|  |  |
| --- | --- |
|  | Мировой лидер в области вибрационно-струнных технологий |
|  | *48 Spencer Street*  *Lebanon, NH 03766, USA*  *Тел.: 603-448-1562*  *Факс: 603-448-3216*  *E-mail:* [*geokon@geokon.com*](mailto:geokon@geokon.com)  [*http://www.geokon.com*](http://www.geokon.com) |

*Руководство по эксплуатации*

**Длинобазный датчик смещения грунта**

**Модель 4430**



Никакую часть данного руководства не допускается воспроизводить каким-либо способом без письменного согласия компании Geokon, Inc.

Информация, приведенная в данном документе, является точной и надежной. Тем не менее, компания Geokon, Inc. не принимает на себя ответственность за ошибки, пропуски или неправильное истолкование. Данная информация может быть изменена без уведомления.

Copyright © 1988, 1996, 2004, 2007, 2010, 2013. by Geokon, Inc. (Doc Rev H, 06/13)

**Гарантийные обязательства**

Компания Geokon, Inc. гарантирует отсутствие дефектов как материалов, так и изготовления при надлежащем использовании и сервисном обслуживании в течение 13 месяцев с момента приобретения. В случае неисправностей устройство следует вернуть на завод, предварительно оплатив транспортировку. Если при проверке специалистами компании Geokon будут обнаружены неисправности, то данное устройство будет бесплатно отремонтировано или заменено. Однако, ГАРАНТИЯ будет считаться НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ, если будет обнаружено нарушение целостности устройства или его повреждения в результате избыточной коррозии, воздействия тока, тепла, влаги или вибрации, неверных характеристик, неверного применения, использования не по назначению или в результате других условий эксплуатации за пределами контроля компании Geokon. Компоненты, изношенные или поврежденные в результате ненадлежащего использования, не подлежат гарантии. Это положение относится также к предохранителям и батареям.

Компания Geokon производит приборы для научных исследований, ненадлежащее использование которых представляет потенциальную опасность. Эти приборы должны устанавливаться и использоваться только персоналом, имеющим надлежащую квалификацию. Кроме вышеуказанных гарантийных обязательств, другие гарантийные обязательства отсутствуют. Отсутствуют другие гарантии, четко выраженные или подразумеваемые, включая, но не ограничиваюсь подразумеваемыми гарантиями товарного состояния или пригодности для использования по назначению. Компания Geokon, Inc. не несет ответственность за какие-либо повреждения или ущерб, причиненные другому оборудованию, как прямые, так и косвенные, случайные, особые или последующие, которые покупатель может понести в результате установки или использования изделия. Исключительное средство правовой защиты в случае нарушения данного соглашения компанией Geokon, Inc. или любого нарушения любой гарантии компании Geokon, Inc. не должно превосходить цену покупки, уплаченную покупателем компании Geokon, Inc., за устройство или устройства, или оборудование, на которые непосредственно оказало влияние такое нарушение. Ни при каких обстоятельствах компания Geokon не возместит заявителю потери, понесенные при удалении и/или переустановке оборудования.

При подготовке руководств по эксплуатации устройств и использования программного обеспечения были предприняты все меры для обеспечения точности, тем не менее, компания Geokon, Inc. не берет на себя ответственность за какие-либо пропуски или ошибки, которые могут иметь место, так и не несет ответственность за какой-либо ущерб и повреждения в результате использования изделия в соответствии с информацией, содержащейся в руководстве по эксплуатации или в программном обеспечении.

Оглавление

Оглавление

[1. ВВЕДЕНИЕ 7](#_Toc454995839)

[1.1. Методика эксплуатации 7](#_Toc454995840)

[2. УСТАНОВКА 2](#_Toc454995841)

[2.1. Предварительные испытания 2](#_Toc454995842)

[2.2. Установка измерителя деформации 2](#_Toc454995843)

[2.2.1. Установка в скважинах 2](#_Toc454995844)

[2.2.2. Установка в монолитном бетоне 3](#_Toc454995845)

[2.2.3. Установка в насыпях и дамбах – тензометрический датчик в грунте (Более подробная информация приведена в руководстве по эксплуатации грунтового тензометра модели 4435). 3](#_Toc454995846)

