РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ КОМПЛЕКСОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ДОСТОВЕРНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

РТМ 25 212-86

Часть 6

1987

gost.e-ecolog.ru

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ ДИРЕКТИВНЫМ УКАЗАНИЕМ Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления от 31 декабря 1986 г. № 24-6/6-14434

ИСПОЛНИТЕЛИ: **А. Н. Зажарский**, к. т. н. (руководитель темы), **М. П. Петроченко**, к. т. н. (ответственный исполнитель), **С. Б. Михалев**, член-корр. АН БССР, д. т. н., **Ю. Г. Сидоров**, к. т. н., **И. А. Усович**, **А. М. Калистратова**

СОГЛАСОВАНО: Начальник Главсистемпрома **А. В. Долганов**
Директор НИИстандартприбора **В. П. Минаев**

© Централ. проектно-технологический институт о[illegible]ия (ЦНИИТУ), 1987

УДК 658.5.012.4.011.56

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ КОМПЛЕКСОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ДОСТОВЕРНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

РТМ 25 212-86
Часть 6
Взамен
РТМ 25 212-76

Директивным указанием Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления от 31 декабря 1986 г. № 24-6/6-14434 срок действия установлен с 01.07. 1987 г. до 01.07. 1992 г.

Настоящий РТМ распространяется на комплексы технических средств автоматизированных систем интегрированного многоуровневого управления (ИАСУ), автоматизированных систем управления (АСУ) организационно-экономическими процессами, АСУ технологическими процессами, АСУ гибкими производственными системами, автоматизированных систем проектирования.

РТМ устанавливает методику выполнения проектных работ по заданию требований к надежности и расчету их количественных значений, разработке мероприятий по обеспечению надежности КТС автоматизированных систем. РТМ является рекомендательным документом.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Интегрированные автоматизированные системы управления с точки зрения надежности - иерархические, многофункциональные, многокомпонентные, многорежимные, восстанавливаемые неоднородные системы длительного пользования, реализующие сложные алгоритмы управления.

Комплекс технических средств ИАСУ является технической базой этих систем и представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих средств вычислительной техники, объединенных единством цели управления.

I.2. В ИАСУ с учетом ГОСТ 26228-85 может быть выделено до пяти уровней иерархии управления: предприятием, цехом, производственным участком, производственной линией, отдельным производственным модулем.

В число компонент ИАСУ входят системы управления информационного типа - АСУ организационно-экономическими процессами (АСУП), автоматизированные системы проектирования (АСПР) и системы информационно-управляющего типа - АСУ технологическими процессами, АСУ гибкими производственными системами (АСУ ГПС).

I.3. Надежность ИАСУ - это способность системы выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения эксплуатационных показателей в заданных пределах при заданных условиях эксплуатации.

Под функцией понимается составляющая алгоритма управления, выполняющая самостоятельную роль, например, отдельная задача или комплекс задач, входящих в ту или иную функциональную подсистему АСУ. Функции могут существенно различаться по сложности реализации и их роли в управляемом процессе, по техническим и

кономическим последствиям отказов.

I.4. Выполнение каждой функции осуществляется одним или несколькими элементами КТС. Элемент - это условно неделимая при оценке надежности часть КТС, как правило, отдельное техническое средство (ТС), входящее в КТС. Один элемент может участвовать в выполнении нескольких функций.

Совокупность элементов, участвующих в выполнении отдельной функции, образует контур обслуживания (КО). Число КО соответствует числу рассматриваемых функций.

I.5. Отказом функции, учитываемым при оценке надежности КТС ИАСУ и ее компонент, считается полная потеря способности системы выполнять эту функцию или нарушение хотя бы одного из требований, предъявляемых к качеству выполнения функции при заданных условиях эксплуатации системы управления и нормально функционирующем объекте управления.

I.6. Отказы функции вызваны отказами соответствующего КО. Для КО ИАСУ характерны как полные, так и частичные отказы. Отказ КО - это частичная или полная утрата свойств, которая снижает работоспособность (частичный отказ) или приводит к полной ее утрате (полный отказ). Частичные отказы КО вызывают снижение эффективности работы КО и качества выполнения соответствующей функции АСУ. Полные отказы КО приводят к отказу функции.

Характер отказа КО соответствует состояниям работоспособности контура и определяется отказами элементов КО. Число состояний работоспособности определяется числом входящих в контур элементов (q) и в общем случае равно 2^q. Для сокращения количества рассматриваемых состояний предлагается исключить из рассмотрения маловероятные состояния, в первую очередь, одновременный отказ двух и более элементов.

I.7. Кроме того, для обеспечения простоты и сокращения трудоемкости расчетов предлагается считать потоки отказов и восстановлений КТС и его элементов стационарными и ординарными, законы распределения вероятностей отказов - экспоненциальными, что хорошо согласуется с реальными условиями функционирования КТС.

I.8. Требования к надежности КТС ИАСУ задаются на систему в целом и затем распределяются по ее составляющим компонентам (АСУП, АСПР, АСУ ТП, АСУ ГПС). Установление требований производится совместно с заказчиком на этапе разработки технических заданий на ИАСУ и ее компоненты. При необходимости они могут уточняться в процессе проектирования и опытной эксплуатации АСУ.

На этапе разработки технического задания должна быть разработана программа работ по обеспечению надежности разрабатываемой АСУ, определяющая состав и содержание работ и прилагаемая к ТЗ на систему (см.рекомендуемое приложение I).

Расчет параметров надежности производится на этапе разработки технического проекта и оформляется отдельным документом "Проектная оценка надежности КТС" либо в виде соответствующего раздела документа "Описание КТС" согласно ГОСТ 24.206-80.

2. ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ КТС ИАСУ

2.I. Номенклатура показателей надежности ИАСУ и ее компонент определяется в соответствии с ГОСТ 27.003-83, ГОСТ 24.701-86 и включает единичные и комплексные показатели.

В качестве единичных используются:

средняя наработка на отказ - T_0;

среднее время восстановления - $T_в$;

вероятность безотказной работы за время t - $P(t)$.

В качестве комплексных показателей используются:

коэффициент готовности - $К_г$;

коэффициент оперативной готовности за время t - $К_{ог}(t)$;

коэффициент технического использования - $К_{ти}$;

коэффициент сохранения эффективности за время t - $К_{эф}(t)$.

Эти показатели характеризуют безотказность и ремонтопригодность, оценка которых обязательна для всех компонент ИАСУ. В отдельных случаях может оцениваться долговечность КТС, характеризуемая показателем - срок службы ($Т_с$).

