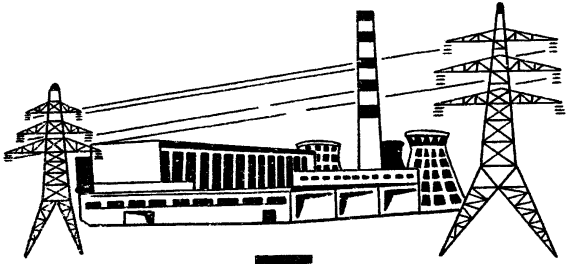
РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ "ЕЭС РОССИИ"

ДЕПАРТАМЕНТ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ МЕЖКАЛИБРОВОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЯХ. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ

РД 153-34.0-11.414-98



СПО

ОРГРЭС
Москва 2000

gost.e-ecolog.ru

РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ "ЕЭС РОССИИ"

ДЕПАРТАМЕНТ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ МЕЖКАЛИБРОВОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЯХ. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ

РД 153-34.0-11.414-98

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА ОРГРЭС

Москва 2000

Разработано Акционерным обществом по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей "Уралтехэнерго"

Исполнители *Т. АМИНДЖАНОВ, С.В. СИМОЛКИНА*

Утверждено Департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО "ЕЭС России" 28.04.98

Первый заместитель начальника *А.П. БЕРСЕНЕВ*

© СПО ОРГРЭС, 2000

УДК 621.317(083.96)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ МЕЖКАЛИБРОВОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЯХ. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ

РД 153-34.0-11.414-98

Вводится в действие с 30.12.99

Настоящие Методические указания устанавливают организацию и порядок проведения работ при определении межкалибровочных интервалов (МКИ) средств измерений (СИ) с учетом условий их эксплуатации на электростанциях и в электрических и тепловых сетях (далее — энергопредприятиях), не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору.

Методические указания разработаны в связи с вводом в действие Закона Российской Федерации "Об обеспечении единства измерений" и распространяются на метрологические службы (МС) энергопредприятий, аккредитованные в Системе калибровки СИ в электроэнергетике.

С выходом настоящих Методических указаний утрачивают силу "Методические указания по определению оптимальной периодичности поверки средств измерений, находящихся в эксплуатации на электростанциях и в электрических сетях: МУ 34-70-023-82" (М.: СПО Союзтехэнерго, 1982).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Основной целью проведения работ по определению и установлению МКИ СИ на энергопредприятиях является повышение эффективности применения СИ и сокращение трудозатрат на их метрологическое обеспечение.

1.2. Определение и установление МКИ СИ должны осуществляться МС энергопредприятий.

1.3. Межкалибровочные интервалы СИ устанавливаются или корректируются МС энергопредприятий по согласованию с аккредитующим органом, аккредитовавшим данную МС на право проведения калибровочных работ.

1.4. Настоящие Методические указания позволяют определять оптимальные МКИ для СИ, находящихся в эксплуатации на энергопредприятиях, с учетом реального изменения их метрологических характеристик в процессе эксплуатации.

1.5. Методические указания предусматривают определение МКИ с требуемой достоверностью путем обработки статистических данных, накопленных в период эксплуатации СИ.

Межкалибровочный интервал может быть определен и установлен единым для однотипных СИ, для комплектных СИ производятся определение и установление МКИ всего комплекта.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ И УСТАНОВЛЕНИЮ МКИ СИ

2.1. Метрологические службы энергопредприятий при организации работ по определению и установлению МКИ СИ должны руководствоваться:

критерием безотказной работы по показателям надежности;

критерием скорости изменения погрешности.

2.2.1. Критерии безотказной работы по показателям надежности рекомендуется использовать в двух случаях:

при первоначальной оценке МКИ после проведения опытной эксплуатации СИ;

при корректировке последующих МКИ по данным длительной эксплуатации СИ.

2.2.2. Критерий скорости изменения погрешности рекомендуется использовать, когда необходимо определить МКИ для:

вновь вводимых в эксплуатацию СИ с неизученными эксплуатационными свойствами и неизвестным характером изменения их метрологических характеристик;

корректировки действующего МКИ путем проведения метрологических испытаний.