[2.3. Защита и концевая заделка кабеля 4](#_Toc454995847)

[2.4. Начальные показания 4](#_Toc454995848)

[2.5. Электрические помехи 4](#_Toc454995849)

[2.6. Молниезащита 4](#_Toc454995850)

[3. Снятие показаний 6](#_Toc454995851)

[3.1. Работа с измерительным блоком GK-403 6](#_Toc454995852)

[3.2 Работа с измерительным блоком GK-404 6](#_Toc454995853)

[3.3 Работа с измерительным блоком GK-405 7](#_Toc454995854)

[3.4. Измерение температуры 7](#_Toc454995855)

[4. Обработка данных 8](#_Toc454995856)

[4.1. Вычисление деформации 8](#_Toc454995857)

[4.2. Температурная поправка 10](#_Toc454995858)

[4.3. Факторы окружающей среды 11](#_Toc454995859)

[Протокол калибровки вибрационно-струнного датчика смещений 12](#_Toc454995860)

[5. Поиск и устранение неисправностей 13](#_Toc454995861)

[Приложение А - Технические характеристики 14](#_Toc454995862)

[A.1. Измерительный блок модели 4430 14](#_Toc454995863)

[А.2 Термистор (также смотрите Приложение Б) 14](#_Toc454995864)

[Приложение Б. Получение температуры термистора 15](#_Toc454995865)

Перечень рисунков, таблиц и уравнений

Стр.

Рисунок 1. Измеритель деформации модели 4430 1

Рисунок 2. Установка в скважине 2

Рисунок 3. Установка вдоль гребня дамбы 3

Рисунок 4. Установка скважины в насыпи T 4

Рисунок 5. Схема молниезащиты 5

Рисунок 6. Измерительный блок GK405 7

Уравнение 1. Вычисление цифровых значений 8

Уравнение 2. Вычисление деформации 8

Таблица 1. Коэффициенты пересчета технических единиц измерений 9

Уравнение 3. Вычисление деформации с температурной поправкой 10

Уравнение 4. Вычисление теплового коэффициента 10

Таблица 2. Константы для вычисления теплового коэффициента 10

Уравнение 5. Поправка на базу тензометра 10

Таблица А. Технические характеристики устройства модели 4430 14

Уравнение Б-1. Преобразование сопротивления термистора в температуру 15

Таблица Б-1. Сопротивление термистора в зависимости от температуры 15

# 1. ВВЕДЕНИЕ

## 1.1. Методика эксплуатации

Вибрационно-струнный измеритель деформации модели 4430 компании Geokon предназначен для измерения продольных деформаций в скважинах в скальной породе, бетоне или почве. Он также может закладываться в грунты в насыпи и в дамбы, например, земляные плотины, насыпи у автострад. Устройства могут быть установлены последовательно, обеспечивая измерения деформации в возрастающем порядке по любой протяженности. Базовая длина измерительного устройства может варьироваться от 1 метра до более чем 25 метров.

Основный чувствительный элемент устройства представлен вибрационно-струнным тензометрическим датчиком, последовательно соединенным с пружиной из проволоки, подсоединенной к подвижной оси. Как только ось входит или выходит из корпуса датчика, напряжение в пружине, а также в вибрационно-струнном элементе изменяется. Это изменение напряжения прямо пропорционально величине удлинения, и, посредством калибровки, определяется калибровочный коэффициент, которые связывает между собой частоту вибраций с величиной удлинения. Устройство после изготовления проходит термообработку (для снятия напряжений и деформаций) с целью обеспечения высокой стабильности в течение длительного периода времени.

