

Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование
Российской Федерации

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Измерение массовой концентрации
химических веществ
люминесцентными методами
в объектах окружающей среды

Сборник методических указаний
МУК 4.1.1255—4.1.1274—03

Издание официальное

Минздрав России
МОСКВА • 2003

УТВЕРЖДАЮ

Главный государственный санитарный врач Российской Федерации, Первый заместитель Министра здравоохранения Российской Федерации

Г. Г. Онищенко

1 апреля 2003 г.

Дата введения: 1 сентября 2003 г.

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Измерение массовой концентрации формальдегида флуориметрическим методом в пробах питьевой воды и воды поверхностных и подземных источников водопользования

Методические указания

МУК 4.1.1265—03

1. Введение

1.1. Назначение и область применения

Настоящие методические указания устанавливают методику выполнения измерения массовой концентрации формальдегида в пробах воды поверхностных и подземных источников водопользования, а также питьевой воды флуориметрическим методом.

Диапазон измеряемых концентраций $0,02—0,5 \text{ мг/дм}^3$ без разбавления пробы. При концентрации формальдегида в пробе более $0,5 \text{ мг/дм}^3$ допускается разбавление проб до указанных выше концентраций дистиллированной водой, но не более чем в 100 раз.

Допускается присутствие до 5 мг/дм^3 железа; до 10 мг/дм^3 фосфата, меди; до 2 мг/дм^3 сульфата, фенолов; до 100 мг/дм^3 мочевины, щелочных, щелочно-земельных элементов, магния, аммония, нефтепродуктов, алюминия, цинка, свинца, кадмия, сульфата, хлорида. Допустимо также присутствие 150-кратных количеств ацетальдегида, других алифатических альдегидов. При превышении указанных величин необходимо использовать другой метод анализа.

1.2. Физико-химические и токсикологические свойства формальдегида

Формальдегид — газ с резким запахом, температура плавления — 118°C , температура кипения — 19°C . Хорошо растворим в воде. Раствор формальдегида в воде (массовая доля 35—40 %) называется

формалином или формолем. Растворы выделяют газообразный формальдегид даже при комнатной температуре. Формальдегид легко полимеризуется. Его полимеры при нагревании, особенно с кислотами, выделяют мономер. Формальдегид горит, с воздухом и кислородом образует взрывчатые смеси. Сильный восстановитель. Легко вступает в реакции конденсации с аммиаком и аминами; с фенолами образует производные, переходящие в фенолформальдегидные смолы.

Токсическое действие: раздражающий газ, вызывает дегенеративные изменения в паренхиматозных органах, сенсibilизирует кожную. Есть указания на сильное действие на центральную нервную систему, особенно на зрительные бугры. Однако такое действие связано, по-видимому, не с прямым действием формальдегида, а с наличием в техническом формалине метилового спирта и муравьиной кислоты. Формальдегид инактивирует ряд ферментов в органах и тканях, угнетает синтез нуклеиновых кислот, нарушает обмен витамина С, обладает мутагенной активностью (Вредные вещества в промышленности: Справочник / Под общ. ред. Н. В. Лазарева. Л.: Химия, 1976. Т. 1).

Формальдегид относится к веществам 2-го класса опасности. Предельно допустимая концентрация в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, а также в питьевой воде составляет $0,05 \text{ мг/дм}^3$ (Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН 2.1.5.689—98; Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1074—01).

2. Характеристика погрешности измерений

Характеристика погрешности измерений (граница допускаемой относительной погрешности измерений для доверительной вероятности $P = 0,95$) приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика погрешности измерений для доверительной вероятности $P = 0,95$

Диапазон концентраций формальдегида, мг/дм^3	Характеристика погрешности измерений, $\pm \delta, \%$
от 0,02 до 0,5 включительно	25

3. Метод измерения

Метод измерения основан на проведении реакции образования люминесцирующего соединения при взаимодействии формальдегида с 1,3-циклогексантионом в присутствии ионов аммония с последующим измерением интенсивности флуоресценции. Для отделения формальдегида от мешающих компонентов пробы его предварительно отгоняют.

4. Средства измерений, вспомогательные устройства, реактивы и материалы

При выполнении измерений массовой концентрации формальдегида применяют следующие средства измерения, реактивы, вспомогательные устройства и материалы.

