



**Руководство по эксплуатации  
Датчики деформации струнные SG  
модификации ISSO-SG4-150/SG4-250/SG4X-150  
26.51.66-001-05877021-2024.РЭ2**

---

## Оглавление

1. Вводная часть.....	3
2. Монтаж .....	4
4 Сбои в работе .....	10
5 Техническое обслуживание .....	11
6 Хранение.....	11
7 Утилизация .....	11

## 1. Вводная часть

Датчик деформации струнный ISSO-SG4-150/SG4-250/SG4X\* предназначен для измерения внутренних напряжений в бетонном массиве, уложенном в фундаменты, мосты, плотины, обделки туннелей или любые бетонные конструкции.

Датчик деформации струнный состоит из двух концевых пластин из нержавеющей стали, соединенных трубкой, обеспечивающей защиту отрезка стальной проволоки. Стальная проволока герметично закрыта в трубке посредством набора уплотнительных колец на каждой концевой пластине. У обеих концевых пластин есть плоский круглый фланец, позволяющий передавать деформацию бетона на проволоку. Мониторинг изменений деформации осуществляется посредством катушки, установленной в центре датчика деформации. Датчик деформации струнный можно предварительно прикрепить к арматуре или к розетке с количеством направлений 2, 3, 4 или более, тем самым измеряя деформацию в нескольких направлениях.

Модель ISSO-SG4X спроектирована как цельная конструкция для измерения деформаций стальных элементов и обладает превосходными характеристиками водонепроницаемости и технологиями, позволяющими приспособить данные датчики деформации для использования в неблагоприятных условиях окружающей среды.

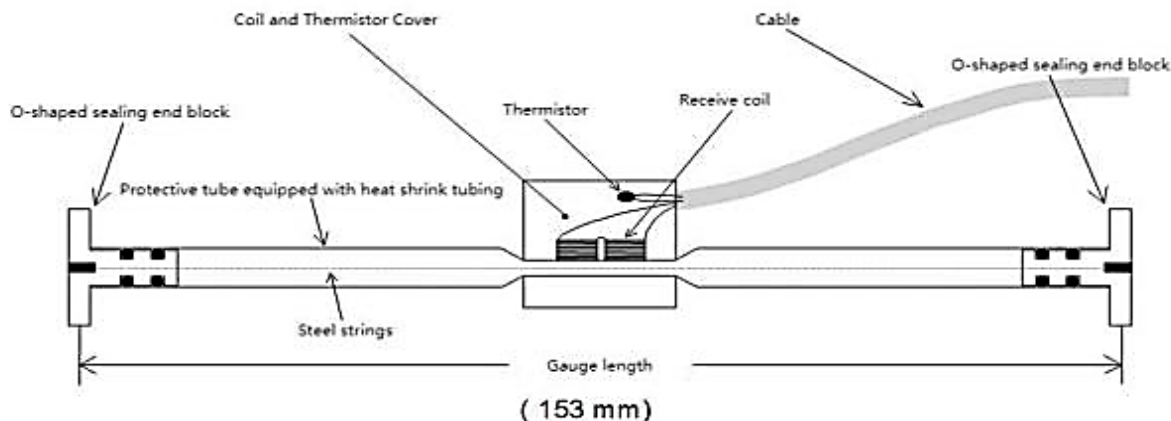


Рис. 1 – Схема датчика деформации ISSO-SG4

Основной способ установки прибора заключается в том, что его предварительно крепят к стальной арматуре или преднапряженным анкерным стержням, а затем непосредственно бетонируют. Прибор заранее монтируется в бетонный сборный блок, либо в пробуренную скважину. Для контроля напряжений используется метод вибрирующей проволоки: стальная струна определенной длины натягивается между двумя концевыми блоками, и концевые блоки прочно закрепляются в бетоне. Деформация бетона приводит к смещению двух торцевых блоков относительно друг друга и изменению натяжения стальной струны, что влияет на резонансную частоту стальной струны измерения деформации бетона. Возбуждение сигнала прибора и считывание показаний осуществляется с помощью электромагнитной катушки, расположенной рядом со стальной струной.