2.3. Первичное значение МКИ определяется и устанавливается при утверждении типа СИ и вносится в эксплуатационную документацию (руководство по эксплуатации).

Если первичное значение МКИ не указано в эксплуатационной документации, но известны значения показателей надежности, то первичное значение МКИ устанавливается расчетным путем — для всех СИ, входящих в однородную группу.

2.4. Межкалибровочный интервал рекомендуется устанавливать в месяцах, используя следующий ряд чисел: 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 9; 12; 18; 24; 36.

2.5. При определении МКИ выполняются следующие операции:

формируются однородные группы СИ;

определяется необходимый объем СИ для обеспечения представительности выборки при статистической обработке;

устанавливается первый МКИ;

обрабатывается статистическая информация о метрологических отказах СИ каждой однородной группы, собранная в конкретных условиях эксплуатации либо полученная в результате метрологических испытаний;

оценивается правильность ранее установленного МКИ, в случае необходимости он корректируется.

Однородные группы СИ формируются на основании общности следующих факторов:

типа СИ, области применения, завода-изготовителя, года выпуска, класса точности, вида измерения;

условий эксплуатации (температуры, влажности, наличия вибрации и т.д.);

интенсивности эксплуатации;

допустимой вероятности безотказной работы.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО ОБЪЕМА ВЫБОРКИ СИ

3.1. Расчет необходимого объема выборки n для однородных групп СИ, обеспечивающего требуемую репрезентативность

(представительность), производится по формуле

$$n = \frac{t_s^2 N}{4\varepsilon^2 \cdot 10^{-4} N + t_s^2}, \qquad (1)$$

где N — общее число СИ, составляющих генеральную совокупность СИ однородной группы;

t_s — коэффициент Стьюдента;

ε — допустимая погрешность репрезентативности,%.

Коэффициент Стьюдента и допустимая погрешность репрезентативности определяются по табл. 1 в зависимости от допустимой вероятности.

Таблица 1

$P_{доп}$	t_s	ε
0,85	1,44	15
0,9	1,65	12
0,95	1,96	10

4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО МКИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ НАДЕЖНОСТИ

4.1. Для определения МКИ по показателям надежности производятся сбор и накопление статистической информации в течение от 2 до 3 лет эксплуатации СИ. Учитываются и фиксируются в журнале, пример заполнения которого приведен в приложении 1, следующие показатели: отказы СИ, наработка между калибровками, наработка на отказ.

4.2. Накопление статистической информации производится для определения значений показателей надежности и установления количества забракованных СИ n_t из общего количества однородной группы N_t в течение МКИ t.

4.3. При обработке статистических данных учитываются только скрытые отказы, выявленные при очередной калибровке, ко-

торые не могут быть обнаружены при эксплуатации СИ. К скрытым отказам относятся превышение над установленными пределами основной погрешности, вариации, нестабильности нуля и т.п.

Явные отказы (отказы, которые можно обнаружить без калибровки) при расчетах учитывать не следует.

4.4. Расчет МКИ по показателям надежности производится двумя методами:

по интенсивности отказов λ_t;

по наработке на отказ T_0.

4.5. По интенсивности отказов МКИ рассчитываются в тех случаях, когда по каким-либо причинам затруднен учет времени наработки на отказ.

В этом случае первый МКИ при принятом экспоненциальном законе распределения времени безотказной работы определяется по формуле

$$t_1 = -\frac{1}{\lambda_t} \cdot \ln P_{доп}, \qquad (2)$$

где t_1 – первый МКИ;

λ_t – интенсивность отказов, год$^{-1}$;

$P_{доп}$ – допустимая вероятность безотказной работы.

$$P_{доп} = 1 - Q_{доп}, \qquad (3)$$

где $Q_{доп}$ – допустимая вероятность отказа.

Требуемое значение $P_{доп}$ в зависимости от области применения СИ определяется из табл. 2.