4.1. Средства измерений

Анализатор жидкости «Флюорат-02»

или другой люминесцентный анализатор, флуориметр или спектрофлуориметр, удовлетворяющий требованиям указанных ТУ

ТУ 4321-001-20506233—94

Весы лабораторные общего назначения с наибольшим пределом взвешивания

200 г и ценой деления 1,0 мг, любого типа

Пипетки с одной отметкой 2-2-5, 2-2-10

Пипетки градуированные 2-го класса

точности вместимостью 1, 2, 5 см³

Колбы мерные 2-100-2, 2-500-2, 2-50-2

Государственный стандартный образец

состава раствора формальдегида: массовая

концентрация 1 мг/см³, границы

допускаемого значения относительной

погрешности $\pm 1\%$.

Средства измерений должны быть поверены в установленные сроки. Допускается использование средств измерений, имеющих аналогичные или лучшие метрологические характеристики.

4.2. Реактивы

Вода дистиллированная

ГОСТ 6709

Аммоний уксуснокислый, х. ч.

ГОСТ 3117

1,3-Циклогексантион импортный,

например производства фирмы «Флука»,

Швейцария, кат. номер 29059

Кислота соляная, х. ч.

ГОСТ 3118

Кислота серная, х. ч.

ГОСТ 4204

Допускается применение реактивов, изготовленных по иной нормативно-технической документации с техническими характеристиками не хуже, чем у указанных.

4.3 Вспомогательные устройства и материалы

Баня водяная с регулятором температуры любой модели

Холодильник бытовой любой марки

Пробирки стеклянные с припаянными

пробками, вместимостью 5 или 10 см³

ГОСТ 25336

Колбы конические, вместимостью 250 см³

ГОСТ 25336

Воронки лабораторные В-75—110

ГОСТ 25336

Фильтры обезоленные «синяя лента»

ТУ 6-09-1678—86

Электроплитка бытовая

ГОСТ 14919

Устройство для перегонки проб воды,

вместимостью 50 или 100 см³

в прилож. А.

5. Подготовка к выполнению измерений

Перед выполнением измерений должны быть проведены следующие работы: отбор и консервирование проб, подготовка анализатора к работе, приготовление вспомогательных растворов и растворов для градуировки прибора и градуировка анализатора.

5.1. Отбор и подготовка проб

Общие требования к отбору проб по ГОСТ Р 51592. Отбор проб питьевой воды по ГОСТ Р 51593, из источников водоснабжения по ГОСТ 17.1.5.05.

Отбор проб питьевой воды производится в бутылки из темного стекла, предварительно подготовленные согласно прилож. А и ополоснутые отбираемой водой.

Объем отбираемой пробы составляет не менее 100 см^3 . Анализ пробы необходимо выполнить в течение 24 ч с момента отбора пробы. Пробы, содержащие осадок или взвесь, необходимо профильтровать через фильтр «синяя лента», отбрасывая первые 25 см^3 фильтрата.

Проба воды не должна подвергаться прямому воздействию солнечного света. Для доставки в лабораторию сосуды с пробами упаковывают в специальную тару, которая обеспечивает их сохранность и предохраняет от резких перепадов температуры.

5.2. Подготовка анализатора к работе

Подготовку прибора к работе производят в соответствии с инструкцией по эксплуатации. В канал возбуждения помещают световой фильтр № 13, в канал регистрации — № 9.

5.3. Приготовление вспомогательных растворов

Перед приготовлением растворов 1,3-циклогександиона (п. 5.3.1) и формальдегида (п.п. 5.3.2—5.3.4) дистиллированную воду необходимо прокипятить, охладить и хранить в закрытой стеклянной таре.

5.3.1. Раствор 1,3-циклогександиона в аммиачно-ацетатном буферном растворе

В $50\text{—}60\text{ см}^3$ дистиллированной воды растворяют 10 г хлоридно-кислого аммония, приливают $2,4\text{ см}^3$ концентрированной соляной кислоты и вносят 10 мг 1,3-циклогександиона. После полного растворения разбавляют водой до метки в мерной колбе вместимостью 100 см^3 . Для получения воспроизводимых результатов раствор рекомендуются выдерживать перед использованием в течение 12 ч. Срок хранения раствора в холодильнике — 2 месяца.

