ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ «СИСТЕМА»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ГСИ
КАЛИБРАТОРЫ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЦИФРОВОГО КОДА В ПОСТОЯННОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ И ТОК
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МИ 1199—86

Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
1986

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.317.7 : 006.354 : 53 : 089.6

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ГСИ
Калибраторы и преобразователи измерительные цифрового кода в постоянное электрическое напряжение и ток. Методика поверки.

МИ 1199—86

Введены впервые

Настоящие методические указания распространяются на многозначные меры постоянного электрического напряжения и тока (калибраторы), управляемые как вручную, так и автоматизированным способом, и цифроаналоговые преобразователи (ЦАП) цифрового кода в постоянное электрическое напряжение и ток (в дальнейшем приборы), удовлетворяющие требованиям ГОСТ 22261—82 и методических указаний РД 50—206—80, и устанавливают методику первичной и периодической поверок.

Настоящие методические указания предназначены для выбора методов и средств поверки при разработке нормативно-технической документации на конкретные типы приборов, а также могут использоваться в поверочных службах непосредственно при поверке.

Устанавливаемые в методических указаниях методы проверки метрологических характеристик могут быть использованы при разработке нормативно-технической документации на государственные приемочные, государственные контрольные, приемо-сдаточные и др. виды испытаний.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1. При проведении поверки должны выполняться операции в последовательности, указанной в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Наименование операции поверки	Номер пункта методических указаний	Обязательность проведения операции при		
		выпуске из производства	выпуске после ремонта	эксплуатации и хранении
1	2	3	4	5
1. Внешний осмотр	6.1	Да	Да	Да
2. Проверка электрической прочности изоляции	6.1.3	Да	Да	Нет
3. Проверка электрического сопротивления изоляции	6.1.3	Да	Да	Нет

© Издательство стандартов, 1986

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5
4. Опробование	6.2	Да	Да	Да
5. Проверка основной погрешности	6.3.1	Да	Да	Да
6. Проверка систематической составляющей основной погрешности	6.3.2	Да	Да	Да
7. Проверка среднего квадратического отклонения случайной составляющей основной погрешности	6.3.3	Да	Да	Да
8. Проверка интегральной нелинейности	6.3.4	Да	Да	Нет
9. Проверка дифференциальной нелинейности	6.3.5	Да	Да	Нет
10. Проверка времени установления выходного сигнала	6.3.6	Да	Да	Нет
11. Проверка дополнительной погрешности выходного напряжения (тока) от изменения напряжения питающей сети	6.3.7	Да	Да	Нет
12. Проверка дополнительной погрешности выходного тока при изменении сопротивления нагрузки	6.3.8	Да	Да	Да
13. Проверка дополнительной погрешности выходного напряжения при изменении тока нагрузки	6.3.9	Да	Да	Да
14. Проверка нестабильности выходного напряжения (тока)	6.3.10	Да	Да	Да
15. Оформление результатов поверки	7	Да	Да	Да

1.2. Если метрологические характеристики, указанные в п. 5—14 табл. 1.1, для приборов не нормированы, то соответствующие операции проверки не производят.

1.3. Нормативные документы на методы поверки типов приборов могут предусматривать проведение операций, дополнительных к указанным в табл. 1.1.

1.4. Проверку погрешности или ее составляющих можно производить путем определения действительного значения погрешности и последующего сравнения с пределом допускаемых значений или путем контроля, когда определение действительного значения не производят, а только устанавливают факт его нахождения или выхода за пределы допускаемых значений.

1.5. Если при выполнении одной из операций, предусмотренных табл. 1.1, обнаружена неисправность поверяемого прибора,

препятствующая его применению, остальные операции не производят, а прибор бракуют.

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При опробовании и поверке приборов должны применяться средства поверки, приведенные в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Операции поверки		Рисунок	Обозначение на рисунке	Назначение средств поверки	Рекомендуемые средства поверки
№ пункта по табл. 1.1	№ пункта раздела 6				
1	2	3	4	5	6
1. Пп. 5—9, пп. 11—14	Пп. 6.3.1, 6.3.2, 6.3.3.1, 6.3.4—6.3.10	1*а*, 3, 4	А2	Измерение постоянного напряжения (тока)	Компаратор Р3003, блок поверки Б1-12, прибор для поверки калибраторов В1-18А, набор мер электрических сопротивлений от 0,01 Ом до 10^5 Ом (2-го разряда), фильтр*
2. Пп. 5—8, 11, 14	Пп. 6.3.1, 6.3.2, 6.3.3.1, 6.3.4, 6.3.5, 6.3.7, 6.3.10	1*б*	А2	Воспроизведение напряжения (тока). Ступень (неплавность) регулирования значения выходного сигнала многозначной меры не должна превышать 0,25 номинальной ступени q_{st} младшего разряда входного кода поверяемого прибора	Компаратор Р3003, прибор для поверки калибраторов В1-18А
3. Пп. 5—8, 8, 11, 14	Пп. 6.3.1, 6.3.2, 6.3.3.1, 6.3.4, 6.3.7, 6.3.10	1*б*	А3	Определение разности выходных сигналов меры напряжения (тока) и поверяемого прибора	Компаратор Р3003, потенциометр Р341
4. П. 7	П. 6.3.3.2	1*а*	А2	Измерение среднего квадратического значения переменной составляющей выходного сигнала поверяемого прибора	Вольтметр В6-10, фильтр*

Продолжение табл. 2.1

1	2	3	4	5	6
5. П. 9	П. 6.3.5	1*а*	А2	Измерение амплитуды переменной составляющей сигнала на выходе поверяемого прибора	Осциллографы: С1-70, С1-69, С1-75, С7-12
6. П. 10	П. 6.3.6	2	А2	Формирование временного интервала между моментом смены значений входного кода поверяемого прибора и моментом измерения мгновенного значения выходного сигнала поверяемого прибора	Генераторы: Г5-56, Г5-60
7. П. 10	П. 6.3.6	2	А3	Измерение временного интервала между моментом смены значений входного кода поверяемого прибора и моментом измерения мгновенных значений выходного сигнала	Измеритель временных интервалов И2-26
8. П. 10	П. 6.3.6	2	А4	Измерение мгновенных значений выходного сигнала поверяемого прибора	Калибратор И1-10

* Фильтр разрабатывают одновременно с калибратором.

2.2. Допускается использовать средства поверки, отличные от перечисленных в табл. 2.1, если они удовлетворяют требованиям соответствующих пунктов методических указаний.

2.2.1. Пределы допускаемых значений погрешности средств поверки должны:

1) не превышать $^1/_3$ предела допускаемого значения контролируемой характеристики поверяемого прибора (в обоснованных случаях по согласованию с Госстандартом допускается соотношение $^1/_2$);

2) обеспечить требования ГОСТ 22261—82 к значениям крите-

риев качества поверки, а именно: $\delta_м \leqslant 1{,}3(3)$, $P_{нм} \leqslant 0{,}5$ (справочное приложение 1).

При необходимости обеспечения более жестких значений критериев качества рекомендуется выбирать пределы допускаемых значений погрешности в соответствии с указаниями действующей нормативно-технической документации.

2.2.2. Средства поверки должны иметь диапазоны воспроизводимой или измеряемой величины, обеспечивающие поверку во всех диапазонах измерения поверяемого прибора.

Допускается использование средств поверки различных типов для обеспечения поверки на различных диапазонах или участках диапазонов измерения поверяемого прибора.

2.2.3. Допускается использование различных приспособлений и установок для автоматизации задания необходимых значений входных сигналов, выбора проверяемых точек, количества отсчетов при поверке и обработке результатов наблюдений.

Структура измерительной части установки или системы при частичной или полной автоматизации поверки должна соответствовать приведенным схемам поверки.

2.3. Измерение характеристик производится при нагрузке, оговоренной в технических условиях на поверяемый прибор.

3. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ И ДРУГИХ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ РАБОТ, ПРЕДУСМОТРЕННЫХ НАСТОЯЩИМИ МЕТОДИЧЕСКИМИ УКАЗАНИЯМИ

3.1. При использовании настоящих методических указаний для разработки отдельного документа по ГОСТ 8.375—80 или раздела Технического описания и инструкции по эксплуатации (паспорта), регламентирующих методику поверки прибора, работу должен выполнять специалист, имеющий достаточную подготовку в области метрологии и испытаний электронных измерительных устройств.

3.2. При использовании настоящих методических указаний непосредственно для поверки приборов конкретного типа работу должен выполнять специалист, имеющий звание государственного или ведомственного поверителя.

4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1. При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (издание 3-е), ГОСТ 12.2.007.0—75, ГОСТ 12.2.007.3—75, ГОСТ 22261—82 и указаниями по технике безопасности, приведенными в эксплуатационной документации на поверяемые приборы, средства поверки и вспомогательные устройства.

5. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

5.1. При проведении поверки следует соблюдать условия, приведенные в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Влияющая величина	Нормальное значение (нормальная область значений)	Допускаемое отклонение от нормального значения при поверке
Температура окружающего воздуха, °С	20	±1°С для приборов с пределом допускаемой основной приведенной погрешности $\delta_n \leqslant 0{,}005$; ±2°С для приборов с $0{,}02 \geqslant \delta_n > 0{,}005$; ±5°С для остальных приборов
Относительная влажность окружающего воздуха, %	45—80	—
Атмосферное давление, кПа (мм. рт. ст.)	84—106,7 (630—800)	—
Внешнее магнитное поле	Практическое отсутствие	—
Внешнее электрическое поле	Практическое отсутствие	—

5.2. Рабочее положение поверяемого прибора в пространстве должно соответствовать требованиям стандартов или технических условий, утвержденных в установленном порядке на конкретные типы приборов.

5.3. Перед включением питания приборов поверяемый прибор и средства поверки, если этого требуют нормативно-технические документы на эти приборы, должны быть заземлены. После включения приборы должны быть прогреты в течение времени, указанного в нормативно-технической документации.

6. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1. Внешний осмотр

6.1.1. При проведении внешнего осмотра следует установить полную комплектность приборов. Не допускают к дальнейшей поверке приборы, у которых полностью или частично отсутствуют кабель подключения сети питания, кабель подключения входного сигнала, сменные блоки и соединительные кабели к ним, нестандартизировано поверочное оборудование.

6.1.2. Не допускают к дальнейшей поверке приборы, если при их осмотре обнаружены следующие дефекты:

отсутствуют, расшатаны или повреждены наружные части;

имеются трещины, обугливание изоляции и другие повреждения;

отсутствует плавность хода и четкость фиксации переключателей.

6.1.3. Проверка электрической прочности и сопротивления изоляции.

Проверяют электрическую прочность и сопротивление изоляции в соответствии с указаниями ГОСТ 22261—82 и нормативно-технической документации на поверяемый прибор.

6.2. Опробование

6.2.1. После выполнения требований по пп. 5.3—6.1 производят все необходимые подстройки, предусмотренные эксплуатационной документацией на поверяемый прибор. Если это окажется невозможным, прибор бракуют.

6.2.2. Проверяют (при ручном управлении калибратором) переключение пределов напряжения (тока) в соответствии с нормативно-технической документацией на поверяемый прибор.

Если переключение пределов произвести невозможно, поверяемый прибор бракуют.

6.2.3. Проверяют (при программном управлении калибратором) обеспечивает ли программное управление:

запуск и отключение калибратора по командам «Пуск» и «Сброс», соответственно;

установку предела и уровня выходного тока (напряжения) согласно требованиям нормативно-технической документации.

Если эти требования не обеспечиваются, прибор бракуют.

6.2.4. Проверяют, изменяется ли полярность выходного постоянного напряжения (тока) при изменении кода знака полярности на входе поверяемого прибора.

Если полярность сигнала на выходе поверяемого прибора не меняется с изменением кода знака полярности на входе, прибор бракуют.

6.3. Проверка (контроль) метрологических характеристик.

6.3.1. Проверка основной погрешности.

Оценку основной погрешности $\tilde{\Delta}_o$ в каждой проверяемой точке определяют как максимальное из полученных значений реализаций основной погрешности Δ_{oi} по формуле

$$\Delta_{oi}=y_i-y_{si} \qquad (i=\overline{1, n}), \tag{1}$$

где y_i — значения выходного напряжения (тока) поверяемого прибора, полученные при последовательно проведенных n-измерениях с помощью средств поверки *А2* (п. 1, табл. 2.1) и при подаче на вход поверяемого прибора сигнала, соответствующего коду проверяемой точки (см. рис. 1*а*); y_{si} — номинальное значение напряжения (тока) в проверяемой точке.

При использовании схемы (см. рис. 1*б*) определяют Δ_{oi} путем формирования значений y_{si} с помощью образцового прибора *А2*

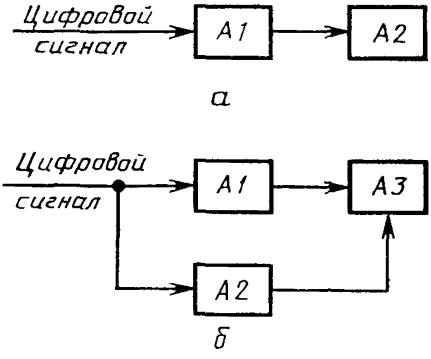


Рис. 1. Схемы проверки основной погрешности поверяемого прибора: *A1*—поверяемый прибор; *A2*—образцовое средство измерений напряжения (тока); *A3*—измеритель разности сигналов

(п. 2 табл. 2.1) и измерения прибором *A3* (п. 3 табл. 2.1) разности значений выходных сигналов образцового прибора *A2* и поверяемого прибора *A1* при входном сигнале, соответствующем коду проверяемой точки.

Проверяемые точки указываются в нормативно-технической документации на поверяемый прибор или находятся в соответствии с пп. 3.1 или 3.2 приложения 2.

Количество измерений в каждой проверяемой точке не менее 3—5.

