

Министерство образования и науки Пермского края  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Уральский химико-технологический колледж



## **Проведение анализа характеристик и обеспечение надежности систем автоматизации (по отраслям)**

Методические указания по выполнению курсовой работы для студентов,  
обучающихся по специальности

**15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств  
(по отраслям)**

г. Губаха 2017г.

<b>РАССМОТРЕНО:</b>	<b>УТВЕРЖДАЮ:</b>	<b>ПЕЧАТАЕТСЯ</b> по решению
Протокол ПЦК	Зам. директора по УР	Методического совета УХТК
Специальности 15.02.07		Протокол № __
№ от «__» ____ 2017 г.	Шлегель И.В. _____	от «__» ____ 2017 года
Председатель ПЦК		Председатель МС
С.В. Ваганова _____	«__» ____ 2017г.	_____ И.В. Шлегель

ПМ 05 «Проведение анализа характеристик и обеспечение надежности систем автоматизации (по отраслям)». [Текст]: Методические указания по выполнению курсового проекта для студентов специальности 15.02.07 «Автоматизация технологических процессов и производств», (по отраслям)» /Сост. С.А.Турова – Губаха: УХТК, 2017 – 45 стр.

Методические указания составлены с целью оказания помощи студентам в выполнении курсового проекта по междисциплинарному курсу «Проведение анализа характеристик и обеспечение надежности систем автоматизации (по отраслям)» и содержат основные требования к курсовому проекту, рекомендации по подготовке, написанию, оформлению и защите курсового проекта.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	6
2 ПОРЯДОК РАБОТ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	8
3 СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА	10
4 СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ ЧАСТЕЙ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	11
5 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	18
6 ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА	24
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	27
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	28
ПРИЛОЖЕНИЕ А	29
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	30
ПРИЛОЖЕНИЕ В	31
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	34

## ВВЕДЕНИЕ

Уважаемый студент! Методические указания по курсовому проектированию адресованы студентам очного отделения специальности № 15.02.07 «Автоматизация технологических процессов и производств», (по отраслям)».

В химической промышленности комплексной механизации и автоматизации уделяется большое внимание. Это объясняется сложностью и высокой скоростью протекания технологических процессов, а также чувствительностью их к нарушению режима, вредностью условий работы, взрыво- и пожароопасностью перерабатываемых веществ и т.д.

Автоматизация приводит к улучшению основных показателей эффективности производства: увеличению количества, улучшению качества и снижению себестоимости выпускаемой продукции, повышению производительности труда. Внедрение автоматических устройств обеспечивает высокое качество продукции, сокращение брака и отходов, уменьшение затрат сырья и энергии, уменьшение численности основных рабочих, снижение капитальных затрат на строительство зданий (производство организуется под открытым небом), удлинение сроков межремонтного пробега оборудования.

Улучшение эффективности и качества проектируемых АСУ невозможно без повышения надежности технических средств управления. Все это говорит о возрастании роли фактора надежности в современных условиях развития техники. Еще одной причиной, требующей повышения надежности, является возрастание сложности технических средств, аппаратуры для их обслуживания, жесткости условий их эксплуатации и ответственности задач, которые на них возлагаются. Недостаточная надежность технических средств приводит к увеличению доли эксплуатационных затрат по сравнению с общими затратами на проектирование, производство и применение этих систем. При этом стоимость эксплуатации технических средств может во много раз превзойти стоимость их разработки и изготовления. Кроме того, отказы технических средств приводят к различного рода последствиям: потерям информации, простоям сопряженных с техническими средствами других устройств и систем, к авариям и т.д. Таким образом, еще

одной причиной повышения роли надежности в современных условиях является экономический фактор. И, наконец, последнее. В конечном счете, надежность технических средств определяется надежностью комплектующих элементов. Поэтому знание основных вопросов надежности элементной базы является в настоящее время необходимым условием успешной работы в области информатики и управления и особенно это относится к будущим специалистам разработчикам АСУТП.

Будущий техник должен знать, как выполняются эти работы, иметь представление о методах определения надежности технических средств, способах повышения надежности средств автоматизации при проектировании и эксплуатации.

Данные условия должны найти отражение в курсовом проекте.

# 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовое проектирование завершает изучение профессионального модуля ПМ 05 «Проведение анализа характеристик и обеспечение надежности систем автоматизации (по отраслям)», а также систематизирует и закрепляет знания, полученные при изучении данного профессионального модуля.

**Целью** курсового проектирования является систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний по профессиональному модулю ПМ 05 «Проведение анализа характеристик и обеспечение надежности систем автоматизации (по отраслям)» в процессе изучения вопросов повышения надежности технических систем и определения количественных характеристик надежности технических средств с учетом условий эксплуатации оборудования.

В процессе работы над проектом необходимо решить ряд **задач**:

- изучить основные вопросы теории надежности, количественные характеристики надежности технических средств;
- изучить и проанализировать основные методы повышения надежности технических средств;
- изучить и проанализировать влияние производственных факторов на надежность технических средств;
- произвести ориентировочный расчет (без учета условий эксплуатации) основных количественных показателей надежности технической системы, состав которой определяется вариантом студента;
- произвести уточненный расчет (с учетом условий эксплуатации) основных количественных показателей надежности технической системы, состав которой определяется вариантом студента;

В процессе курсового проектирования необходимо работать с источниками в INTERNET, электронной библиотекой, специальной литературой по предметной области, изучать ГОСТы, справочники, другие общесистемные методические материалы.

Тематика курсового проектирования по специализации соответствует программе дисциплины.

Выполнение курсового проекта обобщает и систематизирует знания и умения по осуществлению контроля параметров качества систем автоматизации, проведению анализа характеристик надежности систем автоматизации.

В процессе работы над курсовым проектом формируются следующие профессиональные компетенции (ПК) студентов:

ПК 5.1. Осуществлять контроль параметров качества систем автоматизации.

ПК 5.2. Проводить анализ характеристик надежности систем автоматизации.

ПК 5.3. Обеспечивать соответствие состояния средств и систем автоматизации требованиям надежности

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.

## 2 ПОРЯДОК РАБОТ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Уважаемый студент! Тема курсового проекта: « Анализ количественных показателей надежности технологического устройства (Вариант № )».

### Техническое задание для курсового проектирования:

В состав технологического устройства входит многоканальный блок управления и защиты электродвигателей, содержащий  $n$  элементов. Отказы элементов независимы и отказ одного из элементов приводит к отказу всего блока. Требуется определить вероятность безотказной работы  $P(t)$  и среднее время безотказной работы  $T_{cp}$  блока управления и защиты без учета и с учетом условий эксплуатации. Во втором случае произвести расчет показателей надежности для трех значений температуры внутри блока управления и защиты:  $t_1^\circ=30^\circ\text{C}$ ;  $t_2^\circ=50^\circ\text{C}$ ;  $t_3^\circ=70^\circ\text{C}$ , считая, что все элементы его нагреты до указанных температур. Построить температурные зависимости  $P t = f t^\circ$  - вероятности безотказной работы блока защиты и управления и  $\lambda_s = f t^\circ$  - интенсивности отказов блока управления и защиты. Исходные данные по составу технологического устройства определяются по вариантам и приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1 - Элементы блока управления и защиты

Наименование элементов	Количество элементов
Трансформатор силовой	3
Штепсельный разъем	3
Контактор трехполюсный	3
Реле электромагнитное, три контактных группы	20-n
Реле электромагнитное времени, две контактных группы	21-n
Конденсатор электролитический	22-n
Конденсатор слюдяной	6
Резистор металлопленочный	2*n
Резистор проволочный	2



Транзистор германиевый	n
Транзистор кремниевый	8
Диод кремниевый	23-n
Интегральная микросхема	6
Дроссель	3
Число часов работы	6000; 10000 (по вариантам)
Коэффициент $K_3$ , учитывающий условия эксплуатации	2;3(по вариантам)

\*n- вариант, соответствующий порядковому номеру студента в журнале.

После утверждения темы разрабатывается план (содержание) курсового проекта на основе предложенной структуры. На этапе согласования плана курсового проекта руководитель может потребовать представить список литературы, которую Вы планируете использовать при работе над проектом.

Примерный план работ над курсовым проектом представлен в таблице 2.2. В таблице 2.2 указаны также примерные сроки в неделях (подразумевается, что курсовое проектирование выполняется в течение 12 недель).

Таблица 2.2 - Примерный план работ над курсовым проектом

№	Вид работ	Сроки
1	Разработка плана курсового проекта и согласование его с руководителем проектирования	1-ая неделя
2	Составление предварительного перечня литературы, необходимой для выполнения курсового проекта	2-ая неделя
3	Работа над «Теоретической частью» курсового проекта	3-4-ая недели
4	Работа над «Расчетной частью» курсового проекта	5-7-ая недели
6	Представление руководителю проектирования основной части курсового проекта	8-9ая недели
7	Исправление частей в соответствии с замечаниями руководителя	10- ая неделя
8	Работа над введением и заключением курсового проекта, оформление	11-ая неделя
9	Сдача оформленного проекта руководителю проектирования	11-ая неделя
10	Защита курсового проекта	12-ая неделя

### **3 СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Курсовой проект должен соответствовать следующим требованиям:

- быть выполненным на достаточном теоретическом уровне;
- включать анализ не только теоретического, но и эмпирического материала;
- иметь обязательные выводы после каждой главы и в заключение;
- иметь необходимый объем;
- быть оформленным по стандарту и выполненным в указанные сроки.