2.2. Показатели $Т_о$, $Т_в$, $Р(t)$, $К_г$, $К_{ог}(t)$ предназначены для задания требований и оценки надежности отдельных технических средств, а также надежности выполнения отдельной функции (контура обслуживания). Надежность всего КТС ИАСУ и ее компонент, например, АСУ ГПС, оценивается показателем $К_{эф}(t)$.

2.3. Физический смысл показателей $Т_в$, $Т_о$, $Р(t)$ не требует пояснений. Коэффициент готовности характеризует вероятность (долю времени) работоспособного состояния элемента и определяется выражением (I):

$$K_г = \frac{T}{T_о + T_в} \cdot \qquad (1)$$

Физический смысл коэффициента оперативной готовности - вероятность того, что к моменту начала выполнения функции система (элемент) будет находиться в работоспособном состоянии и останется в нем в течение времени t ;

$$K_{ог}(t) = K_г \cdot P(t). \qquad (2)$$

2.4. Коэффициент сохранения эффективности отражает снижение эффективности функционирования системы из-за ненадежности ее элементов. Для КТС ИАСУ и ее компонент коэффициент сохране-

ния эффективности - это доля выполняемых реальным КТС функций (задач, заявок и т.п.) в течение заданного времени t от объема функций, выполняемых за тот же период абсолютно надежным КТС. Иначе, $K_{эф}(t)$ есть вероятность выполнения КТС заданного объема функций.

Если в общем объеме функций системы имеют функции, оказывающие либо доминирующее, либо слабое влияние на общий выходной эффект системы, то для упрощения расчетов могут учитываться только доминирующие (основные) функции.

Для АСУ информационного типа (АСУП, АСПР) в качестве рассматриваемого периода времени рекомендуется выбирать отрезок времени, соответствующий максимальному периоду решаемых в системе задач (для пакетного режима обработки), либо периоду пиковой нагрузки (для режимов реального времени) - сутки, неделя, месяц, квартал.

Для АСУ информационно-управляющего типа (АСУ ТП, АСУ ГПС) значение рассматриваемого периода времени рекомендуется выбирать из ряда $t = \{1,8,16,24\}$ час.

3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

3.1. Для расчета параметров надежности КТС ИАСУ необходимы следующие исходные данные:

перечень компонент ИАСУ;

перечень функций и признаки отказов по каждой функции;

описание структуры КТС ИАСУ и ее компонент, условий эксплуатации, режимов работы КТС и отдельных технических средств;

алгоритмы выполнения отдельных функций с привязкой к структуре КТС (порядок взаимодействия ТС при выполнении функции);

параметры надежности каждого элемента КТС (значения каждого ТС);

3.2. Исходные данные для расчета представляются в таблицах, примеры заполнения которых приведены в табл. I, 2.

3.3. При проведении оценки надежности КТС ИАСУ устанавливается выполнение заданных в техническом задании (ТЗ) на АСУ требований к параметрам надежности системы и ее компонент: $K_{эф}(t)$, $K_{эфj}(t)$, Ψ_j, а также к надежности выполнения отдельных функций: T_{0j}, $T_{вj}$, $P_j(t)$.

Задание в ТЗ требуемого значения $K_{эф}(t)$ обязательно, требования к остальным параметрам могут устанавливаться в процессе разработки системы.

3.4. В качестве значений T_{0i}, $T_{вi}$ следует использовать их паспортные значения, либо значения, полученные в результате надежностных испытаний. При этом, если сбои ТС приводят к полному или частичному отказу контура обслуживания, в который входит данное ТС, то необходимо использовать значения T_{0i}, $T_{вi}$ для сбоев.

4. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ КТС ИАСУ

4.I. Оценка надежности КТС ИАСУ

4.I.I. Поскольку общий эффект функционирования ИАСУ складывается из эффектов, вносимых компонентами ИАСУ, то значение коэффициента сохранения эффективности для всей системы рассчитывается по формуле (3):

$$K_{эф}(t)=\sum_{\forall j}\Psi_j \cdot K_{эфj}(t), \qquad (3)$$

где Ψ_j - весовой коэффициент (вес) j-й компоненты ИАСУ;

$K_{эфj}$ - коэффициент сохранения эффективности j-й компоненты ИАСУ (например, АСУП);

$\sum_{\forall j}$ - сумма по всем j.

Таблица I

Перечень технических средств ИАСУ и их характеристики

Номер ТС	Тип технического средства (код)	Наработка на отказ, T_{0i} (ч)	Среднее время восстановления, $T_{вi}$ (ч)	Коэффициент готовности, $K_{гi}$
I	ЕС-8401	400	I	0,998
.				
.				
.				
3I	ЕС-8501	500	I	0,097

Таблица 2

Характеристики функций (решаемых задач)

Номер	Наименование функции (задачи)	Интенсивность решений, S_j	Номер обслуживающего контура, j	Номер обслуживаемого элемента, i	Интенсивность поступления на элемент, S_{ji}
I	Расчет плана за сутки	I/сутки	I	2	I/сутки
2	Расчет результатов работы за сутки	I/сутки	I	5	I/сутки
				2	I/сутки
.					
.					
.					
27	Отладка программ пользователей	I0/час	I5	25	2/час
				26	5/час
				27	3/час
				29	I0/час
				30	I0/час

4.1.2. Весовой коэффициент Ψ_j отражает важность соответствующей компоненты ИАСУ и задается экспертно представителями заказчика и разработчика ИАСУ. При этом сумма весовых коэффициентов рассматриваемых компонент ИАСУ должна равняться единице:

$$\sum_{\forall j} \Psi_j = 1 .$$

4.2. Оценка надежности КТС компонент ИАСУ информационного типа (АСУП, АСПР)

4.2.1. Значение коэффициента сохранения эффективности КТС АСУП и АСПР определяется выражением (4):

$$K_{эф}(t) = \sum_{\forall j} V_j \cdot K_{эфj}(t) , \qquad (4)$$

где V_j - весовой коэффициент j-й функции (задачи);

$K_{эфj}(t)$ - коэффициент сохранения эффективности контура обслуживания j-й функции (j-го контура обслуживания).

4.2.2. V_j представляет собой относительный вес j-й функции в общем объеме функций, выполняемых АСУ за рассматриваемый период времени t, и определяется выражением (5):

$$V_j = \frac{n_j}{\sum_{\forall j} n_j} , \qquad (5)$$

где n_j - количество выполнений j-й функции (решений j-й задачи) за рассматриваемый период времени t.

