Методы контроля основаны на замере: удлинения болта (шпильки), угла поворота гайки, крутящего момента при затяжке гайки. Первый

метод наиболее точен, третий — наиболее распространен вследствие простоты и приспособленности для крупносерийного производства. Контроль в этом случае производят с помощью ключа предельного момента или динамометрического ключа.

Считается, что при затяжке динамометрическим ключом разброс силы затяжки составляет $\pm (25 \dots 30) \%$, при затяжке на определенный угол поворота гайки - $\pm 15 \%$, при контроле затяжки по деформации тарированной упругой шайбы - $\pm 10 \%$, при контроле удлинения болта — $\pm (3 \dots 5) \%$. Этим значениям разброса соответствуют приблизительно следующие коэффициенты вариации силы затяжки: 0,09; 0,05; 0,04; 0,02.

Вероятностный расчет работоспособности и надежности болтового соединения (рисунок 5) сводится к оценке вероятности безотказной работы соединения, в простейшем предположении равной произведению вероятностей безотказной работы по основным критериям: нераскрытию стыка, несдвигаемости стыка, прочности болтов и т.д.

2. Задание: Решите задачу

Две стальные детали стянуты болтом заданного класса прочности. Соединение нагружено растягивающей силой, изменяющейся от 0 до \bar{F} , Н, коэффициент вариации v_F . Оцените вероятность безотказной работы по основным критериям: нераскрытия стыка; статической прочности; сопротивлению усталости болта. Контроль затяжки осуществляется динамометрическим ключом. Прочностные характеристики соединения: коэффициент вариации предела текучести материала болта v_{σ} , коэффициент вариации усилия затяжки $v_{зат}$.

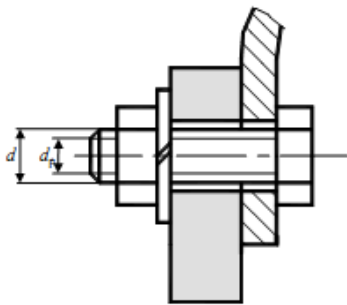


Рисунок 5 - Расчетная схема болтового соединения

Исходные данные для расчета болтового соединения представлены в таблицах 16 и 17.

Таблица 16 - Исходные данные

№ варианта	Тип болта	\bar{F} , Н	ν_F	$\nu_{\sigma t}$	$\nu_{зам}$	Класс прочности
1	M16	19669	0,09	0,05	0,09	10,9
2	M33	118696	0,08	0,06	0,09	12,9
3	M11	7225	0,10	0,08	0,07	5,6
4	M4	903	0,09	0,06	0,06	5,8
5	M5	963	0,10	0,05	0,08	6,6
6	M39	157012	0,09	0,07	0,05	6,8
7	M64	365381	0,12	0,08	0,04	8,8
8	M45	228 377	0,11	0,06	0,09	9,8
9	M30	78678	0,10	0,06	0,07	10,9
10	M12	11469	0,09	0,06	0,03	12,9
11	M10	5408	0,08	0,04	0,08	3,6
12	M16	19669	0,10	0,05	0,07	4,6
13	M18	29361	0,12	0,04	0,04	4,8
14	M20	34682	0,10	0,06	0,02	5,6
15	M45	269 900	0,10	0,08	0,03	5,8
16	M14	12 169	0,14	0,06	0,06	6,6
17	M6	4446	0,09	0,06	0,07	6,8
18	M9	5619	0,13	0,04	0,09	8,8
19	M20	28902	0,15	0,07	0,03	9,8
20	M42	151 122	0,16	0,06	0,07	10,9
21	M33	77 153	0,11	0,08	0,03	12,9
22	M36	154680	0,12	0,04	0,08	4,8
23	M39	169090	0,10	0,06	0,09	5,6
24	M45	197 927	0,10	0,04	0,08	5,8
25	M52	250 887	0,09	0,06	0,08	6,6
26	M56	234 108	0,08	0,04	0,05	6,8
27	M16	11831	0,14	0,07	0,02	8,8
28	M12	13380	0,08	0,07	0,04	9,8
29	M20	37160	0,09	0,06	0,05	10,9
30	M18	25690	0,11	0,06	0,09	12,9

Таблица 17 - Вид резьбового соединения

№ варианта	Тип болта	Тип соединения
1 -10	С нарезанной резьбой	Соединение стандартными элементами
11-20	С накатанной резьбой	Соединение типа стяжки
21-30	С нарезанной резьбой	Соединение стандартными элементами

3. Порядок расчета

1) Вычислите среднее значение силы затяжки $\bar{F}_{зам} = \frac{0,5\sigma_t \pi d_p^2}{4}$,

где d_p - диаметр резьбы по таблице приложения И, определяемый в зависимости от диаметра болта, $d_p = d_1$ (мм);

σ_t – предел текучести материала болта по таблице приложения Ж в зависимости от класса прочности болта и его диаметра, МПа.