При подключении к датчику деформации струнному выдается импульсное напряжение, возбуждения стальной струны. Измеренная частота может быть преобразована в модуль частоты с отображением на дисплее.

### **Внимание!**

• Датчики деформации струнные для установки в бетон, не подходят для динамических измерений или для измерений в ситуациях, когда напряжение быстро меняется.

• Во избежание необратимых повреждений не поворачивайте и не растягивайте торцевые части прибора.

## 2. Монтаж

Входящий в комплект поставки датчика деформации струнного ISSO-SG4 полностью герметичен и предварительно собран с катушкой возбуждения (тип ISSO-ST4 - внешний). Для первоначальной проверки необходимо подключить датчик деформации к считывающему прибору и следить за показаниями (инструкции по считыванию приведены в разделе 3).

Показания должны быть средних значений (см. таблицу 1), а показания на концах компрессионного прибора должны уменьшаться.

Проверьте сопротивление между двумя проводами (обычно красным и чёрным). Для датчика ISSO-SG4 оно должно составлять приблизительно  $180 \text{ Ом} \pm 10 \text{ Ом}$ . Обратите внимание, что необходимо учесть сопротивление кабеля, которое составляет приблизительно  $5 \text{ Ом}/100 \text{ м}$  (умножить на 2 в обоих направлениях). Если прибор оснащён полупроводниковым термометром, измерьте сопротивление с помощью омметра (обычно между белым и зелёным проводами). Полученные значения сопротивления должны в основном соответствовать температуре окружающей среды. Также можно ознакомиться со сравнительной таблицей зависимости сопротивления от температуры (См.п.4.2.).

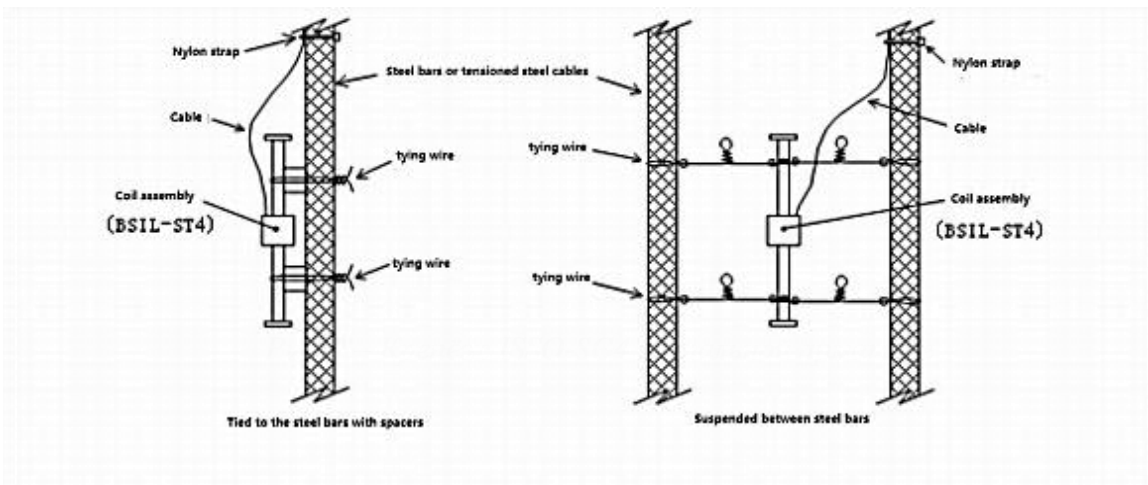
Запрещается вскрывать сенсор для проведения технического обслуживания на месте строительства.