Полученную оценку основной погрешности в каждой проверяемой точке сравнивают с контрольным допуском основной погрешности, который определяют по формуле

$$\Delta_{ko}=\gamma\cdot(\pm\Delta_{op}), \qquad (2)$$

где γ — см. приложение 1: $\pm\Delta_{op}$ — пределы допускаемого значения основной погрешности, которые устанавливают в нормативно-технической документации на поверяемый прибор;

Прибор бракуют, если хотя бы в одной из проверяемых точек $\tilde{\Delta}_o > \Delta_{ko}$.

6.3.2. Проверка систематической составляющей основной погрешности.

Оценку систематической составляющей основной погрешности в каждой проверяемой точке (проверяемые точки указываются в нормативно-технической документации на прибор или находятся в соответствии с приложением 2) определяют по формуле

$$\tilde{\Delta}_s=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\Delta_{oi}, \qquad (3)$$

где Δ_{oi} — i-я реализация основной погрешности, которую определяют по формуле (1).

Количество измерений n, необходимых для определения $\tilde{\Delta}_s$ в проверяемой точке, выбирают по табл. 6.1.

Таблица 6.1

$\sigma_p[\Delta]$	$0{,}25q_{sf}$		$0{,}5q_{sf}$		$1q_{sf}$		$2q_{sf}$	
α_n	n	γ	n	γ	n	γ	n	γ
0,10	1	0,98	3	0,94	8	0,85	28	0,85
0,20	1	0,98	3	0,89	8	0,85	29	0,80
0,25	1	0,97	4	0,86	15	0,87	—	—
0,33	1	0,90	10	0,90	28	0,88	—	—
0,50	17	0,84	25	0,83	30	—	—	—

Примечание. q_{sf} — номинальное значение младшего разряда поверяемого прибора, значение которого указывается в нормативно-технической документации; $\sigma_p[\Delta]$ — предел допускаемого значения среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности.

В табл. 6.1 приведены значения n и γ для различных α_n-соотношений пределов допускаемых погрешностей средства поверки и поверяемого прибора при $P_\Phi \leqslant 0{,}2$, $\beta = 0{,}8$ (P_Φ и β — см. приложение 1).

Допускаются другие значения n при условии соблюдения заданных в п. 2.2.1 требований к критериям качества поверки.

Полученную оценку систематической составляющей основной погрешности в каждой точке сравнивают с контрольным допуском систематической составляющей погрешности, который определяют по формуле

$$\Delta_{ks} = \gamma \cdot (\pm\Delta_{sp}), \qquad (4)$$

где $\pm\Delta_{sp}$ — пределы допускаемой систематической составляющей погрешности.

Прибор бракуют, если хотя бы в одной из проверяемых точек $\tilde{\Delta}_s > \Delta_{ks}$.

6.3.3. Проверка среднего квадратического отклонения случайной составляющей основной погрешности.

Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности определяют по двум частям: первой — низкочастотной — среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности $\sigma(\overset{\circ}{\Delta}_н)$, второй-высокочастотной — среднее квадратическое отклонение шума установившегося выходного сигнала поверяемого прибора $\sigma(\overset{\circ}{\Delta}_ш)$.

Примечание. Допускается определенне только одной из составляющих среднего квадратнчеекого отклонения погрешности выходного сигнала, той, которая нормирована в нормативно-технической документации поверяемого прибора.

6.3.3.1. Значение $\sigma(\overset{\circ}{\Delta}_н)$ определяют путем одноразовой подачи

сигнала, соответствующего коду проверяемой точки, на вход поверяемого прибора *A1* (см. рис. 1*а*), многократного измерения выходного сигнала прибором *A2* (п. 1 табл. 2.1) и вычисления по формуле

$$\sigma\left(\overset{\circ}{\Delta}_{н}\right)=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(\Delta_{oi}-\tilde{\Delta}_{s}\right)^{2}}, \qquad (5)$$

где Δ_{oi} — реализация основной погрешности, которую определяют по формуле (1); $\tilde{\Delta}_{s}$ — оценка систематической составляющей погрешности, которую определяют по п. 6.3.2.

Для определения среднего квадратического отклонения в проверяемой точке количество измерений принимают $n=12$ (при $\gamma=0{,}82$, $P_{нмд}=0{,}5$, $\delta_{мд}=1{,}33$, $P_{фд}=0{,}05$ и для $\alpha_{п}\leqslant 0{,}5$).

6.3.3.2. Вторую составляющую среднего квадратического отклонения $\sigma\left(\overset{\circ}{\Delta}_{ш}\right)$ определяют следующим образом: на вход поверяемого прибора *A1* (см. рис. 1*а*) подают сигнал, соответствующий значению кода проверяемой точки. На выходе поверяемого прибора *A1* измеряют образцовым прибором *A2* (п. 4 табл. 2.1) среднее квадратическое значение переменной составляющей сигнала.

Полосу частот, в которой должны измерять среднее квадратическое отклонение шума выходного сигнала, устанавливают в нормативно-технической документации на поверяемый прибор.

6.3.3.3. За оценку среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности поверяемого прибора принимают вычисленное по формуле значение

$$\tilde{\sigma}\left(\overset{\circ}{\Delta}\right)=\sqrt{\sigma^{2}\left(\overset{\circ}{\Delta}_{ш}\right)+\sigma^{2}\left(\overset{\circ}{\Delta}_{н}\right)}. \qquad (6)$$

Полученную оценку среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности сравнивают с контрольным допуском $\sigma_{к}\left(\overset{\circ}{\Delta}\right)$, который определяют по формуле

$$\sigma_{к}\left(\overset{\circ}{\Delta}\right)=\gamma\cdot\sigma_{р}\left(\overset{\circ}{\Delta}\right), \qquad (7)$$

где $\sigma_{р}\left(\overset{\circ}{\Delta}\right)$ — предел допускаемого значения среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности.

Прибор бракуют, если хотя бы в одной из проверяемых точек $\tilde{\sigma}\left(\overset{\circ}{\Delta}\right)>\sigma_{к}\left(\overset{\circ}{\Delta}\right)$.

6.3.4. Проверка интегральной нелинейности.

Абсолютное значение интегральной нелинейности в проверяемой точке определяют по формуле

$$\tilde{\Delta}_{нит}(N)=\tilde{\Delta}_{s}(N)-\tilde{\Delta}_{s}(N_{o})-\frac{\tilde{\Delta}_{s}(N_{max})-\tilde{\Delta}_{s}(N_{o})}{N_{max}}\cdot N, \qquad (8)$$

либо

$$\tilde{\Delta}_{\text{инт}}(N)=\bar{y}(N)-\bar{y}(N_0)-\frac{\bar{y}(N_{\max})-\bar{y}_0(N_0)}{N_{\max}}\cdot N, \qquad (9)$$

где $\bar{y}(N)$, $\bar{y}(N_{\max})$, $\bar{y}(N_0)$ — средние значения выходного сигнала соответственно в точках со значениями кодов N, $N_{\max}$, N_0; N—значение кода проверяемой точки; $N_{\max}$ — максимальное значение кода; N_0 — значение кода, все разряды которого равны нулю.

Допускается определение $\Delta_{\text{инт}}$ прямым методом (см. рис. 1*б*) путем формирования значений

$$\tilde{y}=\bar{y}(N_0)-\frac{\bar{y}(N_{\max})-\bar{y}(N_0)}{N_{\max}}\cdot N \qquad (10)$$

с помощью образцового прибора *А2* (п. 2 табл. 2.1) и измерения разности значений выходных сигналов прибором *А3* (п. 3 табл. 2.1) образцового и поверяемого приборов при входном сигнале N.

Интегральную нелинейность определяют в проверяемых точках, указанных в нормативно-технической документации на поверяемый прибор или находят в соответствии с пп. 3.1—3.2 приложения 2.

Количество измерений n в проверяемой точке для определения средних значений выходного сигнала выбирают по табл. 6.1.

Полученные значения интегральной нелинейности сравнивают с контрольным допуском, который определяют по формуле $\Delta_{\text{инт. к}}=\gamma\cdot\Delta_{\text{инт. р}}$, где $\Delta_{\text{инт.р}}$ — предел допускаемого значения интегральной нелинейности.

Прибор бракуют, если хотя бы одно из определенных значений интегральной нелинейности больше контрольного допуска.

6.3.5. Проверка дифференциальной нелинейности.

Дифференциальную нелинейность определяют по формуле

$$\tilde{\Delta}_{\text{д}}(N)=\tilde{\Delta}_{\text{s}}(N)-\tilde{\Delta}_{\text{s}}(N-1)-q_{\text{sf}} \qquad (11)$$

либо

$$\tilde{\Delta}_{\text{д}}(N)=\bar{y}(N)-\bar{y}(N-1)-q_{\text{sf}}, \qquad (12)$$

где $\bar{y}(N)$, $\bar{y}(N-1)$ — средние значения выходного сигнала, соответственно в точках со значениями кодов N и $N-1$. Количество измерений n в проверяемой точке для определения средних значений выходного сигнала выбирают по табл. 6.1; q_{sf} — номинальное значение младшего разряда поверяемого прибора.

Допускается определять разность $\bar{y}(N)-\bar{y}(N-1)$ путем измерения переменной составляющей на выходе поверяемого прибора *А1* образцовым прибором *А2* (п. 5 табл. 2.1), возникающей при периодической смене кодов, соответствующих смежным поверяемым точкам (см. рис. 1*а*).

Проверку дифференциальной нелинейности рекомендуется производить в точках диапазона, в которых происходит смена младших разрядов входного кода на соответствующий старший разряд.

Полученные значения дифференциальной нелинейности сравнивают с контрольным допуском дифференциальной нелинейности, который определяют по формуле $\Delta_{дк}=\gamma\cdot\Delta_{др}$, где $\Delta_{др}$ — предел допускаемого значения дифференциальной нелинейности.

Если хотя бы одно из определенных значений дифференциальной нелинейности больше контрольного допуска, прибор бракуют.

6.3.6. Проверка времени установления выходного сигнала.

Проверку времени установления осуществляют в следующем порядке:

1) определяют установившееся значение выходного сигнала, соответствующего заданному значению кода по формуле

$$y_{уст}=\bar{y}=\frac{\sum_{i=1}^{n=10} y_i}{10}, \qquad (13)$$

где y_i — значения выходного сигнала поверяемого прибора, которые определяют по п. 6.3.1;

2) определяют верхнюю $y_{уст.в}$ и нижнюю $y_{уст.н}$ границы зоны установления выходного сигнала по формулам:

$$y_{уст.в}=y_{уст.}+\Delta_{ор}; \qquad (14)$$

$$y_{уст.н}=y_{уст}-\Delta_{ор}; \qquad (15)$$

3) определяют дискретность интервала времени $\Delta t_{изм}$ между моментом смены значений кода и моментом измерения мгновенного значения выходного сигнала поверяемого прибора по формуле

$$\Delta t_{изм}=0{,}1t_{уст.sf}, \qquad (16)$$

где $t_{уст.sf}$ — номинальное значение времени установления поверяемого прибора;

4) после изменения значения кода на входе поверяемого прибора средством поверки *А4* (п. 8 табл. 2.1) измеряют мгновенные значения выходного напряжения (тока) $y_{мi}$ в моменты времени, равные $t_{изм}=i\Delta t_{изм}$ ($i=1, 2, 3\ldots$) (см. рис. 2). Интервалы вре-

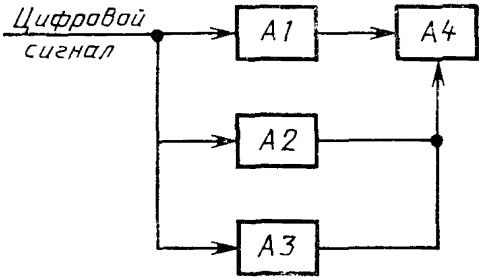


Рис. 2. Схема проверки времени устаиовлення поверяемого прибора: *А1*—поверяемый прибор; *А2*—средство формирования временного интервала; *А3*—средство измерений временного интервала; *А4*—средство измерений мгновенных значенний выходного сигнала поверяемого прибора

мени $\Delta t_{\text{изм}}$ формируются средством поверки *А2* (п. 6 табл. 2.1) и контролируются средством поверки *А3* (п. 7 табл. 2.1).

Интервал времени последовательно изменяют в сторону увеличения до тех пор, пока не будет выполнено условие

$$y_{\text{уст.н}} \leqslant y_{\text{мi}} \leqslant y_{\text{уст.в}} \tag{17}$$

для десяти следующих друг за другом значений $y_{\text{мi}}$.

В качестве оценки времени установления принимают минимальное значение времени, при котором выполняется условие (17).

Допускается использовать другие методы и средства поверки времени установления.

Определение времени установления необходимо проводить при следующих изменениях значений входного кода (в прямом и обратном направлениях):

1) от минимального до максимального значений;

2) суммы младших разрядов на старший разряд.

Полученную оценку времени установления сравнивают с пределом допускаемого значения времени установления.

Если полученная оценка времени установления больше предела допускаемого значения, прибор бракуют.

6.3.7. Проверка дополнительной погрешности выходного напряжения (тока) от изменения напряжения питающей сети.

Определение дополнительной погрешности выполняют по методике п. 6.3.1 и рис. 1*а* при значениях напряжения сети $U_{\text{sf}} = 220$ В, $U_1 = 242$ В, $U_2 = 198$ В.

Источник регулируемого напряжения питания и вольтметр для его измерения на рис. 1*а* опущены.

Дополнительную погрешность Δ_c определяют по формулам:

$$\Delta_{c_1} = y_i(U_{\text{sf}}) - y_i(U_1); \tag{18}$$

$$\Delta_{c_2} = y_i(U_{\text{sf}}) - y_i(U_2). \tag{19}$$

Полученные значения дополнительной погрешности сравнивают с пределом допускаемого значения дополнительной погрешности выходного напряжения (тока). Если полученные значения дополнительной погрешности больше предела допускаемого значения дополнительной погрешности, прибор бракуют.