2) Рассчитайте коэффициент запаса нераскрытия стыка по средним нагрузкам $\bar{n}_1 = \frac{\bar{F}_{зам}}{\beta_c \bar{F}(1 - \chi)}$,

где β_c – коэффициент, учитывающий возможное ослабление затяжки вследствие обмятия стыков, $\beta_c = 1,1$;

\bar{F} - среднее значение силы, Н;

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

в рабочем диапазоне внешних нагрузок при достаточных силах затяжки болтов для стальных и чугунных деталей можно принять $\chi = 0,2 \dots 0,3$.

3) Рассчитайте квантиль нормального распределения

$$u_{p1} = - \frac{\bar{n}_1 - 1}{\sqrt{\bar{n}_1^2 v_{зам}^2 + v_f^2}},$$

где $v_{зам}$ - коэффициент вариации усилия затяжки.

4) Вероятность безотказной работы P_I определите по таблице приложения Г в зависимости от квантили нормального распределения u_{p1} .

5) Среднее значение расчетного напряжения, МПа

$$\bar{\sigma}_{рас} = \frac{\bar{\sigma}_t}{\pi d_p^2} (1,3 \bar{F}_{зам} + \chi \bar{F})$$

6) Коэффициент запаса прочности по средним напряжениям

$$\bar{n}_3 = \frac{\bar{\sigma}_t}{\sigma_{pac}}$$

7) Полагая, что $v_{pac} = v_{зат}$, квантиль нормального распределения составит

$$u_{p3} = - \frac{\bar{n}_3 - 1}{\sqrt{\bar{n}_3 v_{\sigma}^2 + v_{зат}^2}}.$$

8) Вероятность безотказной работы P_3 определяем по таблице приложения Г в зависимости от квантили нормального распределения u_{p3} .

9) Среднее значение предела выносливости болта (МПа)

$$\bar{\sigma}_{-1\partial} = \bar{\sigma}_{-1} \frac{\varepsilon_{\sigma}}{k_{\sigma}} \beta \beta_{yn},$$

где $\bar{\sigma}_{-1}$ - среднее значение предела выносливости гладкого образца, МПа;

β - коэффициент, для соединения стандартными болтами и гайками $\beta = 1$,
для соединений типа стяжки $\beta = 1,5 \dots 1,6$;

β_{yn} - коэффициент технологического упрочнения, для болтов с нарезной резьбой $\beta_{yn} = 1,0$, для болтов с накатанной резьбой $\beta_{yn} = 1,2 \dots 1,3$;

ε_{σ} - коэффициент влияния абсолютных размеров, примем $\varepsilon_{\sigma} = 1,0$; \bar{k}_{σ}

- среднее значение эффективного коэффициента концентрации напряжений, принимают в зависимости от предела прочности материала σ_b по таблице приложения Ж.

Среднее значение предела выносливости гладкого образца определяется по приближенной эмпирической зависимости для случая нагружения с симметричным циклом. Для углеродистой стали при растяжении или сжатии (МПа)

$$\bar{\sigma}_{-1} = (0,40 \dots 0,46) \sigma_B .$$

10) Среднее значение действующих напряжений определите по формуле

$$\bar{\sigma}_a = \frac{4}{\pi d_p^2} \left[0,5 \chi \bar{F} + \frac{\chi}{k_\sigma} \left(\bar{F}_{зам} + 0,5 \chi \bar{F} \right) \right],$$

где $0,5 \bar{F}$ — среднее значение амплитуды нагрузки;

χ — коэффициент чувствительности материала к асимметрии цикла, примем $\chi = 0,1$.

11) Коэффициент запаса прочности по средним напряжениям

$$\bar{n}_4 = \frac{\bar{\sigma}_{-1\partial}}{\bar{\sigma}_a}$$

12) Коэффициент вариации предела выносливости болта $v_{-1\partial}$ включает коэффициенты вариации предела выносливости детали одной плавки v_∂ , среднего предела выносливости по плавкам v_{nl} и эффективного коэффициента концентрации напряжений v_a

$$v_{-1\partial} = \sqrt{v_\partial^2 + v_{nl}^2 + v_a^2} .$$

Эффективный коэффициент концентрации напряжений приближенно можно принять равным $v_a = 0,023$. Коэффициент вариации предела выносливости детали одной плавки приближенно можно принять равным $v_\partial = 0,06 \dots 0,08$; коэффициент вариации среднего предела выносливости по плавкам можно принять $v_{nl} = 0,08$.

13) Квантиль нормированного нормального распределения

$$u_{p4} = - \frac{\bar{n}_4 - 1}{\sqrt{\bar{n}_4 v_{-1\partial}^2 + v_a^2}}$$

14) Вероятность безотказной работы по критерию сопротивления усталости P_4 определите по таблице приложения Г в зависимости от квантили нормального распределения u_{p4} .

15) Вероятность безотказной работы соединения

$$P_S = P_1 P_3 P_4$$

4. Контрольные вопросы

1) Перечислите факторы, влияющие на надежность резьбовых соединений.