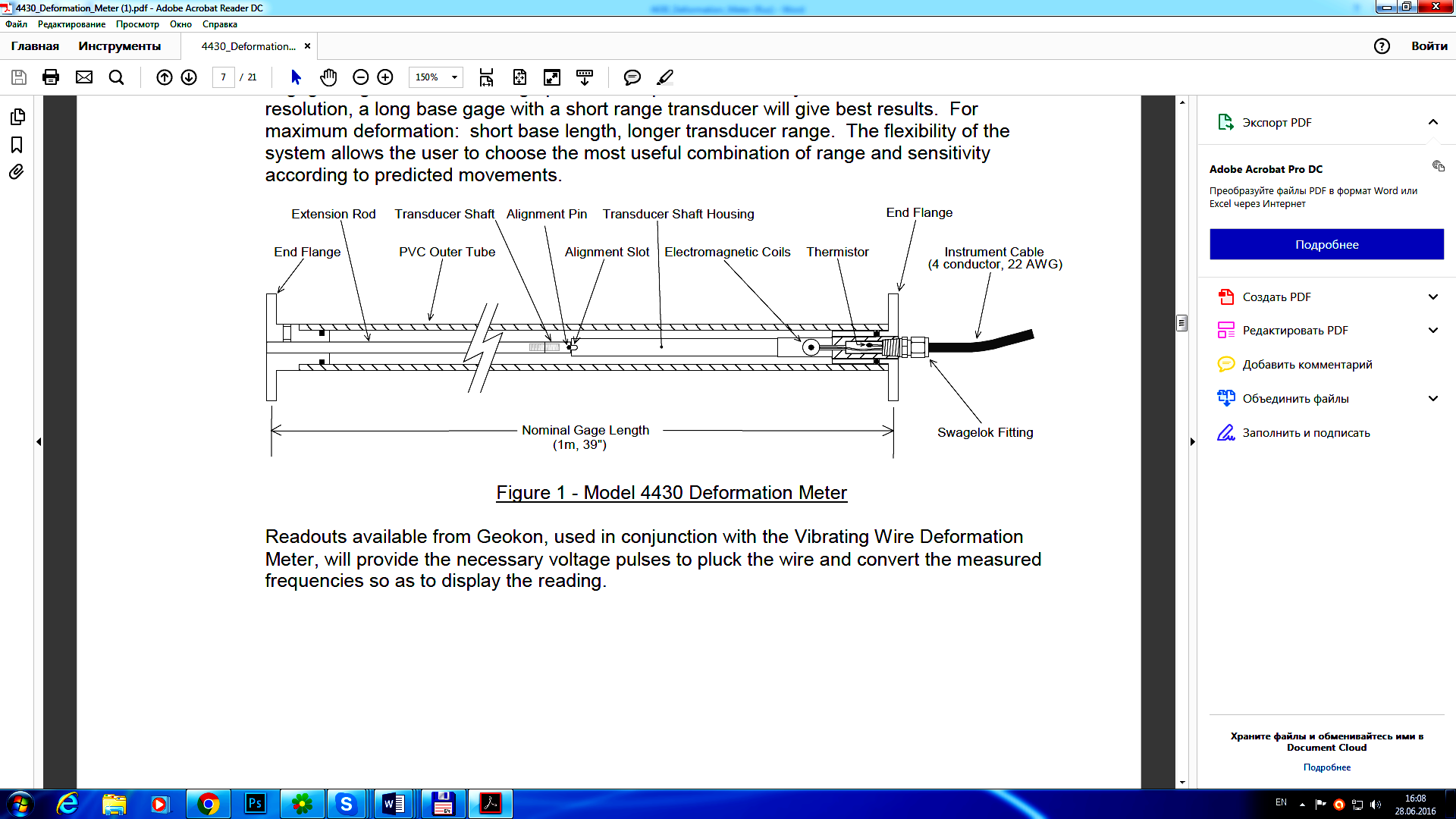
Датчик устройства соединен с фланцем с одной стороны, а с другой стороны он соединен с другим фланцем с помощью соединительной тяги определенной длины. Датчик и тяга помещены в пластиковую трубу (ПВХ), которая удерживает фланцы на заранее определенном расстоянии (это база тензометра) и обеспечивает свободное перемещение соединительной тяги. При раздвигании фланцев перемещение посредством соединительной тяги передается датчику, который выдает сигнал в устройство считывания информации. За счет различных комбинаций параметров -- базы тензометра и диапазона датчика – обеспечивается оптимальная чувствительность. Для максимальных деформаций используются: короткая база и увеличенный диапазон преобразователя. Гибкость системы дает пользователю возможность выбора наиболее пригодной комбинации диапазона и чувствительности в соответствии с прогнозируемыми перемещениями.