Примечание. Дополнительную погрешность п. 6.3.7 не проверяют у приборов, питание которых осуществляют от источников стабилизированного напряжения.

6.3.8. Проверка дополнительной погрешности выходного тока при изменении сопротивления нагрузки.

На вход поверяемого прибора А1 подают сигнал, соответствующий коду конечной проверяемой точки. Измеряют выходной сигнал (ток) средством поверки *А2* (п. 1 табл. 2.1) при двух разных нагрузках, подключаемых поочередно (рис. 3). Значения нагрузок должны быть указаны в нормативно-технической документации на поверяемый прибор. Оценку дополнительной погрешности

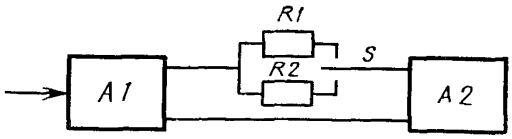


Рис. 3. Схема проверки дополнительной погрешности выходного тока при изменении сопротивления нагрузки: *A1*—поверяемый прибор; *A2*—образцовое средство измерения тока; *R1, R2*—сопротивления нагрузки; *S*—переключатель

выходного тока определяют как разность измеренных выходных токов при разных значениях нагрузки.

Полученное значение оценки дополнительной погрешности выходного тока сравнивают с пределом допускаемого значения дополнительной погрешности. Если полученная оценка дополнительной погрешности больше предела допускаемого значения, прибор бракуют.

6.3.9. Проверка дополнительной погрешности выходного напряжения при изменении тока нагрузки.

На вход поверяемого прибора *A1* подают сигнал, соответствующий коду конечной проверяемой точки. Измеряют выходное напряжение поверяемого прибора *A1* средством поверки *A2* (п. 1 табл. 2.1) при двух значениях нагрузки, подключаемых поочередно (рис. 4). Значения нагрузок должны быть указаны в нормативно-технической документации на поверяемый прибор.

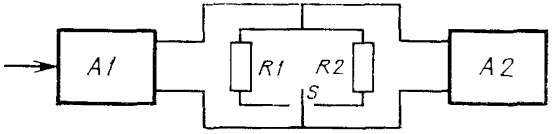


Рис. 4. Схема проверки дополнительной погрешности выходного напряжения при изменении тока нагрузки: *A1*—поверяемый прибор; *A2*—образцовое средство измерения напряжения; *R1, R2*—сопротивления нагрузки; *S*—переключатель

Оценку дополнительной погрешности определяют как разность измеренных выходных напряжений при разных значениях нагрузки.

Полученная оценка дополнительной погрешности не должна превышать предела допускаемого значения дополнительной погрешности. В противном случае прибор бракуют.

6.3.10. Проверка нестабильности выходного напряжения (тока).

На вход поверяемого прибора *A1* (см. рис. 1*а*) подают код, соответствующий значению кода конечной проверяемой точки. Измеряют выходное напряжение (ток) средством поверки *A2* (п. 1 табл. 2.1) после установления рабочего режима и после 8 ч непрерывной работы поверяемого прибора в нормальных условиях.

Нестабильность выходного напряжения (тока) поверяемого прибора определяют путем вычисления разности зарегистрированиых значений выходного напряжения (тока) поверяемого прибора.

Полученное значение сравнивают с пределом допускаемого значения нестабильности. Если полученное значение нестабильности больше предела допускаемого значения, прибор бракуют.

6.4. Для поверяемых приборов, нормативно-техническая документация которых утверждена до внедрения настоящих методических указаний, допускается использовать методику поверки, изложенную в указанной нормативно-технической документации.

7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1. При положительных результатах периодической ведомственной поверки прибора производят запись в формуляре, которая заверяется подписью поверителя и оттиском поверительного клейма. Оттиск клейма ставится также на приборе.

7.2. При положительных результатах Государственной поверки выдается свидетельство государственной поверки по форме, установленной Госстандартом. На оборотной стороне свидетельства производят запись результатов поверки.

7.3. Для прибора, находящегося в обращении и прошедшего поверку с отрицательным результатом, делают соответствующую запись в формуляре, прибор в обращение не допускается и поверительное клеймо гасят, свидетельство аннулируется.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА ПОВЕРКИ (по МИ 187—79)

В соответствии с МИ 187—79, МИ 188—79 принимают следующие критерии качества поверки:

$\delta_м = \frac{|\Delta_м|}{|\Delta_п|}$ — наибольший выход за допуск-отношение наибольшего возможного значения $\Delta_м$ характеристики погрешности средства измерений, признанного по результатам поверки годным, но в действительности негодного, к пределу $\Delta_п$ ее допускаемых значений;

$P_{нм}$ — наибольшая вероятность принятия любого негодного экземпляра средства измерений в качестве годного (необнаруженный брак), иными словами, вероятность признания годным такого экземпляра, у которого характеристика погрешности на бесконечно малую величину превышает предел допускаемых значений;

$P_ф$ — отношение числа годных, но забракованных средств измерений, к числу всех в действительности годных средств измерений (фиктивный брак в среднем, а также следующие вспомогательные параметры);

β — верхняя граница зоны значений (в долях $\Delta_п$) характеристики погрешности годного средства измерений, в которой забракование считают фиктивным браком ($\beta \leqslant 1$);

γ — отношение контрольного допуска $\Delta_к$ к пределу $\Delta_п$ ($\gamma = \frac{|\Delta_к|}{|\Delta_п|} \leqslant 1$), где $\Delta_к$ — допуск, с которым сравнивают полученную при поверке оценку $\tilde{\Delta}$ контролируемой характеристики погрешности средства измерений с целью принятия решения о годности (негодности); $\tilde{\Delta} = (\Delta + \Delta_о)$ — оценка контролируемой характеристики погрешности, отличающаяся от истинного значения Δ на значения $\Delta_о$ погрешности поверки.

Коэффициент γ и число отсчетов n, приведенные в настоящих методических указаниях, обеспечивают получение значений критериев качества $\delta_м$, $P_{нм}$ не ниже требуемых ГОСТ 22261—82.

При необходимости поверки с более высокими значениями критериев качества или с иными соотношениями пределов допускаемых значений контролируемой характеристики и характеристик погрешности образцового средства измерений, параметры γ и n должны назначать в соответствии с указаниями МИ 137—79, МИ 641—84.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

НАЗНАЧЕНИЕ ПРОВЕРЯЕМЫХ ТОЧЕК

1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. Проверяемая точка — значение входного (кодированного) сигнала поверяемого прибора, при котором необходимо определить (проконтролировать) его нормируемые характеристики.

1.2. Поверяемый прибор 1-го вида — прибор, формирование выходного напряжения или тока которого производится без помощи дискретного делителя напряжения или тока, например, путем усреднения сигнала широтно-импульсного модулятора (дифференциальная нелинейность отсутствует).

1.3. Поверяемый прибор 2-го вида — прибор, формирование выходного напряжения или тока которого производится с помощью дискретного делителя напряжения или тока (возможна дифференциальная нелинейность).

1.4. Основной диапазон преобразования поверяемого прибора — диапазон преобразования, из которого при помощи выходных усилителей, делителей или шунтов образуются все остальные (дополнительные) диапазоны преобразования.

В обоснованных случаях для многодиапазонных приборов основной диапазон преобразования могут назначить в технической документации, исходя из других признаков.

1.5. Разрядная точка — значение входного (кодированного) сигнала, которое соответствует кодовой комбинации, имеющей единицу только в одном из разрядов.

1.6. Погрешность суперпозиционного вида — погрешность в любой проверяемой точке, равная сумме погрешностей в соответствующих разрядных точках (номера разрядов соответствуют номерам позиций кодовой комбинации, где цифры равны единице).

2. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

2.1. Следует назначить проверяемые при поверке точки отдельно для определения (контроля) основной погрешности или ее систематической составляющей и определения (контроля) среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности прибора.

2.2. В дополнительных диапазонах преобразования проверяемые точки для определения (контроля) основной погрешности или ее систематической составляющей назначают следующим способом.

2.2.1. Если число проверяемых точек в основном диапазоне преобразования не превышает 6, погрешность проверяемого прибора в каждом из дополнительных диапазонов следует проверять в начале, в конце диапазона, а также дополнительно в 1—2 точках, в которых можно ожидать получение экстремальных значений погрешности.

2.3. Проверяемые точки для определения основной погрешности, систематической составляющей погрешности и интегральной нелинейности устанавливают в нормативно-технической документации на прибор разработчиком:

для приборов 1-го вида в соответствии с указаниями п. 3.1;

для приборов 2-го вида в соответствии с указаниями п. 3.2 или находят в ходе эксперимента для приборов 2-го вида в соответствии с указаниями п. 4 при необходимости в повышенной достоверности нахождения максимальной погрешности.

2.4. Определение (контроль) среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности прибора любого вида в основном и дополнительных

диапазонах преобразования следует производить в одной точке каждого из диапазонов, расположенной ближе к верхней его границе.

3. ПРОВЕРЯЕМЫЕ ТОЧКИ, НАЗНАЧАЕМЫЕ РАЗРАБОТЧИКОМ В НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

3.1. Назначение проверяемых точек для приборов 1-го вида.

3.1.1. В качестве проверяемых назначают в 6—11 точек (для приборов, построенных по десятичному принципу) и 9—17 точек (для приборов, построенных по двоичному принципу), равномерно распределенных по диапазону измерений.

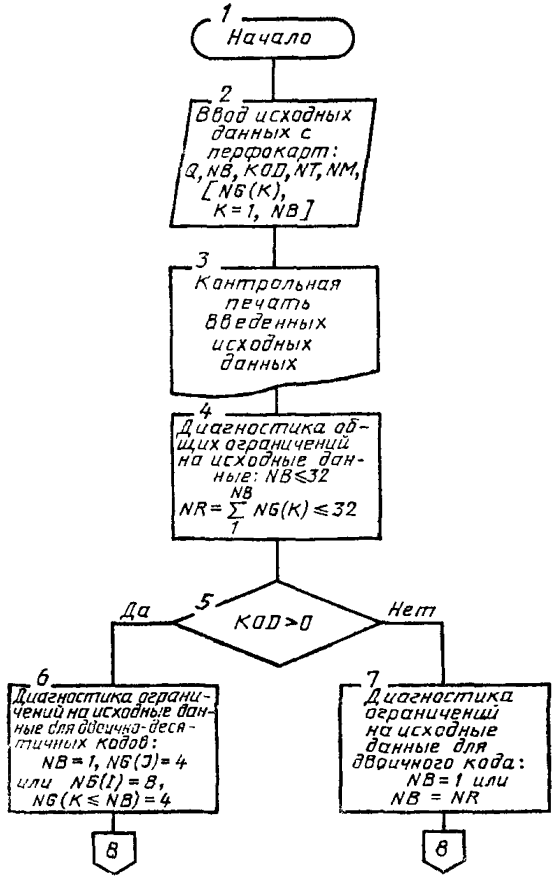
3.2. Назначение проверяемых точек для приборов 2-го вида.

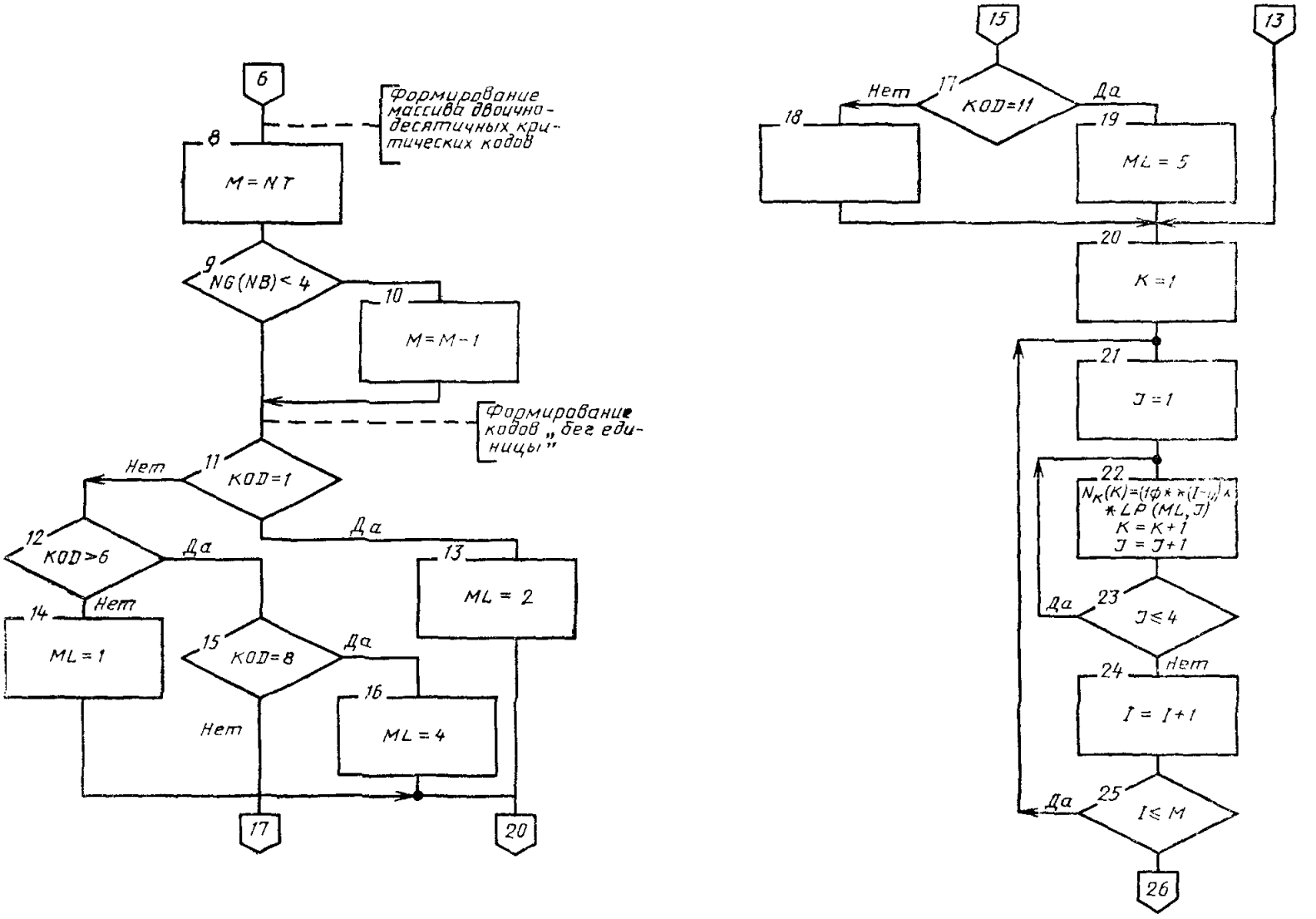
3.2.1. Для определения (контроля) погрешности поверяемого прибора 2-го вида, ее систематической и интегральной нелинейности в основном диапазоне преобразования следует назначить проверяемые точки, в которых:

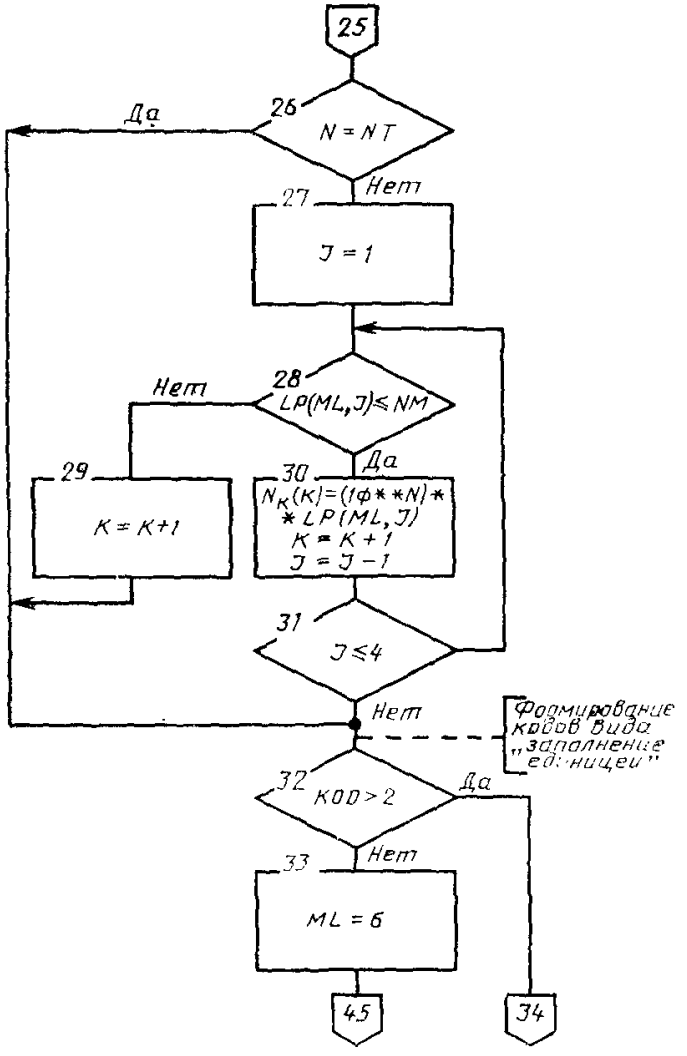
при определенных соотношениях погрешностей элементов схемы дискретного делителя возможно возникновение наибольших значений дифференциальной нелинейности функции преобразования поверяемого прибора;

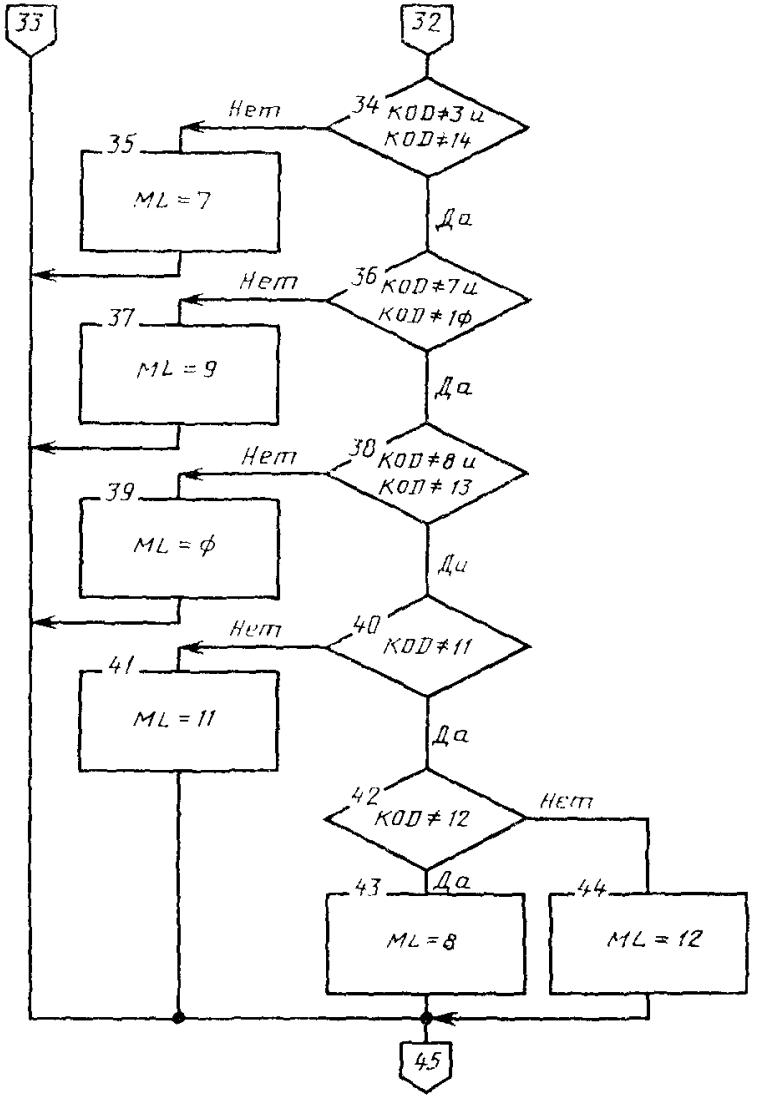
имеют место наихудшие варианты суммирования составляющей погрешности, обусловленной дискретным делителем, с аддитивными и мультипликативными составляющими погрешностей остальных элементов схемы поверяемого прибора.

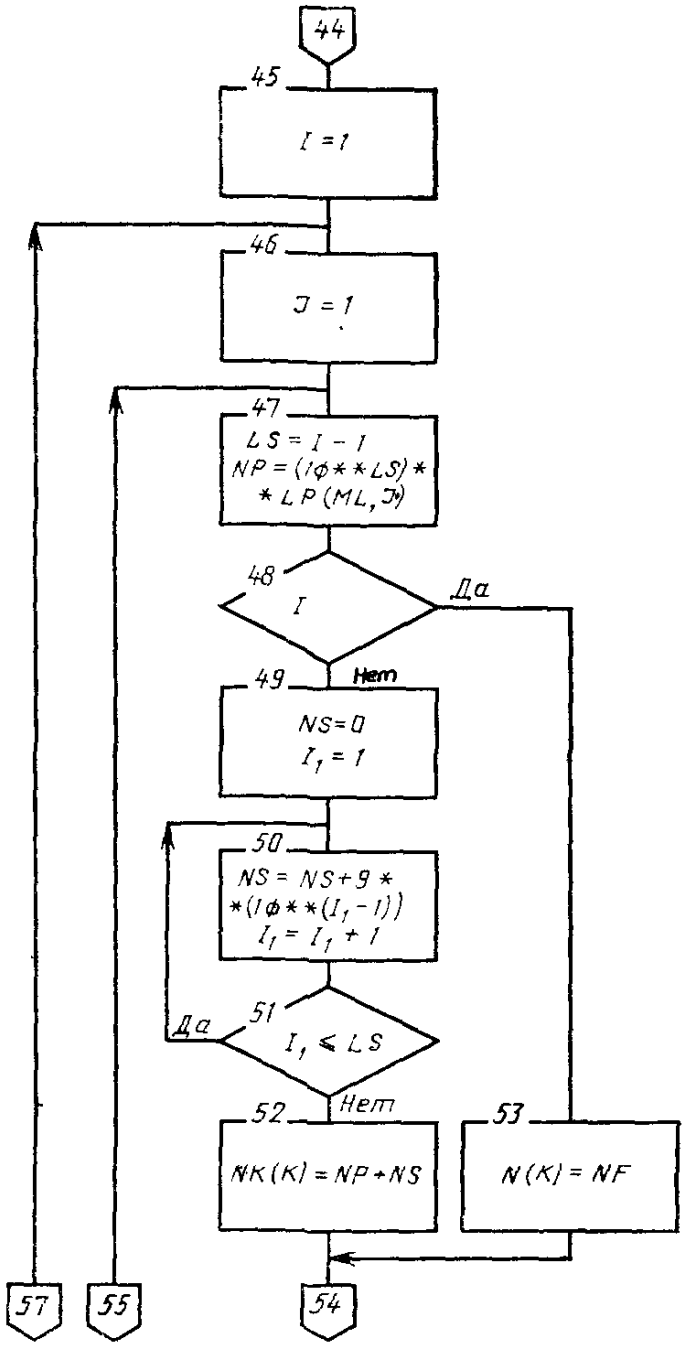
3.2.2. Назначение проверяемых точек производят при разработке нормативно-технической документации на методы и средства поверки приборов конкретного типа по программе, алгоритм которой представлен на рис. П. 2.1.

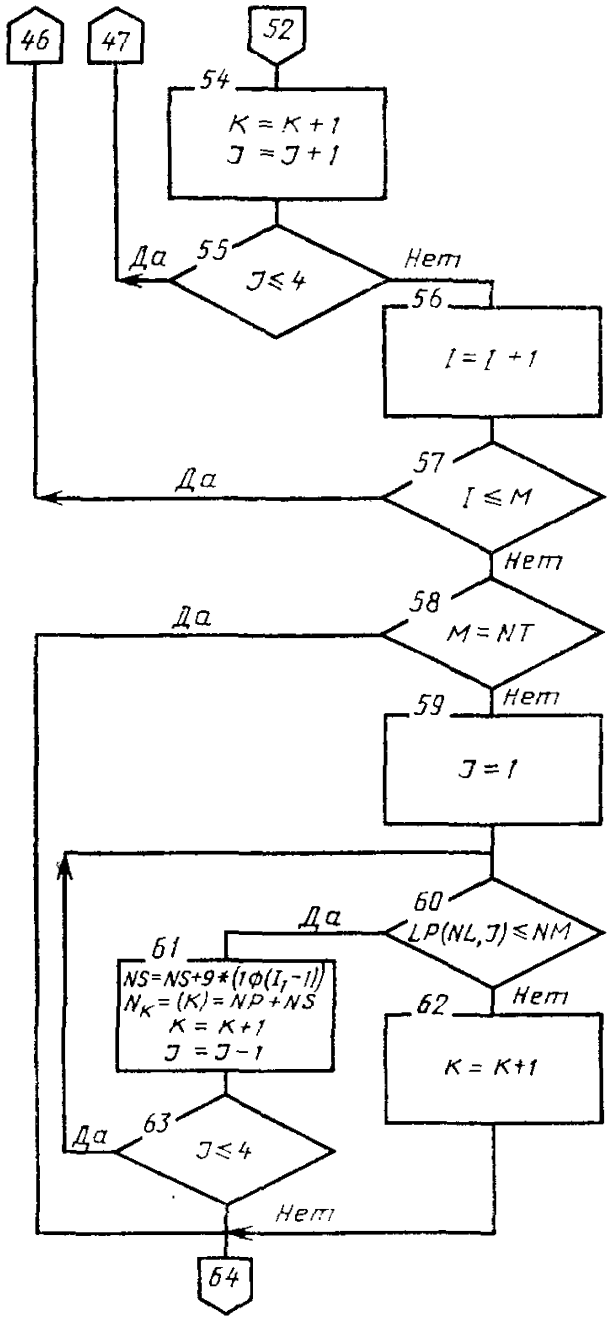


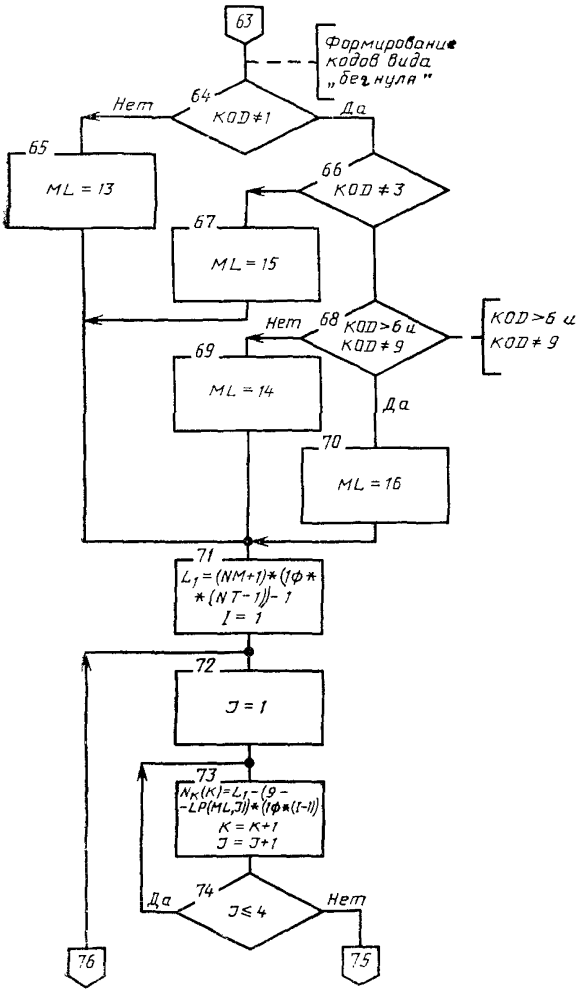

6
Формирование массива двоично-десятичных критических кодов
8
M = NT
9
NG(NB) < 4
10
M = M − 1
Формирование кодов „бег единицы"
11
KOD = 1
Нет
Да
12
KOD > 6
Да
Нет
13
ML = 2
14
ML = 1
15
KOD = 8
Да
Нет
16
ML = 4
17
20
15
13
17
KOD = 11
Нет
Да
18
19
ML = 5
20
K = 1
21
J = 1
22
K = K + 1
J = J + 1
23
J ≤ 4
Да
Нет
24
I = I + 1
25
I ≤ M
Да
26