2) Какого влияние сильной затяжки на надежность резьбового соединения?

Практическая работа №13

Расчет надежности зубчатой передачи

Цель работы: Освоение методики расчета вероятности безотказной работы зубчатой передачи

Знания (актуализация):

- показатели надежности;
- назначение элементов систем автоматизации и элементов мехатронных устройств и систем;

Умения:

- рассчитывать надежность систем управления и отдельных модулей и подсистем мехатронных устройств и систем;
- определять показатели надежности систем управления.

1. Теоретическое обоснование.

Конструктивная схема зубчатой передачи представлена на рисунке 6.

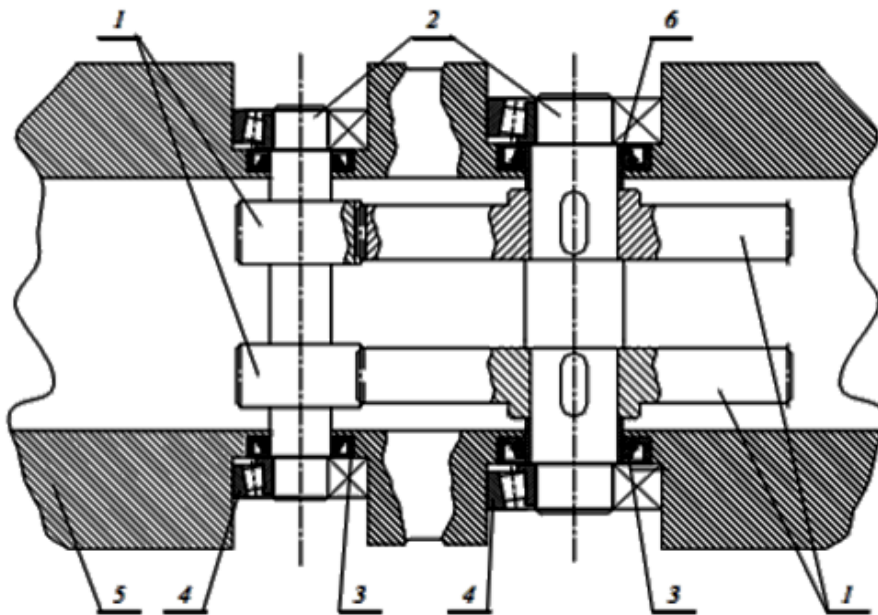


Рисунок 6 – Конструктивная схема зубчатой передачи:

- 1 –зубчатые колеса; 2- входной и выходной валы; 3- манжетное уплотнение;
4- подшипниковый узел; 5 –корпус; 6- втулка.

Расчет надежности зубчатых передач состоит из двух этапов:

1) Расчет на сопротивление контактной усталости.

Вероятность безотказной работы P_H по критерию сопротивления контактной усталости определяется как вероятность того, что контактное напряжение (расчетный размер) σ_H не превышает предела контактной выносливости (предельного значения расчетного параметра) $\sigma_{H \lim}$.

2) Расчет сопротивления усталости при изгибе.

В

качестве расчетного параметра принимают напряжение на переходной поверхности зуба σ_F , (МПа).

2.Задание

Для цилиндрической прямозубой передачи рассчитать вероятность безотказной работы. Среднее значение контактных напряжений $\bar{\sigma}_H$, МПа; средние значения частных коэффициентов \bar{K}_A , $\bar{K}_{H\beta}$, $\bar{K}_{H\alpha}$, $\bar{K}_{H\alpha}$; коэффициент вариации коэффициента внешней нагрузки v_A . Колеса выполнены из стали, подвергнутой обработке, среднее значение предела выносливости $\bar{\sigma}_{H \lim}$, МПа; твердость зуба колеса НВ. Коэффициент долговечности \bar{K}_{FL} и корректирующие коэффициенты $K_i = 1,0$. Среднее значение и коэффициент вариации напряжения изгиба в опасном сечении зуба соответственно равны $\bar{\sigma}_F$, МПа, и $v_{\sigma F}$.

Исходные данные для расчета представлены в приложении 3.

Таблица 18 - Исходные данные для расчета зубчатой передачи.