Рисунок 1. Измеритель деформаций модели 4430.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Extension Rod = выдвижная тяга | Alignment Pin = Направляющий палец | Thermistor = Термистор |
| End Flange = торцовый фланец | Alignment Slot = Направляющий паз | Instrument Cable (4 проводной, 22 AWG) = Приборный кабель (4 проводника, 22 AWG) |
| Transducer Shaft Housing = Кожух оси преобразователя |  | Nominal Gage length (1 м, 39”) = Базовая длина тензометра |
| PVC Outer Tube = Наружная труба, ПВХ | Electromagnetic Coils = Электромагнитная катушка | Swagelok Fitting = Фитинг компании Swagelok |

Показания от устройства Geokon, используемые вместе с вибрационно-струнным измерителем деформаций обеспечивают необходимые импульсы напряжения для воздействия на струну и преобразования измеренных частот для отображения показаний.

# 2. УСТАНОВКА

## 2.1. Предварительные испытания

При получении прибора его следует проверить на надлежащую работу (включая термистор). Подробные инструкции относительно считывания показаний приведены в Разделе 3. В положении «B» тензометр будет считывать показания в диапазоне от 2000 до 8000 (технических знаков). Потяните прибор за торцевые фланцы (Рисунок 1), показания должны увеличиваться.

Проверки целостности электрической цепи можно выполнить с помощью омметра. Сопротивление между выводами тензометра должно быть равно приблизительно 180 ± 10 Ом. При проверке не забудьте учесть сопротивление кабеля (выводы скрученного многожильного медного кабеля 22 AWG имеют сопротивление примерно 14,7 Ом/1000 футов или 48,5 Ом/км, значение необходимо умножить на 2 для учета обоих направлений). Сопротивление между зеленым и белым выводами должно быть равно приблизительно 3000 Ом при 25° (Таблица B-1), а сопротивление между любым проводником и экраном должно превышать 2 МОм.

## 2.2. Установка измерителя деформации

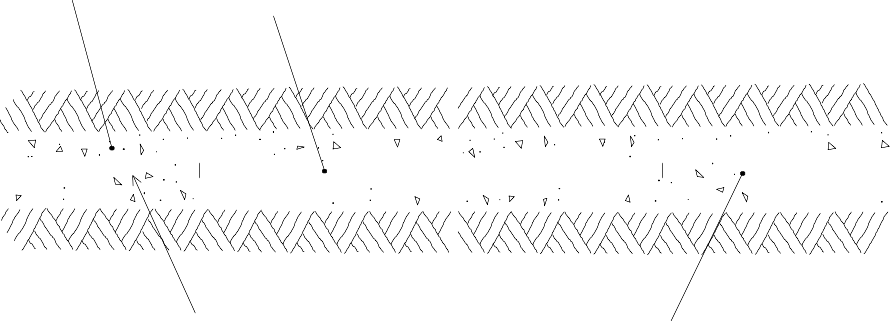
### 2.2.1. Установка в скважинах

Основное предназначение устройства Модели 4430 – измерение продольных напряжений или деформаций в скважинах. Наиболее часто для установки используется заливка раствором. Горизонтальные скважины должны быть слегка наклонены вниз для облегчения заливки и для того, чтобы избежать появления воздушных карманов. Для вертикальных скважин требуется специальное приспособление для заливки и обжимное кольцо или гидравлические якоря на самом тензометре, чтобы удержать его на месте во время заливки скважины.

Работа с горизонтальными и направленным вниз вертикальными скважинами осуществляется следующим образом:

Пробурите скважину, по крайней мере, на 0,5 м за пределы расположения самого глубокого фланца. Диаметр скважины, минимум, 60 мм. Заполните скважину цементным раствором (1 объемная часть портландцемента на 1-2 объемные части воды). Расширяющаяся смесь будет полезна, в частности, в горизонтальных скважинах. Опустите вниз или протолкните датчик(и) в скважине до требуемого положения, как указано на кабеле. Если в скважине требуется установить более одного датчика, то необходимо следить за сохранением положения нижнего датчика при установке располагающегося выше другого датчика.

Скважина



Измеритель деформации

Ошибка

Кабель прибора

Раствор

Рисунок 2 – Установка в скважине

Если приходится иметь дело с рыхлой породой или обсаженной скважиной, а обсадные трубы надо убрать, то разумно использовать датчик с гидравлическим якорем для долговременного позиционирования. Это следует обсудить с инженерами по эксплуатации на заводе-изготовителе.