### 2.1. Установка датчика в бетон

При установке датчика деформации ISSO-SG4 в бетонную конструкцию обычно можно использовать один из двух способов: либо прибор можно поместить непосредственно в бетонную смесь. Или же сначала прибор можно поместить в сборные блоки, которые затем можно будет поместить в конструкцию. При установке прибора непосредственно в конструкцию необходимо соблюдать осторожность, чтобы не прилагать чрезмерных усилий к прибору при монтаже. Датчик деформации типа SG4 можно прикрепить непосредственно к защитной трубке прибора с помощью монтажной проволоки (см. рис. 4). Проволока крепежа не должна быть натянута слишком туго, так как арматура или стренды могут смещаться в процессе заливки бетона и вибрации. В то же время необходимо соблюдать осторожность, чтобы не повредить кабель. Запрещается использовать механический бур в радиусе 1 м от прибора. Если вы уверены, что прибор смонтирован правильно, можно поместить его непосредственно в бетонную смесь. Закрепите датчик деформации струнный ISSO-SG4 между стальными арматурами, соблюдая следующие правила:

1) Оберните слоем самовулканизирующейся резиновой ленты в двух местах, См рис. 2 (рядом с точками крепления). Этот резиновый слой действует как демпфер, смягчая любые колебания подвесной системы. Иногда, если резиновый слой отсутствует, резонансная частота стяжной проволоки будет влиять на частоту прибора, поскольку стальная проволока стянута туго, что приведёт к сбоям в показаниях или их отсутствию. Однако эти эффекты исчезнут после заливки бетона.

2) Выберите монтажную проволоку определенной длины, обычно она прикреплена к стальной сетке, и дважды оберните её вокруг корпуса **датчика деформации**. Обратите внимание, что резиновые ленты находятся на расстоянии около 3 см от обоих концов прибора.



- 3) Установите датчик между стальными стержнями, дважды оберните конец соединительной проволоки вокруг арматуры, а затем оберните саму монтажную проволоку.
- 4) Плотно завяжите проволоку и затяните петли, чтобы закрепить инструмент.
- 5) Установите катушку возбуждения и закрепите её хомутом, а кабель прибора закрепите нейлоновыми стяжками на стальной арматуре.

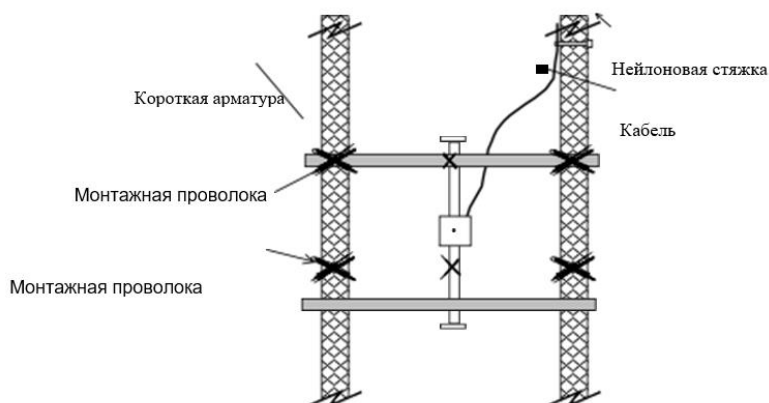


Рис. 3 – Установка ISSO-SG4 между двумя стержнями арматуры

При креплении ISSO-SG4 к стальной арматуре, необходимо выполнять следующие инструкции:

- При монтаже этого высокоточного прибора к стальным стержням следите за тем, чтобы он не растягивался и не сжимался в продольном направлении.
- При установке ISSO-SG4 нет необходимости обматывать основной корпус прибора самовулканизирующей лентой.

## 2.2. Установка в сборные бетонные блоки. Бетонирование

Альтернативой описанному выше методу монтажа является установка приборов в сборные блоки, а затем установка перед заливкой бетона. Сборные блоки должны быть изготовлены не менее чем за 1 день или не более чем за 3 дня до монтажа и должны быть предварительно обработаны водой.