Структурно курсовой проект состоит из следующих частей:

#### **ВВЕДЕНИЕ**

#### **1 АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

1.1 Основные понятия теории надежности

1.2 Количественные показатели надежности технических средств

1.3 Влияние производственных факторов на надежность технических средств

1.4 Основные методы повышения надежности технических средств

#### **2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ**

2.1 Техническое задание для курсового проектирования

2.2 Ориентировочный расчет надежности (без учета условий эксплуатации) заданного технологического устройства

2.3 Уточненный расчет надежности (с учетом условий эксплуатации) заданного технологического устройства

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ ЧАСТЕЙ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Во введении обосновывается выбор темы, ее актуальность, формулируется цель работы и вытекающие из нее задачи.

Цель исследования - это то, что необходимо получить в результате проведенной работы. Формулировка цели может начинаться с глагола (рассчитать, изучить, выявить, определить, рассмотреть, разработать).

Задачи исследования - пути достижения цели, направления исследования.

Объект исследования - область, в которой проводится исследование. Объектом исследования может быть структурное подразделение или цех (участок).

Предмет исследования - часть объекта, его свойство или отношение, которое подлежит изучению в ходе выполнения курсовой работы (проекта).

Методы исследования - включают теоретические и эмпирические.

*Теоретические методы исследования:* моделирование, сравнение, аналогия, систематизация, классификация, анализ, обобщение, метод изучения научной и методической литературы, подготовка ее обзора и т.д.

*Эмпирические методы:* наблюдение, хронометраж, беседа, анкетирование, интервьюирование, тестирование, изучение управленческой и другой документации, эксперимент, моделирование и т.д.

В теоретической части проекта подробно раскрывается содержание темы «Анализ надежности технических средств».

В подразделе 1.1 «Основные понятия теории надежности» дается краткое описание основных показателей надежности: **безотказность, долговечность, сохраняемость, ремонтпригодность.**

В подразделе 1.2 «Количественные показатели надежности технических средств» даются определения и формулы для основных количественных характеристик надежности: **вероятность безотказной работы, вероятность отказа, интенсивность отказов, частота отказов, средняя наработка до отказа (среднее время безотказной работы).**

В подразделе 1.3 « Влияние производственных факторов на надежность технических средств» приводится анализ влияния производственных факторов (высокая температура окружающей среды, влажность, удары, вибрация, электрические нагрузки) на надежность технических средств. Здесь же необходимо описать метод определения величины интенсивности отказов  $\lambda$  в зависимости от температуры окружающей среды и коэффициента нагрузки по номограммам

Подраздел 1.4 «Основные методы повышения надежности технических средств». В данном подразделе приводится анализ основных методов повышения надежности технических средств: **резервирование, уменьшение интенсивности отказов технических средств, сокращение времени непрерывной работы, уменьшение среднего времени восстановления.** Также анализируются методы повышения надежности технических средств при их проектировании и эксплуатации.

В расчетной части проекта (раздел 2) «ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ» необходимо произвести расчет количественных показателей надежности технологического устройства, в состав которого входит многоканальный блок управления и защиты электродвигателей, содержащий  $n$  элементов.

Подраздел 2.1 «Техническое задание для курсового проектирования» должен содержать подробное задание с учетом выданного преподавателем варианта.

Подраздел 2.2 «Ориентировочный расчет надежности (без учета условий эксплуатации) заданного технологического устройства» содержит расчет вероятности безотказной работы устройства  $P(t)$  и интенсивности отказов  $\lambda(t)$ .

Ориентировочный расчет надежности проводят в простейших предположениях и не учитывают эксплуатационных режимов использования элементов изделия.

При проведении ориентированных расчетов надежности без учета условий эксплуатации необходимо считать, что анализируемый блок управления

и защиты структурно является последовательным, отказы элементов независимы и отказ одного элемента приводит к отказу всего блока.

В этом случае математическая модель отказов будет иметь экспоненциальный вид.

Определяем интенсивность отказа  $\lambda_i$  каждого элемента по Таблице 4.1 - Интенсивности отказов элементов при температуре окружающей среды 20°C и относительной влажности 50-70 %.

Таблица 4.1 – Интенсивности отказов элементов при температуре окружающей среды 20°C и относительной влажности 50-70 %

Наименование элемента	$\lambda_i \cdot 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$	Наименование элемента	$\lambda_i \cdot 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$
Диоды: кремниевые	0,2	Трансформаторы: силовые	1,0
Контакты (на один контакт)	2,5	Дроссели	0,35
Разъемы штепсельные: на один штырек	0,3	Интегральные микросхемы	0,25
Реле (на одну контактную группу):	0,3	Конденсаторы: слюдяные	0,25
Электромагнитные времени	1,2	электролитические	0,35
Транзисторы :германиевые	0,3	Резисторы: проволочные	0,1
кремниевые	0,5	металлопленочные,	0,04

Для каждой группы, определяем групповое значение интенсивности отказов:

$$\lambda_j = n_j * \lambda_i \quad (4.1)$$

где  $n_j$  – количество элементов в группе;

$\lambda_j$  – интенсивность отказа элемента.

Интенсивность отказов блока управления и защиты в целом определяется суммой интенсивностей отказов всех групп составляющих элементов:

$$\lambda_s = \sum (\lambda_{i1} \div \lambda_{i14}) \quad (4.2)$$

Результирующая вероятность безотказной работы без учета условий эксплуатации определяется по формуле:

$$P_s(t) = e^{-\lambda_s \cdot t} \quad (4.3)$$

Среднее время безотказной работы блока управления и защиты ( $T_{cp}$ ) без учета условий эксплуатации определяется по формуле:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_s} \quad (4.4)$$

Подраздел 2.3 «Уточненный расчет надежности (с учетом условий эксплуатации) заданного технологического устройства» содержит расчет количественных показателей надежности с учетом температуры и нагрузки элементов, входящих в состав устройства.

При проведении уточненного расчета надежности с учетом условий эксплуатации необходимо учитывать воздействия внешней среды, в которой функционирует блок управления и защиты (температура, влажность, давление, вибрация, запыленность и т.п.), а также особенности энергетического режима работы самого блока управления и защиты (выделяемой элементами тепловой энергии, величин электромагнитных нагрузок, механических напряжений и т.п.). Степень влияния различных факторов условий эксплуатации на показатели надежности различна. При приближенных расчетах учет влияния условий эксплуатации на надежность работы блока управления и защиты производят путем введения следующих показателей:

температура поверхности элемента  $t^\circ$ ;

коэффициент внешних условий  $k_3$ , суммарно учитывающий остальные внешние условия эксплуатации;

коэффициент нагрузки элемента  $k_n$ , представляющий отношение фактических значений нагрузки к номинальным.

Параметры электрических нагрузок для различных элементов блока управления и защиты различны. Так, для резисторов параметром нагрузки является мощность рассеивания; для конденсаторов – рабочее напряжение; для полупроводниковых диодов - выпрямленный ток и обратное напряжение; для

транзисторов – суммарная мощность рассеивания на переходах в непрерывном и импульсном режимах; для трансформаторов – мощность первичной обмотки; для дросселей – плотность тока в обмотках; для электрических машин – рабочая мощность; для пускателей, переключателей, штепсельных разъемов – ток, протекающий через контакты; для реле – ток через контакты и время нахождения обмотки под напряжением. Поэтому при расчете показателей надежности блока управления и защиты с учетом условий эксплуатации следует различать коэффициент нагрузки по току  $k_{ii} = I/I_i$ , коэффициент нагрузки по напряжению  $k_{iv} = U/U_i$  и коэффициент нагрузки по мощности  $k_{iw} = W/W_i$ .

Таблица 4.2 – Коэффициенты нагрузки электротехнических устройств

Наименование элемента	Коэффициент нагрузки	Рекомендуемое значение
Диоды	$k_{ni}, k_{nv}$	0,7
Дроссели	$k_{ni}$	0,9
Конденсаторы	$k_{nv}$	0,85
Коммутационные элементы	$k_{ni}$	0,9
Резисторы	$k_{nw}$	0,8
Реле, контакторов, магнитные пускатели	$k_{ni}$	0,8
Транзисторы, интегральные микросхемы	$k_{nw}$	0,85
Трансформаторы силовые	$k_{nw}$	0,9
Трансформаторы вращающиеся	$k_{nv}$	0,95
Электрические машины	$k_{nw}$	0,9

Результирующее значение интенсивности отказов элементов блока управления и защиты с учетом условий эксплуатации  $\lambda_{jэ}$  можно определить по формуле:

$$\lambda_{jэ} = \lambda_i \cdot n_j \cdot a(t^\circ, k_H), \quad (4.5)$$

где  $a(t^\circ, k_H)$ - коэффициент, учитывающий условия эксплуатации (определяется по номограммам справочных пособий) Номограммы для определения коэффициента, учитывающего условия эксплуатации  $a(t^\circ, k_H)$  для элементов блока защиты и управления в зависимости от коэффициента нагрузки и температуры элементов приведены в Приложении В .

Сначала, используя номограммы, определяем значение интенсивности отказов элементов блока управления и защиты при температуре  $t_1^\circ=30^\circ\text{C}$ , затем определяем значения интенсивности отказов при температуре соответственно  $t_2^\circ=50^\circ\text{C}$ ;  $t_3^\circ=70^\circ\text{C}$ .