Таблица 2

Область применения СИ	$P_{доп}$
Прямое действие (жидкостные термометры, манометры показывающие и т.п.)	0,85
Контроль технологических процессов	0,9
Измерение параметров, необходимых для расчета технико-экономических показателей, задействованных в схемах технологических защит	0,95

Если есть сведения о наработке на отказ, то расчет МКИ производится по формуле

$$t_1 = -T_0 \cdot \ln P_{доп}. \quad (4)$$

4.6. Статистические значения вероятности безотказной работы P_t, интенсивности отказов λ_t и наработки на отказ T_o определяются по формулам:

$$P_t = \frac{N_t - n_t}{N_t}, \quad (5)$$

$$\lambda_t = \frac{1 - P_t}{t_1}, \quad (6)$$

$$T_o = \sum_{i=1}^{N_t} T_{oi} / N_t, \quad (7)$$

где N_t — количество СИ однородной группы;

n_t — количество СИ, забракованных по скрытым отказам в течение межкалибровочного интервала t;

T_{oi} — наработка на отказ i-го СИ в однородной группе.

4.7. Наработка на отказ каждого СИ определяется отношением суммарной наработки СИ к количеству выявленных скрытых отказов:

$$T_{oi} = \tau_i / n'_{ti}, \quad (8)$$

где τ_i — суммарная продолжительность периодов исправной работы i-го СИ;

n'_{ti} — количество выявленных скрытых отказов для i-го СИ.

4.8. Оценка правильности ранее установленного МКИ производится с доверительной вероятностью 0,8 с проверкой выполнения следующего условия:

$$P_{доп} - 1{,}28 \cdot \sqrt{\frac{P_{доп}\ (1 - P_{доп})}{N_t}} \le P_t \le P_{доп} + 1{,}28 \cdot \sqrt{\frac{P_{доп}\ (1 - P_{доп})}{N_t}} \quad (9)$$

Если условие (9) выполняется, то ранее установленный МКИ t_1 сохраняется до очередной калибровки без изменений. В противном случае производится корректировка ранее установленного МКИ в соответствии с уравнением

$$t_2 = c\, t_1, \quad (10)$$

где c – коэффициент коррекции МКИ, определяемый по выражению

$$c = \frac{\ln P_{доп}}{\ln P_t} = \frac{\ln P_{доп}}{\ln\left(1 - \frac{n_t}{N_t}\right)}. \quad (11)$$

Значения коэффициента коррекции МКИ c в зависимости от соотношения n_t / N_t при различных $P_{доп}$ приведены в приложении 2.

Примеры расчета МКИ по данному методу приведены в приложении 3 (примеры 1 и 2).

5. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО МКИ ПО СКОРОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ

5.1. Для определения МКИ по скорости изменения погрешности $\vartheta_\Delta(t_{0,1})$ проводятся метрологические испытания СИ однородной группы в лабораторных условиях МС в соответствии с требованиями нормативных документов (НД) на методы и средства калибровки для каждого типа СИ.

5.2. Испытания проводятся в течение года ежемесячно ($n = 12$) путем калибровок.

Каждое СИ калибруется в трех точках, соответствующих 30; 60 и 90% диапазона измерений.

По результатам испытаний систематизируется статистическая информация, отражающая изменение погрешности показаний, которая фиксируется в протоколах, форма и содержание которых соответствуют установленным НД или используемым на энергопредприятии протоколам калибровки СИ данного типа.

5.3. Для расчета МКИ следует определить величину $t_{(0,1)i}$, равную i-му интервалу времени, в течение которого погрешность СИ изменяется на $0{,}1\tilde{\Delta}_{\Phi N}$ (здесь $\tilde{\Delta}_{\Phi N}$ — максимальная погрешность, полученная по результатам калибровки всей группы СИ, подвергаемых испытаниям на момент времени t_0); i-я оценка МКИ определяется по формуле

$$T_i = \frac{1}{K} \cdot \frac{\Delta_o - \tilde{\Delta}_{\Phi N}}{\vartheta_\Delta(t_{0,1})_i}, \qquad (12)$$

где K — коэффициент, учитывающий условия эксплуатации СИ, который при отсутствии повышенных вибрации и температуры принимается равным 1; при превышении вибрации и температуры значений, указанных в НД на СИ, принимается равным от 1,1 до 1,2;

Δ_0 — предел допустимой погрешности СИ, указанный в паспорте или инструкции по эксплуатации;

$$\vartheta_\Delta(t_{0,1})_i = \frac{0{,}1\tilde{\Delta}_{\Phi N}}{M\left(t_{0,1}\right)_i}, \qquad (13)$$

где $M(t_{0,1})_i$ — математическое ожидание времени $\left(t_{0,1}\right)_i$ наработки СИ, в течение которого произошло изменение погрешности на $0{,}1\tilde{\Delta}_{\Phi N}$.