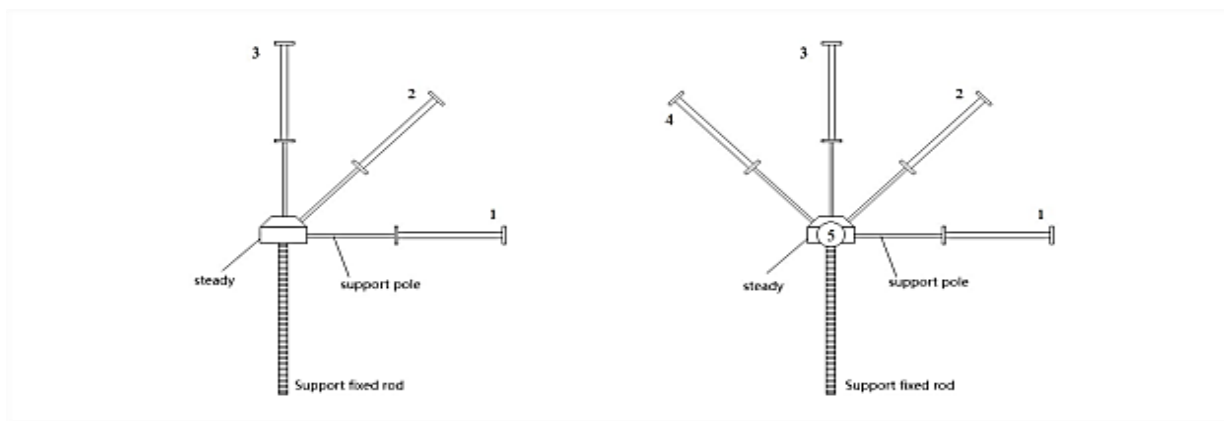
Встроенные тензодатчики также можно использовать в скважинах, скальных породах или бетоне. Следует соблюдать особую осторожность при защите кабельных вводов. Для защиты

кабелей датчик следует поместить в кабелепровод или более толстую трубу. Датчик может быть установлен путем утапливания бетона в зоне вокруг датчика, а затем торкретирован.

### 2.3. Установка разнонаправленных датчиков деформации и датчиков без напряжения

Иногда для контроля деформации бетона необходимо применять мультиосные датчики деформации. Датчики ISSO-SG4 также могут использоваться для варианта мультиосных сенсоров в сочетании со специальными опорными стержнями.

На Рис. 4 слева показана установка 3D и 5D датчиков деформации, а на правом рисунке показана схема установки 5D датчиков деформации. Во время установки опорные стержни закрепляются на старом бетоне в просверленные заранее отверстия. При установке в недавно залитый бетон, опорный крепежный стержень необходимо приварить к секции из стальных прутьев соответствующей длины. Затем приварить нижний конец арматуры к более короткому стальному стержню в виде креста, чтобы избежать проворачивания при новой заливке. При монтаже тензодатчика обязательно закрепите всё надёжно крепежными болтами. Кроме того, существуют ещё 7-осные и 9-осные датчики деформации, а способы их установки одинаковы.



Установка 3D (трёхосевого) тензодатчика Установка 5D (пятиосевого) тензодатчика

Рис. 4 — Установка многоосевых тензодатчиков

Меры предосторожности при монтаже датчика в бетон такие же, как и при установке одноосевого датчика деформации. Бетонирование некоторых инженерных сооружений требует непрерывной и быстрой заливки, например, подпорных стен, опор мостов и т.д. Если при мониторинге во время строительства зданий используются датчики деформации струнные ISSO-SG4, особенно если высота непрерывной заливки более чем на 4 м превышает высоту установки прибора, рекомендуется предварительно установить прибор в бетонный блок за два дня до его монтажа. Эта процедура необходима для предотвращения сбоев в работе прибора из-за чрезмерного давления, вызванного весом бетона, при непрерывной заливке. Для изготовления сборного железобетона можно использовать раствор той же марки, что и для бетона зданий.