№ варианта	$\overline{\sigma}_i$ МПа	\widehat{E}_A	$\overline{K}_{H\beta}$	$\overline{K}_{H\nu}$	$\overline{K}_{H\alpha}$	ν_A	$\overline{\sigma}_i$ lim МПа	Форма обработки зубьев колеса
1	650	1,05	1,20	1,27	0,85	0,11	754	Поверхностное упрочнение
2	700	1,06	1,27	1,34	0,90	0,10	819	Без термической обработки
3	600	1,01	1,29	1,36	0,87	0,09	708	Поверхностное упрочнение
4	570	1,02	1,30	1,37	0,81	0,12	678	Без термической обработки
5	480	1,08	1,22	1,29	0,96	0,11	576	Без термической обработки
6	350	1,07	1,18	1,24	0,89	0,10	392	Поверхностное упрочнение
7	490	1,11	1,31	1,38	0,75	0,10	558	Без термической обработки
8	550	1,12	1,10	1,16	0,74	0,09	638	Поверхностное упрочнение
9	610	1,08	1,30	1,37	0,91	0,08	713	Без термической обработки
10	540	1,03	1,33	1,40	0,96	0,08	599	Поверхностное упрочнение
11	420	1,07	1,22	1,29	1,00	0,09	508	Без термической обработки
12	450	1,08	1,24	1,31	0,84	0,10	549	Поверхностное упрочнение
13	530	1,09	1,23	1,30	1,00	0,10	651	Поверхностное упрочнение
14	710	1,02	1,21	1,28	0,88	0,08	795	Без термической обработки
15	760	1,01	1,14	1,20	1,00	0,11	858	Поверхностное упрочнение
16	690	1,08	1,21	1,28	0,95	0,11	786	Без термической обработки
17	750	1,04	1,22	1,29	0,95	0,10	862	Без термической обработки
18	530	1,03	1,11	1,17	0,98	0,08	614	Поверхностное упрочнение
19	560	1,01	1,13	1,19	0,86	0,09	655	Без термической обработки
20	610	1,00	1,20	1,27	1,00	0,11	719	Поверхностное упрочнение
21	590	1,01	1,31	1,38	0,81	0,10	702	Без термической обработки
22	600	1,00	1,21	1,28	0,75	0,09	720	Поверхностное упрочнение
23	660	1,03	1,14	1,20	0,94	0,12	798	Без термической обработки
24	650	1,08	1,22	1,29	1,00	0,11	786	Поверхностное упрочнение
25	620	1,09	1,20	1,26	0,89	0,10	762	Поверхностное упрочнение
26	650	1,03	1,27	1,34	0,74	0,10	747	Без термической обработки
27	760	1,11	1,27	1,34	0,94	0,09	866	Поверхностное упрочнение
28	720	1,12	1,24	1,31	0,91	0,12	799	Без термической обработки
29	550	1,13	1,23	1,30	0,93	0,11	599	Поверхностное упрочнение
30	570	1,05	1,31	1,38	0,88	0,10	615	Без термической обработки

Дополнительные данные для расчета приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Дополнительные данные для расчета зубчатой передачи

№ варианта	Тип зубчатых колес	НВ	\hat{E}_{FL}	$\bar{\sigma}_F$, МПа	$\nu_{\sigma F}$
1 ...5	Нормализованные	275	1,0	250	0,09
6... 10	Улучшенные	300	0,8	280	0,10

11 ... 15	Зубчатые колеса с объемной закалкой ТВЧ	325	0,9	300	0,11
16... 20	Азотированные	350	1,0	330	0,12
21 ...25	Нормализованные	250	1,1	240	0,13
26 ...30	Улучшенные	300	1,2	280	0,09

3.Порядок расчета

1) Рассчитайте коэффициенты вариации частных коэффициентов

нагрузки.

Коэффициент вариации коэффициента, учитывающего распределение нагрузки

по ширине венца $\overline{K}_{H\beta}$

$$\nu_{i\beta} = \frac{1}{9} \frac{\hat{E}_{i\beta} - 1}{\hat{E}_{i\beta}}.$$

Коэффициент вариации коэффициента, учитывающего динамическую нагрузку,

возникающую в зацеплении \overline{K}_{Hv}

$$\nu_{iv} = 0,17 \frac{\overline{K}_{HV} - 1}{\overline{K}_{HV}}.$$

Коэффициент вариации $\nu_{H\alpha}$ коэффициента, учитывающего распределение

нагрузки между зубьями $\overline{K}_{H\alpha}$ выбирается по таблице 20.

Таблица 20 - Значения коэффициента вариации $\nu_{H\alpha}$ в зависимости от частного коэффициента $\hat{E}_{i\alpha}$

$\overline{K}_{H\alpha}$	1,00... 0,95	0,95 ... 0,90	0,90 ... 0,85	0,85 ... 0,80	менее 0,80
$\nu_{H\alpha}$	0,0	0,05	0,08	0,05	0,0

2)Рассчитайте коэффициент вариации коэффициента нагрузки

$$\nu_{H\Sigma} = \sqrt{\nu_A^2 + \nu_{H\beta}^2 + \nu_{HV}^2 + \nu_{H\alpha}^2},$$

где ν_A – коэффициент вариации коэффициента внешней нагрузки \hat{E}_A .

3) Рассчитайте коэффициент вариации коэффициента контактного

напряжения

$$\nu_{\sigma H} = 0,5 \nu_{H\Sigma}.$$

4) Рассчитайте коэффициент вариации зубчатого колеса

$$\nu_{H \lim} = \sqrt{(\nu_{H \lim}^0)^2 + 0,05^2},$$

где $\nu_{H \lim}^0$ - коэффициент вариации базового образца.