### 2.2.2. Установка в монолитном бетоне

Измеритель деформации Модели 4430 можно установить непосредственно в бетоне или заранее смонтировать в арматурном каркасе до начала бетонных работ. Арматурная проволока должна подсоединяться к трубе, а не к концевым блокам, и должна располагаться перпендикулярно к трубе и быть не слишком сильно натянутой, чтобы обеспечить смещение во время укладки бетона. У устройства модуль упругости при сжатии примерно (13790 бар) и должен следовать за бетоном на самых ранних стадиях выдерживания бетона.

### 2.2.3. Установка в насыпях и дамбах – тензометрический датчик в грунте (Более подробная информация приведена в руководстве по эксплуатации грунтового тензометра модели 4435).

Устройство модели 4435 -- вариант устройства модели 4430, используется в качестве измерителя деформации грунта в насыпях и дамбах, посредством установки в пологих местах, горизонтальных траншеях в насыпи.

Возможно установить несколько датчиков последовательно, чтобы получить профиль полной деформации вдоль конкретной оси в дамбе или насыпи автострады. Вывод кабеля со стороны устройства осуществляется так, что фланцы можно было легко скрепить между собой.

Резервуар

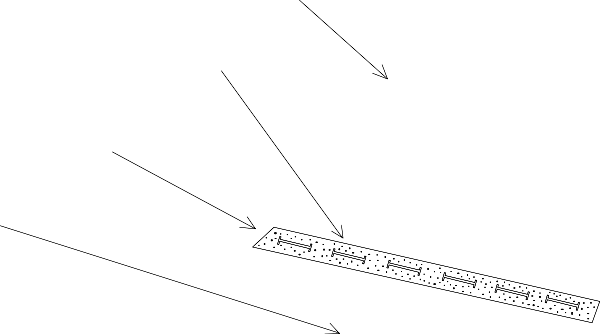
Низовая сторона

Измерители деформации

Рисунок 3. – Установка вдоль гребня дамбы

В предварительно утрамбованной насыпи выкопать узкую траншею с плоским дном. Датчик укладывается в траншею и засыпается материалом с любым (>10 мм) заполнителем. Следует засыпать и утрамбовать вручную первый слой -- 15 см, а затем провести утрамбовку обычным образом. Кабели также должны быть проложены в траншее и их необходимо засыпать аналогичным образом. Более подробная информация приведена в руководстве по эксплуатации грунтового тензометра модели 4435.

Склон насыпи



Измерители деформации

Горизонтальная скважина

Зона сдвига пород

Рисунок 4. Установка скважины в насыпи

## 2.3. Защита и концевая заделка кабеля

Как было отмечено выше кабель из тензометров возможно защитить посредством гибкого кабелепровода, поставляемым Geokon.

В наличии имеются также концевые распределительные коробки с герметичным кабельным вводом и крышками, обеспечивающие подключение нескольких тензометров в одном месте с полной защитой подводящих проводов. На панели могут располагаться встроенные входные разъемы или однонаправленное подсоединение с вращательным селекторным переключателем. Также в концевых распределительных коробках возможно установить элементы молниезащиты.

Кабели можно срастить для их удлинения, это не окажет воздействия на показания тензометра. Всегда следует полностью герметизировать место сращивания кабелей, лучше всего использовать набор для сращивания на основе эпоксидной смолы 3M ScotchcastТМ модели 82-А1. Данные комплекты имеются в наличии на заводе. При сращивании кабеля используйте соединения пайкой во всех случаях там, где возможно, иначе следует использовать обжимные соединители.

## 2.4. Начальные показания

**Все показания сравниваются с начальным показанием, есть очень важно, чтобы начальное показание было получено аккуратно.** Во время всех снятия показаний, особенно во время выдерживания бетона, следует записывать условия, такие как, температура, время после заливки бетона, условия на местности и так далее.