Суммарная интенсивность отказов  $\Sigma\lambda_{j_3}$  с учетом условий эксплуатации  $\lambda_{s_3}$  определяется по формуле:

$$\lambda_{s_3} = k_3 \cdot \sum \lambda_{j_3} \quad (4.6)$$

Суммарная интенсивность отказов с учетом условий эксплуатации определяется при температуре  $t_1^\circ=30^\circ\text{C}$ , затем при температуре соответственно  $t_2^\circ=50^\circ\text{C}$ ;  $t_3^\circ=70^\circ\text{C}$ .

После этого необходимо рассчитывать результирующую вероятность безотказной работы  $P_3(t)$  и среднее время безотказной работы для  $T_{cp.3}$  блока защиты и управления по формулам 4.7, 4.8 для каждой из заданных температур ( $t_1^\circ=30^\circ\text{C}$ ,  $t_2^\circ=50^\circ\text{C}$ ;  $t_3^\circ=70^\circ\text{C}$ ).

$$P_\Sigma(t) = \exp(-\lambda_{s_3} \cdot t) \quad (4.7)$$

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_{s_3}} \quad (4.8)$$

Результаты всех расчетов необходимо представить в таблицу «Результаты расчета».

После чего построить графики температурных зависимостей  $P t = f t^\circ$  и  $\lambda_s = f t^\circ$

Рекомендуется все расчеты произвести в программе Microsoft Excel.

По результатам расчетом необходимо сделать выводы о зависимости количественных показателей надежности от условий эксплуатации, предложить методы повышения данных показателей.

Пример ориентировочного и уточненного расчетов количественных показателей надежности аналогичного устройства приведен в Приложении Г.

В заключении формулируются выводы, характеризующие степень решения задач, которые ставились при разработке курсового проекта.



Работа с литературой является неотъемлемой составной частью как научных исследований, так и практических разработок. Поэтому в прилагаемом к данным методическим указаниям перечне рекомендованной литературы приведена только часть литературных источников, необходимая для первого ознакомления с исследуемым вопросом, остальную литературу по разрабатываемой теме нужно после консультации с руководителем подобрать самостоятельно.

Подбирая литературу (монографии, брошюры, журнальные статьи и т.п.), необходимо учитывать время ее издания. В первую очередь следует использовать литературу последних лет.

## **5 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

*- По ГОСТ 7.32-2001 общие требования:*

1) текст печатается на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210 x 297)

2) межстрочный интервал (интерлиньяж) – 1,5

3) цвет шрифта - черный

4) тип шрифта ГОСТом не определен, но для рефератов и квалификационных выпускных работ специальностей гуманитарного профиля - Times New Roman; для всех курсовых, дипломных работ и проектов, а также отчетов технического профиля тип шрифта - GOST type A

5) размер шрифта (кегель) – основной 14, для заполнения таблиц – 12

6) абзацный отступ 1,5 см (ГОСТ 2.105-95)

7) выравнивание текста – по ширине листа

8) размеры полей: правое - 10 мм, верхнее и нижнее - 20 мм, левое - 30 мм.

9) страницы работы нумеруются арабскими цифрами (нумерация сквозная по всему тексту). Номер страницы ставится в правой нижней части листа без точки. Титульный лист включается в общую нумерацию, номер на нем не ставится.

*- По ГОСТ 7.32-2001 оформление заголовков:*

10) заголовки структурных элементов работы (содержание, введение, заключение, список использованных источников, приложения и др.) располагают центрировано, без точки в конце и печатают прописными буквами (размер шрифта – 16, полужирный) без подчеркивания.

11) каждый структурный элемент (введение, заключение, список использованных источников, приложение) следует начинать с новой страницы, порядковый номер перед ними не ставят

12) главы основной части работы нумеруют арабскими цифрами без точки, печатают прописными буквами и начинают печатать с нового листа

13) главы делятся на параграфы, которые в свою очередь могут делиться на пункты и подпункты (и более мелкие разделы). Номер параграфа состоит из номера главы и параграфа в главе, разделенных точкой. В конце номера точка не ставится. Аналогичным образом нумеруются и пункты в параграфе.

Например: 2.4.2 Анализ результатов

Если в главе всего один параграф, или в параграфе один пункт, параграф и пункт все равно нумеруются. Заголовки параграфов, пунктов и подпунктов печатают с абзацного отступа строчными буквами, начиная с прописной, шрифт полужирный, размер шрифта - 14.

14) если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Переносы слов в заголовках не допускаются. Заголовок может быть напечатан в 2-3 строки через 1 интерлиньяж, при этом каждая строка должна сохранять смысловое значение

15) расстояние между заголовком и текстом -3 интервала. Расстояние между заголовками главы и заголовком параграфа - 2 интервала.

*- По ГОСТ 7.32-2001 оформление содержания:*

16) заголовок СОДЕРЖАНИЕ пишется прописными буквами посередине строки

17) содержание включает введение, наименование всех глав, параграфов, пунктов, заключение, список использованных источников и наименование приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы работы.

18) наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы (ГОСТ 2.105-95)

*- По ГОСТ 7.32-2001 оформление рисунков:*

19) на все рисунки в тексте должны быть даны ссылки

Например: На рисунке 2 приводится схема...

20) рисунки должны располагаться непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице

21) нумеруются рисунки арабскими цифрами, при этом нумерация сквозная. Слово «Рисунок» пишется полностью, после чего через тире следует

подпись к рисунку

Например: Рисунок 2 – Термометр Fisher Rosemount тип 0065RTD

22) Номер рисунка и подпись располагается центрировано непосредственно под рисунком, точка в конце названия не ставится

- По ГОСТ 7.32-2001 оформление таблиц:

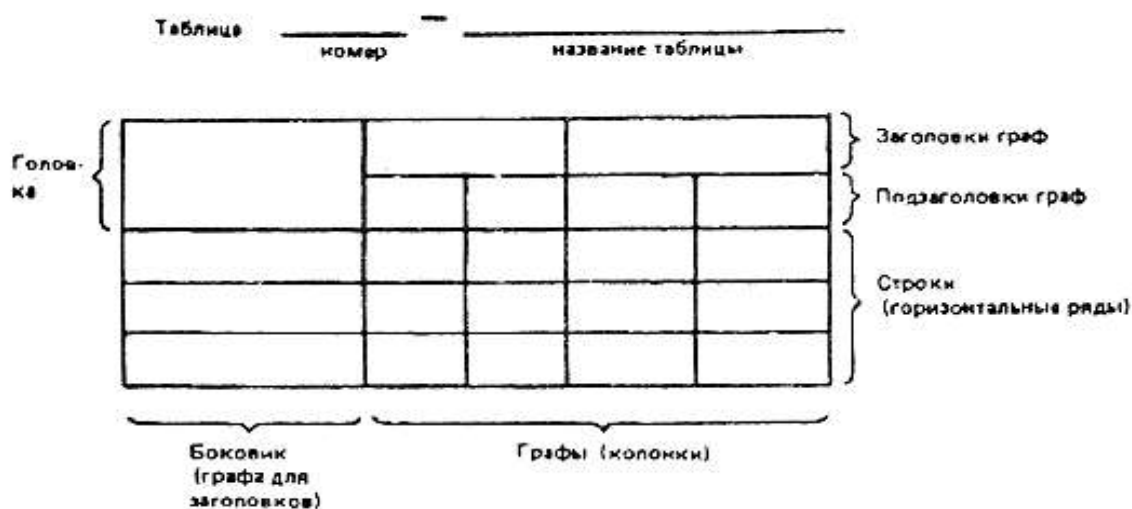
23) на все таблицы в тексте должны быть ссылки. Таблица должна располагаться непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

24) Все таблицы нумеруются арабскими цифрами (нумерация сквозная). Каждая таблица должна иметь тематический заголовок, который следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

Например: Таблица 3 – Сетевой график производства монтажных работ

Точка в конце тематического заголовка не ставится.

25) Каждая таблица имеет следующие структурные элементы:



26) заголовки столбцов и строк таблицы пишут прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки столбцов - со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков столбцов и строк точки не ставят. Размер шрифта при заполнении таблиц – 12, интерлиньяж

- 1

27) при переносе таблицы на следующую страницу название помещают только над первой частью, а над таблицей пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы.

Например: Продолжение Таблицы 1

28) если таблицу переносят на следующую страницу, то все столбцы (графы) нумеруют и на следующую страницу переносят не головку таблицы, а только номера столбцов

29) если таблица имеет большое количество столбцов, допускается делить ее на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы

30) заголовки столбцов, как правило, записывают параллельно строкам таблицы, но при необходимости допускается их перпендикулярное расположение.

31) Строки боковика заполняют строчными буквами, начиная с прописной, при этом между однострочными элементами боковика таблицы – двойной интервал; многострочные элементы боковика пишут через 1 интерлиньяж, с абзацным отступом первой строки 0,5 см

32) если в столбцах таблицы приводится текстовый материал – выравнивание по верхнему краю, если цифровой материал – по нижнему

33) горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей.

34) головка таблицы в любом случае должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

*- По ГОСТ 7.32-2001 оформление формул и уравнений:*

35) формулы и уравнения следует выделять из текста в отдельную строку. Над и под каждой формулой или уравнением нужно оставить по пустой строке

36) если нужны пояснения к символам и коэффициентам, то они приводятся сразу под формулой в той же последовательности, в которой они идут в формуле, без абзацного отступа

37) все формулы нумеруются (нумерация сквозная). Номер проставляется арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке (14,5 см). *Например:*

$$A = a:b \quad (4)$$

- По ГОСТ 7.32-2001 оформление перечислений:

38) перед каждым перечислением следует ставить дефис (маркированный список)

39) если даются ссылки в тексте на одно из перечислений перед ним ставят строчную букву (за исключением ё, з, й, о, ч, ь, ы, ъ).