5) Рассчитайте коэффициент запаса прочности по базовым напряжениям

$$\bar{n}_H = \frac{\bar{\sigma}_{H \lim}}{\bar{\sigma}_H},$$

где $\bar{\sigma}_H$ - среднее значение контактных напряжений, МПа,

$\bar{\sigma}_{H \lim}$ - среднее значение предела выносливости, МПа.

6) Квантиль нормированного нормального распределения

$$u_p = -\frac{\bar{n}_H - 1}{\sqrt{\bar{n}_H^2 \nu_{H \lim}^2 + \nu_{\sigma H}^2}}.$$

7) По таблице приложения Е в зависимости от величины квантили нормированного нормального распределения u_p определите вероятность безотказной работы по критерию сопротивления контактной усталости P_H .

8) Расчет на сопротивление усталости при изгибе.

Среднее значение предела выносливости базового образца вычисляется по формуле

$$\sigma_{F \lim}^0 = (1,35HB + 100) \frac{1}{1 + 1,28\nu_{F \lim}^0}$$

где HB - твердость зуба колеса;

$\nu_{F \lim}^0$ - коэффициент вариации предела выносливости зубьев базового

образца: для нормализованных и улучшенных зубчатых колес $\nu_{F \lim}^0 = 0,08 \dots$

0,10, для зубчатых колес с объемной закалкой ТВЧ $\nu_{F \lim}^0 = 0,1 \dots 0,14$, для азотированных колес $\nu_{F \lim}^0 = 0,1 \dots 0,12$.

9) Зубчатое колесо можно рассматривать как последовательную систему, состоящую из m элементов — зубьев. Разрушение колеса (системы) отождествляем с разрушением наименее прочного зуба - «слабого звена». Среднее значение и коэффициент вариации предела выносливости наименее прочного зуба меньше, чем аналогичные характеристики предела выносливости зубьев. Это учитывается введением в расчетные зависимости коэффициентов:

K_z - при определении среднего значения $\overline{\sigma}_{F \lim}$;

α_z - при определении коэффициента вариации $\nu_{F \lim}$ предела выносливости рассчитываемого колеса.

Значение коэффициентов K_z и α_z для числа зубьев $z = 20 \dots 100$ в зависимости от различных значений $\nu_{F \lim}^0$ (меньшие значения K_z и α_z соответствуют большим числам зубьев) определяются по таблице 21.

Таблица 21 - Значения коэффициентов K_z и α_z

$\nu_{F \lim}^0$	0,08	0,10	0,12	0,14
K_z	0,85 ... 0,8	0,8 ... 0,75	0,77 ... 0,7	0,75 ... 0,65
α_z	0,62 ... 0,54	0,65 ... 0,57	0,68 ... 0,6	0,7 ... 0,66

Среднее значение предела выносливости рассчитываемого зубчатого колеса

$$(\text{МПа}) \quad \overline{\sigma}_{F \lim} = \overline{\sigma}_{F \lim}^0 K_z K_{FL} \prod_{i=1} K_i$$

где K_{FL} - коэффициент долговечности;

$\prod_{i=1} K_i$ - произведение корректирующих коэффициентов, учитывающих

отличие коэффициентов концентрации и шероховатостей поверхностей выкружек базового и рассчитываемого колеса, масштабный фактор,

технологии изготовления, назначаемых на основе накопленных ранее результатов исследований. Коэффициент вариации предела выносливости

рассчитываемого зубчатого колеса $\nu_{F \lim} = \sqrt{(\alpha_z \nu_{F \lim}^0)^2 + 0,14^2}$

Коэффициент запаса прочности по средним напряжениям $\bar{n}_F = \frac{\bar{\sigma}_{F \lim}}{\bar{\sigma}_F}$

Квантиль нормированного нормального распределения

$$u_p = - \frac{\bar{n}_p - 1}{\sqrt{n_F \nu_{F \lim}^2 + \nu_{\sigma F}^2}}$$

По таблице приложения Г в зависимости от величины квантили нормированного нормального распределения u_p определите вероятность безотказной работы по критерию сопротивления усталости зубчатого колеса при изгибе P_F .

10) Надежность зубчатых передач в комплексе.

Вероятность безотказной работы P зубчатой передачи определяется как произведение вероятностей безотказной работы по отдельным критериям. Для широкого круга зубчатых передач, у которых наиболее опасны усталостные разрушения, вероятность безотказной работы равна

$$P = P_F P_H,$$

где P_F и P_H - вероятности безотказной работы по критерию сопротивления усталости при контакте и изгибе, соответственно.

4. Контрольные вопросы.

- 1) Перечислите частные коэффициенты нагрузки зубчатых передач.
- 2) Назовите «слабое звено» в зубчатом колесе?
- 3) По каким критериям определяется вероятность безотказной работы зубчатых передач?