## 2.5. Электрические помехи

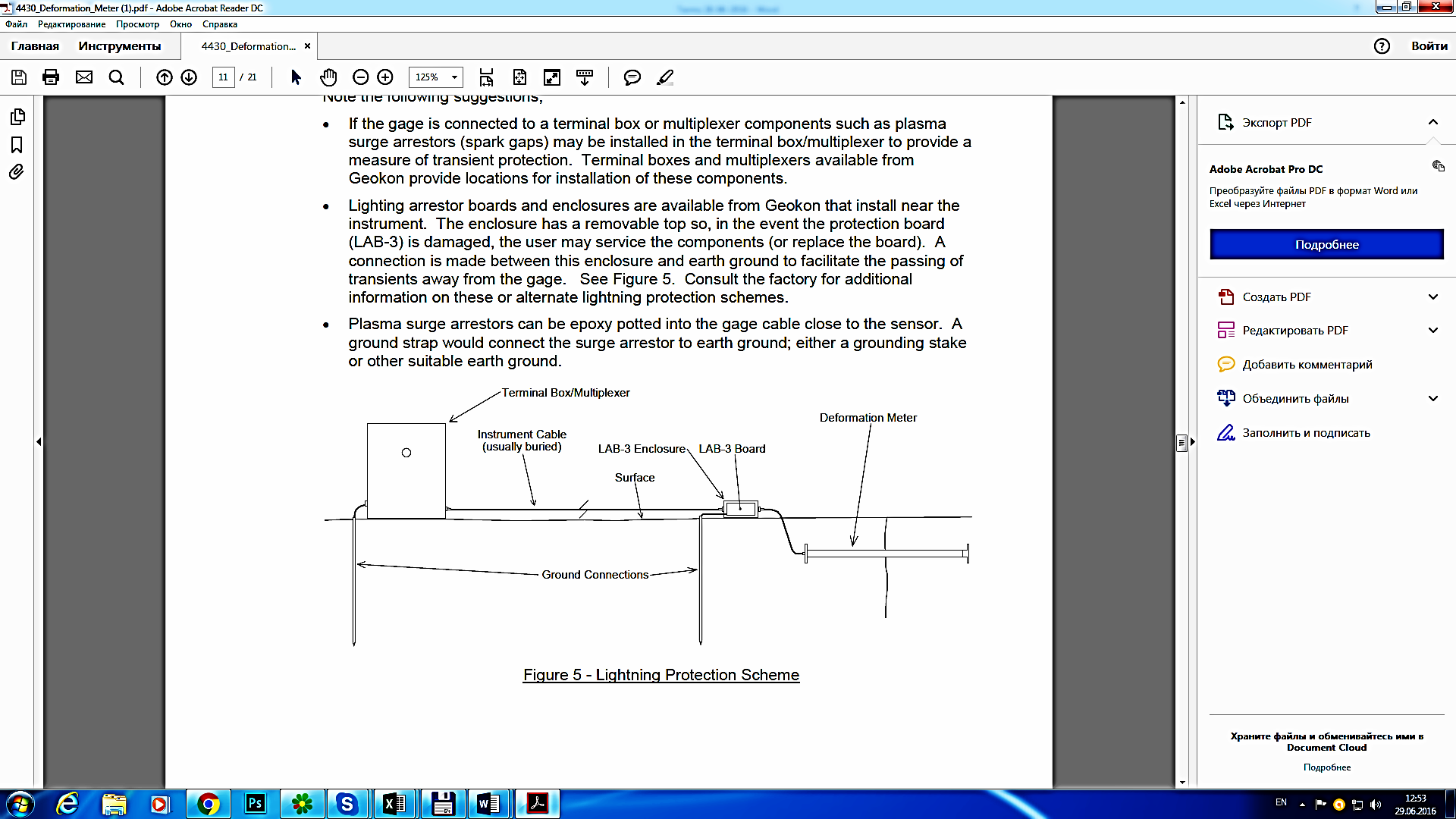
При прокладке кабелей измерительного прибора обратите особое внимание на то, чтобы кабели проходили как можно дальше от возможных источников электрических помех, как, например, линии электропередач, генераторы, электродвигатели, трансформаторы, аппараты для дуговой справки, и так далее. **Кабели не допускается закладывать или прокладывать вместе с силовыми линиями переменного тока!** Приборные кабели воспринимают помехи на частотах 50 или 60 Гц (или других) от кабеля питания, а это может затруднить получение стабильных показаний.