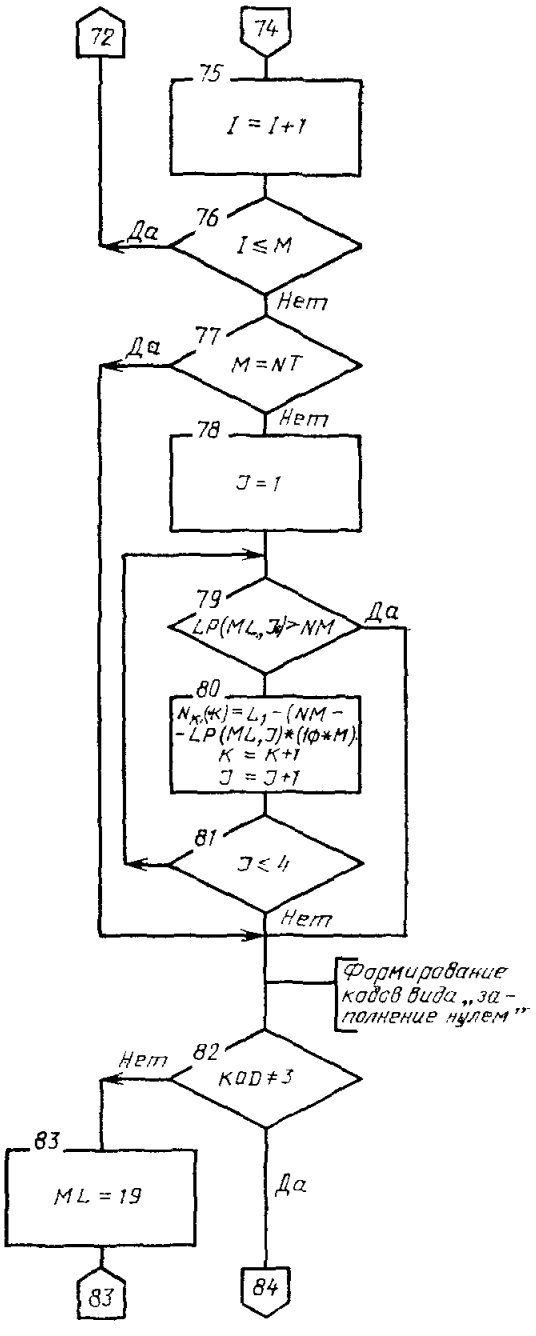

25
26
N = NT
Да
Нет
27
J = 1
28
LP(ML,J)≤NM
Нет
Да
29
K = K+1
30
N_K(K)=(1ф**N)*
*LP(ML,J)
K = K+1
J = J-1
31
J≤4
Нет
Формирование кодов вида „заполнение единицей"
32
KOD>2
Да
Нет
33
ML = 6
45
34

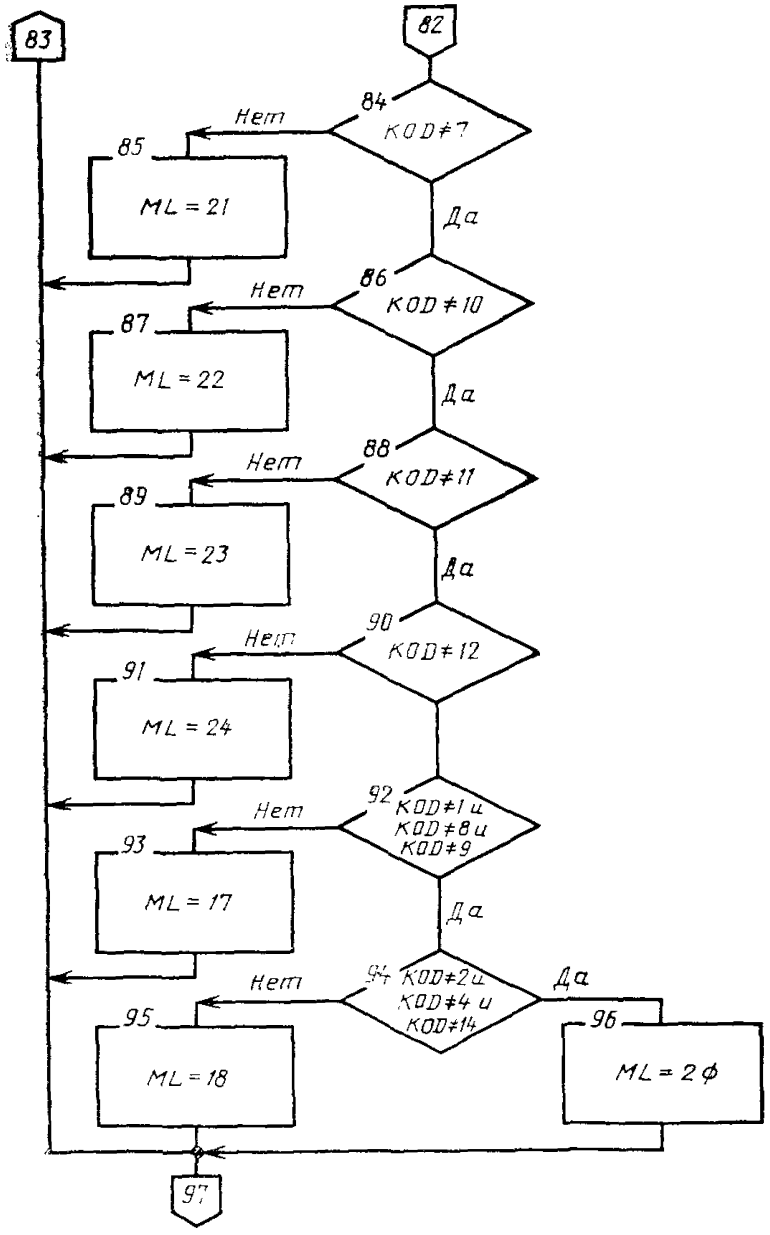

33
32
34
KOD≠3 и KOD≠14
Нет
Да
35
ML = 7
36
KOD≠7 и KOD≠1ф
37
ML = 9
38
KOD≠8 и KOD≠13
39
ML = ф
40
KOD≠11
41
ML = 11
42
KOD≠12
43
ML = 8
44
ML = 12
45

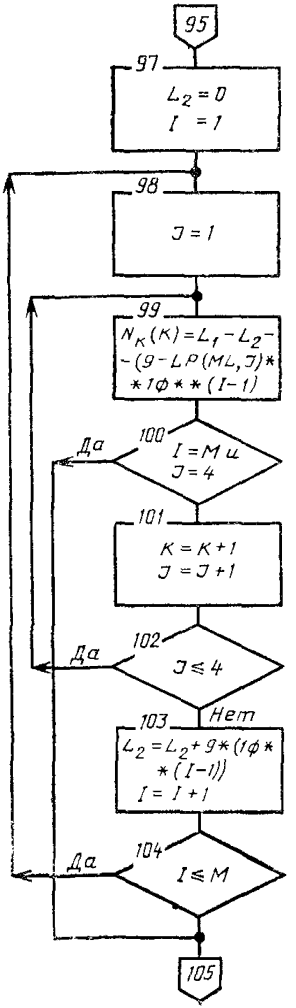

44
45
I = 1
46
J = 1
47
LS = I - 1
NP = (10**LS)*
*LP(ML, J)
48
I
Да
Нет
49
NS=0
I1 = 1
50
NS = NS+9*
*(10**(I1-1))
I1 = I1 + 1
51
Да
I1 ≤ LS
Нет
52
NK(K) = NP+NS
53
N(K) = NF
54
55
57

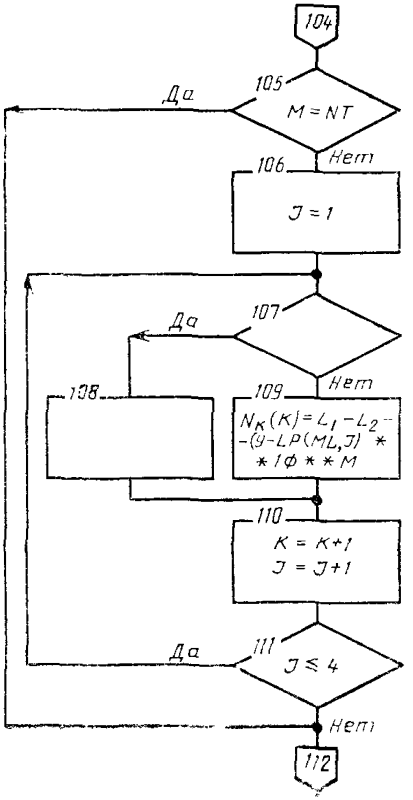

46
47
52
54
K = K + 1
J = J + 1
55
Да
J ≤ 4
Нет
56
I = I + 1
57
Да
I ≤ M
Нет
58
Да
M = NT
Нет
59
J = 1
60
Да
LP(NL,J) ≤ NM
61
NS=NS+9*(1Ф(I1-1))
NK=(K)=NP+NS
K = K+1
J = J-1
62
Нет
K = K+1
63
Да
J ≤ 4
Нет
64

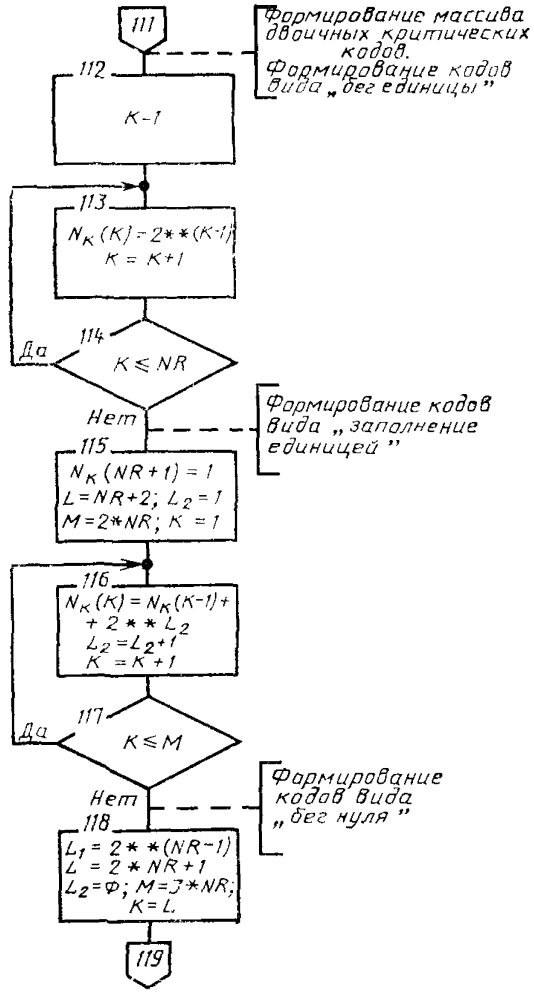

63
Формирование кодов вида „без нуля"
64
KOD≠1
Нет
Да
65
ML = 13
66
KOD ≠ 3
67
ML = 15
68
KOD>6 и KOD≠9
KOD>6 и KOD≠9
Нет
69
ML = 14
Да
70
ML = 16
71
L1 = (NM+1)*(1ф* *(NT-1))- 1
I = 1
72
J = 1
73
NK(K)=L1-(9- -LP(ML,J))*(1ф*(I-1))
K = K+1
J = J+1
74
J≤4
Да
Нет
76
75

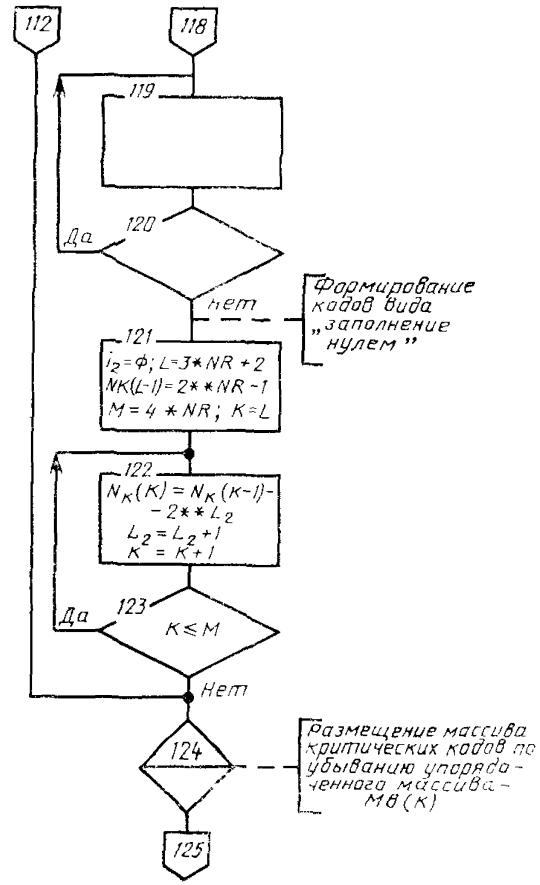

72
74
75
I = I+1
76
I ≤ M
Да
Нет
77
M = NT
Да
Нет
78
J = 1
79
LP(ML, J) > NM
Да
80
$N_K(K) = L_1 - (NM - LP(ML,J)) * (10 * M)$
K = K+1
J = J+1
81
J ≤ 4
Нет
Формирование кодов вида „заполнение нулем"
82
KOD ≠ 3
Нет
Да
83
ML = 19
83
84