Перечень учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Диагностика и надежность автоматизированных систем: Учебное пособие / Мещерякова А.А., Глухов Д.А. - Воронеж:ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова, 2016. - 124 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/858265>
2. Молдабаева, М.Н. Контрольно-измерительные приборы и основы автоматики : учеб. пособие / М. Н. Молдабаева. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 332 с. - ISBN 978-5-9729-0327-6. - Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/1048719>
3. Тетеревков, И.В. Надежность систем автоматизации : учеб. пособие / И.В. Тетеревков. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. - 356 с. - ISBN 978-5-9729-0308-5. - Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/1048725>
4. Шишов О. В. Технические средства автоматизации и управления : учеб. пособие / О.В. Шишов. — М.: ИНФРА-М, 2018. — 396 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа <http://www.znanium.com>]. — (Высшее образование: Бакалавриат).
5. Методические рекомендации по организации внеаудиторной самостоятельной работы по ПМ 05 «Проведение анализа характеристик и обеспечение надежности систем автоматизации (по отраслям)» МДК 05.01 «Теоретические основы обеспечения надежности систем автоматизации и модулей мехатронных систем» для студентов специальности 15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям) (базовая подготовка) [Текст] / сост. В.В. Лыкова; ЮУрГТК. - Челябинск: РИО, 2019. - 75с.: схемы, табл.
6. Методические рекомендации по организации внеаудиторной самостоятельной работы по ПМ 05 "Проведение анализа характеристик и обеспечение надежности систем автоматизации (по отраслям)" МДК 05.01 «Теоретические основы обеспечения надежности систем автоматизации и модулей мехатронных систем» для студентов специальности 15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)

(базовая подготовка) [Текст] / сост. В.В. Лыкова; ЮУрГТК. - Челябинск: РИО, 2019. - 75с.: схемы, табл.

Дополнительные источники:

7. Акулович, Л. М. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л. М. Акулович, В. К. Шелег. - М.: ИНФРА-М Издательский Дом, Нов. знание, 2016. - 488 с. - (Высшее образование). – Режим доступа:
www.znaniyum.com.<http://znaniyum.com/catalog/product/987418>
8. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике: Учебно-практическое пособие / Калиниченко А.В., Уваров Н.В., Дойников В.В., - 2-е изд. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2016.

Интернет – ресурсы:

<http://window.edu.ru/>
<http://www.metod-kopilka.ru/>
<http://www.school.edu.ru/>
<http://subscribe.ru/>
<http://dic.academic.ru/>
ru.wikipedia.org/wiki
<http://infotechlib.narod.ru/>
<http://mehanik-ua.ru/>

Приложение А

Таблица 1 – Интенсивность отказов электрических компонентов

Наименование элемента	$\lambda_0 \cdot 10^{-6}$	Кэ	Кн	Ку
Резистор МЛТ (С2-29)	0,04	0,3	0,5	0,7
Резистор СП (переменный)	0,23	0,3	0,5	0,7
Конденсатор керамический	0,15	0,3	0,5	0,7
Конденсатор электролитический	0,4	0,3	0,5	0,7
Конденсатор бумажный	0,05	0,3	0,5	0,7
Диод полупроводниковый (КД-522)	0,09	0,3	0,1	0,7
Светодиод	0,2	0,3	0,5	0,7
Транзистор кремниевый малой мощности (серии 300)	0,4	0,3	0,5	0,7
Транзистор средней мощности (серия 500)	1,06	0,3	0,5	0,7
Транзистор большой мощности (серия 1000)	1,73	0,3	0,5	0,7
Оптрон	0,44	-	0,5	0,7
Микросхема (серии 155, 555, 176, 561)	0,05	-	0,5	0,7
Микросхема (серии 554, ...)	0,3	0,3	0,5	0,7
Реле типа РЭС 55	0,8	0,3	0,5	0,7
Трансформатор	0,74	0,8	0,7	0,7
Дроссель	0,44	0,6	0,5	0,7
Стабилитрон	0,075	0,3	0,5	0,7
Переключатель малогабаритный	0,8	-	-	-
Реле (магнитоуправляемые контакты)	0,8	-	-	-
Лампа накаливания	0,64	0,5	0,7	0,7
Катушка индуктивности	0,02	0,7	0,5	0,7
Вставка плавкая	0,8	-	-	-
Контакт	0,01	-	-	-
Пайка	0,005	-	-	-
Зажим	0,0005	-	-	-
Предохранитель плавкий	0,5	-	-	-

Таблица 1 - Значения квантилей нормального распределения в зависимости от требуемой вероятности безотказной работы