Размер - Ø75 ~ 100 мм и длина 250 мм См. рис. 6. Монтажная проволока используется для крепления сборных блоков к стальной арматуре или опорам.

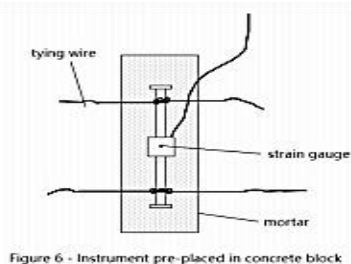


Figure 6 - Instrument pre-placed in concrete block

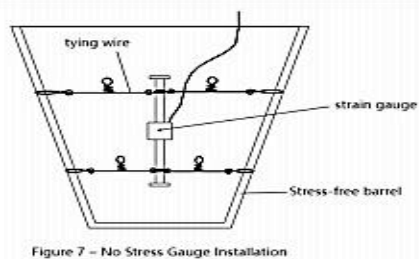


Figure 7 - No Stress Gauge Installation

Рис. 5 Предварительная установка датчика в бетон Рис. 6 Установка датчика в бетон

Стандартные одноосные **датчики деформации** используются для измерения внезапной объемной деформации бетона, чтобы исключить ошибку наблюдения, вызванную мультиосными тензодатчиками, из-за резкой деформации бетона. При монтаже установите датчик в соответствующий безнапряженный корпус и закрепите его. (Рис. 6)

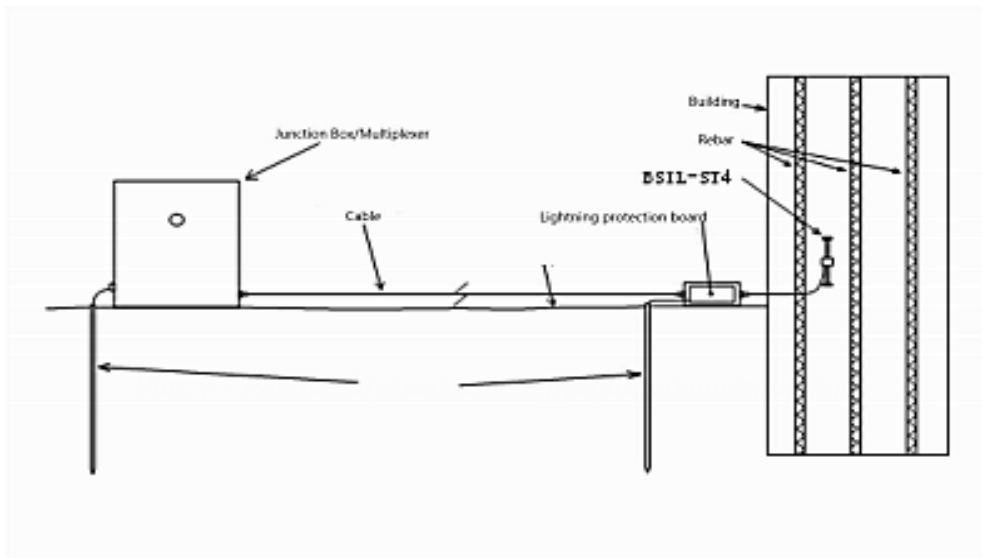
#### 2.4. Защита кабельных линий

Кабели, от датчиков деформации, можно обезопасить гибкими оболочками. Также следует продхранять клеммные коробки с кабельными вводами защитными крышками, что позволяет сконцентрировать несколько измерительных кабелей в одном месте, обеспечивая защиту кабельных выводов. На панели клеммной коробки имеются встроенные разъёмы или поворотные переключатели. Кабели можно соединять и удлинять, что не повлияет на показания прибора. Соединение кабелей может быть защищено специальной термоусадочной трубкой повышенной прочности ES-3. Эта термоусадочная трубка обычно выдерживает давление не менее 5 МПа, если соединение соответствует стандартам. Соблюдайте полярность при подключении в соответствии с цветами проводов. Чтобы соединение было полностью водонепроницаемым, используйте высокопрочную термоусадочную трубку ES3. Также можно использовать соединительные элементы на основе эпоксидной смолы.