4.2.3. В зависимости от вида соединения, с точки зрения надежности элементов j-го контура обслуживания, значения $K_{эфj}(t)$ определяются выражениями (6) - для последовательного соединения (черт. 1), (7) - для раздельного соединения (черт. 3):

$$K_{эфj}(t) = \prod_{\forall i} \cdot K_{огji}(t) , \qquad (6)$$

$$K_{эфj}(t) = \prod_{\forall i} \cdot K_{огji}(t) + \sum_{\forall i} W_{ji} \cdot Q_{ji}(t) , \qquad (7)$$

где $K_{or_{ji}}$ - коэффициент оперативной готовности i-го элемента j-го контура обслуживания;

$Q_{ji}(t)$ - вероятность нахождения j-го контура обслуживания в i-м состоянии работоспособности в течение времени t;

W_{ji} - доля выполнений j-й функции, реализуемых j-м контуром обслуживания в i-м состоянии работоспособности (при отказе i-го элемента), от общего объема выполнений j-й функции;:

$\prod_{i}$ - произведение по всем i.

Выражение (7) отражает тот факт, что в отличие от последовательного соединения элементов, где отказ любого элемента приводит к полному отказу контура обслуживания, в раздельном соединении при выходе из строя элемента наступает частичный отказ. При этом не выполняется лишь та часть объема j-й функции, которая поступает на отказавший элемент.

4.2.4. Значение W_{ji} рассчитывается по формуле (8):

$$W_{ji} = 1 - \frac{S_{ji}}{S_j}, \qquad (8)$$

где S_{ji} - интенсивность поступления задач j-го типа на i-й элемент j-го КО;

S_j - интенсивность поступления задач j-го типа.

4.2.5. Значение $K_{or_{ji}}(t)$ определяется в соответствии с (2). При этом значение вероятности безотказной работы i-го элемента рассчитывается по формуле (9):

$$P_i(t) = 1 - \frac{t}{T_{oi}}, \qquad (9)$$

где T_o - наработка на отказ i-го элемента.

4.2.6. Если i-й элемент j-го КО резервируется, то

значение его коэффициента готовности $K_{or_{ji}}(t)$ определяется по РТМ 25 376-80 как для параллельного соединения основного и резервных элементов (см.черт. 2) с учетом количества резервных элементов и вида резерва. Все остальные возможные виды соединений элементов в функционально-надежностных схемах контуров обслуживания КТС АСУ приводится к изображенным на черт. I, 2 и 3 видам.

4.2.7. $Q_{ji}(t)$ есть вероятность того, что i-й элемент j-го КО отказал, а остальные элементы контура находятся в работоспособном состоянии:

$$Q_{ji}(t)=[1-K_{or_{ji}}(t)]\cdot\prod_{\forall M\neq i}K_{or_{jM}}. \qquad (10)$$

4.3. Оценка надежности КТС компонент ИАСУ информационно-управляющего типа (АСУ ТП, АСУ ГПС)

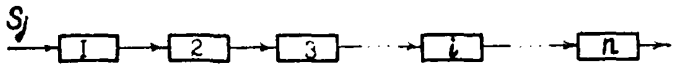
4.3.I. Расчет значения коэффициента сохранения эффективности КТС АСУ ТП и АСУ ГПС производится по формуле (4). При этом значения $K_{эф_j}(t)$ рассчитываются с помощью выражения (6), т.е. как для контуров обслуживания с последовательным соединением элементов.

4.3.2. Если заданы дополнительные требования к надежности выполнения отдельных функций по показателям T_{oj}, T_{bj}, $P_j(t)$, то расчет их значений необходимо проводить по РТМ 25 376-80. При этом рекомендуется использовать Λ-метод с основными расчетными формулами (II) и (I2), взятыми из РТМ 25 376-80 и приведенными в принятых здесь обозначениях:

$$\frac{1}{T_{oj}}=\sum_{\forall i}\frac{1}{T_{oi}}, \qquad (11)$$

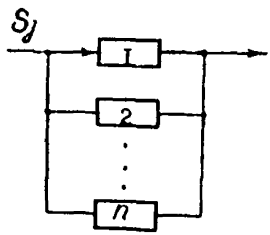
$$T_{bi}=T_{oi}\cdot\sum_{\forall i}\frac{T_{bi}}{T_{oi}}. \qquad (12)$$

Схема последовательного соединения элементов j-го контура обслуживания



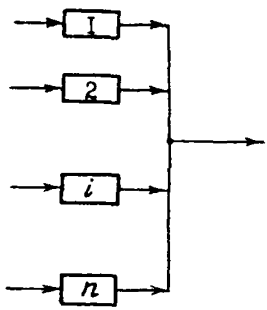
Черт. I

Схема параллельного соединения элементов j-го контура обслуживания



Черт. 2

Схема раздельного соединения элементов j-го контура обслуживания



Черт. 3

4.4. Учет достоверности преобразования информации

4.4.I. Изложенный выше метод расчета параметров надежности КТС учитывает только безотказность и ремонтопригодность технических средств. Для учета достоверности преобразования информации в расчетах необходимо учесть вероятность безошибочного выполнения функции, определяемую сбоями технических средств и ошибками, вносимыми персоналом.

4.4.2. Учет достоверности преобразования информации КТС производится перерасчетом значения $K_{or_{ji}}(t)$ с помощью выражения (I3):

$$\hat{K}_{or_{ji}}(t) = K_{or_{ji}}(t) \cdot R_{ji}, \qquad (I3)$$

где $K_{or_{ji}}(t)$ - коэффициент готовности i-го элемента j-го КО, рассчитанный по (2) (без учета достоверности преобразования информации);

R_{ji} - вероятность безошибочного выполнения всей совокупности операций по реализации j-й функции на i-м элементе.

4.4.3. Оценка безошибочности выполнения функций управления основывается на идее накопления ошибок по операциям преобразования и обработки информации с учетом влияния входного и операционного контроля, т.е. считается, что появление ошибок на отдельных операциях - события независимые, а обнаруженные ошибки исправляются.

4.4.4. Значение R_{ji} определяется выражением (I4):

$$R_{ji} = 1 - P^{*}_{ji} = 1 - \frac{M_{ji}}{\theta_{ji}}, \qquad (I4)$$

где P^{*}_{ji} - вероятность появления необнаруженной ошибки в выходной информации с i -го типа ТС по j -й функции;

M_{ji} - математическое ожидание числа ошибок в выходной информации i -го ТС по j -й функции;

θ_{ji} - объем выходной информации с i-го ТС по j -й функции.

4.4.5. Выражения для определения M_{ji} приведены в табл. 3. В формулах табл. 3 γ^{1}_{ji} γ^{2}_{ji} - эффективность соответственно входного и операционного контроля, т.е. доля обнаружения с помощью контроля ошибок на i -м ТС по j-й функции; ω_i - частота (вероятность) появления ошибок на i-м ТС при обработке информации по j -й функции.

4.4.6. Расчет $R_{ji}(t)$для ТС, у которых безошибочность обработки информации определяется действиями человека-оператора, производится по РТМ 25 677-84.