5.4. Моменты времени t_i, в которые следует определять погрешности контролируемых СИ, необходимо рассчитывать по формуле

$$t_i = -\frac{1}{\lambda_t} \cdot \ln P(t_i) = -\frac{1}{\lambda_t} \cdot \ln(1 - i\,\Delta P), \qquad (14)$$

где ΔP — изменение вероятности безотказной работы СИ за период $[t' - \Delta t;\ t' + \Delta t]$;

i — порядковый номер проводимых испытаний ($i = 1, ..., n$).

5.5. Интенсивность метрологических отказов на момент времени t_0 рассчитывается по формуле

$$\lambda_t = \frac{n_t}{N_t \tau}, \qquad (15)$$

где n_t — количество метрологически неисправных СИ, выявленных при калибровках за период $[0;\ t_0]$;

τ — средняя продолжительность эксплуатации СИ на момент времени t_0.

5.6. Изменение вероятности безотказной работы ΔP за интервал времени $[t' - \Delta t;\ t' + \Delta t]$ определяется по формуле

$$\Delta P = P(t' - \Delta t) - P(t' + \Delta t) = e^{-\lambda t(t' - \Delta t)} - e^{-\lambda t(t' + \Delta t)}. \qquad (16)$$

Так как измерения производятся с заданной вероятностью $P_{доп}$, то ΔP рассматривается в интервале $[1;\ P_{доп}]$.

При определении ΔP необходимо задаться Δt, равным примерно половине временного интервала $[t_{i-1};\ t_i]$, т.е. примерно половине месяца (360 ч).

Исходя из того, что функция $P(t)$ экспоненциальная, целесообразно определить Δt и ΔP на середине интервала $[1;\ P_{доп}]$, т.е. в точке $P(t')$.

$$P(t') = 1 - \frac{1 - P_{доп}}{2}. \qquad (17)$$

5.7. Значение времени t', соответствующее вероятности $P(t')$, рассчитывается по формуле

$$t' = -\frac{1}{\lambda_t} \cdot \ln P(t'). \qquad (18)$$

5.8. Для каждого t_i определяется:

разность $\tilde{\Delta}_i$ между $\tilde{\Delta}_{\Phi_i}$ и $\tilde{\Delta}_{\Phi N}$ в момент времени t_i:

$$\tilde{\Delta}_i = \tilde{\Delta}_{\Phi_i} - \tilde{\Delta}_{\Phi N}, \qquad (19)$$

где $\tilde{\Delta}_{\Phi_i}$ — максимальная погрешность из всей группы исправных СИ по результатам испытаний;

время наработки $t_{(0,1)i}$, в течение которого $\tilde{\Delta}_i$ изменилась на $0,1\,\tilde{\Delta}_{\Phi N}$:

$$t_{(0,1)_i} = \frac{0,1\tilde{\Delta}_{\Phi N} t_i}{\tilde{\Delta}_i}; \qquad (20)$$

математическое ожидание $M(t_{0,1})_i$, полученное по истечении временного интервала t_i:

$$M(t_{0,1})_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{t_{(0,1)i}}{i}, \qquad (21)$$

где i — число временных интервалов t_i ($i = 1.....n$).

5.9. За межкалибровочный интервал принимается $T = T_{i-1}$, если по истечении интервала t_i $\tilde{\Delta}_{\Phi_i} \geq \Delta_0$, и МКИ $T = T_n$, если по истечении временного интервала t_n $\tilde{\Delta}_{\Phi n} < \Delta_0$.

5.10. Пример расчета МКИ по данному методу приведен в приложении 3 (пример 3).