40) для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа.

a) \_\_\_\_\_

б) \_\_\_\_\_

1) \_\_\_\_\_

2) \_\_\_\_\_

в) \_\_\_\_\_

- По ГОСТ 7.32-2001 оформление приложений:

41) в тексте работы на все приложения должны быть даны ссылки.

42) приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте.

43) каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «ПРИЛОЖЕНИЕ» и его обозначения. Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста строчными буквами, начиная с прописной отдельной строкой.

44) приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова

«Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность

Например: ПРИЛОЖЕНИЕ Б

45) нумерация страниц приложений и основного текста должна быть сквозная.

- По ГОСТ 7.32-2001 список литературы, который должен называться «Список использованных источников».

Государственного стандарта по оформлению списка литературы нет, но существует общепринятая практика:

46) структура списка литературы следующая:

- нормативные акты;
- книги;
- печатная периодика;
- источники на электронных носителях локального доступа;
- источники на электронных носителях удаленного доступа (т.е.

Интернет - источники).

Например:

1. Ключев, А.С. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования [Текст] / Справочное пособие/ А. С. Ключев, А. Т. Лебедев, С. А. Ключев, А. Г. Товарнов; Под ред. А. С. Ключева.-2-е изд., перераб. и доп.- М.:Энергоатомиздат, 1989.-368 с., ил.

2. Голубятников, В.А. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности [Текст] / Учебник для техникумов/ В. А. Голубятников, В. В. Шувалов.-2-е изд., перераб. и доп.-М.; Химия, 1985.-352 с., ил.

Титульный лист пояснительной записки и лист «Содержание» оформляются в соответствии с приложениями А и Б. Приложение В – Номограммы для определения значения коэффициента, учитывающего условия эксплуатации для элементов блока управления и защиты в зависимости от коэффициента нагрузки и температуры элементов.

## **6 ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Курсовой проект должен содержать все предусмотренные заданием результаты проектирования. Объем курсового проекта 25-30 страниц. Сроки выполнения отдельных разделов и курсового проекта в целом, должны соответствовать графику выполнения работ, составленному преподавателем. Соблюдение сроков обязательно для студентов.

Законченный и подписанный студентом курсовой проект в установленный срок сдается руководителю для оценки и рецензирования. Для оценки проекта служат требования, предъявляемые к его содержанию и оформлению, среди которых в первую очередь учитываются следующие:

- четкое формулирование целей и задач;
- соответствие содержания частей теме курсового проекта и степень полноты ее раскрытия;
- умение логично и аргументировано излагать материал;
- своевременное выполнение частей курсового проекта, в соответствии с представленным графиком;
- соответствие оформления пояснительной записки и графической части проекта стандарту организации.

Защита курсового проекта носит публичный характер и включает доклад студента, а также его обсуждение. Студент должен кратко обосновать актуальность темы, сформулировать цель и задачи курсового проекта, охарактеризовать объект и предмет исследования, изложить основные выводы по установке оборудования в проектное положение, мероприятия по устранению выявленных дефектов и износа. Защита курсового проекта должна сопровождаться ее презентацией, объемом не более 10-15 слайдов. Защита состоит из доклада продолжительностью 5-8 минут, ответов на вопросы руководителя и присутствующих.

Оценка проставляется по совокупности качества разработанного проекта и его защиты. Бланк предоставляется комиссии, при этом, пункты, оцениваемые руководителем, заполняются до процедуры защиты.



Виды оценок КП	Критерии оценок	Баллы			
		2	3	4	5
<b>Оценка содержания КП</b>	Соответствие целей и задач теме ДП				
	Логичность структуры и содержания работы				
	Полнота раскрытия темы				
	Использования специальной литературы и документов				
	Достоверность и объективность результатов расчетной части проекта				
	Соответствие выводов целям и задачам КП				
	Умение выделить и обосновать практическую значимость				
<b>Оценка в процессе защиты</b>	Свободное владение содержанием работы				
	Логика построения доклада				
	Умение обобщать и делать выводы				
	Знание специальной терминологии				
	Грамотная речь				
	Аргументированность ответов на вопросы				
	Лаконичность ответов на вопросы				
	Умение презентовать себя				
	Соответствие презентации содержанию КП				
	Качество презентации				
	Соблюдение регламента				
<b>Оценка оформления КП (оценивает руководитель)</b>	Наличие табличного и графического материала				
	Отсутствие орфографических и пунктуационных ошибок				
	Соответствие оформления ПЗ предъявляемым требованиям				
	Соответствие оформления графической части ЕСКД				
<b>Оценка самостоятельности при выполнении КП и подготовке к защите (оценивает руководитель)</b>	Работа выполнялась в соответствии с графиком				
	Работа вовремя сдана в учебную часть (допуск к защите)				
	Проявлена самостоятельность при выполнении КП				
	Проявлена самостоятельность при подготовке к защите				
<b>Оценка руководителя КП (по пятибалльной системе)</b>					
<b>Итоговая оценка</b>					

2 балла – показатель отсутствует или не проявлен

3 балла – показатель слабо проявлен

4балла – показатель хорошо проявлен

5 баллов – показатель проявлен в полной мере

Максимальное количество баллов 135.

Итоговая оценка за экзамен (квалификационный)

135 - 120 баллов - оценка «5»

119 - 106 баллов – оценка «4»

105 - 90 баллов – оценка «3»

Менее 90 баллов - оценка «2»

При защите курсового проекта оцениваются все нижеперечисленные общие компетенции и профессиональные компетенции (таблица 6.1).

Таблица 6.1 - Оценка сформированности компетенций при защите курсового проекта

Оцениваемые компетенции	Основные показатели оценки результата при выполнении и защите курсового проекта
<b>Общие компетенции</b>	
ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их выполнение и качество	<ul style="list-style-type: none"> <li>– своевременное и качественное выполнение заданий;</li> <li>– обоснованность примененных методов исследования;</li> <li>– адекватная самооценка результатов деятельности.</li> </ul>
ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– инициативность и ответственность;</li> <li>– конструктивное решение проблемных ситуаций.</li> </ul>
ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– полнота литературного обзора;</li> <li>– изучение профессионально – ориентированных информационных источников;</li> <li>– умение отличить новое от традиционного;</li> <li>– умение найти необходимую информацию и правильно её интерпретировать.</li> </ul>
ОК 6. Работать в коллективе и команде, обеспечивать её сплочение, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– взаимодействие с руководителем курсового проекта;</li> <li>– знание и соблюдение профессиональной этики при ответах на вопросы комиссии.</li> </ul>
ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– инициативность и ответственность при выполнении курсового проекта;</li> <li>– адекватная самооценка результатов защиты курсового проекта;</li> <li>– соблюдение общепринятых норм поведения.</li> </ul>
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК 5.1. Осуществлять контроль параметров качества систем автоматизации.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– определение количественных показателей надежности принципиальных электрических отдельных устройств.</li> </ul>
ПК 5.2. Проводить анализ характеристик надежности систем автоматизации.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– изложение показателей надежности АСУ;</li> <li>– демонстрация методов анализа надежности АСУ в процессе проектирования.</li> </ul>
ПК 5.3. Обеспечивать соответствие состояния средств и систем автоматизации требованиям надежности	<ul style="list-style-type: none"> <li>– демонстрация умений применения методик полного расчета надежности сложных изделий и систем;</li> <li>– определение надежности изделий по результатам эксплуатации.</li> </ul>

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Улучшение эффективности и качества проектируемых АСУ невозможно без повышения надежности технических средств управления. Все это говорит о возрастании роли фактора надежности в современных условиях развития техники.

Знание основных вопросов надежности элементной базы является в настоящее время необходимым условием успешной работы в области автоматизации.

Для обеспечения эффективного анализа надежности автоматизированных систем необходима профессиональная подготовка, позволяющая выпускникам по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)», качественно производить расчет и анализ основных количественных показателей надежности, эффективно использовать основные методы повышения надежности технических систем.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Государственный образовательный стандарт по специальности 15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств(по отраслям) (базовый уровень среднего профессионального образования).

2 ГОСТ 27.002–89. Надежность в технике. Основные понятия, термины и определения. – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. – 37 с.

3 Бочкарев, С.В. Диагностика и надежность автоматизированных систем [Текст] / Учебное пособие/ С.В.Бочкарев, А.И.Цаплин.-2-е изд., перераб. и доп.- Пермь; Изд-во Пермского государственного технического университета, 20085.-485 с., ил.

4 Кофанов, Ю.Н., Теоретические основы конструирования, технологии и надежности РЭС: [Текст] / Учебник для вузов/ Ю.Н.Кофанов - М.: Радио и связь, 1991.-359 с., ил.

5 Половко, А.М. Сборник задач по теории надежности [Текст] / под ред. А.М. Половко и И.М. Маликова. – М.: Советское радио, 1972.-408 с.