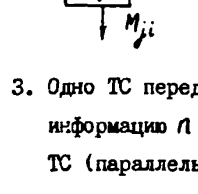
4.5. Порядок проведения оценки надежности КТС ИАСУ

4.5.I. Оценка надежности КТС ИАСУ включает последовательное определение значений $K_{эфj}(t)$ для каждой компоненты ИАСУ по выражению (4) и затем вычисление $K_{эф}(t)$ для всей ИАСУ по формуле (3). Алгоритм расчета $K_{эф}(t)$ приведен на черт. 4.

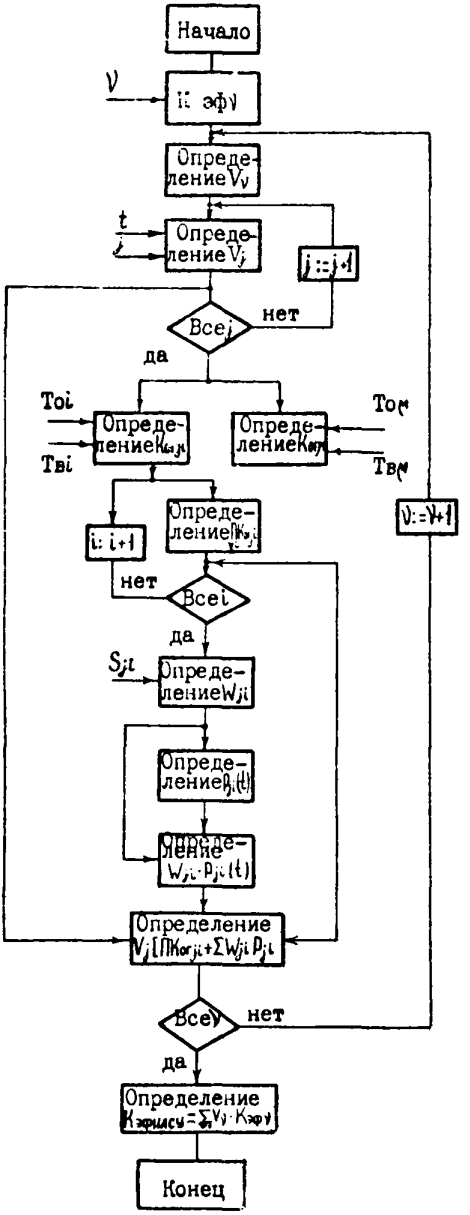
4.5.2. Определение значений $K_{эфj}(t)$ начинается с выделением контуров обслуживания каждой рассматриваемой функции и составления схем надежности выбранного КО. При этом элементы КО, отказ которых приводит к полному отказу функции, образуют последовательное соединение; резервируемые элементы - параллельное соединение; элементы, отказы которых приводят к потере некоторого объема выполняемых функций (числа решений задач) - раздельное соединение (см.черт. I-3).

Таблица 3

Выражения для определения математического ожидания числа ошибок

Вид технологической цепочки	Ожидаемое число ошибок		
	контроль информации отсутствует	входной контроль на i-м ТС	контроль при обработке на i-м ТС
1. Последовательная обработка отдельными ТС 	$M_{ji} = M_{ji-1} + \theta_{ji}\omega_{ij}$	$M_{ji} = M_{ji-1}(1-\gamma'_{ji}) + \theta_{ji}\omega_{ij}$	$M_{ji} = M_{ji-1} + \theta_{ji}\omega_{ij}(1-\gamma^2_{ji})$
2. ТС передают информацию одному ТС (раздельное соединение) 	$M_{ji} = \sum_{\forall n} M^n_{ji-1} + \theta_{ji}\omega_{ij}$	$M_{ji} = \sum_{\forall n} M^n_{ji-1} \times (1-\gamma'_{ji}) + \theta_{ji}\omega_{ij}$	$M_{ji} = \sum_{\forall n} M^n_{ji-1} + \theta_{ji}\omega_{ij}(1-\gamma^2_{ji})$
3. Одно ТС передает информацию n ТС (параллельное соединение)	$M^n_{ji} = M_{ji-1}\frac{\theta_{ji}}{\theta_{j-1}} + \theta^n_{ji}\omega^n_{ij}$	$M^n_{ji} = M_{ji-1}\frac{\theta_{ji}}{\theta_{j-1}}, \times(1-\gamma'_{ji,n}) + \theta_{ji}\omega_{ij}$	$M^n_{ji} = M_{ji-1}\frac{\theta_{ji}}{\theta_{i-1}} + \theta_{ji}\omega_{ji}(1-\gamma^2_{ji,n})$

Алгоритм расчета коэффициента сохранения эффективности ИАСУ



Черт.4

4.5.3. Следующий этап - расчет весовых коэффициентов V_j и значений коэффициента сохранения эффективности $K_{эф}(t)$ каждой функции по формулам (5), (6) или (7) соответственно. При этом, если требуется учет достоверности преобразования информации, значения коэффициентов оперативной готовности каждого элемента j-го контура обслуживания $\hat{K}_{огji}(t)$ определяются по формуле (I3). Затем определяется значение коэффициента сохранения эффективности КТС ν-й компоненты ИАСУ $K_{эф\nu}(t)$ по формуле (4).

Результаты расчетов заносятся в таблицу, пример заполнения которой приведен в табл. 4.

4.5.4. Расчеты завершаются вычислением коэффициента сохранения эффективности КТС ИАСУ $K_{эф}(t)$ по формуле (3). Результаты заносятся в таблицу, пример заполнения которой приведен в табл. 5.

4.5.5. Пример оценки надежности КТС ИАСУ приведен в справочном приложении 2.

4.6. Анализ результатов оценки надежности

4.6.I. Полученное расчетное значение $K_{эф}(t)$ указывает долю выполненных функций (решенных задач) за рассматриваемый период времени t. Ведичина $(1-K_{эф}(t))$ есть доля теряемых (нерешенных) функций (задач) из-за ненадежности элементов КТС.