Кабель можно зачистить, залудить и подсоединить к клеммному зажиму терминала для считывания показаний.

#### 2.5. Защита от молний

Датчики деформации ISSO-SG 4, в отличие от большинства других типов датчиков, не содержат внутренних устройств молниезащиты, таких как плазменные ограничители перенапряжения. Обычно это не является проблемой, поскольку прибор монтируется в бетон или раствор и в некоторой степени изолирован от потенциально опасных переходных токов. Однако ещё существуют случаи, когда требуется молниезащита, например, для приборов, подсоединенных к стальным прутьям, которые могут прямо или косвенно подвергаться воздействию ударов молнии. Например, если кабель прибора оголён, то может оказаться целесообразным установить устройство молниезащиты, поскольку это может привести к его повреждению от удара молнии.



### Внимание!

- Если прибор подключен к распределительной коробке или блоку мультиплексора, то для обеспечения мгновенной защиты в клеммной коробке/блоке мультиплексора должен быть установлен плазменный разрядник. Клеммная коробка и многоканальная распределительная коробка, входит в комплект поставки с указанием места установки.
- В наличии есть защитные пластины LAV-3 и соответствующие им корпуса, которые устанавливаются на выходе измерительного кабеля в контролируемой конструкции. Корпус имеет съёмный механизм, так что в случае повреждения защитной пластины пользователь может отремонтировать или заменить компонент. Между корпусом и землёй имеется провод, заземления обеспечивающий мгновенный сброс тока (см. Рис. 7). Для получения более подробной информации о других конструкциях молниезащиты проконсультируйтесь с заводом-изготовителем.
- Плазменные ограничители перенапряжений могут быть вмонтированы в кабель прибора непосредственно рядом с датчиком с помощью эпоксидной смолы.

## 3. Снятие отчетов

### 3.1 Процедура снятия отчётов

Измерительный усилитель может сохранять показания приборов, а также применять масштабные коэффициенты для преобразования показаний в технические единицы измерения. Для получения дополнительной информации о показаниях ознакомьтесь с инструкцией на усилитель. Для подключения к датчику используйте кабель, входящий в комплект поставки прибора, или специальный кабель для подключения к измерительной станции с клеммной коробкой. Красный и чёрный зажимы используются для подключения датчика вибрирующего провода, белый и зелёный используются для подключения полупроводникового термометра, а синие зажимы для заземления.

1) В зависимости от типа датчика деформации установите дисплей в положение «С» или «В» Нажмите 1 для подтверждения правильного положения. Будьте осторожны и не используйте позицию «В» для считывания ISSO-SG4, в противном случае считывание будет сбойным или вообще не произойдет.

2) Включите прибор, и показания отобразятся в окне индикации. При считывании последнее значение может измениться на одну или две цифры. Нажмите клавишу "Сохранить", чтобы записать полученное значение. Если показания не отображаются или они не стабильны (см. рекомендации по устранению неполадок в разделе 5. На данном дисплее может одновременно отображаться значение температуры полупроводникового термометра, а единицы измерения будут в градусах Цельсия).

3) Если не продолжить работу, то датчик отключится через 5 минут.

### 3.2 Обработка данных

Расчёты производятся в соответствии со стандартными формулами, приведенными в калибровочной таблице.