Примечания.

1. Недопустимо совместное хранение растворов формальдегида и поглощительного раствора!
2. Нельзя изменять порядок смешивания компонентов поглощительного раствора!

5.3.2. Раствор формальдегида, массовая концентрация 100 мг/дм^3

В мерную колбу вместимостью 50 см^3 помещают 5 см^3 ГСО состава раствора формальдегида и разбавляют до метки дистиллированной водой. Раствор устойчив в течение 1 месяца.

5.3.3. Раствор формальдегида, массовая концентрация 10 мг/дм^3

В мерную колбу вместимостью 50 см^3 помещают 5 см^3 раствора формальдегида концентрации 100 мг/дм^3 по п. 5.3.3 и доводят до метки дистиллированной водой. Раствор устойчив в течение 1 месяца.

5.3.4. Раствор формальдегида для градуировки анализатора, массовая концентрация $0,5\text{ мг/дм}^3$

Отбирают 5 см^3 раствора формальдегида по п. 5.3.3 массовой концентрации 10 мг/дм^3 и разбавляют в мерной колбе вместимостью 100 см^3 дистиллированной водой до метки. Раствор готовят непосредственно перед употреблением!

5.4. Приготовление растворов для градуировки

Растворы для градуировки готовят в пробирках с хорошо протертыми пробками. В две пробирки вносят по 2 см^3 раствора реагента по п. 5.3.1. Затем в первую пробирку помещают $3,0\text{ см}^3$ дистиллированной воды, а во вторую — $2,0\text{ см}^3$ раствора формальдегида с концентрацией $0,5\text{ мг/дм}^3$ и $1,0\text{ см}^3$ дистиллированной воды (растворы № 1 и 2, соответственно). Пробирки закрывают пробками, помещают на водяную баню и нагревают 45 мин при 60°C . Растворы охлаждают и приступают к градуировке анализатора по п. 5.5.

Примечания.

1. Пробирку с градуировочным раствором, содержащим формальдегид, а также рабочие растворы проб с высоким содержанием формальдегида рекомендуются размещать в водяной бане как можно дальше от пробирок с низкими концентрациями и фоновым раствором (желательно в разных гнездах).
2. Работать с растворами формальдегида и с поглощительным раствором желательно в разных помещениях.
3. Все пробирки и пробки необходимо обязательно высушить перед приготовлением каждой новой серии градуировочных растворов и проб.
4. Нижняя граница определяемых концентраций, указанная в методике, достигается только при тщательном соблюдении указанных требований.

5.5. Градуировка анализатора и контроль правильности градуировочной характеристики

Градуировку осуществляют при анализе каждой партии проб путем измерения сигналов флуоресценции растворов № 1 и 2, приготовленных по п. 5.4.

Для модификаций «Флюорат-02-1» и «Флюорат-02-3»

Установку режима «Фон» производят при помощи раствора № 1, а установление параметра «А» в режиме «Градуйровка» (нажатием клавиши «Г») — при помощи раствора № 2. Параметр «С» задается равным 0,500.

Для модификаций «Флюорат-02-2М» и «Флюорат-02-3М»

Входят в меню «Градуйровка», устанавливают $C_0 = 0$ и $C_1 = 0,500$. Значение параметра «J0» устанавливают по раствору № 1, а «J1» — по раствору № 2. При этом значения параметров «C2» — «C6» и «J2» — «J6» должны быть равны нулю.

Таблица 2
Смеси для контроля правильности градуировочной характеристики

№ смеси	Компоненты	Объем, см ³	Концентрация, мг/дм ³	Относительная погрешность (P = 0,95), %
1	Раствор по п. 5.3.3 Вода дистиллированная	5 до 100	10 0,5	1,6
2	Раствор по п. 5.3.3 Вода дистиллированная	2,5 до 100	10 0,25	1,6
3	Смесь № 1 Вода дистиллированная	20 до 100	0,5 0,1	1,8
4	Смесь № 1 Вода дистиллированная	10 до 100	0,5 0,05	1,8
5	Смесь № 1 Вода дистиллированная	5 до 100	0,5 0,025	1,8

Растворы готовят непосредственно перед использованием.