4.6.2. Если необходимо проанализировать надежность выполнения отдельных функций или отдельных компонент ИАСУ, то пользуются промежуточными результатами расчетов - значе-

Таблица 4

Показатели надежности КТС j-й компоненты ИАСУ

Номер КО, j	Весовой коэффициент j-й функции, V_j	Коэффициент оперативной готовности j-го КО, $K_{or_j}(t)$	Коэффициент сохранения эффективности j-й функции, $K_{эф_j}(t)$	Коэффициент сохранения эффективности ν-й компоненты ИАСУ, $K_{эф\nu}(t)$
I	0,25	0,9725	0,9725	-
2	0,09	0,9836	0,9858	-
.				
.				
.				
I2	0,3I	0,963I	0,963I	-
				0,9622

Таблица 5

Показатели надежности КТС ИАСУ

Номер компоненты ИАСУ, ν	Наименование компоненты ИАСУ	Весовой коэффициент компоненты, ψ_ν	Коэффициент сохранения эффективности ν-й компоненты, $K_{эф\nu}(t)$	Коэффициент сохранения эффективности ИАСУ, $K_{эф}(t)$
I	АСУ основным производством	0,2	0,9622	-
2	АСПР ТПП	0,2	0,973I	-
.				
.				
.				
7	АСУ ГПС механического участка цеха № 3	0,3	0,9742	-
				0,9642

ниями $K_{эфj}(t)$ и $K_{эфj}(t)$, которые указывают долю выполненных функций j-го типа и функций j-й компоненты ИАСУ соответственно. Такой анализ позволяет вскрыть узкие, с точки зрения надежности, места и при необходимости повысить надежность введением структурного, временного, функционального резервов, а также сокращением периода ремонтно-профилактических работ. Решение о проведении таких мероприятий принимаются на основе сравнения полученных значений $K_{эфj}(t)$ и $K_{эфj}(t)$ с заданными в ТЗ.

4.6.3. Резервирование наиболее ненадежных или загруженных элементов КТС позволяет существенно увеличить значение их коэффициента оперативной готовности и, соответственно, повысить надежность всего КТС.

4.6.4. Надежность КТС как отдельных компонент ИАСУ, так и системы в целом, можно повысить также изменением регламента проведения ремонтно-профилактических работ. Значение рассматриваемого периода времени t, для которого рассчитывается $K_{эфj}(t)$, интерпретируется как период между профилактическими работами. В случае, если значение $K_{эфj}(t)$ ниже заданного в ТЗ, последовательно сокращают значение t, каждый раз производя перерасчет $K_{эфj}(t)$ для каждого t, до тех пор, пока значение коэффициента не станет удовлетворительным. При этом снижение коэффициента загрузки ЭВМ не должно быть ниже уровня, установленного Госпланом СССР. Новое значение t устанавливается как период проведения профилактических работ для данной j-й компоненты ИАСУ.

Если таким методом не удалось получить требуемое значение $K_{эф}(t)$, то используют введение структурного резервирования.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Рекомендуемое

Типовая программа обеспечения надежности АСУ

Стадии и этапы разработки АСУ	Содержание работ	Чем заканчивается работа	Срок выполнения: начало	Срок выполнения: окончание	Методы выполнения работы	Исполнители
I. Техническое задание	Разработка требований к надежности АСУ I.I. Анализ данных о технологическом объекте управления и определение предварительных технологических требований к надежности системы управления	Материалами к техническому заданию			ГОСТ 24 70I-86 РТМ 25 709-85 ГОСТ 25 472-82 РТМ 27.003-83	
	I.2. Сбор данных о надежности технических средств, которые предполагается использовать в АСУ	То же			РТМ 25 472-82 ОСТ 25 II42-84 ОСТ 25 II8I-85	
	I.3. Анализ функций разрабатываемой АСУ, определение конкретного содержания понятия отказа отдельных функций в целом, определение функций АСУ и видов их отказов, для которых необходимо нормировать требования к надежнос-	Формулировкой отдельных пунктов технического задания			ГОСТ 24.003-84 ГОСТ 27.I03-8I ГОСТ 27.I04-84 СТ СЭВ 4364-83 РТМ 25 52I-83 РТМ 25 723-85	

Стадии и этапы разработки АСУ	Содержание работ	Чем заканчивается работа	Срок выполнения: начало	Срок выполнения: окончание	Методы выполнения работы	Исполнители
	ти, выбор критериев отказа отдельных функций показателей надежности					
	I.4. Предварительная оценка надежности комплекса технических средств АСУ по основным функциям системы	Материалами к техническому заданию			РТМ 25 212-86 РТМ 25 376-80 МУ 25 678-84	
	I.5. Определение требований к надежности функционирования АСУ, вносимых в техническое задание, выбор методов оценки (контроля) надежности системы на дальнейших стадиях создания АСУ	Формулировкой отдельных пунктов технического задания			ГОСТ 24.701-86 ГОСТ 27.003-83 ГОСТ 27.401-84 ГОСТ 27.410-83 ОСТ 25 126-81	
	I.6. Утверждение программы обеспечения надежности разрабатываемой АСУ	Утвержденной программой обеспечения надежности			ОСТ 25 456-83 ОСТ 25 1103-84	

Стадии и этапы разработки АСУ	Содержание работ	Чем заканчивается работа	Срок выполнения: начало	Срок выполнения: окончание	Методы выполнения работы	Исполнители
2. Технический проект	Решение вопросов надежности АСУ на стадии технического проекта					
	2.1. Определение возможности и путей повышения надежности по различным вариантам и выбор предпочтительного варианта по критерию надежности	Материалами технического проекта			РТМ 25 212-86	
	2.2. Проектная оценка надежности функционирования комплекса технических средств по выбранному варианту системы	То же			РТМ 25 212-86 РТМ 25 376-80 МУ 25 678-84	
	2.3. Уточнение состава средств технического обеспечения АСУ, в том числе средств технической диагностики и запасных элементов АСУ	Материалами к ведомости средств технического обеспечения			ГОСТ 20 417-75 ГОСТ 23 563-79 ГОСТ 26 656-85 РТМ 25 293-77 РТМ 25 581-83	

Стадии и этапы разработки АСУ	Содержание работ	Чем заканчивается работа	Срок выполнения: начало	Срок выполнения: окончание	Методы выполнения работы	Исполнители
	2.4. Выбор окончательного варианта КТС АСУ с учетом надежности	Материалами к техническому отчету			РТМ 25 212-86	
	2.5. Разработка системы технического обслуживания и ремонта	То же			ГОСТ 18.322-78 ГОСТ 20857-75 ГОСТ 23660-79 ГОСТ 25553-85	
3. Рабочая документация	Решение вопросов надежности АСУ на стадии рабочего проекта					
	3.1. Уточненный расчет параметров надежности и технического обслуживания АСУ	Материалами к заказным спецификациям			ГОСТ 18322-78 РТМ 25 212-86 РТМ 25 349-79 РТМ 25 376-80 МУ 25 678-84	
	3.2. Расчет численности и состава ремонтно-эксплуатационного персо-	То же			ГОСТ 17195-76 РТМ 25 314-78	