6 Александровская, Л.Н. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем: [Текст] / учебник / Л.Н. Александровская, А.П. Афанасьев, А.А. Лисов. – М.: Логос, 2003. – 208 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

Приложение А – Титульный лист пояснительной записки  
Министерство образования и науки Пермского края  
ГБПОУ «Уральский химико-технологический колледж»

Специальность 15.02.07  
«Автоматизация технологических  
процессов и производств» (по  
отраслям), группа АТП -04

## **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

к курсовому проекту

**« Анализ количественных показателей надежности  
технологического устройства»**

**Вариант №**

Разработал \_\_\_\_\_ **И.О. Фамилия**

Руководитель проекта \_\_\_\_\_ С.А.Турова

## СОДЕРЖАНИЕ

### ВВЕДЕНИЕ

#### 1 АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

1.1 Основные понятия теории надежности

1.2 Количественные показатели надежности технических средств

1.3 Влияние производственных факторов на надежность технических средств

1.4 Основные методы повышения надежности технических средств

#### 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ

2.1 Техническое задание для курсового проектирования

2.2 Ориентировочный расчет надежности (без учета условий эксплуатации) заданного технологического устройства

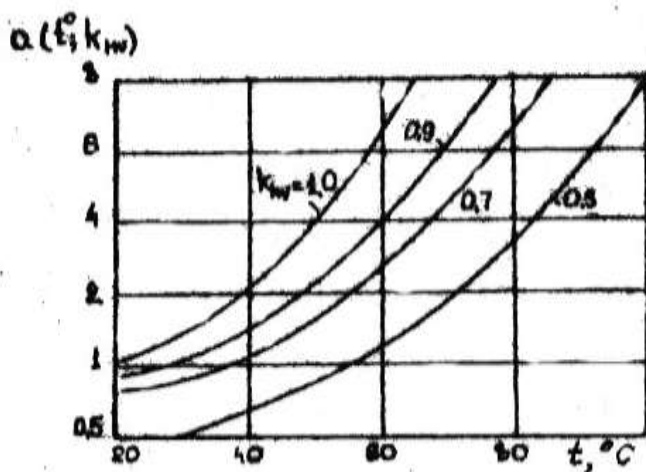
2.3 Уточненный расчет надежности (с учетом условий эксплуатации) заданного технологического устройства

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

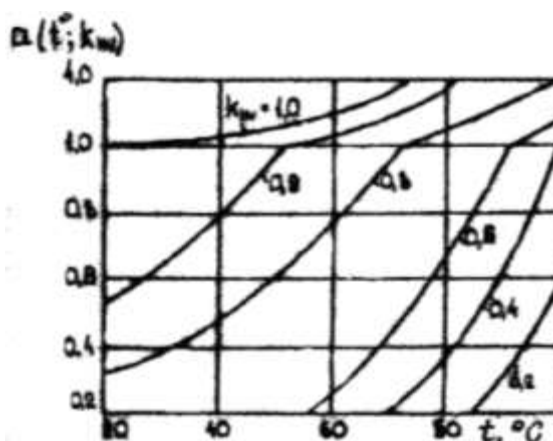
### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

## Приложение В

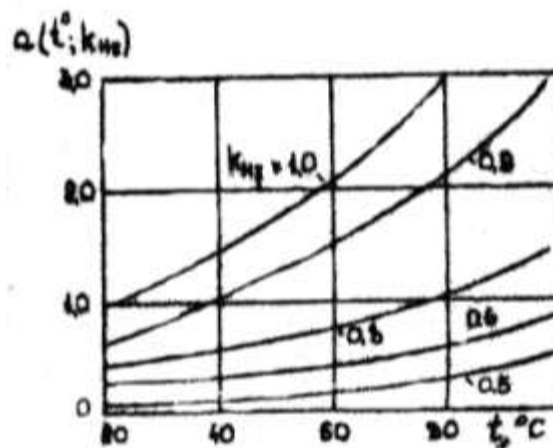
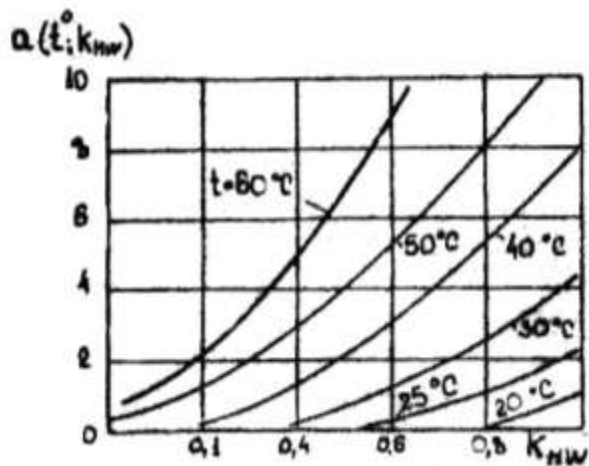
**Номограммы** для определения значения коэффициента, учитывающего условия эксплуатации  $a(t^\circ, k_H)$  для элементов блока управления и защиты в зависимости от коэффициента нагрузки и температуры элементов

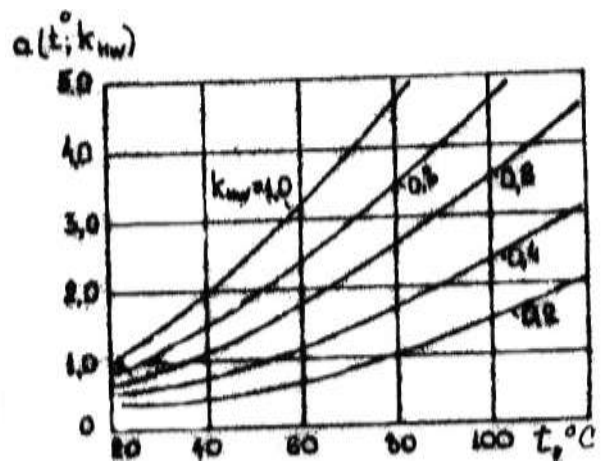
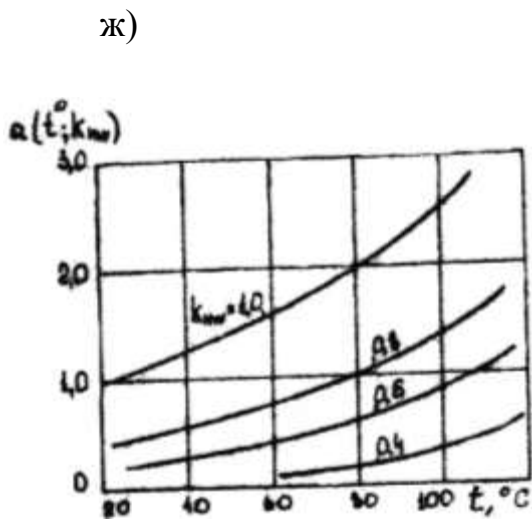
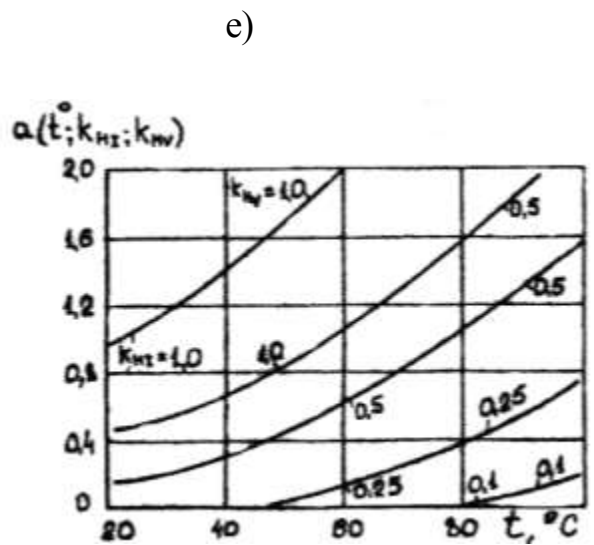
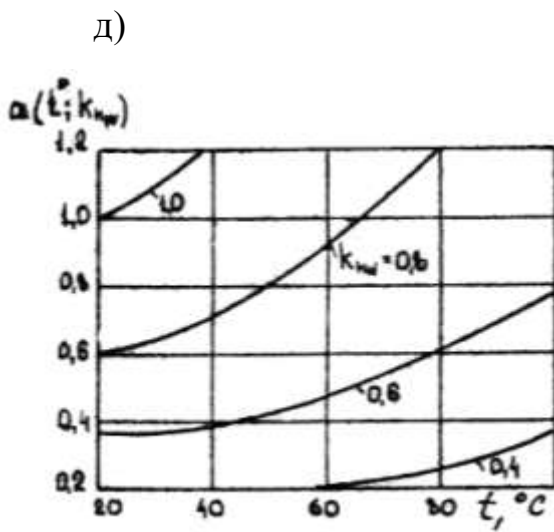
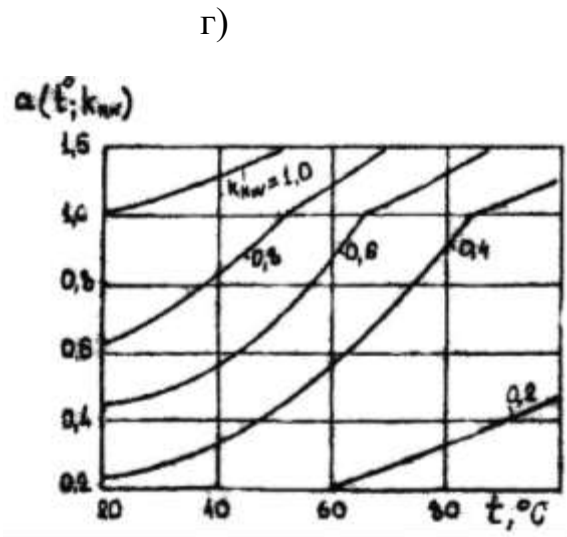
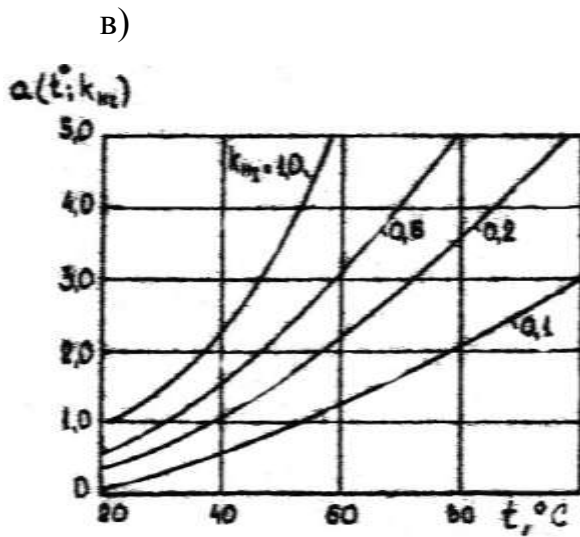


a)