Контроль правильности градуировочной характеристики проводят после каждой градуировки прибора. Он состоит в измерении массовой концентрации формальдегида в одной или нескольких специально приготовленных смесях (табл. 2, смеси № 1—5). Приготовление образца проводится по п. 5.4 одновременно с приготовлением градуировочных растворов и растворов проб.

Градуйровка анализатора признается правильной, если отклонение полученных значений от содержания формальдегида в соответствующем растворе не превышает 10 % в диапазоне концентраций 0,1—0,5 мг/дм³ и 20 % при меньших концентрациях.

При использовании других люминесцентных анализаторов градуировку и измерение проб производят в соответствии с руководством по эксплуатации.

6. Выполнение измерений

Для каждой пробы выполняют не менее двух параллельных определений, одновременно проводят анализ холодной пробы, для чего отбирают 25 см³ бидистиллированной воды и проводят ее через все стадии анализа.

В колбу перегонного устройства помещают 25 см³ пробы, добавляя 2 см³ концентрированной серной кислоты и отгоняют от 10 до 12 см³ дистиллята. Затем в колбу перегонного устройства добавляют дистиллированную воду (объем 10—12 см³) и продолжают отгонку до получения 20—22 см³ дистиллята. Полученный дистиллят количественно переносят в мерную колбу, вместимостью 25 см³, и доводят до метки дистиллированной водой.

Рекомендуется в качестве перегонной колбы использовать плоскодонную термостойкую колбу, которую помещают на асбестовой подложке на электроплитку.

В пробирки с притертыми пробками вместимостью 10 см³ отбирают по 2 см³ полученных растворов, добавляя 1 см³ дистиллированной воды и 2 см³ раствора реагента по п. 5.3.1. Пробирки помещают на водяную баню и нагревают 45 мин при 60 °С (рекомендуется нагревать растворы проб одновременно с растворами для градуировки анализатора). Растворы охлаждают и измеряют концентрацию формальдегида в пробе в режиме «Измерение».

Примечание. Допускается изменять объем отбираемой пробы, а также исключать стадию отгонки формальдегида, если для данного типа рабочих проб установлено, что погрешность измерения не превосходит величин, приведенных в табл. 1. В последнем случае отбирают 2 см³ пробы в пробирку с притертой пробкой и проводят все операции, предусмотренные настоящим пунктом, начиная с добавления 1 см³ дистиллированной воды.

7. Обработка результатов измерений

Концентрацию формальдегида в пробе рассчитывают по формуле:

$$X = C_1 - C_0, \text{ где} \quad (1)$$

C_1 — концентрация формальдегида в пробе, мг/дм³;

C_0 — концентрация формальдегида в холостой пробе, мг/дм³.
Если пробу анализируют без отгонки, то $C_0 = 0$.

8. Оформление результатов измерений

За результат анализа ($\bar{X}$) принимают среднее арифметическое результатов параллельных определений X_1 и X_2 ($\bar{X} = (X_1 + X_2)/2$), расхождение между которыми не превосходит значений норматива контроля сходимости d . Значения норматива контроля сходимости приведены в прилож. Б. Значение d выбирают для среднего арифметического $\bar{X}$.

Результат количественного анализа в документах, предусматривающих его использование, представляют в виде:

- результат анализа $\bar{X}$ (мг/дм³), δ (%), $P = 0,95$, где δ — характеристика погрешности (табл. 1), %;
- или $\bar{X} \pm \Delta$, мг/дм³, $P = 0,95$, где

$$\Delta = \frac{\delta \cdot \bar{X}}{100} \quad (2)$$

Результат измерений должен оканчиваться тем же десятичным разрядом, что и погрешность. Результаты измерений регистрируют в протоколах, в которых указывают:

- ссылку на настоящий документ;
- описание пробы (номер, источник, дата отбора и анализа и т. п.);
- отклонения от текста методики при проведении измерений, если таковые имелись, и факторы, отрицательно влияющие на результаты анализа;
- результат измерения и его погрешность;
- фамилию исполнителя.

9. Контроль точности измерений

Контроль точности измерений (воспроизводимости и погрешности) проводят в соответствии с алгоритмом, изложенным в прилож. Б. Нормативы контроля также приведены в прилож. Б.