№	Квантиль u_p	Вероятность безотказной работы $P(t)$	№	Квантиль u_p	Вероятность безотказной работы $P(t)$
1	0,000	0,5000	28	-1,751	0,9600
2	-0,100	0,5398	29	-1,800	0,9641
3	-0,126	0,5500	30	-1,881	0,9700
4	-0,200	0,5793	31	-2,000	0,9772
5	-0,253	0,6000	32	-2,054	0,9800
6	-0,300	0,6179	33	-2,100	0,9821
7	-0,385	0,6500	34	-2,170	0,9850
8	-0,400	0,6554	35	-2,200	0,9861
9	-0,500	0,6915	36	-2,300	0,9893
10	-0,524	0,7000	37	-2,326	0,9900
11	-0,600	0,7257	38	-2,400	0,9918
12	-0,674	0,7500	39	-2,409	0,9920
13	-0,700	0,7580	40	-2,500	0,9938
14	-0,800	0,7881	41	-2,576	0,9950
15	-0,842	0,8000	42	-2,600	0,9953
16	-0,900	0,8159	43	-2,652	0,9960
17	-1,000	0,8413	44	-2,700	0,9965
18	-1,036	0,8500	45	-2,748	0,9970
19	-1,100	0,8643	46	-2,800	0,9974
20	-1,200	0,8849	47	-2,878	0,9980
21	-1,282	0,9000	48	-2,900	0,9981
22	-1,300	0,9032	49	-3,000	0,9986
23	- 1,400	0,9192	50	-3,090	0,9990
24	- 1,500	0,9332	51	-3,291	0,9995
25	- 1,600	0,9452	52	-3,500	0,9998
26	- 1,645	0,9500	53	-3,719	0,9999
27	- 1,700	0,9554			

Таблица 1 -Данные для расчета сварного шва

№ варианта	Вид соединения	Состояние поверхностей	$\bar{\sigma}_a$, МПа	$\bar{\sigma}_{-1}$ МПа
1	С элементами, не передающими нагрузки	Окалина не удалена	150	131
2	Стыковое, сварка ручная	Окалина удалена	164	155
3	Стыковое, сварка полуавтоматическая	Окалина не удалена	182	147
4	Внахлестку	Окалина удалена	245	217
5	Втавр с разделкой кромок	Окалина удалена	236	215
6	Втавр без разделки кромок	Окалина не удалена	300	300
7	С элементами, не передающими нагрузки	Окалина удалена	289	223
8	Балки двутавровые	Окалина удалена	180	153
9	Коробчатые балки	Окалина не удалена	190	164
10	Стыковое, сварка автоматическая	Окалина удалена	210	180
11	Втавр без разделки кромок	Окалина удалена	220	147
12	С элементами, не передающими нагрузки	Окалина не удалена	258	196
13	Балки двутавровые	Окалина удалена	260	204
14	Коробчатые балки	Окалина не удалена	270	224
15	Стыковое, сварка автоматическая	Окалина не удалена	300	244
16	С элементами, не передающими нагрузки	Окалина не удалена	160	142
17	Стыковое, сварка ручная	Окалина удалена	190	176
18	Стыковое, сварка полуавтоматическая	Окалина не удалена	248	232
19	Внахлестку	Окалина удалена	265	244
20	Втавр с разделкой кромок	Окалина удалена	284	266
21	Втавр без разделки кромок	Окалина не удалена	296	288
22	С элементами, не передающими нагрузки	Окалина удалена	245	243
23	Балки двутавровые	Окалина удалена	278	251
24	Коробчатые балки	Окалина не удалена	200	179
25	Стыковое, сварка автоматическая	Окалина удалена	168	149
26	Втавр без разделки кромок	Окалина не удалена	120	106
27	С элементами, не передающими нагрузки	Окалина не удалена	170	148
28	Балки двутавровые	Окалина не удалена	190	164
29	Коробчатые балки	Окалина удалена	214	183
30	Стыковое, сварка автоматическая	Окалина не удалена	189	161

Таблица 1 - Основные размеры метрических резьб

Диаметр резьбы			Шаг резьбы P , мм	Раб. высота профиля h , мм	Диаметр резьбы			Шаг резьбы P , мм	Раб. высота профиля h , мм
наруж- ный d , мм	средний d_2 , мм	внут- ренний d_1 , мм			наруж- ный d , мм	средний d_2 , мм	внут- ренний d_1 , мм		
3	2,675	2,459	0,500	0,270	22	20,376	19,294	2,500	1,353
4	3,546	3,242	0,700	0,379	24	22,051	20,752	3,000	1,624
5	4,489	4,134	0,800	0,433	27	25,051	23,752	3,000	1,624
6	5,350	4,918	1,000	0,541	30	27,727	26,211	3,500	1,894
7	6,350	5,918	1,000	0,541	33	30,727	29,211	3,500	1,894
8	7,188	6,647	1,250	0,676	36	33,402	31,670	4,000	2,165
9	8,188	7,647	1,250	0,676	39	36,402	34,670	4,000	2,165
10	9,026	8,376	1,500	0,812	42	39,077	37,129	4,500	2,435
11	10,026	9,376	1,500	0,812	45	42,077	40,129	4,500	2,435
12	10,863	10,106	1,750	0,947	48	44,752	42,587	5,000	2,706
14	12,701	11,835	2,000	1,082	52	48,752	46,587	5,000	2,706
16	14,701	13,835	2,000	1,082	56	52,428	50,046	5,500	2,977
18	16,376	15,294	2,500	1,353	60	56,428	54,046	5,500	2,977
20	18,376	17,294	2,500	1,353	64	60,103	57,505	6,000	3,247