83
82
84
KOD≠7
Нет
Да
85
ML = 21
86
KOD≠10
Нет
Да
87
ML = 22
88
KOD≠11
Нет
Да
89
ML = 23
90
KOD≠12
Нет
Да
91
ML = 24
92
KOD≠1 и
KOD≠8 и
KOD≠9
Нет
Да
93
ML = 17
94
KOD≠2 и
KOD≠4 и
KOD≠14
Нет
Да
95
ML = 18
96
ML = 2ф
97


95
97
$L_2 = 0$
$I = 1$
98
$J = 1$
99
$N_K(K) = L_1 - L_2 -$
$-(9 - LP(ML, J) *$
$* 10 ** (I-1)$
100
$I = M$ и
$J = 4$
Да
101
$K = K + 1$
$J = J + 1$
102
$J \leq 4$
Да
103
$L_2 = L_2 + 9 * (10 *$
$* (I-1))$
$I = I + 1$
Нет
104
$I \leq M$
Да
105


104
105
$M = NT$
Да
Нет
106
$J = 1$
107
Да
108
109
$N_K(K) = L_1 - L_2 -$
$-(9 - LP(ML, J) *$
$* 10 ** M$
Нет
110
$K = K + 1$
$J = J + 1$
111
$J \leq 4$
Да
Нет
112


111
Формирование массива двоичных критических кодов.
Формирование кодов вида „бег единицы"
112
K=1
113
$N_K(K)=2**(K-1)$
K = K+1
114
Да
K ≤ NR
Нет
Формирование кодов вида „заполнение единицей"
115
$N_K(NR+1)=1$
L=NR+2; $L_2=1$
M=2*NR; K=1
116
$N_K(K)=N_K(K-1)+$
$+2**L_2$
$L_2=L_2+1$
K=K+1
117
Да
K ≤ M
Нет
Формирование кодов вида „бег нуля"
118
$L_1=2**(NR-1)$
L=2*NR+1
$L_2=\Phi$; M=J*NR;
K=L
119


112
118
119
120
Да
нет
Формирование кодов вида „заполнение нулем"
121
$I_2=\Phi$; L=J*NR+2
NK(L-1)=2**NR-1
M=4*NR; K=L
122
$N_K(K)=N_K(K-1)-$
$-2**L_2$
$L_2=L_2+1$
K=K+1
123
Да
K ≤ M
Нет
124
Размещение массива критических кодов по убыванию упорядоченного массива MB(K)
125

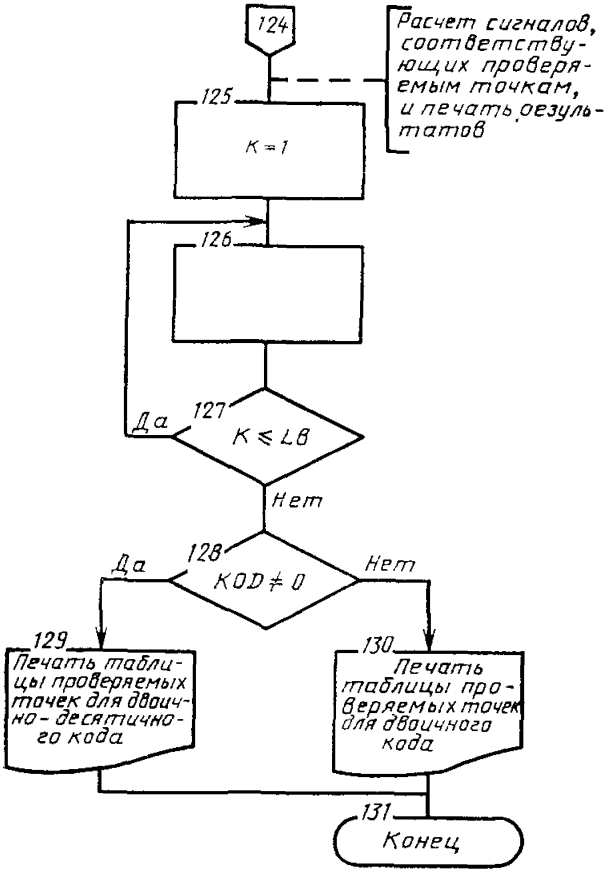


Рис. П. 2.1. Блок-схема программы выбора фиксированных проверяемых точек для приборов 2-го вида. Размерности массивов: *NK* (13), *MB* (13), *X* (13), *NG* (4). Двумерный массив *LP* имеет размерность (24,4). Состав массива *LP*: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 6, 3, 1, 4, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 5, 3, 7, 3, 3, 4, 7, 5, 5, 5 6, 4, 2, 4, 2, 2, 5, 2, 4, 4, 4, 3, 5, 7, 9, 9, 9, 5, 4, 9, 9, 7, 7, 7, 8, 8, 6, 6, 8, 4, 6, 5, 8, 6, 5, 4, 6, 9, 9, 9, 9, 9, 9, 9, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8.

Для расчета по программе рекомендуется использовать ЭВМ серии ЕС, либо другую ЭВМ, имеющую в составе математического обеспечения компилятор с языка ФОРТРАН. Загрузочный модуль программы, оттранслированной в ЭВМ серии ЕС, занимает 36 К байт оперативной памяти. Продолжительность выполнения программы не более 2 с. Вызов и загрузка программы в системе ОС ЭВМ серии ЕС производится с помощью операторов языка управления заданиями вида:

```
// VERCODS JOB
// EXECFORTGCLG
// FORT SYSIN DD*
```

исходный модуль программы

```
IGO, SYSIN DD*
```

входные данные

3.3. Описание применения программы

3.3.1. Входными данными для программы определения проверяемых точек поверяемого прибора являются числовые значения переменных и массива, содержание, обозначение и способ кодирования (формат и порядковый номер перфокарты) которых приведены в табл. П. 2.3.1.

Таблица П. 2.3.1

Обозначение переменной (массива)	Содержание переменной (массива)	Формат кодирования	№ перфокарты (строки записи)
	Номинальное значение единицы младшего разряда входного кода поверяемого прибора	19	1
	Число узлов в схеме дискретного делителя $1 \leqslant NB \leqslant 32$	12	1
	Условный номер вида управляющего дискретного делителя: KOD = Ø — двоичный код; KOD = (1—14) — двоично-десятичный код в соответствии с табл. П. 2.3.2		
	Общее число тетрад дискретного делителя*, включая неполную (если она есть)	11	2
	Максимальная цифра, реализуемая в старшей тетраде*	12	2
	Число коммутируемых проводимостей, объединенных в k-узле дискретного делителя (вводятся, начиная с числа проводимостей в узле, содержащем младший разряд кода)	12	3 и 4 (при необходимости)

* Переменная кодируется только для случая двоично-десятичного кода, в противном случае вторую карту складывают, но не перфорируют.

Таблица П. 2.3.2

УСЛОВНЫЕ НОМЕРА ДВОИЧНО-ДЕСЯТИЧНЫХ КОДОВ

Кодируемая десятичная цифра	Расшифровка и условные номера кодов				
	8-4-2-1	2-4-2-1 несамодополняющийся	4-2-2-1 несамодополняющийся	2-4-2-1 самодополняющийся	4-2-2-1 самодополняющийся
0	0000	0000 0000	0000 0000 0000	0000 0000 0000 0000	0000 0000 0000 0000
1	0001	0001 0001	0001 0001 0001	0001 0001 0001 0001	0001 0001 0001 0001
2	0010	0010 1000	0010 0100 0010	1000 0010 0010 1000	0010 0100 0010 0100
3	0011	0011 1001	0011 0101 0011	1001 0011 0011 1001	0011 0101 0011 0101
4	0100	0100 1010	1000 1000 0110	1010 1010 0100 0100	0110 0110 1000 1000
5	0101	0101 1011	1001 1001 0111	0101 0101 1011 1011	1001 1001 0111 0111
6	0110	0110 1100	1010 1100 1100	0110 1100 0110 1100	1100 1010 1100 1010
7	0111	0111 1101	1011 1101 1101	0111 1101 1101 0111	1101 1011 1101 1011
8	1000	1110 1110	1110 1110 1110	1110 1110 1110 1110	1110 1110 1110 1110
9	1001	1111 1111	1111 1111 1111	1111 1111 1111 1111	1111 1111 1111 1111

3.3.2. Результаты расчета по программе представляются машиной в виде таблицы входных данных и таблицы проверяемых точек. Таблица проверяемых точек состоит из следующих граф:

код (десятичный или двоичный), соответствующий проверяемой точке;

десятичный эквивалеит кода (только для двоичного кода);

номинальное значение выходного сигнала поверяемого прибора, соответствующее коду проверяемой точки.

3.4. Примеры назначения проверяемых точек по программе для приборов конкретных типов представлены в табл. П. 2.3.3 и П. 2.3.4.

Таблица П. 2.3.3

КОД критической точки	Десятичный эквивалент кода	Номинальный выходной сигнал
1111111111	1023	511,500000000
1111111110	1022	511,000000000
1111111101	1021	510,500000000
1111111100	1020	510,000000000
1111111011	1019	509,500000000
1111111000	1016	508,000000000
1111111111	1015	507,500000000
1111110000	1008	504,000000000
1111111111	1007	503,500000000
1111100000	992	496,000000000
1111011111	991	495,500000000
1111000000	960	480,000000000
1110111111	959	479,500000000
1110000000	896	448,000000000
1101111111	859	447,500000000
1100000000	768	384,000000000
1011111111	767	383,500000000
1000000000	512	252,000000000
0111111111	511	255,500000000
0100000000	256	128,000000000
0011111111	255	127,500000000
0010000000	128	64,000000000
0001111111	127	63,500000000
0001000000	64	32,000000000
0000100000	32	16,000000000
0000011111	31	15,500000000
0000001111	16	8,000000000
0000001111	15	7,500000000
0000001000	8	4,000000000
0000000111	7	3,500000000
0000000100	4	2,000000000
0000000011	3	1,500000000
0000000010	2	1,000000000
0000000001	1	0,500000000
0000000000	0	0,000000000

Таблица П. 2.3.4

KOD критической точки	Номинальный выходной сигнал 2-4-2-1 несамодополняющийся
1	2
9999	9999,000000000
9998	9998,000000000
9997	9997,000000000
9995	9995,000000000
9994	9994,000000000
9993	9993,000000000
9990	9990,000000000
9989	9989,000000000
9980	9980,000000000
9979	9979,000000000
9959	9959,000000000
9940	9940,000000000
9939	9939,000000000
9900	9900,000000000
9899	9899,000000000
9800	9800,000000000
9799	9799,000000000
9599	9599,000000000
9400	9400,000000000
9399	9399,000000000
9000	9000,000000000
8999	8999,000000000
8000	8000,000000000
7999	7999,000000000
5999	5999,000000000
8000	8000,000000000
7999	7999,000000000
5999	5999,000000000
4000	4000,000000000
3999	3999,000000000
2000	2000,000000000
1999	1999,000000000
1000	1000,000000000
999	999,000000000
800	800,000000000
799	799,000000000
400	400,000000000
399	399,000000000
200	200,000000000
199	199,000000000
100	100,000000000
99	99,000000000
80	80,000000000
79	79,000000000
40	40,000000000
39	39,000000000
20	20,000000000
19	19,000000000
10	10,000000000
9	9,000000000
8	8,000000000
7	7,000000000

Продолжение табл. П. 2.3.4

1	2
4	4,000000000
3	3,000000000
2	2,000000000
1	1,000000000
0	0,000000000

В табл. П. 2.3.3 приведены результаты расчета для приборов с двоичным десятиразрядным дискретным делителем типа $R=2R$ при следующих входных данных: цена единицы младшего разряда кода $q=0{,}500000$, число узлов $NB=10$, число разрядов в узлах $NG(K)=1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1$; $KOD=0$ (двоичный код). В таблице П. 2.3.4 приведены результаты расчета для приборов с четырехдекадным дискретным делителем, использующим несамодополняющийся двоично-десятичный код 2-4-2-1, при входных данных: цена единицы младшего разряда кода $q=1{,}000000$, число узлов $NB=4$, число разрядов в узлах $NG\ (K)=4, 4, 4, 4$; $KOD=2$ (двоично-десятичный код), число тетрад $NT=4$, максимальная цифра старшей тетради $NM=9$.

4. ПОИСК ПРОВЕРЯЕМЫХ ТОЧЕК В ХОДЕ ПОВЕРКИ ДЛЯ ПРИБОРОВ 2-го ВИДА

4.1. Методика применима при проверке (контроле) основной погрешности поверяемого прибора, ее систематической составляющей погрешности, допускаемые значения которых нормируют одночленной и двучленной формулами, а также при контроле интегральной нелинейности.

Методика основана на выдвижении и последующей проверке гипотезы о суперпозиционном характере погрешности внутри каждого из отдельно взятых участков, на которые разбивают весь диапазон значений входного цифрового сигнала. При неподтверждении гипотезы число участков увеличивают.

Границы участков устанавливают в точках диапазона, где может быть большая дифференциальная нелинейность. Для поверяемых приборов, работающих в двоичном коде, точки делят диапазон на 2, 4, 8, 16 и т. д. равных участков. Для поверяемых приборов, работающих в двоично-десятичном коде, точки делят диапазон (например, для кода 8-4-2-1) на 10, 100; 5,50 и т. д. равных участков, на два неравных участка: 0,8 и 0,2 от диапазона и т. д. Точки конца предыдущего и начала последующего участков не совпадают, а являются смежными.

Если при двоичном кодировании выбрано число участков r, то число старших разрядов, определяющих текущий номер участка, равно $\log_2 r$.