Следующая формула является расчётной для преобразования показаний в напряжение. Когда датчик деформации струнный ISSO-SG4 использует информацию с усилителя, формула расчёта выглядит следующим образом:

$$\mu \varepsilon = (R_1 - R_0) \times G \times C$$

Формула 1 - расчёт деформации при измерении ISSO-SG 4 в положении «С» - считывания

где:

$R_1$  – текущий отчёт в положении «С»;

$R_0$  – первичный отчёт в положении «С»

$G$  – это коэффициент деформации тензометрического датчика типа SG4, теоретическое значение, которого равно 3,15;

$C$  – коэффициент коррекции, обычно составляющий от 0,9 до 1,1, который определён в калибровочной Таблице.

Во время монтажных работ, крепёж струны можно изменять по необходимости. Это приводит к тому, что при растяжении коэффициенты прибора будут отличаться от теоретических значений. Однако, коэффициент прибора ( $B$ ) для каждой поставляемой партии приборов одинаков, поэтому сертификат калибровки тензодатчика ISSO-SG 4 выдается по одному для каждой партии, а не для каждого датчика в отдельности.

### 3.3 Усилитель опция «В»

Для показаний усилителя при опции «В» усилителя необходимо использовать предоставленный калибровочный коэффициент. (Эти коэффициенты могут быть средним значением для любой серии приборов или калибровочным значением для единичного прибора. Теоретические коэффициенты обычно не используются).

### 3.4 Влияние температур

Поскольку значительные перепады температуры являются редкими (особенно во время затвердевания бетона), необходимо контролировать температуру во время мониторинга деформации.

Коэффициент температурного расширения стали CF1, используемой для изготовления вибрирующих проволочных приборов, составляет  $12,2 \mu \varepsilon / ^\circ C$ . Таким образом, общая деформация бетона, скорректированная из-за влияния температуры, может быть рассчитана по следующей формуле:

$$\mu \varepsilon = (R_1 - R_0)G + (T_1 - T_0) \times CF1$$

Формула 2 - Общая деформация бетона, скорректированная с учетом влияния температур

Приведенная выше формула включает температурные деформации бетона, а также деформации, вызванные изменением нагрузки. Деформацию бетона, вызванную температурой, в ненагруженной зоне можно рассчитать по следующей формуле:

$$\mu \varepsilon = (T_1 - T_0) \times CF2$$

Формула 3 - Температурная деформация бетона

Уравнение 3 CF2 представляет собой коэффициент температурного расширения бетона  $10,4 \mu \varepsilon / ^\circ C$ ,

Следующая формула используется только для расчета деформации бетона, вызванной изменением нагрузки:

$$\mu\varepsilon = (R_1 - R_0)G + (T_1 - T_0) \times (CF1 - CF2)$$

*Формула 4 - Расчет деформаций при изменении нагрузки*

Например,

$$R_0 = 3000 \text{ мкм/м}$$

$$T_0 = 20^\circ\text{C}$$

$$R_1 = 2900 \text{ мкм/м}$$

$$T_1 = 30^\circ\text{C}$$

1.  $\mu\varepsilon_n = (2900 - 3000) = -100$  (сжатие)

2.  $\mu\varepsilon_{\text{общее}} = (2900 - 3000) + (30 - 20) \times 12.2 = +22$  (растяжение)

3.  $\mu\varepsilon_{\text{температура}} = (30 - 20) \times 10.4 = +10.4$  (растяжение)

4.  $\mu\varepsilon_{\text{нагрузка}} = (2900 - 3000) + (30 - 20) \times (12.2 - 10.4) = -82$  (сжатие)

Примечание:

Поскольку допущения основаны на температурном коэффициенте бетона, эти формулы следует использовать в качестве общего руководства. Если коэффициенты известны, общая деформация также может быть рассчитана без учёта температуры (при условии отсутствия ползучести).