Стадии и этапы разработки АСУ	Содержание работ	Чем заканчивается работа	Срок выполнения: начало	Срок выполнения: окончание	Методы выполнения работы	Исполнители
	нала; составления рекомендаций по штатному расписанию					
	3.3. Разработка требований к надежности оперативной деятельности персонала, составление правил и инструкций для оперативного персонала	Материалами к заказным спецификациям			ГОСТ 17195-76	
4. Внедрение (ввод в действие)	Исследование надежности АСУ в условиях опытной эксплуатации					
	4.1. Уточнение (разработка) методик и форм сбора и обработки информации о надежности АСУ при проведении испытаний и в условиях эксплуатации АСУ (применительно к особенностям конкретной системы)	Методикой сбора и обработки информации о надежности			РТМ 25 472-82 ОСТ 25 1142-84 ОСТ 25 1181-85	
	4.2. Сбор и анализ информации о неисправностях технических и программных	Материалами к оценке на-			То же	

Стадии и этапы разработки АСУ	Содержание работ	Чем заканчивается работа	Срок выполнения: начало	Срок выполнения: окончание	Методы выполнения работы	Исполнители
	средств АСУ в процессе наладки	дежности АСУ, ее технических и программных средств				
	4.3. Сбор и обработка информации о надежности АСУ в условиях опытной эксплуатации	Данными о фактической надежности АСУ			РТМ 25 472-82 ОСТ 25 1142-84 ОСТ 25 1181-85	
	4.4. Уточнение (при необходимости) параметров технической эксплуатации, состава запасных элементов, состава функций и степени подготовленности оперативного и эксплуатационного персонала, коррекция эксплуатационной документации	Скорректированной технической документацией			ГОСТ 25 866-83 ГОСТ 2.601-68 ГОСТ 2.603-68 ГОСТ 17195-76	

Стадии и этапы разработки АСУ	Содержание работ	Чем заканчивается работа	Срок выполнения		Методы выполнения работы	Исполнители
			начало	окончание		
5. Анализ функционирования	Анализ надежности АСУ в условиях промышленной эксплуатации					
	5.1. Организация сбора статистической информации о надежности АСУ в условиях промышленной эксплуатации	Приказом по предприятию об организации сбора информации о надежности АСУ			РТМ 25 472-82 ОСТ 25 1142-84 ОСТ 25 1181-85	
	5.2. Оценка фактической надежности АСУ и ее влияние на эффективность функционирования АСУ по результатам промышленной эксплуатации	Разделом научно-технического отчета			ГОСТ 18.322-78 РТМ 25 212-86 РТМ 25 349-79 РТМ 25 376-80 МУ 25 678-84	

Стадии и этапы разработки АСУ	Содержание работ	Чем заканчивается работа	Срок выполнения: начало	Срок выполнения: окончание	Методы выполнения работы	Исполнители
6. Разработка рекомендаций и совершенствование системы	6.1. Разработка и реализация рекомендаций по совершенствованию данной АСУ с целью повышения ее эксплуатационной надежности (при необходимости)	Планом мероприятий по модернизации АСУ			Ранее указанная НТД	
	6.2. Разработка рекомендаций по повышению и обеспечению надежности последующих образцов АСУ по разработке типовых проектных решений (при необходимости)	Рекомендациями			То же	

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Справочное

ПРИМЕР ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ КТС ИАСУ

Расчет коэффициента сохранения эффективности проводился для ИАСУ, имеющем в своем составе АСУП, АСУ ТП, АСУ ГПС. Показатель $K_{эф}$ - комплексный, т.е. учитывающий как безотказность, так и ремонтопригодность. Значения $K_{эф}$ для всего ИАСУ рассчитываются по формуле (3), для АСУП, АСУ ТП и АСУ ГПС - по формуле (4). На черт. I приведена укрупненная структурная схема ИАСУ. На данной схеме представлены КТС, входящих в АСУ двух типов: информационного - АСУП (ИВЦ и средства информационного обеспечения руководящего состава) и управляющего (АСУ ТП и АСУ ГПС).

Формула для определения $K_{эф}$ ИАСУ в данном случае имеет вид:

$$K_{эф}(t) = \Psi_1 \cdot K_{эф_1} + \Psi_2 K_{эф_2} + \Psi_3 \cdot K_{эф_3} ,$$

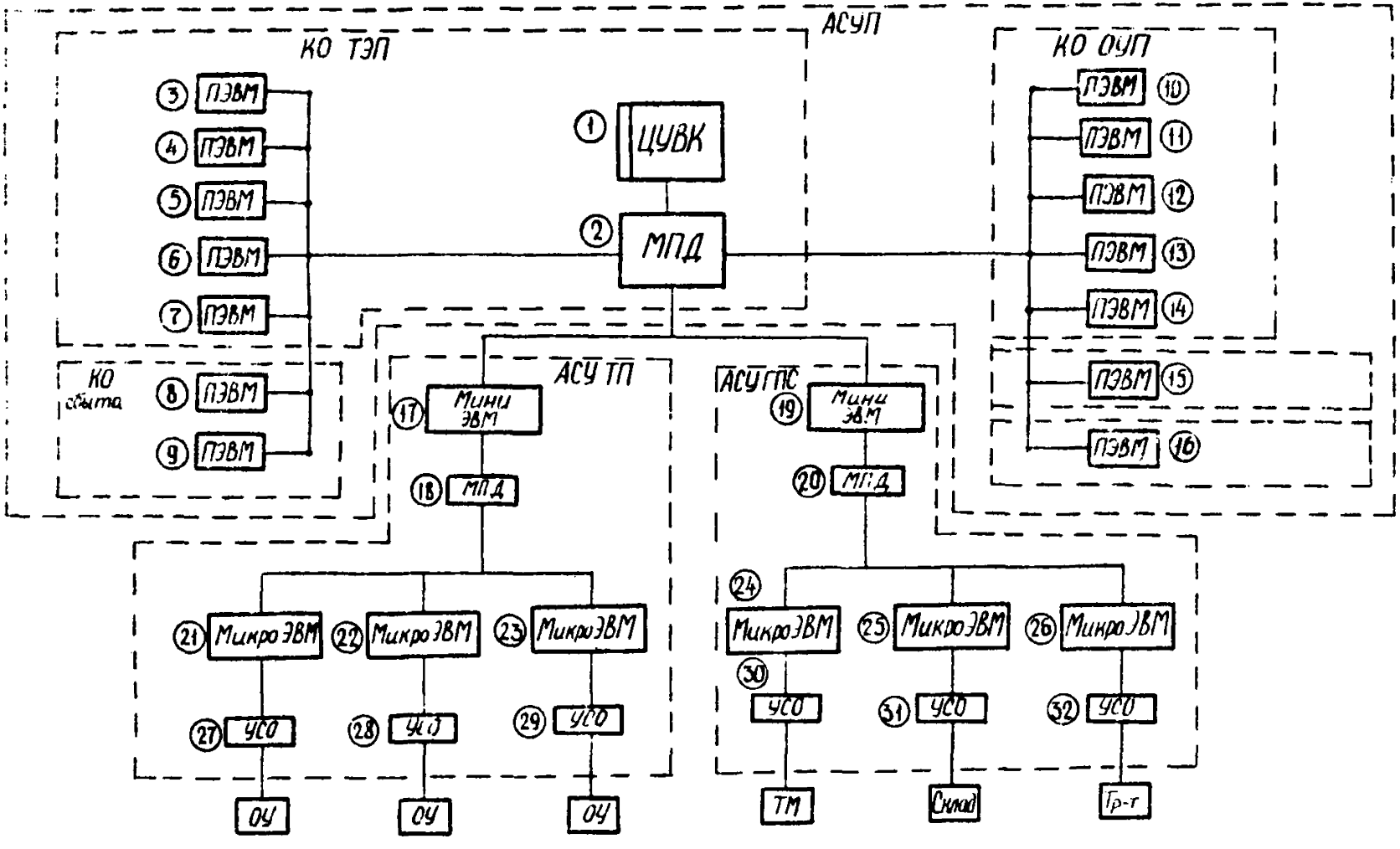
где Ψ_1, Ψ_2, Ψ_3 - весовые коэффициенты, учитывающие вклад АСУ каждого вида в эффективность системы в целом;