Таблица 1- Механические свойства болтов, винтов и шпилек
из углеродистых и легированных сталей (по ГОСТ 1759.4 - 87)

Механические свойства		Класс прочности											
		3,6	4,6	4,8	5,6	5,8	6,6	6,8	8,8		9,8	10,9	12,9
									≤ M16	> M16			
Временное сопротивление разрыву σ_B , МПа	Номин.	300	400		500		600		800	800	900	1000	1200
	Наиб.	330	400	420	500	520	600		800	830	900	1040	1220
Твердость по Бринеллю НВ	Наим.	90	114	124	147	152	181		238	242	276	304	366
	Наиб.	238							304	318	342	361	414
Предел текучести σ_t , МПа	Номин.	180	240	320	300	400	360	480	—	—	—	—	—
	Наиб.	190	240	340	300	420	360	480	—	—	—	—	—
Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Номин.	—							640	640	720	900	1080
	Наим.	—							640	660	720	940	1100
Напряжение от пробной нагрузки σ_n	σ_B / σ_t или $\sigma_B / \sigma_{0,2}$	0,94	0,94	0,91	0,93	0,90	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	0,88	0,88
	МПа	180	225	310	280	380	440	440	580	600	650	830	970

Таблица 1 - Исходные данные для расчета зубчатой передачи

№ варианта	$\bar{\sigma}_i$ МПа	\hat{E}_A	$\bar{K}_{H\beta}$	$\bar{K}_{H\nu}$	$\bar{K}_{H\alpha}$	ν_A	$\bar{\sigma}_{i \text{ lim}}$ МПа	Форма обработки зубьев колеса
1	650	1,05	1,20	1,27	0,85	0,11	754	Поверхностное упрочнение
2	700	1,06	1,27	1,34	0,90	0,10	819	Без термической обработки
3	600	1,01	1,29	1,36	0,87	0,09	708	Поверхностное упрочнение
4	570	1,02	1,30	1,37	0,81	0,12	678	Без термической обработки
5	480	1,08	1,22	1,29	0,96	0,11	576	Без термической обработки
6	350	1,07	1,18	1,24	0,89	0,10	392	Поверхностное упрочнение
7	490	1,11	1,31	1,38	0,75	0,10	558	Без термической обработки
8	550	1,12	1,10	1,16	0,74	0,09	638	Поверхностное упрочнение
9	610	1,08	1,30	1,37	0,91	0,08	713	Без термической обработки
10	540	1,03	1,33	1,40	0,96	0,08	599	Поверхностное упрочнение
11	420	1,07	1,22	1,29	1,00	0,09	508	Без термической обработки
12	450	1,08	1,24	1,31	0,84	0,10	549	Поверхностное упрочнение
13	530	1,09	1,23	1,30	1,00	0,10	651	Поверхностное упрочнение
14	710	1,02	1,21	1,28	0,88	0,08	795	Без термической обработки
15	760	1,01	1,14	1,20	1,00	0,11	858	Поверхностное упрочнение
16	690	1,08	1,21	1,28	0,95	0,11	786	Без термической обработки
17	750	1,04	1,22	1,29	0,95	0,10	862	Без термической обработки
18	530	1,03	1,11	1,17	0,98	0,08	614	Поверхностное упрочнение
19	560	1,01	1,13	1,19	0,86	0,09	655	Без термической обработки
20	610	1,00	1,20	1,27	1,00	0,11	719	Поверхностное упрочнение
21	590	1,01	1,31	1,38	0,81	0,10	702	Без термической обработки
22	600	1,00	1,21	1,28	0,75	0,09	720	Поверхностное упрочнение
23	660	1,03	1,14	1,20	0,94	0,12	798	Без термической обработки
24	650	1,08	1,22	1,29	1,00	0,11	786	Поверхностное упрочнение
25	620	1,09	1,20	1,26	0,89	0,10	762	Поверхностное упрочнение
26	650	1,03	1,27	1,34	0,74	0,10	747	Без термической обработки
27	760	1,11	1,27	1,34	0,94	0,09	866	Поверхностное упрочнение
28	720	1,12	1,24	1,31	0,91	0,12	799	Без термической обработки
29	550	1,13	1,23	1,30	0,93	0,11	599	Поверхностное упрочнение
30	570	1,05	1,31	1,38	0,88	0,10	615	Без термической обработки

Приложение И

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Южно-Уральский государственный технический колледж»

ОТЧЕТ

по практическим работам

**по ПМ.05 «Проведение анализа характеристик и обеспечение надежности
систем автоматизации (по отраслям)»**

**МДК 05.01 «Теоретические основы обеспечения надежности
систем автоматизации и модулей мехатронных систем»**

Выполнил _____

Группа _____

Проверил _____

Челябинск, 2019