Приложение 1

Рекомендуемое

ЖУРНАЛ СБОРА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ НАДЕЖНОСТИ СИ

Завод-изготовитель	Заводской номер	Год выпуска	Тип или система	Пределы измерения	Класс точности или основная погрешность,%
МПЗ "Манометр"	184	1970	КСП-4, модификация 4144050044	0-10 мВ	0,25

Результаты калибровки				Наработка между калибровками, ч		Наработка на отказ, ч	Примечание
Дата очередной калибровки	Годен, брак	Отказ		общая	исправного СИ		
		Вид	Причина				
09.01.93	Годен	–	–	–	–	–	Введен в эксплуатацию
19.09.93	Брак	Скрытый	Погрешность измерения выше допуска	6020	3010	–	
10.01.94	Годен	–	–	2420	2420	–	–
10.01.95	Годен	–	–	8490	8490	–	–
28.04.95	Брак	Скрытый	Погрешность измерения выше допуска	2540	1270	–	–
11.01.96	Годен	–	–	6100	6100	–	–
10.01.97	Годен	–	–	8500	8500	14895	–

Приложение 2

Справочное

Значения c при различных $P_{доп}$

$\frac{n_1}{N_1}$	c при $P_{доп}$			$\frac{n_1}{N_1}$	c при $P_{доп}$		
	0,85	0,90	0,95		0,85	0,90	0,95
0,01	16,17	10,483	5,104	0,26	0,54	0,350	0,170
0,02	8,04	5,215	2,539	0,27	0,52	0,335	0,163
0,03	5,34	3,459	1,684	0,28	0,49	0,321	0,156
0,04	3,98	2,581	1,257	0,29	0,47	0,308	0,150
0,05	3,17	2,054	1,000	0,30	0,45	0,295	0,144
0,06	2,63	1,703	0,829	0,31	0,44	0,284	0,138
0,07	2,24	1,452	0,707	0,32	0,421	0,273	0,133
0,08	1,95	1,264	0,615	0,33	0,406	0,263	0,128
0,09	1,72	1,117	0,544	0,34	0,391	0,253	0,123
0,10	1,54	1,000	0,487	0,35	0,377	0,244	0,119
0,11	1,39	0,904	0,440	0,36	0,364	0,236	0,115
0,12	1,27	0,824	0,401	0,37	0,352	0,228	0,111
0,13	1,17	0,757	0,368	0,38	0,340	0,220	0,107
0,14	1,08	0,699	0,340	0,39	0,329	0,213	0,104
0,15	1,00	0,648	0,316	0,40	0,318	0,206	0,100
0,16	0,93	0,604	0,294	0,41	0,308	0,200	0,097
0,17	0,87	0,565	0,275	0,42	0,298	0,193	0,094
0,18	0,82	0,531	0,258	0,43	0,289	0,187	0,091
0,19	0,77	0,500	0,243	0,44	0,280	0,182	0,0885
0,20	0,73	0,472	0,230	0,45	0,272	0,176	0,0858
0,21	0,69	0,447	0,218	0,46	0,264	0,171	0,0832
0,22	0,65	0,424	0,2064	0,47	0,256	0,166	0,0808
0,23	0,62	0,403	0,1963	0,48	0,249	0,161	0,0784
0,24	0,59	0,384	0,1869	0,49	0,241	0,156	0,0762
0,25	0,56	0,366	0,1783	0,50	0,234	0,152	0,0740

Приложение 3

Справочное

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО МКИ

Пример 1. Расчет на основе показателя интенсивности отказов λ_t.

Для однородной группы СИ (N_t = 120 шт.) необходимо назначить МКИ t_1. Допустимая вероятность безотказной работы $P_{доп}$ = 0,90. Известно, что интенсивность отказов аналогичных СИ λ_t = 1 / 11 год $^{-1}$.

По формуле (2)

$$t_1 = -\frac{1}{\lambda_t} \cdot \ln P_{доп} = 11 \cdot \ln 0{,}90 = 1{,}16 \text{ года}.$$

В соответствии с рекомендациями, изложенными в п. 2.4 настоящих Методических указаний принимается t_1 = 1 год.

По истечении срока t_1 = 1 год все СИ однородной группы были подвергнуты калибровке, при этом из 120 было забраковано 20 шт., т.е. n_t = 20.