$K_{эф_1}, K_{эф_2}, K_{эф_3}$ - коэффициенты сохранения эффективности АСУ, АСУ ТП, АСУ ГПС соответственно.

Весовые коэффициенты Ψ_1, Ψ_2 и Ψ_3 могут определяться расчетным путем, учитывающим вклад каждого вида АСУ в эффективность системы в целом; либо методом экспертных оценок. Под эффективностью данного вида АСУ будем понимать число выполняемых функций (решаемых задач). В этом случае весовые коэффициенты определяются по формуле

$$\Psi = \frac{n_v}{\sum\limits_{\forall v} n_v} ,$$

Структурная схема КТС ИАСУ



Черт. I

где n_y – число выполняемых функций (задач), решаемых y -м типом АСУ;

$\sum_{\forall y} n_y$ – суммарное число выполняемых функций (задач), решаемых в ИАСУ.

В рассматриваемой ИАСУ АСУП выполняет пять функций, АСУ ТП и АСУ ГПС – по три функции. Следовательно, для АСУП

$$\Psi_1 = \frac{5}{11} = 0{,}45; \quad \text{для АСУ ТП и АСУ ГПС} \quad \Psi_2 = \Psi_3 = 0{,}27.$$

Далее определяем значения коэффициентов сохранения эффективности $K_{эф1}$, $K_{эф2}$, $K_{эф3}$ для АСУП, АСУ ТП и АСУ ГПС соответственно.

Коэффициент сохранения эффективности ($K_{эф1}$) для АСУП определяется по формулам (4) и (7).

$$K_{эф1}(t) = \sum_{\forall j} V_j \left[\prod_{\forall i} K_{orji}(t) + \sum_{\forall i} W_{ji} \cdot Q_{ji}(t) \right],$$

где $V_j = \frac{n_j}{\sum_{\forall j} n_j}$ и $W_{ji} = 1 - \frac{S_{ji}}{\sum_{\forall i} S_{ji}}$,

где S_{ji} – интенсивность поступления задач j -го типа на i -е ТС (вход);

$\sum_{\forall i} S_{ji}$ – интенсивность поступления задач j -го типа на все входы;

$K_{orji}(t)$ – коэффициент оперативной готовности i -го элемента j -го КО.

Определяем значения V_j для каждой функции АСУП по формуле

$$V_j = \frac{n_j}{\sum_{\forall j} n_j}.$$

АСУП за заданное время t выполняет следующие функции:

технико-экономическое планирование (25 задач);

бухгалтерский учет (3 задачи);

управление сбытом (8 задач);

управление материально-техническим снабжением (4 задачи);

оперативное управление производством (15 задач).

Отсюда:

$$V_1 = \frac{25}{55} = 0,46 ,$$

$$V_2 = \frac{3}{55} = 0,06 ,$$

$$V_3 = \frac{8}{55} = 0,14 ,$$

$$V_4 = \frac{4}{55} = 0,07 ,$$

$$V_5 = \frac{15}{55} = 0,27 .$$

Для проведения дальнейших расчетов структурная схема АСУП разбивается на контура обслуживания. Количество контуров обслуживания равно числу выполняемых функций, т.е. пяти (черт. 1). Значения величин коэффициентов оперативной готовности каждого КО вычисляются по формуле

$$K_{orj}(t) = \prod_{\forall i} K_{orji}(t).$$

Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты оперативной готовности контуров обслуживания

КО	1	2	3	4	5
$K_{orj}(t)$	0,896	0,928	0,938	0,938	0,896

Каждый контур обслуживания имеет n состояние работоспособности, где n - число элементов в контуре обслуживания. Для примера рассмотрим контур обслуживания, обеспечивающий выполнение функции технико-экономического планирования. Структурная схема надежности данного КО приведена на черт. 2. Контур имеет 7 элементов, в том числе 5 ветвей. В нем решается 25 задач. Распределение задач по ветвям приведено в табл. 2.

Таблица 2

Распределение задач по ветвям КО

Номер ветви	I	2	3	4	5
Количество задач	5	7	3	8	2

Данный КО имеет восемь состояний работоспособности. При отказе элементов № I или № 2 наступает полный отказ. При отказе любого другого элемента наступает частичный отказ, т.е. не решается только часть задач.

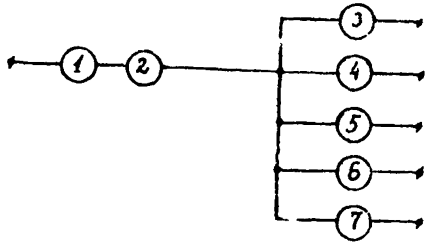
Значения величины W_{ji} для каждого состояния работоспособности приведены в табл. 3

Таблица 3

Значения W_{ji} и $Q_{ji}(t)$ для I-го контура обслуживания

Состояние КО	II	2I	3I	4I	5I	6I	7I
W_{ji}	0	0	0,800	0,720	0,88	0,68	0,92
$Q_{ji}(t)$	0,032	0,0Iэ	0,I	0,I	0,0I	0,0I	0,0I

Контур обслуживания технико-экономического планирования



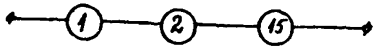
Черт. 2

Контур обслуживания сбыта



Черт. 3

Контур обслуживания материально-технического снабжения



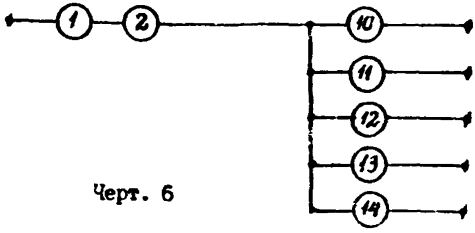
Черт. 4

Контур обслуживания бухгалтерского учета



Черт. 5

Контур обслуживания оперативного управления производством



Черт. 6

Структурные схемы надежности остальных контуров обслуживания приведены на черт.. 3-6.