Подготовка химической посуды для выполнения измерений

При выполнении измерений массовой концентрации алюминия необходимо тщательно соблюдать чистоту химической посуды, руководствуясь следующими правилами.

1. Для мытья химической посуды разрешается использовать концентрированную серную кислоту или концентрированную азотную кислоту. Категорически запрещается использовать для мытья соду, щелочи, все виды синтетических моющих средств, хромовую смесь.

2. Посуда предварительно отмывается водопроводной водой, затем в нее наливают приблизительно на $\frac{1}{2}$ объема кислоту (п. 1) и тщательно обмывают ею всю внутреннюю поверхность, а затем выливают в специальный сосуд. Пипетки при помощи груши несколько раз заполняют кислотой выше метки. После промывания посуды дистиллированной водой (не менее 5 раз) ее окончательно споласкивают бидистиллированной водой (2—3 раза).

3. Для каждого раствора необходимо использовать свою пипетку. Раствор из колбы наливают в стаканчик и из него набирают в пипетку. Запрещается погружать пипетку во весь объем раствора во избежание загрязнения.

4. Рекомендуются иметь отдельный набор посуды, который используется только для определения алюминия.

Контроль точности измерений

1. Контроль воспроизводимости измерений

Периодичность контроля воспроизводимости измерений зависит от количества рабочих измерений за контролируемый период и определяется планами контроля.

Образцами для контроля являются пробы природных и питьевых вод. Объем отобранной для контроля пробы должен соответствовать удвоенному объему, необходимому по методике для проведения анализа.

Отобранный объем делят на две равные части и анализируют в точном соответствии с прописью методики, максимально варьируя условия проведения анализа, т. е. измерения проводят либо в разных лабораториях, либо в одной лаборатории разными исполнителями или одним исполнителем, но в разное время. Результаты контроля признаются удовлетворительными, если выполняется условие:

$$|\bar{X}_1 - \bar{X}_2| \leq 0,01 \cdot \bar{X} \cdot D, \text{ где} \quad (\text{Б.1})$$

$\bar{X}_1$ — результат анализа рабочей пробы, мг/дм³;

$\bar{X}_2$ — результат анализа этой же пробы, полученный другим аналитиком с использованием другого набора мерной посуды и других партий реактивов, мг/дм³;

$\bar{X}$ — среднее арифметическое $\bar{X}_1$ и $\bar{X}_2$, мг/дм³;

D — норматив контроля воспроизводимости измерений (табл. Б.1), %.

Значение D выбирают для среднего арифметического $\bar{X}$.

При превышении норматива контроля погрешности воспроизводимости процедуру контроля повторяют. При повторном превышении указанного норматива выясняют причины, приводящие к недовлетворительным результатам контроля, и устраняют их.

Продолжение таблицы Б.1

Диапазон измерений, мг/дм ³	Нормативы контроля	
	сходимости $d(n=2)$, %	воспроизводимости $D(m=2)$, %
свыше 0,02 до 25,0 включительно	10	14
<i>Цинк</i>		
от 0,005 до 0,1 включительно	28	34
свыше 0,1 до 2,0 включительно	14	20
<i>АПАВ</i>		
от 0,025 до 0,1 включительно	50	65
свыше 0,1 до 1,0 включительно	25	40
свыше 1,0 до 2,0 включительно	15	25
<i>Формальдегид</i>		
от 0,02 до 0,5 включительно	24	34

2. Контроль погрешности измерений

Периодичность контроля погрешности измерений зависит от количества рабочих измерений за контролируемый период и определяется планами контроля.

Образцами для контроля являются пробы природных и питьевых вод. Объем отобранной пробы для контроля должен соответствовать удвоенному объему, необходимому для проведения анализа по методике.

Отобранный объем делят на две равные части, первую из которых анализируют в точном соответствии с прописью методики и получают результат анализа исходной рабочей пробы — X , а во вторую часть делают добавку определяемого компонента и анализируют в точном соответствии с прописью методики, получая результат анализа рабочей пробы с добавкой — X' .

Результаты анализа исходной рабочей пробы и рабочей пробы с добавкой получают по возможности в одинаковых условиях, т. е. их получает один аналитик с использованием одного набора мерной посуды, одной партии реактивов и т. д.