Вычисление номера точки в начале участка производят по формуле

$$N_{\text{н}}(l) = (l-1)\,2^{n-\log_2 r},$$

а в конце участка

$$N_{\text{к}}(l) = l \cdot 2^{n-\log_2 r} - 1,$$

где n — число двоичных разрядов; l — номер участка $(l=\overline{1, r})$.

При двоично-десятичном кодировании при равномерном делении диапазона на 5 участков

$$N_{\text{н}}(l) = (l-1) \cdot 2 \cdot 10^{m-1}$$

$$N_{\text{к}}(l) = l \cdot 2 \cdot 10^{m-1},$$

где m — число десятичных разрядов,

для десяти участков

$$N_{н}(l) = (l-1)\cdot 10^{m-1}$$

$$N_{к}(l) = l\cdot 10^{m-1} \qquad \text{и т. д.}$$

Неравномерное деление диапазона на участки усложняет процедуру поиска точек.

Поиск проверяемых точек включает в себя следующие этапы.

На первом этапе определяют участок диапазона, в котором лежит точка максимальной погрешности выходного сигнала поверяемого прибора. Для этого экспериментально определяют погрешность $\Delta^{н}_{0l}$ в начале и погрешность $\Delta^{к}_{0l}$ в конце каждого участка.

Производят выбор такого участка l_m, где сумма $\Delta^{н}_{0l} + \Delta^{к}_{0l}$ имеет максимальное по модулю значение.

Здесь и далее после каждого экспериментального определения основной погрешности пронзводят сравнение полученного результата с контрольным допуском $\Delta_{ок}$, который определяют по формуле

$$\Delta_{ок} = \gamma\cdot\Delta_{ор},$$

где $\gamma = 0{,}9$; $\Delta_{ор}$ — предельное допускаемое значение основной погрешности.

На втором этапе экспериментально определяют основную погрешность в разрядных точках для выбранного участка l_m. Номер разрядной точки для двоичного кода

$$N_{рi} = N_{н}(l_m) + 2^{i-1},$$

где i — текущий номер разряда на участке $(i=\overline{1,\ n-\log_2 r})$ или для кода 8-4-2-1:

$$N_{рi} = N_{н}(l_m) + 2^{i-1}\cdot 10^{j-1},$$

где $j=\overline{1;\ m-\log_2 r}$; $i=\overline{1,\ n}$ — номер двоичного разряда в декаде.

На третьем этапе вычисляют $\Delta^{р}_{0max}$ максимальную погрешность на участке lm. Ее вычисляют в предположенни о суперпознционном характере погрешиости внутри участка. Из каждого значения разрядной основной погрешности Δ_{0i} вычитают основную погрешность в начальной точке участка $\Delta^{н}_{0lm}$, характернзующую смещенность погрешностей всего участка:

$$\varepsilon_i = \Delta_{0i} - \Delta^{н}_{0lm}.$$

Полученные разностн группируют на положительные $\{\varepsilon_i^{+}\}$ н отрицательные $\{\varepsilon_i^{-}\}$. Максимальное расчетное значение основной погрешности на участке определяют выражениямн

$$\Delta^{р}_{0max} = \Delta^{р}_{0lm} + \sum_{i} \varepsilon^{+}_{i}$$

или

$$\Delta^{р}_{0max} = \Delta^{р}_{0lm} + \sum_{i} \varepsilon^{-}_{i}.$$

На четвертом этапе проверяют гипотезу о суперпозицнонном характере основной погрешности внутри участка. Для этого проводят экспериментальное определение основной погрешностн в точке, в которой расчетиое зиачение равно $\Delta^{р}_{0max}$. Номер точки с максимальной погрешностью

$$N_{max} = N_{н}(l_m) + \sum_{i} Z_i\cdot 2^{i-1},$$

где $Z_i = \begin{cases} 1, \text{ если } \varepsilon_i \text{ вошло в формулу } \Delta^{р}_{0max}, \\ 0, \text{ обратное.} \end{cases}$

Гипотезу проверяют путем сравнения полученного экспериментального значения $\Delta^{\text{и}}_{\text{omax}}$ основной погрешности с расчетным значением $\Delta^{\text{р}}_{\text{omax}}$.

Если $\Delta^{\text{и}}_{\text{omax}} - \Delta^{\text{р}}_{\text{omax}} < G$, G — заданное значение критерия принятия гипотезы (в единицах младшего разряда поверяемого прибора), то гипотезу принимают. За максимальную основную погрешность во всем диапазоне входной величины принимается измеренное значение $\Delta^{\text{и}}_{\text{omax}}$.

Если гипотеза не подтверждается, то увеличивают число участков в два или в четыре раза и процедуру повторяют.

На пятом этапе, если допускаемое значение основной погрешности задано двучленной формулой $\Delta_{\text{op}} = \pm(a + bN)$, производят следующие дополнительные вычисления и измерения (см. рис. П. 2.2). Вычисляют по этой формуле значение $\Delta_{\text{op}}(N)$ в точке, где основная погрешность поверяемого прибора оказалась максимальной (код точки найден на 4 этапе).

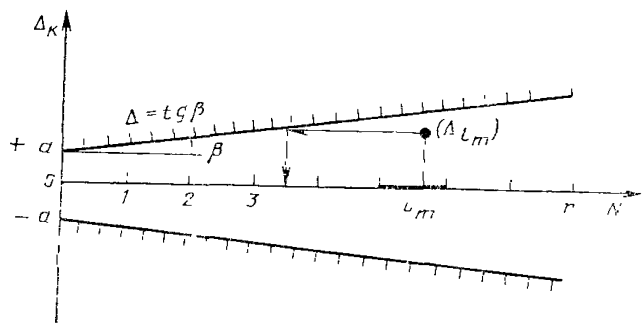


Рис. П. 2.2. Графическое представление основной погрешности, выраженной двучленной формулой $\Delta_{\text{op}} = \pm(a + bN)$.

Производят сравнение вычисленного значения Δ_{op} и значения Δ_{omax}. Если погрешность поверяемого прибора оказалась меньше допускаемого значения, то вычисляют значение N, при котором $\Delta_{\text{op}} = \Delta_{\text{omax}}$ и определяют, в каком из участков находится эта точка.

Осуществляют определение максимальной погрешности для этого участка, а также для остальных, имеющих меньший порядковый номер, по вышеописанной методике.

Если точка оказалась в том же участке (l_m), что свидетельствует о том, что погрешности поверяемого прибора близки к допустимым границам, число участков удваивают.

4.2. Блок-схема алгоритма поиска проверяемых точек при автоматизированном контроле основной погрешности поверяемого прибора, работающего в двоичном коде, приведена на рис. П. 2.3.

Алгоритм предусматривает как назначение допускаемой погрешности по одночленной формуле (приведенной), так и по двучленной формуле.

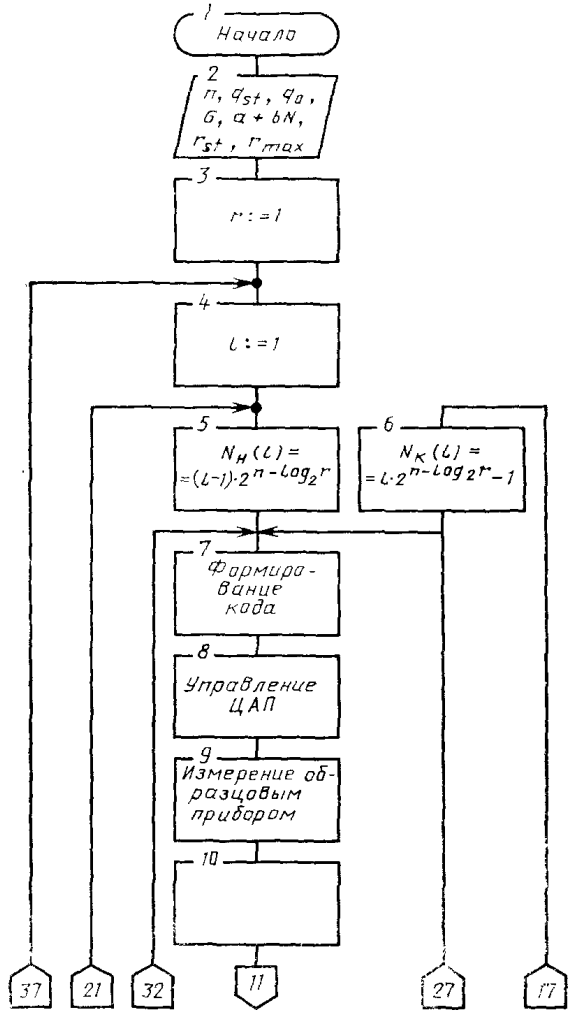
При вычислении сумм вида $\Sigma\varepsilon_i$ число слагаемых целесообразно ограничивать (5—6-ю) слагаемыми: соответствующими старшим разрядам. Увеличение числа участков при неподтверждении гипотезы целесообразно делать в 4 раза.

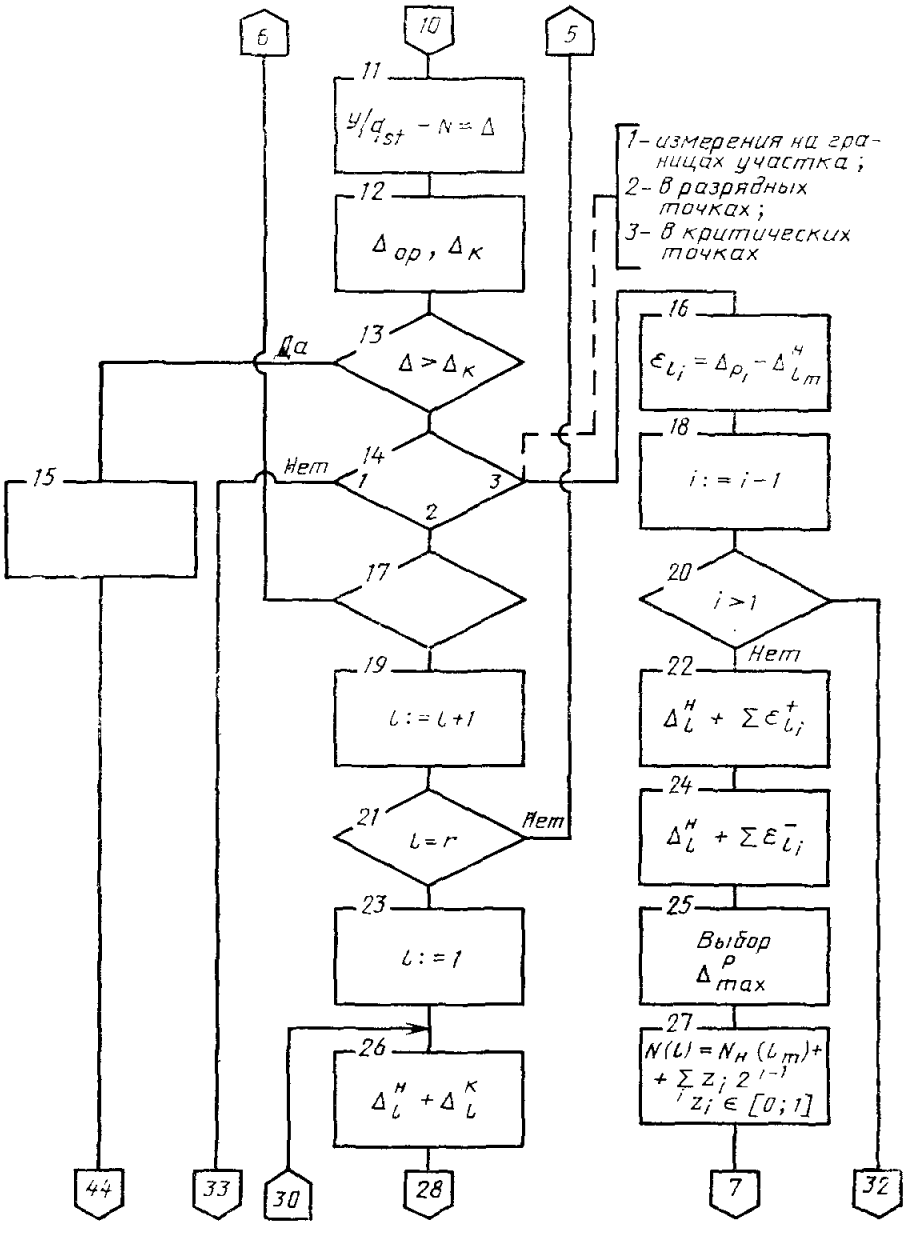
При использовании образцового калибратора и измерителя разности сигналов на выходе поверяемого прибора опускают блок вычисления основной погрешности.