Аналогично определяются значения коэффициентов W_{ji} для остальных контуров обслуживания. Их значения приведены в табл. 4-7.

Таблица 4

Значения W_{ji} и $Q_{ji}(t)$ для 2-го контура обслуживания

Состояние КО	I2	22	32	42
Значение W_{ji}	0	0	0,33	0,67
$Q_{ji}(t)$	0,0I3	0,0I6	0,0I0	0,0I

Таблица 5

Значения W_{ji} и $Q_{ji}(t)$ для 3-го контура обслуживания

КО	I3	23	33
W_{ji}	0	0	0
$Q_{ji}(t)$	0,0I3	0,0I6	0,0I

Таблица 6

Значения W_{ji} и $Q_{ji}(t)$ для 4-го контура обслуживания

КО	I4	24	34
W_{ji}	0	0	0
$Q_{ji}(t)$	0,0I3	0,0I6	0,0I

Таблица 7

Значения W_{ji} и $Q_{ji}(t)$ для 5-го контура обслуживания

КО	15	25	35	45	55	65
W_{ji}	0	0	0,97	0,73	0,93	0,73
$Q_{ji}(t)$	0,032	0,015	0,01	0,01	0,01	0,01

Вероятность нахождения каждого КО в i-м состоянии определяется по формуле

$$Q_{ji}(t) = [1 - K_{orc}(t)] \prod_{\forall m \neq i} K_{orm}(t) .$$

Величины $K_{orc} = K_{ri} \cdot P_i(t)$, а $K_{ri} = \frac{T_{oi}}{T_{oi} + T_{bi}}$

Для вычисления $Q_{ji}(t)$ необходимы исходные данные о безотказности и ремонтопригодности элементов, входящих в КО и интервал времени, за который определяется $Q_{ji}(t)$.

Исходные данные приведены в табл. 8.

Таблица 8

Исходные данные для расчета

Номер ТС	Тип технического средства (шифр)	Наработка на отказ	Среднее время восстановления	Коэффициент оперативной готовности
I	Центральный УВК	500	I	0,966
2	Мультиплексор передачи данных	I000	I	0,983
3	Персональная ЭВМ	800	0,5	0,979
8	Мини-ЭВМ	I000	I	0,983
I0	Микро-ЭВМ	500	0,5	0,977
I2	Устройство сопряжения	I500	I	0,989

Значения $Q_{ji}(t)$ определяются за интервал времени, равный двум рабочим сменам (t = I6 ч.). Значения величин $Q_{ji}(t)$ для

каждого КО приведены в табл. 3-7.

Таким образом, получены значения всех величин для вычисления коэффициента сохранения эффективности АСУП. Он равен:

$$K_{эфАСУП}(t) = 0{,}915 .$$

Коэффициент сохранения эффективности для АСУ ТП и АСУ ГПС определяется по формулам

$$K_{эф_2}(t) = K_{эф_3}(t) = \sum_{V_j} V_j \prod_{V_i} K_{or\,ji} ,$$

где V_j - весовой коэффициент j-й функции;

$K_{or\,ji}(t)$ - коэффициент оперативной готовности i-го элемента j-го контура обслуживания.

Как видно из структурной схемы ИАСУ (см.черт. I), структура КТС АСУ ТП и АСУ ГПС одинакова. Каждая из АСУ выполняет по три функции. Следовательно,

$$K_{эф_2}(t) = K_{эф_3}(t).$$

Проведем расчет для АСУ ГПС.

$$V_j = \frac{n_j}{\sum_{V_j} n_j} .$$

АСУ ГПС выполняет три функции:

управление технологическим модулем (3 задачи);

управление складом (2 задачи);

управление транспортом (2 задачи).

Значит: $V_1 = \frac{3}{7} = 0{,}43$; $V_2 = \frac{2}{7} = 0{,}29$;

$V_3 = 0{,}29$.

Структурная схема АСУ ГПС содержит три контура обслуживания. В каждом контуре 4 элемента. Элементы соединены последовательно

Коэффициенты оперативной готовности контуров обслуживания также равны между собой и имеют значение:

$$K_{гот_j}(t) = 0,932.$$

Коэффициент сохранения эффективности АСУ ГПС равен:

$$K_{эф_3}(t) = 0,43.0,932 + 0,29.0,932 + 0,29.0,932 = 0,94.$$

Коэффициент сохранения эффективности ИАСУ имеет значение:

$$K_{эф}(t) = 0,45.0,915 + 0,27.0,94 + 0,27.0,94 = 0,91.$$

ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на которые дана ссылка	Номер пункты, подпункта, перечисления, приложения
ГОСТ 26228-85	п.I.2
ГОСТ 24.206-80	п. I.8
ГОСТ 27.003-83	п. 2.I
ГОСТ 24.70I-86	п. 2.I
РТМ 25 376-80	п. 4.3.2
РТМ 25 677-84	п. 4.4.6

СОДЕРЖАНИЕ

I. Общие положения 2
2. Показатели надежности КТС ИАСУ 4
3. Исходные данные 6
4. Расчет показателей надежности КТС ИАСУ 7
4.I. Оценка надежности КТС ИАСУ 7
4.2. Оценка надежности КТС компонент ИАСУ информационного типа (АСУП, АСПР) 9
4.3. Оценка надежности КТС компонент ИАСУ информационно-управляющего типа (АСУ ТП, АСУ ГПС) .. II
4.4. Учет достоверности преобразования информации I3
4.5. Порядок проведения оценки надежности КТС ИАСУ I4
4.6. Анализ результатов оценки надежности I7
ПРИЛОЖЕНИЕ I. Типовая программа обеспечения надежности АСУ 2I
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Пример оценки надежности КТС ИАСУ 29

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изменение	Номера листов (страниц)				Номер документа	Подпись	Дата	Срок введения изменения
	измененных	замененных	новых	аннулированных				

Редактор Лакизо З.И. Корректор Гончар Г.А.

Подписано к печати 19.02.87.Формат 60x84 1/16.Усл.печ.л.2,35. (1)
. Тираж 400 экз.Заказ 102. Цена 11 коп.
Ротапринт ЦНИИТУ. Минск,пр.Партизанский,2,корп.3.

gost.e-ecolog.ru