б)





И)

К)

Рисунок В.1 - Семейство кривых  $a(t; k_{iV})$  для электролитических а) и слюдяных б) конденсаторов; трансформаторов и дросселе в); штепсельных



разъемов г); магнитных пускателей, контакторов, мощных реле д); металлопленочных резисторов е); проволочных резисторов ж); кремниевых диодов з); кремниевых транзисторов и); интегральных микросхем и германиевых транзисторов к).

## Пример расчета количественных характеристик надежности

### Ориентировочный расчет (без учета условий эксплуатации)

При проведении ориентированных расчетов надежности без учета условий эксплуатации необходимо считать, что анализируемый блок управления и защиты (БУ и З) структурно является последовательным, отказы элементов независимы и отказ одного элемента приводит к отказу всего БУ и З в целом.

В этом случае математическая модель отказов будет иметь экспоненциальный вид.

Таблица 1.1 - Элементы блока управления и защиты

Наименование элементов	Количество элементов
Трансформатор силовой	3
Штепсельный разъем	3
Контактор трехполюсный	3
Реле электромагнитное, три контактных группы	3
Реле пневматическое, две контактных группы	1
Конденсатор электролитический	2
Конденсатор слюдяной	6
Резистор металлопленочный	40
Резистор проволочный	2
Транзистор германиевый	16
Транзистор кремниевый	8
Диод кремниевый	4
Интегральная микросхема	6
Дроссель	3
Число часов работы	6000
Коэффициент $K_3$ , учитывающий условия эксплуатации	2

Определяем интенсивность отказа  $\lambda_i$  каждого элемента по Таблице 1.2 - Интенсивности отказов элементов при температуре окружающей среды 20°C и относительной влажности 50-70 %.

Таблица 1.2 – Интенсивности отказов элементов при температуре окружающей среды 20°C и относительной влажности 50-70 %.

Наименование элемента	$\lambda_i \cdot 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$	Наименование элемента	$\lambda_i \cdot 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$
Диоды: кремниевые	0,2	Трансформаторы: силовые	1,0
Контакты (на один контакт)	2,5	Дроссели	0,35
Разъемы штепсельные: на один штырек	0,3	Интегральные микросхемы	0,25
Реле (на одну контактную группу):	0,3	Конденсаторы:	0,25
Электромагнитные времени	1,2	Слюдяные электролитические	0,35
Транзисторы:	0,3	Резисторы:	0,04
Германиевые кремниевые	0,5	металлопленочные,	

Для каждой группы, определяем групповое значение интенсивности отказов:

для силового трансформатора:  $\lambda_{j1} = n_{j1} \cdot \lambda_{i1} = 3 \cdot 1,0 \cdot 10^{-6} = 3,0 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$

для штепсельного разъема:  $\lambda_{j2} = n_{j2} \cdot \lambda_{i2} = 3 \cdot 0,3 \cdot 10^{-6} = 0,9 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$

для контактора трехполюсного:

$$\lambda_{j3} = n_{j3} \cdot \lambda_{i3} = 3 \cdot 3 \cdot 2,5 \cdot 10^{-6} = 22,5 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для реле электромагнитного (три контактные группы):

$$\lambda_{j4} = n_{j4} \cdot \lambda_{i4} = 3 \cdot 3 \cdot 0,3 \cdot 10^{-6} = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для реле пневматического (две контактные группы):

$$\lambda_{j5} = n_{j5} \cdot \lambda_{i5} = 2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для конденсатора электролитического:

$$\lambda_{j6} = n_{j6} \cdot \lambda_{i6} = 2 \cdot 0,35 \cdot 10^{-6} = 0,7 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для конденсатора слюдяного:  $\lambda_{j7} = n_{j7} \cdot \lambda_{i7} = 6 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$

для резистора металлопленочного:

$$\lambda_{j8} = n_{j8} \cdot \lambda_{i8} = 40 \cdot 0,04 \cdot 10^{-6} = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для резистора проволочного:  $\lambda_{j_9} = n_{j_9} \cdot \lambda_{i_9} = 2 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$

для транзистора германиевого:

$$\lambda_{j_{10}} = n_{j_{10}} \cdot \lambda_{i_{10}} = 16 \cdot 0,3 \cdot 10^{-6} = 4,8 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для транзистора кремниевого:

$$\lambda_{j_{11}} = n_{j_{11}} \cdot \lambda_{i_{11}} = 8 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} = 4,0 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для диода кремниевого:  $\lambda_{j_{12}} = n_{j_{12}} \cdot \lambda_{i_{12}} = 4 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} = 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$

для интегральной микросхемы:

$$\lambda_{j_{13}} = n_{j_{13}} \cdot \lambda_{i_{13}} = 6 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для дросселя:  $\lambda_{j_{14}} = n_{j_{14}} \cdot \lambda_{i_{14}} = 3 \cdot 0,35 \cdot 10^{-6} = 1,05 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$

Интенсивность отказов БУ и З в целом определяется суммой интенсивностей отказов всех групп составляющих элементов:

$$\lambda_s = \sum (\lambda_{i_1} \div \lambda_{i_{14}}) = 47,65 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

Результирующая вероятность безотказной работы без учета условий эксплуатации определяется по формуле:

$$P_s(t) = e^{-\lambda_s \cdot t} = \exp(-47,65 \cdot 10^{-6} \cdot 6000) = 0,751$$

Среднее время безотказной работы БУ и З ( $T_{cp}$ ) без учета условий эксплуатации определяется по формуле:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_s} = \frac{1}{47,65 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}} = 21 \cdot 10^3 \text{ ч}$$

Расчет надежности анализируемого блока управления и защиты без учета условий эксплуатации показал, что результирующая вероятность безотказной работы всей системы равна 0,751, что является низкой величиной. Это является следствием высокого значения интенсивности отказа некоторых элементов системы (например, контактор, реле времени). Для увеличения вероятности безотказной работы рекомендуется, либо заменить эти элементы более надежными (например, контактор заменить пускателем), либо зарезервировать их элементами с более большей вероятностью безотказной работы. Но на практике данные рекомендации выполнить не всегда является возможным.

## Уточненный расчет (с учетом условий эксплуатации)

При проведении уточненного расчета надежности с учетом условий эксплуатации необходимо учитывать воздействия внешней среды, в которой функционирует БУ и З (температура, влажность, давление, вибрация, запыленность и т.п.), а также особенности энергетического режима работы самого БУ и З (выделяемой элементами БУ и З тепловой энергии, величин электромагнитных нагрузок, механических напряжений и т.п.). Степень влияния различных факторов условий эксплуатации на показатели надежности различна. При приближенных расчетах учет влияния условий эксплуатации на надежность работы БУ и З производят путем введения следующих показателей:

температура поверхности элемента  $t^{\circ}$ ;

коэффициент внешних условий  $k_3$ , суммарно учитывающий остальные внешние условия эксплуатации;

коэффициент нагрузки элемента  $k_n$ , представляющий отношение фактических значений нагрузки к номинальным.

Параметры электрических нагрузок для различных элементов БУ и З различны. Так, для резисторов параметром нагрузки является мощность рассеивания; для конденсаторов – рабочее напряжение; для полупроводниковых диодов - выпрямленный ток и обратное напряжение; для транзисторов – суммарная мощность рассеивания на переходах в непрерывном и импульсном режимах; для трансформаторов – мощность первичной обмотки; для дросселей – плотность тока в обмотках; для электрических машин – рабочая мощность; для пускателей, переключателей, штепсельных разъемов – ток, протекающий через контакты; для реле – ток через контакты и время нахождения обмотки под напряжением. Поэтому при расчете показателей надежности БУ и З с учетом условий эксплуатации следует различать коэффициент нагрузки по току  $k_{I_i} = I/I_i$ , коэффициент нагрузки по напряжению  $k_{U_i} = U/U_i$  и коэффициент нагрузки по мощности  $k_{P_i} = P/P_i$ .