По формуле (5) определяется статистическое значение вероятности безотказной работы P_t:

$$P_t = \frac{N_t - n_t}{N_t} = \frac{120 - 20}{120} = 0{,}83.$$

Согласно формуле (9) определяется необходимость корректировки МКИ:

$$0{,}90 - 1{,}28\sqrt{\frac{0{,}90 \cdot (1 - 0{,}90)}{120}} \le P_t \le 0{,}90 + 1{,}28\sqrt{\frac{0{,}90 \cdot (1 - 0{,}90)}{120}};$$

$$0{,}865 < P_t < 0{,}935.$$

Значение P_t = 0,83 выходит за пределы полученных границ, следовательно первый МКИ t_1 = 1 год был выбран неверно и подлежит коррекции по формуле (11):

$$c = \frac{\ln P_{доп}}{\ln P_t} = \frac{\ln 0{,}90}{\ln 0{,}83} = 0{,}565.$$

По формуле (10)

$$t_2 = c \cdot t_1 = 0{,}565 \cdot 1 = 0{,}565 \text{ года.}$$

В соответствии с рекомендациями, изложенными в п. 2.4 настоящих Методических указаний, принимается $t_2 = 6$ мес.

Пример 2. Расчет на основе показателя наработки на отказ T_o.

Для однородной группы СИ (КСП-4) необходимо определить МКИ t_1. Допустимая вероятность безотказной работы $P_{доп} = 0{,}9$. Допустимая погрешность репрезентативности $\varepsilon = 12\%$. Генеральная совокупность СИ $N = 20$ шт.

С помощью метода, изложенного в разд. 3 настоящих Методических указаний, определятся объем представительной выборки однородной группы СИ n по формуле (1):

$$n = \frac{1{,}65^2 \cdot 20}{4 \cdot 0{,}12^2 \cdot 10^{-4} \cdot 20 + 1{,}65^2} = 14 \text{ шт.}$$

Накопленная статистическая информация по одному КСП-4 приведена в приложении 1.

Наработка на отказ для данного СИ рассчитывается по формуле (8):

$$T_{01} = \frac{3010+2420+8490+1270+6100+8500}{2} = 14895 \text{ ч.}$$

Для остальных 15 СИ однородной группы наработка на отказ рассчитана аналогично:

$T_{02} = 15520$ ч; $T_{03} = 17210$ ч; $T_{04} = 20810$ ч; $T_{05} = 11230$ ч; $T_{06} = 16740$ ч; $T_{07} = 18450$ ч; $T_{08} = 17820$ ч; $T_{09} = 21340$ ч; $T_{010} = 22470$ ч; $T_{011} = 21330$ ч; $T_{012} = 14080$ ч; $T_{013} = 18740$ ч; $T_{014} = 16230$ ч.

Наработка на отказ для всей группы однородных СИ рассчитывается по формуле (7) ($n = N_t$):

$$T_o = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{oi}}{n} = (14895 + 15520 + 17210 + 20810 + 11230 +$$

$$+16740 + 18450 + 17820 + 21340 + 22470 + 21330 +$$
$$+14080 + 18740 + 16230) : 14 = 17633 \text{ ч.}$$

Межкалибровочный интервал для однородной группы СИ рассчитывается по формуле (4):

$$t_1 = -17633 \cdot \ln 0{,}9 = 1858 \text{ ч.}$$

Пример 3. Расчет МКИ по скорости изменения погрешности.
Для однородной группы СИ определить МКИ:
однородная группа СИ серии КС-2;
число СИ $N_t = 100$ шт.;
количество СИ, забракованных по скрытым отказам, $n_t = 4$ шт.;

$$\Delta_o = \pm 6{,}0°C;$$

$$\tilde{\Delta}_{\Phi N} = \pm 4{,}0°C;$$

средняя продолжительность эксплуатации СИ $\tau = 10000$ ч;
$\Delta t = 360$ ч;
допустимая вероятность $P_{доп} = 0{,}95$.
Определяется λ_t по формуле (15):

$$\lambda_t = \frac{4}{100 \cdot 10000} = 0{,}4 \cdot 10^{-5}.$$

С применением формулы (17) и (18) определяются $P(t')$ и t':

$$P(t') = 1 - \frac{1 - 0{,}95}{2} = 0{,}975.$$

$$t' = -\frac{1}{0{,}4 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln 0{,}975 = 6329.$$