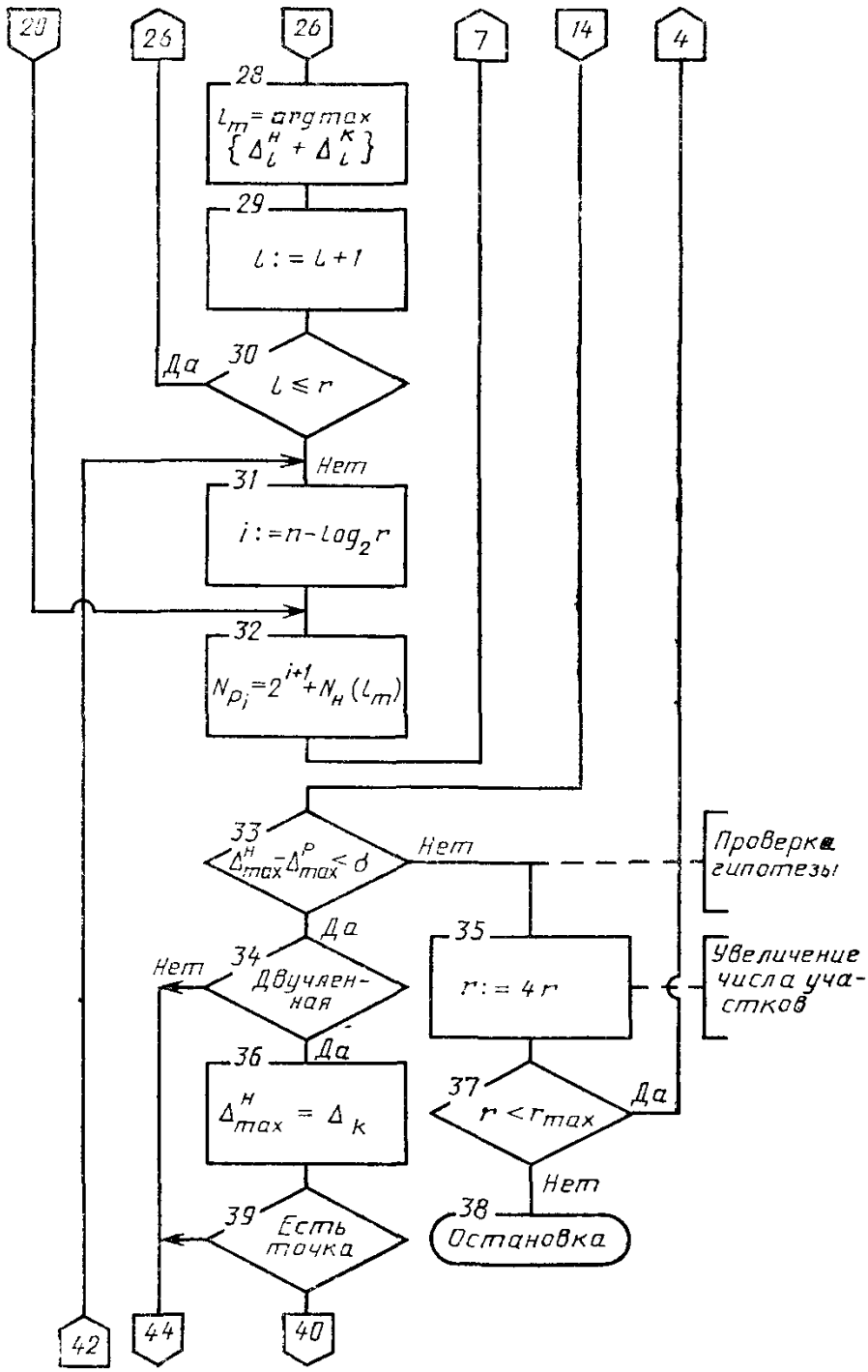
Примечания:

1. При контроле интегральной нелинейности блок вычисления погрешности выполняет расчет по формуле (10) основного текста методических указаний.

2. Значения критерия принятия гипотезы выбирают, исходя из соотношения допускаемых погрешностей образцового и поверяемого приборов, не более 30% от допускаемого значения систематической составляющей погрешности поверяемого прибора.


1
Начало
2
n, q_st, q_0, G, α + bN, r_st, r_max
3
r := 1
4
ℓ := 1
5
N_н(ℓ) = =(ℓ-1)·2^{n-Log_2 r}
6
N_к(ℓ) = =ℓ·2^{n-Log_2 r}-1
7
Формирование кода
8
Управление ЦАП
9
Измерение образцовым прибором
10
37
21
32
11
27
17


6
10
5
11
$y/q_{st} - N = \Delta$
12
Δ_{op}, Δ_K
1- измерения на границах участка;
2- в разрядных точках;
3- в критических точках
13
$\Delta > \Delta_K$
Да
Нет
14
1
2
3
15
16
$\varepsilon_{Li} = \Delta_{Pi} - \Delta^H_{Lm}$
18
$i := i - 1$
17
20
$i > 1$
Нет
19
$L := L + 1$
22
$\Delta^H_L + \Sigma \varepsilon^+_{Li}$
21
$L = r$
Нет
24
$\Delta^H_L + \Sigma \varepsilon^-_{Li}$
23
$L := 1$
25
Выбор Δ^P_{max}
26
$\Delta^H_L + \Delta^K_L$
27
$N(L) = N_H(L_m) + \sum z_i 2^{i-1}$
$z_i \in [0; 1]$
44
33
30
28
7
32


29
25
26
7
14
4
28
$l_m = \arg\max \{\Delta_l^н + \Delta_l^к\}$
29
$l := l+1$
30
Да
$l \leq r$
Нет
31
$i := n - \log_2 r$
32
$N_{p_i} = 2^{i+1} + N_н(l_m)$
33
$\Delta_{max}^н - \Delta_{max}^р \leq \delta$
Нет
Да
34
Двучленная
Нет
Да
35
$r := 4r$
36
$\Delta_{max}^н = \Delta_k$
37
$r < r_{max}$
Да
Нет
38
Остановка
39
Есть точка
Проверка гипотезы
Увеличение числа участков
42
44
40

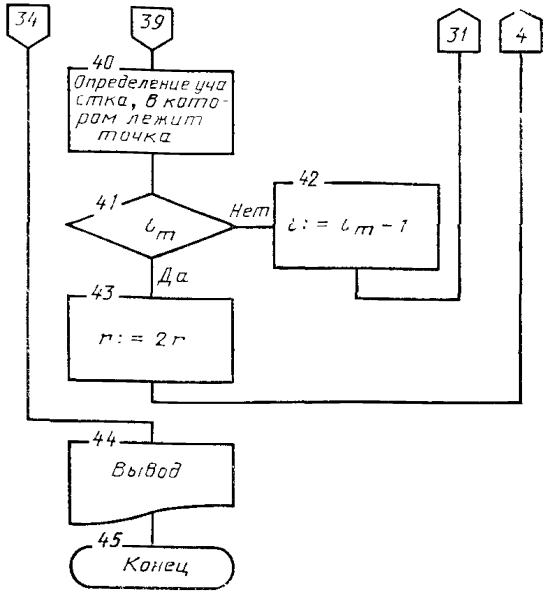


Рис. П. 2.3. Блок-схема программы поверки систематической составляющей погрешности поверяемого прибора, работающего в двоичном коде, и поиска проверяемых точек.

Максимальное число участков r_{max} выбирают, исходя из рекомендаций разработчика. При превышении числа участков значения r_{max} поверку систематической составляющей погрешности повторяют, а при повторном превышении прибор бракуют.

4.3. Пример поиска проверяемых точек при неавтоматизированном контроле прибора, работающего в 14-разрядном двоичном коде с номинальной ступенью младшего разряда, равной $q=0{,}625$ mB.

Устанавливают число участков, равное $r=8$. Следовательно, номер участка определяют состоянием трех старших разрядов ($\log_2 8=3$).

На первом этапе экспериментально определяют погрешности в начале $N^н$ и в конце $N^к$ каждого участка, т. е. проводят измерения в 16 точках, коды которых приведены в табл. П. 2.4.1, где A_i — разрядные цифры. Результаты заносят в графы $\Delta^н_{oi}$ и $\Delta^к_{oi}$ таблицы. Осуществляют вычисление сумм $(\Delta^н_{oi}+\Delta^к_{oi})$. Выбирают сумму с максимальным значением по модулю. Пусть эта сумма оказалась равной $+0{,}70$ на 6-м участке, где погрешность в начале участка $\Delta^н_{об}=+0{,}20$ mB.

На втором этапе устанавливают код трех старших разрядов (A_{14}; A_{13}; A_{12})=101 (6-й участок), а в остальных разрядах (младших) последовательно устанавливают $A=1$ согласно табл. П. 2.4.2.

Производят измерения во всех разрядных точках 6-го участка, т. е. 11 измерений, и результаты заиосят в графу Δ_{oi} табл. П. 2.4.2.

На третьем этапе вычисляют разности $\varepsilon_i=\Delta_{oi}-\Delta^н_{об}$ и заносят их в таблицу. Вычисляют раздельно суммы всех положительных и суммы отрицательных разностей (графы $\Sigma\varepsilon^+$ и $\Sigma\varepsilon^-$ — табл. П. 2.4.2). Расчетное значение максимальной погрешности $\Delta^р_{omax}$ определяют как иаибольшую из сумм $\Delta^н_{oim}+\Sigma\varepsilon^{+(-1)}$, где в данном примере $\Delta^н_{oim}=\Delta^н_{об}=+0{,}20$ mB.

На четвертом этапе экспериментально определяют погрешность $\Delta^и_{omax}$ в точке, для которой найдено расчетное значение максимальной погрешности. $\Delta^р_{omax}$.

Таблица П. 2. 4.1

Номер участка	Начало участка	Конец участка	Старшие разряды (код числа l=1)			Младшие разряды											$\Delta_l^н$	$\Delta_l^к$	$\Delta_l^н + \Delta_l^к$
			A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1			
1	$N_1^н$		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+0,10	+0,20	—0,10
		$N_1^к$	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
2	$N_2^н$		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+0,00	+0,10	—0,10
		$N_2^к$	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
3	$N_3^н$		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—0,10	+0,20	—0,30
		$N_3^к$	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
4	$N_4^н$		0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—0,40	—0,30	—0,10
		$N_4^к$	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
5	$N_5^н$		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+0,25	+0,40	—0,15
		$N_5^к$	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
6	$N_6^н$		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+0,70	+0,50	+0,20
		$N_6^к$	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
7	$N_7^н$		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+0,35	+0,25	+0,10
		$N_7^к$	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
8	$N_8^н$		1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+0,40	+0,10	+0,30
		$N_8^к$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			

Таблица П. 2.4.2

Старшие разряды			Младшие разряды																	
A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	Δ_{0i}	ε_i	Z_i	$\Sigma\varepsilon+$	$\Sigma\varepsilon-$	Δ^{p}_{0max}	Δ^{u}_{0max}	$\Delta^{p}_{0max}-\Delta^{u}_{0max}$
			1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	−1,0	−0,30	0					
			0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+5,0	+0,30	1					
			0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	+0,35	+0,15	1					
			0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	+0,35	+0,15	1					
			0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	−0,45	−0,25	0	+0,90	−0,95	+1,10	+1,07	0,03
1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	+0,50	+0,30	1					
			0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	+0,05	−0,15	0					
			0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,00	−0,20	0					
			0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	+0,35	+0,15	1					
			0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	+0,15	−0,05	0					
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	+0,20	−0,00	0					
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	+0,20	0,00	0					

Код этой точки (старшие разряды — код 6-го участка, младшие — набор Z_i в табл. П. 2.4.2): 101 0110100 1000.

Результат измерения Δ^{u}_{omax} заносят в табл. П. 2.4.2. Он не должен отличаться от расчетного значения Δ^{p}_{omax} больше, чем на установленный критерий принятия гипотезы.

Например, если $G=\pm(10\%$ от $\Delta_0+0{,}1q)$, то гипотеза о суперпозиционном характере погрешности внутри участка подтверждается, т. к. $(\Delta^{p}_{omax}-\Delta^{u}_{omax})=$ $=0{,}03$ mB.

За результат принимают измеренное значение Δ^{u}_{omax}, которое сравнивают с допускаемым значением.

Если бы гипотеза не подтвердилась, то нужно было бы число участков увеличить в 2 или 4 раза и процедуру коитроля повторить.

4.4. Пример поиска проверяемых точек при контроле прибора, работающего в четырехразрядном двоично-десятичном коде 8-4-2-1.

Исходя из предположения, что погрешность имеет суперпозиционный характер во всем днапазоне, определяют погрешности в разрядных точках. Число таких точек 16 (4×4). Десятичные эквиваленты и коды разрядных точек:

8000	1000	0000	0000	0000
4000	0100	0000	0000	0000
2000	0010	0000	0000	0000
. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .
0020	0000	0000	0010	0000
. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .
0002	0000	0000	0000	0010
0001	0000	0000	0000	0001

Из каждого полученного значения погрешности вычитают погрешность в начале диапазона. Полученные разности ε_{ij}, где i — номер десятичного разряда; j — номер двоичного разряда, группируют на положительные и отрицательные. Производят расчет максимальной погрешности Δ^{p}_{omax}.

Могут быть запрещенные комбинации, например, для кода 8-4-2-1 это: 8+4, 8+2, 8+2+1 и т. д.

В критической точке, соответствующей расчетной максимальной погрешности Δ^{p}_{omax}, экспериментально определяют погрешность Δ^{u}_{omax}. Если погрешность оказывается несуперпозиционного характера, т. е. $|\Delta^{p}_{omax}-\Delta^{u}_{omax}|>G$, то диапазон разбивают на 5 или 10 участков. Целесообразно диапазон делить на десять участков и проводить измерения в 20 точках в начале и конце каждого участка:

9000 — 9999	4000 — 4999
8000 — 8999	3000 — 3999
7000 — 7999	2000 — 2999
6000 — 6999	1000 — 1999
5000 — 5999	0000 — 0999

Пять точек (подчеркнутые) уже проверялись. Следовательно, проверяются на данном этапе 15 точек. Далее производят поиск участка и другие операции аналогично алгоритму поиска для приборов, работающих в двоичном коде.

РАЗРАБОТАНЫ: Всесоюзным научно-исследовательским институтом метрологии измерительных и управляющих систем (ВНИИМИУС)

ИСПОЛНИТЕЛИ:

А. Л. Семенюк, канд. техн. наук (руководитель темы), **В. И. Бородатый,** канд. техн. наук; **Л. И. Отко**

Всесоюзным научно-исследовательским институтом метрологической службы (ВНИИМС)

ИСПОЛНИТЕЛИ:

Н. Н. Вострокнутов, канд. техн. наук (руководитель темы); **Б. А. Френкель**

Пензенским политехническим институтом (ППИ)

ИСПОЛНИТЕЛЬ:

Г. П. Шлыков, канд. техн. наук (руководитель темы)

ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ Отделом экспертизы стандартов

Начальник отдела **Г. А. Сафаров**

УТВЕРЖДЕНЫ Научно-техническим советом научно-производственного объединения «СИСТЕМА» 12 февраля 1986 г. (протокол № 1)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ГСИ.

Калибраторы и преобразователи измерительные цифрового кода в постоянное электрическое напряжение и ток.

Методика поверки

МИ 1199—86

gost.e-ecolog.ru