Таблица 1.3 – Коэффициенты нагрузки электротехнических устройств

Наименование элемента	Коэффициент нагрузки	Рекомендуемое значение
Диоды	$k_{Hi}, k_{Hv}$	0,7
Дроссели	$k_{Hi}$	0,9
Конденсаторы	$k_{Hv}$	0,85
Коммутационные элементы	$k_{Hi}$	0,9
Резисторы	$k_{Hw}$	0,8
Реле, контакторов, магнитные пускатели	$k_{Hi}$	0,8
Транзисторы, интегральные микросхемы	$k_{Hw}$	0,85
Трансформаторы силовые	$k_{Hw}$	0,9
Трансформаторы вращающиеся	$k_{Hv}$	0,95
Электрические машины	$k_{Hw}$	0,9

Результирующее значение интенсивности отказов элементов БУ и З с учетом условий эксплуатации  $\lambda_{j\theta}$  можно определить по формуле:

$$\lambda_{j\theta} = \lambda_i \cdot n_j \cdot a(t^\circ, k_H)$$

при температуре  $t_1^\circ = 40^\circ\text{C}$  внутри блока управления и защиты:

для силового трансформатора :

$$\lambda_{j\theta 1}^{40^\circ\text{C}} = n_{j_1} \cdot \lambda_{i_1} \cdot a(t^\circ, k_H)_1 = 3 \cdot 1,0 \cdot 7 \cdot 10^{-6} = 21,0 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для штепсельного разъема:

$$\lambda_{j\theta 2}^{40^\circ\text{C}} = n_{j_2} \cdot \lambda_{i_2} \cdot a(t^\circ, k_H)_2 = 0,3 \cdot 3 \cdot 0,55 \cdot 10^{-6} = 0,495 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для контактора трехполюсного:

$$\lambda_{j\theta 3}^{40^\circ\text{C}} = n_{j_3} \cdot \lambda_{i_3} \cdot a(t^\circ, k_H)_3 = 3 \cdot 3 \cdot 2,5 \cdot 2,05 \cdot 10^{-6} = 46,125 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для реле электромагнитного (три контактные группы):

$$\lambda_{j\theta 4}^{40^\circ\text{C}} = n_{j_4} \cdot \lambda_{i_4} \cdot a(t^\circ, k_H)_4 = 3 \cdot 3 \cdot 0,3 \cdot 2,05 \cdot 10^{-6} = 5,535 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для реле пневматического (две контактные группы):

$$\lambda_{j \ni 5}^{40^\circ C} = n_{j_5} \cdot \lambda_{i_5} \cdot a(t^\circ, k_H)_5 = 2 \cdot 1,2 \cdot 2,05 \cdot 10^{-6} = 4,92 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для конденсатора электролитического:

$$\lambda_{j \ni 6}^{40^\circ C} = n_{j_6} \cdot \lambda_{i_6} \cdot a(t^\circ, k_H)_6 = 2 \cdot 0,35 \cdot 1,20 \cdot 10^{-6} = 0,84 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для конденсатора слюдяного:

$$\lambda_{j \ni 7}^{40^\circ C} = n_{j_7} \cdot \lambda_{i_7} \cdot a(t^\circ, k_H)_7 = 6 \cdot 0,25 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} = 0,75 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для резистора металлопленочного:

$$\lambda_{j \ni 8}^{40^\circ C} = n_{j_8} \cdot \lambda_{i_8} \cdot a(t^\circ, k_H)_8 = 40 \cdot 0,04 \cdot 0,82 \cdot 10^{-6} = 1,312 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для резистора проволочного:

$$\lambda_{j \ni 9}^{40^\circ C} = n_{j_9} \cdot \lambda_{i_9} \cdot a(t^\circ, k_H)_9 = 2 \cdot 0,1 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6} = 0,14 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для транзистора германиевого:

$$\lambda_{j \ni 10}^{40^\circ C} = n_{j_{10}} \cdot \lambda_{i_{10}} \cdot a(t^\circ, k_H)_{10} = 16 \cdot 0,3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} = 7,2 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для транзистора кремниевого:

$$\lambda_{j \ni 11}^{40^\circ C} = n_{j_{11}} \cdot \lambda_{i_{11}} \cdot a(t^\circ, k_H)_{11} = 8 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6} = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для диода кремниевого:

$$\lambda_{j \ni 12}^{40^\circ C} = n_{j_{12}} \cdot \lambda_{i_{12}} \cdot a(t^\circ, k_H)_{12} = 4 \cdot 0,2 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6} = 0,64 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для интегральной микросхемы:

$$\lambda_{j \ni 13}^{40^\circ C} = n_{j_{13}} \cdot \lambda_{i_{13}} \cdot a(t^\circ, k_H)_{13} = 6 \cdot 0,25 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} = 2,25 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для дросселя:

$$\lambda_{j \ni 14}^{40^\circ C} = n_{j_{14}} \cdot \lambda_{i_{14}} \cdot a(t^\circ, k_H)_{14} = 3 \cdot 0,35 \cdot 7 \cdot 10^{-6} = 7,35 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

при температуре  $t_2 = 50^\circ C$  внутри блока управления и защиты:



для силового трансформатора :

$$\lambda_{j\text{э}1}^{50^\circ C} = n_{j_1} \cdot \lambda_{i_1} \cdot a(t^\circ, k_H)_1 = 3 \cdot 1,0 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 30 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для штепсельного разъема:

$$\lambda_{j\text{э}2}^{50^\circ C} = n_{j_2} \cdot \lambda_{i_2} \cdot a(t^\circ, k_H)_2 = 0,3 \cdot 3 \cdot 0,65 \cdot 10^{-6} = 0,585 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для контактора трехполюсного:

$$\lambda_{j\text{э}3}^{50^\circ C} = n_{j_3} \cdot \lambda_{i_3} \cdot a(t^\circ, k_H)_3 = 3 \cdot 3 \cdot 2,5 \cdot 3,3 \cdot 10^{-6} = 74,25 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для реле электромагнитного (три контактные группы):

$$\lambda_{j\text{э}4}^{50^\circ C} = n_{j_4} \cdot \lambda_{i_4} \cdot a(t^\circ, k_H)_4 = 3 \cdot 3 \cdot 0,3 \cdot 3,3 \cdot 10^{-6} = 8,91 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для реле пневматического (две контактные группы):

$$\lambda_{j\text{э}5}^{50^\circ C} = n_{j_5} \cdot \lambda_{i_5} \cdot a(t^\circ, k_H)_5 = 2 \cdot 1,2 \cdot 3,3 \cdot 10^{-6} = 7,92 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для конденсатора электролитического:

$$\lambda_{j\text{э}6}^{50^\circ C} = n_{j_6} \cdot \lambda_{i_6} \cdot a(t^\circ, k_H)_6 = 2 \cdot 0,35 \cdot 1,9 \cdot 10^{-6} = 1,33 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для конденсатора слюдяного:

$$\lambda_{j\text{э}7}^{50^\circ C} = n_{j_7} \cdot \lambda_{i_7} \cdot a(t^\circ, k_H)_7 = 6 \cdot 0,25 \cdot 0,62 \cdot 10^{-6} = 0,93 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для резистора металлопленочного:

$$\lambda_{j\text{э}8}^{50^\circ C} = n_{j_8} \cdot \lambda_{i_8} \cdot a(t^\circ, k_H)_8 = 40 \cdot 0,04 \cdot 0,99 \cdot 10^{-6} = 1,584 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для резистора проволочного:

$$\lambda_{j\text{э}9}^{50^\circ C} = n_{j_9} \cdot \lambda_{i_9} \cdot a(t^\circ, k_H)_9 = 2 \cdot 0,1 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6} = 0,16 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для транзистора германиевого:

$$\lambda_{j\text{э}10}^{50^\circ C} = n_{j_{10}} \cdot \lambda_{i_{10}} \cdot a(t^\circ, k_H)_{10} = 16 \cdot 0,3 \cdot 2,0 \cdot 10^{-6} = 9,6 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для транзистора кремниевого:

$$\lambda_{j\text{э}11}^{50^\circ C} = n_{j_{11}} \cdot \lambda_{i_{11}} \cdot a(t^\circ, k_H)_{11} = 8 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6} = 2,8 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для диода кремниевого:

$$\lambda_{j\text{э}12}^{50^\circ\text{C}} = n_{j12} \cdot \lambda_{i12} \cdot a(t^\circ, k_H)_{12} = 4 \cdot 0,2 \cdot 1,0 \cdot 10^{-6} = 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для интегральной микросхемы:

$$\lambda_{j\text{э}13}^{50^\circ\text{C}} = n_{j13} \cdot \lambda_{i13} \cdot a(t^\circ, k_H)_{13} = 6 \cdot 0,25 \cdot 2,0 \cdot 10^{-6} = 3,0 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для дросселя:

$$\lambda_{j\text{э}14}^{50^\circ\text{C}} = n_{j14} \cdot \lambda_{i14} \cdot a(t^\circ, k_H)_{14} = 3 \cdot 0,35 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 10,5 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

при температуре  $t_3 = 60^\circ\text{C}$  внутри блока управления и защиты:

для силового трансформатора :

$$\lambda_{j\text{э}1}^{60^\circ\text{C}} = n_{j1} \cdot \lambda_{i1} \cdot a(t^\circ, k_H)_{1} = 3 \cdot 1,0 \cdot 14,5 \cdot 10^{-6} = 43,5 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для штепсельного разъема:

$$\lambda_{j\text{э}2}^{60^\circ\text{C}} = n_{j2} \cdot \lambda_{i2} \cdot a(t^\circ, k_H)_{2} = 0,3 \cdot 3 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6} = 0,63 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для контактора трехполюсного:

$$\lambda_{j\text{э}3}^{60^\circ\text{C}} = n_{j3} \cdot \lambda_{i3} \cdot a(t^\circ, k_H)_{3} = 3 \cdot 3 \cdot 2,5 \cdot 5,5 \cdot 10^{-6} = 123,75 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для реле электромагнитного (три контактные группы):

$$\lambda_{j\text{э}4}^{60^\circ\text{C}} = n_{j4} \cdot \lambda_{i4} \cdot a(t^\circ, k_H)_{4} = 3 \cdot 3 \cdot 0,3 \cdot 5,5 \cdot 10^{-6} = 14,85 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для реле пневматического (две контактные группы):

$$\lambda_{j\text{э}5}^{60^\circ\text{C}} = n_{j5} \cdot \lambda_{i5} \cdot a(t^\circ, k_H)_{5} = 2 \cdot 1,2 \cdot 5,5 \cdot 10^{-6} = 13,2 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для конденсатора электролитического:

$$\lambda_{j\text{э}6}^{60^\circ\text{C}} = n_{j6} \cdot \lambda_{i6} \cdot a(t^\circ, k_H)_{6} = 2 \cdot 0,35 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6} = 2,45 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для конденсатора слюдяного:

$$\lambda_{j\text{э}7}^{60^\circ\text{C}} = n_{j7} \cdot \lambda_{i7} \cdot a(t^\circ, k_H)_{7} = 6 \cdot 0,25 \cdot 0,82 \cdot 10^{-6} = 1,23 \cdot 10^{-6} \text{ч}^{-1}$$

для резистора металлопленочного:

$$\lambda_{j\text{э}8}^{60^\circ\text{C}} = n_{j8} \cdot \lambda_{i8} \cdot a(t^\circ, k_H)_8 = 40 \cdot 0,04 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} = 1,92 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для резистора проволочного:

$$\lambda_{j\text{э}9}^{60^\circ\text{C}} = n_{j9} \cdot \lambda_{i9} \cdot a(t^\circ, k_H)_9 = 2 \cdot 0,1 \cdot 0,91 \cdot 10^{-6} = 0,182 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для транзистора германиевого:

$$\lambda_{j\text{э}10}^{60^\circ\text{C}} = n_{j10} \cdot \lambda_{i10} \cdot a(t^\circ, k_H)_{10} = 16 \cdot 0,3 \cdot 2,4 \cdot 10^{-6} = 11,52 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для транзистора кремниевого:

$$\lambda_{j\text{э}11}^{60^\circ\text{C}} = n_{j11} \cdot \lambda_{i11} \cdot a(t^\circ, k_H)_{11} = 8 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6} = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для диода кремниевого:

$$\lambda_{j\text{э}12}^{60^\circ\text{C}} = n_{j12} \cdot \lambda_{i12} \cdot a(t^\circ, k_H)_{12} = 4 \cdot 0,2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} = 0,96 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для интегральной микросхемы:

$$\lambda_{j\text{э}13}^{60^\circ\text{C}} = n_{j13} \cdot \lambda_{i13} \cdot a(t^\circ, k_H)_{13} = 6 \cdot 0,25 \cdot 2,4 \cdot 10^{-6} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

для дросселя:

$$\lambda_{j\text{э}14}^{60^\circ\text{C}} = n_{j14} \cdot \lambda_{i14} \cdot a(t^\circ, k_H)_{14} = 3 \cdot 0,35 \cdot 14,5 \cdot 10^{-6} = 15,225 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

Значения коэффициента, учитывающего условия эксплуатации  $a(t^\circ, k_H)$  для элементов БУ и З в зависимости от коэффициента нагрузки и температуры элементов определены по зависимостям представленным на Рисунке 1.2 - Семейство кривых  $a(t^\circ; k_{iV})$ .

Суммарная интенсивность отказов  $\Sigma \lambda_{j\text{э}}$  и интенсивность отказов всего БУ и З, с учетом условий эксплуатации  $\lambda_{s\text{э}}$  определяется по формуле:

$$\lambda_{s\text{э}} = k_{\text{э}} \cdot \sum \lambda_{j\text{э}}$$

для  $40^\circ\text{C}$ :  $\lambda_{s\text{э}}^{40^\circ\text{C}} = k_{\text{э}} \cdot \sum (\lambda_{j\text{э}1}^{40^\circ\text{C}} \div \lambda_{j\text{э}14}^{40^\circ\text{C}}) = 2 \cdot 101 \cdot 10^{-6} = 202 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$

$$\text{для } 50^{\circ}\text{C: } \lambda_{s_3}^{50^{\circ}\text{C}} = k_3 \cdot \sum (\lambda_{j_1}^{50^{\circ}\text{C}} \div \lambda_{j_{14}}^{50^{\circ}\text{C}}) = 2 \cdot 152,4 \cdot 10^{-6} = 304,7 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

$$\text{для } 60^{\circ}\text{C: } \lambda_{s_3}^{60^{\circ}\text{C}} = k_3 \cdot \sum (\lambda_{j_1}^{60^{\circ}\text{C}} \div \lambda_{j_{14}}^{60^{\circ}\text{C}}) = 2 \cdot 236,2 \cdot 10^{-6} = 472,4 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$$

Рассчитываем результирующую вероятность безотказной работы  $P_3(t)$  и среднее время безотказной работы для  $T_{cp.3}$  БУ и З по формулам:

$$P_{\Sigma}(t) = \exp(-\lambda_{s_3} \cdot t)$$

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_{s_3}}$$

$$\text{для } 40^{\circ}\text{C: } P_{\Sigma}(t)^{40^{\circ}\text{C}} = \exp(-\lambda_{s_3}^{40^{\circ}\text{C}} \cdot t) = \exp(-202 \cdot 10^{-6} \cdot 6000) = 0,298$$

$$T_{cp}^{40^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{\lambda_{s_3}^{40^{\circ}\text{C}}} = \frac{1}{202 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}} = 4952,6 \text{ ч}$$

для

50°C:

$$P_{\Sigma}(t)^{50^{\circ}\text{C}} = \exp(-\lambda_{s_3}^{50^{\circ}\text{C}} \cdot t) = \exp(-304,7 \cdot 10^{-6} \cdot 6000) = 0,161$$

$$T_{cp}^{50^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{\lambda_{s_3}^{50^{\circ}\text{C}}} = \frac{1}{304,7 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}} = 3281,5 \text{ ч}$$

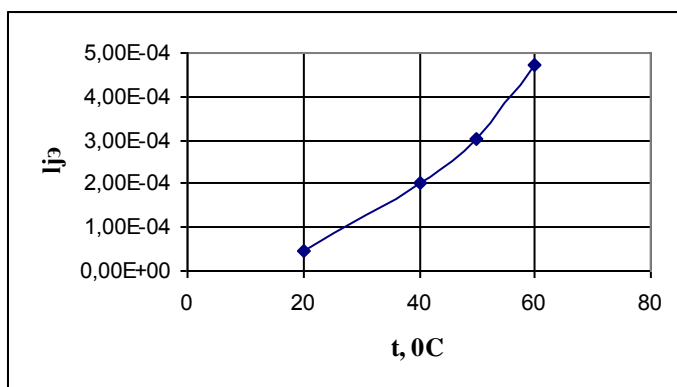
$$\text{для } 60^{\circ}\text{C: } P_{\Sigma}(t)^{60^{\circ}\text{C}} = \exp(-\lambda_{s_3}^{60^{\circ}\text{C}} \cdot t) = \exp(-472,4 \cdot 10^{-6} \cdot 6000) = 0,059$$

$$T_{cp}^{60^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{\lambda_{s_3}^{60^{\circ}\text{C}}} = \frac{1}{472,4 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}} = 2116,7 \text{ ч}$$

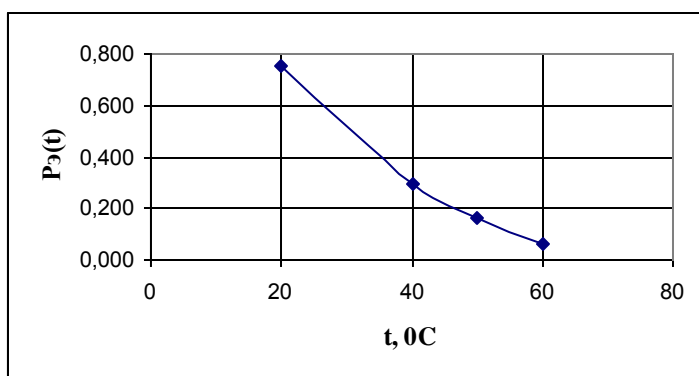
Температурные зависимости  $P(t) = f(t^{\circ})$  и  $\lambda_s = f(t^{\circ})$  представлены на рисунке 1.1 - Зависимость результирующей интенсивности отказа а) и результирующей вероятности безотказной работы б) БУ и З от температуры.

Расчет надежности анализируемого блока управления и защиты с учетом условий эксплуатации показал, что результирующая вероятность безотказной работы всей системы уменьшается при увеличении температуры элементов и вследствие влияния условий окружающей среды. Для увеличения вероятности

безотказной работы системы рекомендуется уменьшить влияние окружающей среды на элементы системы, увеличив герметичность оболочек элементов, а также недопущение перегрева элементов путем применения более лучших систем охлаждения.



а)



б)

Рисунок 1.1 - Зависимость результирующей интенсивности отказа а) и результирующей вероятности безотказной работы б) БУ и З от температуры