### 3.5 Эффект сжатия

Как известно, характеристики бетона таковы, что он даёт усадку, когда исчезают водорастворимые вещества, или расширяется после впитывания воды. Усадка и расширение могут вызывать значительные деформации, которые не зависят от изменений нагрузки либо давления. Подобная ситуация может иметь сотни микронапряжений. Устранить эти избыточные деформации очень сложно. Можно провести эксперименты, в которых бетон помещается в ёмкость с водой в стационарных условиях, что невозможно для бетонных конструкций, которые постоянно подвергаются воздействию изменяющихся погодных условий. Иногда предпринимаются попытки измерить эффект усадки или расширения с помощью датчиков деформации, устанавливаемых в сборные бетонные блоки. Блоки оставляют незагруженными и подвергают воздействию той же влажности, что и датчик. Напряжение, измеренное этим прибором, может быть использовано в качестве корректирующего значения.

### 3.6 Влияние ползучести

Известно, что при длительной нагрузке бетон подвержен ползучести. Создается впечатление, что нагрузка постепенно увеличивается, что подтверждается постепенным нарастанием деформации, хотя на самом деле деформация вызвана постоянной нагрузкой. В некоторых проектах приборы монтируются в лаборатории сборных бетонных блоков, а затем постепенно нагружаются, чтобы можно было оценить эффект ползучести.

### 3.7 Временные факторы

В некоторых старых бетонных конструкциях содержится специальная смесь заполнителя и щелочного цемента. Бетон подвергается химическим изменениям и перекристаллизации и со временем может расширяться. Это расширение очень похоже на ползучесть, но в противоположном направлении, что трудно рассчитать.

## 4 Сбои в работе

Техническое обслуживание и устранение неисправностей, встроенных датчиков деформации сводится к регулярному осмотру кабельных разъёмов и техобслуживанию клеммной

коробки. После установки доступ к прибору, как правило, незначителен, а возможности ремонта ограничены. При возникновении неисправности ознакомьтесь со следующими проблемами и возможными решениями.

- Проверена ли настройка считывающего устройства?

Если для автоматической записи показаний используется регистратор данных, верны ли настройки частот?

- Выходят ли показания напряжения за пределы номинального диапазона датчика?

- Есть ли поблизости источники электрических помех?

Наиболее вероятными источниками электрических помех являются электродвигатели, моторы антенны. При удалении прибора от места монтажа или при установке фильтра убедитесь, что экран заземлен, независимо от того, используется ли он или нет.

- Может ли усилитель фиксировать показания другого тензодатчика?

Если нет, возможно, у усилителя разряжена батарея или он неисправен.

**Неисправность: Усилитель не выдаёт показания**

- Не был ли поврежден кабель? Это можно проверить с помощью омметра. Номинальное сопротивление между двумя проводами прибора (обычно красным и чёрным) составляет 180 Ом,  $\pm 10$  Ом. Не забудьте учесть сопротивление кабеля (5 Ом/м, умноженное на 2 в обоих направлениях) при тестировании. Если сопротивление бесконечно или очень велико (мегаом), возможен обрыв кабеля. Если сопротивление очень низкое ( $< 100$  Ом), возможно короткое замыкание. Завод-изготовитель может предоставить детали для сращивания и инструкции по ремонту кабелей.

## 5 Техническое обслуживание

Не допускается вскрытие корпуса датчика. При обнаружении неисправности до установки в рабочее положение ремонт может быть произведен только организацией-изготовителем либо специализированными организациями, сертифицированными организацией-изготовителем.

Струнные датчики деформации не требуют проведения периодического обслуживания. Проверки необходимо проводить при возникновении подозрений в некорректности результатов измерений.

## 6 Хранение

Датчики деформации должны храниться в индивидуальной упаковке в закрытом вентилируемом помещении при температуре  $-30 \dots +50$  °С. Влажность воздуха не должна превышать 80 % при температуре  $+25$ °С. В воздухе помещения не должно быть пыли и примесей, вызывающих коррозию или повреждение электрической изоляции.

## 7 Утилизация

Утилизацию датчика деформации производит потребитель.