Величина добавки должна составлять от 50 до 150 % от содержания алюминия в исходной пробе. Если содержание алюминия в исходной пробе меньше нижней границы диапазона измерений (0,01 мг/дм³), то величина добавки должна в 2—3 раза превышать нижнюю границу диапазона измерений.

Таблица Б.1

Нормативы контроля сходимости и воспроизводимости для доверительной вероятности $P = 0,95$

Диапазон измерений, мг/дм ³	Нормативы контроля	
	сходимости $d(n=2)$, %	воспроизводимости $D(m=2)$, %
<i>Алюминий</i>		
от 0,01 до 0,05 включительно	42	55
свыше 0,05 до 0,2 включительно	20	35
свыше 0,2 до 5,0 включительно	15	25
<i>Цинк</i>		
от 0,005 до 0,1 включительно	28	34
свыше 0,1 до 2,0 включительно	14	20
<i>Бор</i>		
от 0,05 до 0,1 включительно	35	60
свыше 0,1 до 0,5 включительно	20	40
свыше 0,5 до 2,5 включительно	10	20
свыше 2,5 до 5,0 включительно	5	12
<i>Медь</i>		
от 0,005 до 0,01 включительно	25	60
свыше 0,01 до 0,1 включительно	15	30
<i>Железо общее</i>		
от 0,05 до 1,0 включительно	18	25
свыше 1,0 до 5,0 включительно	14	20
<i>Нитрит</i>		
от 0,005 до 0,01 включительно	25	50
свыше 0,01 до 0,05 включительно	15	25
свыше 0,05 до 1,0 включительно	12	20
свыше 1,0 до 5,0 включительно	7	14
<i>Фторид</i>		
от 0,1 до 0,5 включительно	15	20
свыше 0,5 до 1,0 включительно	12	17
свыше 1,0 до 2,5 включительно	8	11
<i>Фенолы</i>		
от 0,0005 до 0,001 включительно	50	80
свыше 0,001 до 0,005 включительно	35	55
свыше 0,005 до 0,02 включительно	20	34

Величину добавки (C_0 , мг/дм³) рассчитывают по формуле:

$$C_0 = \frac{C_o \cdot V_o}{V}, \text{ где} \quad (\text{Б.2})$$

C_o — концентрация алюминия в стандартном образце (аттестованной смеси), использованном для внесения добавки, мг/дм³;

V_o — объем стандартного образца (аттестованной смеси), внесенного в качестве добавки, см³;

V — объем пробы, см³.

Объем добавки не должен превышать 5 % объема пробы. Решение об удовлетворительной погрешности принимают при выполнении условия:

$$|X' - X - C_0| \leq K_0, \text{ где} \quad (\text{Б.3})$$

X — результат анализа рабочей пробы, мг/дм³;

X' — результат анализа рабочей пробы с добавкой алюминия, мг/дм³;

C_0 — значение добавки алюминия, мг/дм³;

K_0 — норматив контроля погрешности измерений, мг/дм³.

При внешнем контроле ($P = 0,95$) норматив контроля вычисляют по формуле:

$$K_0 = \sqrt{\Delta_X^2 + \Delta_{X'}^2}, \text{ где} \quad (\text{Б.4})$$

Δ_X , $\Delta_{X'}$ — характеристика погрешности измерения массовой концентрации алюминия в исходной пробе и пробе с добавкой алюминия соответственно, мг/дм³:

$$\Delta_X = 0,01 \cdot \delta_X \cdot X; \Delta_{X'} = 0,01 \cdot \delta_{X'} \cdot X', \text{ где} \quad (\text{Б.5})$$

δ_X , $\delta_{X'}$ — характеристика относительной погрешности измерения массовой концентрации алюминия в исходной пробе и пробе с добавкой алюминия соответственно (табл. 1), %.

Норматив контроля погрешности при внутрилабораторном контроле ($P = 0,90$) вычисляют по формуле:

$$K_0 = 0,84 \cdot \sqrt{\Delta_X^2 + \Delta_{X'}^2} \quad (\text{Б.6})$$

При превышении норматива контроля погрешности процедуру контроля повторяют. При повторном превышении указанного норматива выясняют причины, приводящие к неудовлетворительным результатам контроля, и устраняют их.