Дискретность изменения вероятности безотказной работы ΔР за период $[t' - \Delta t; t' + \Delta t]$ рассчитывается по формуле (16):

$$\Delta P = e^{-0,4\cdot10^{-5}\cdot(6329-360)} - e^{-0,4\cdot10^{-5}\cdot(6329+360)} = 0,0028.$$

Интервал времени t_i, через который вероятность безотказной работы будет изменяться с дискретностью ΔР = 0,0028, рассчитывается по формуле (14):

$$t_1 = -\frac{1}{0,4\cdot10^{-5}}\cdot\ln(1 - 0,0028) = 703 \text{ ч.}$$

$$t_2 = -\frac{1}{0,4\cdot10^{-5}}\cdot\ln(1 - 2\cdot0,0028) = 1408 \text{ ч.}$$

...

$$t_{12} = -\frac{1}{0,4\cdot10^{-5}}\cdot\ln(1 - 12\cdot0,0028) = 8569 \text{ ч.}$$

Значения временных интервалов t_i, величин $\tilde{\Delta}_i$ и $t_{(0,1)i}$, рассчитываемых по формулам (19) и (20) соответственно, а также i-я оценка МКИ T_i, рассчитанная по формуле (12), представлены в таблице данного приложения.

Так как по истечении t_{12} $\tilde{\Delta}_{12} = 4,69$ °С и $\tilde{\Delta}_{12} < \Delta_o$, то

$$M\left[t_{(0,1)}\right]_{10} = \frac{937 + 1656 + 2014 + 2259 + 2719 + 3034 + 3676 + 3917 + 4129 + 4450 + 4754 + 4968}{12} = 3210 \text{ ч.}$$

Межкалибровочный интервал при $K = 1$

$$T = \frac{(6,0 - 4,0)\cdot3210}{0,1\cdot4,0} = 16048 \text{ ч} \approx 1 \text{ год } 10 \text{ мес.}$$

В соответствии с рекомендациями, изложенными в п. 2.4 настоящих Методических указаний, принимается МКИ $T = 18$ мес.

Номер интервала	Интервал времени до момента испытаний $[t_0, t_i]$, ч	Максимальная погрешность группы СИ $\tilde{\Delta}_{\Phi i}$	$\tilde{\Delta}_i = \tilde{\Delta}_{\Phi i} - \tilde{\Delta}_{\Phi N}$	Значение времени $t_{(0,1)i}$, ч	Оценка межкалибровочного интервала T_i, ч
1	703	4,30	0,30	937	4687
2	1408	4,34	0,34	1656	6484
3	2115	4,42	0,42	2014	7680
4	2824	4,50	0,50	2259	8584
5	3535	4,52	0,52	2719	9586
6	4248	4,56	0,56	3034	10517
7	4963	4,54	0,54	3676	11640
8	5680	4,58	0,58	3917	12634
9	6399	4,62	0,62	4129	13524
10	7120	4,64	0,64	4450	14396
11	7844	4,66	0,66	4754	15248
12	8569	4,69	0,69	4968	16048

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие положения 3
2. Организация и порядок проведения работ по определению и установлению МКИ СИ 4
3. Определение необходимого объема выборки СИ 5
4. Методика расчета оптимального МКИ по показателям надежности 6
5. Методика расчета оптимального МКИ по скорости изменения погрешности 9
Приложение 1. Журнал сбора статистической информации по показателям надежности СИ 13
Приложение 2. Значения c при различных $P_{доп}$ 14
Приложение 3. Примеры расчета оптимального МКИ 15

Подписано к печати 09.03.2000 Формат 60 x 84 1/16
Печать ризография Усл.печ.л. 1,3 Уч.-изд. л. 1,2 Тираж 520 экз.
Заказ № Издат. № 99092

Лицензия № 040998 от 27.08.99 г.

Производственная служба передового опыта эксплуатации энергопредприятий ОРГРЭС
105023, Москва, Семеновский пер., д. 15

gost.e-ecolog.ru