## 2.6. Молниезащита

Вибрационно-струнный измеритель деформаций модели 4430 в отличие от многих измерительных приборов других типов, выпускаемых компанией Geokon, не имеют каких-либо встроенных компонентов молниезащиты, таких как, ограничители напряжения или плазменные разрядники для защиты от атмосферных перенапряжений. Обычно это не является проблемой, но, если приборный кабель может подвергаться таким воздействиям, то возможно, следует установить соответствующие элементы молниезащиты, так как переходный процесс может воздействовать на кабель, что повлияет на измеритель деформации и, возможно, повредит его.

Обратите внимание:

* Если тензометр подсоединен к распределительной коробке или компонентам мультиплексора, таким как, плазменные разрядники для защиты от атмосферных перенапряжений (искровые разрядники) могут быть установлены в распределительной коробке/мультиплексоре для обеспечения защиты от воздействия переходных процессов. Концевые распределительные коробки и мультиплексоры, от Geokon имеют место для установки таких компонентов.
* У компании Geokon в наличии также имеются платы молниеотводов и кожухи, устанавливаемые рядом с измерительным прибором. Кожух оснащен съемной крышкой, и в случае повреждения платы защиты (LAB-3), пользователь может провести техническое обслуживание компонентов (или заменить плату). Этот кожух подсоединен к земле, чтобы способствует отводу переходных процессов от тензометра. См. Рисунок 5. Обратитесь к специалистам завода-изготовителя за дополнительной информацией об этих или альтернативных схемах молниезащиты
* Плазменные разрядники от защиты от атмосферных перенапряжений герметизированы эпоксидной смолой в кабеле от тензометра рядом с датчиком. Шина заземления будет соединять разрядник для защиты от атмосферных перенапряжений с землей, или с колышком заземления, или же иным подходящим образом.



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Terminal box/Myultiplexor= | Концевая распределительная коробка/Мультиплексор | Deformation meter = | Измеритель деформации |
| Instrument cable (usually buried) = | Измерительный кабель (обычно заглубленный) | Surface = | Поверхность |
| LAB-3 Enclosure = | Корпус Lab-3 | Ground connections = | Соединения с землей |
| Lab-3 board = | Плата Lab-3 |  |  |

Рисунок 5. Схема молниезащиты

# 3. Снятие показаний

## 3.1. Работа с измерительным блоком GK-403

Устройство GK-403 позволяет сохранять данные тензометра, а также применять калибровочные множители для преобразования показаний в технические единицы измерений. Дополнительная информация о режиме "G" снятия показаний приведена в руководстве по эксплуатации устройства GK-403. Ниже приведены инструкции по снятию измерений тензометра при использовании режима "B".

Подсоедините измерительный блок, используя свободные концы провода, или в случае терминала, с помощью разъема. Красный и черный зажимы предназначены для вибрационно-струнного тензометра, белый и зеленый зажим предназначены для термистора, а синий зажим предназначен для экранированного провода заземления.

1. Включить измерительный блок. Поставить селектор изображения в положение "B". Показания будут выведены в виде цифр (смотрите уравнение 1).

2. Включить устройство, показания отобразятся во фронтальном окне дисплея. Во время снятия показаний в последнем разряде может меняться одна или две цифры. Нажмите кнопку "Store" (Сохранить) для записи отображенного значения. Если показания не отображаются или показания нестабильные, обратитесь к разделу 6 для поиска возможной причины неисправности. Термистор будет снимать показания и выдавать на выход показания непосредственно в градусах Цельсия.

3. Устройство выключится автоматически примерно через 2 минуты (с целью сохранения энергии).

## 3.2 Работа с измерительным блоком GK-404

Устройство GK404 представляет собой малогабаритный карманный измерительный блок, который отображает значения вибрационной струны и температуру в градусах Цельсия. Измерительный вибрационно-струнный блок GK-404 поставляется вместе с коммутационным шнуром для подсоединения к вибрационно-струнным тензометрам. На одном конце шнура имеется 5-штырьковый штекер для подсоединения с соответствующим разъемом на дне корпуса устройства GK-404. На другом конце коммутационного шнура имеется 5 выводов с зажимами типа «крокодил». Зажимы имеют цвета: красный, черный, зеленый, белый и синий.

Цветовая кодировка: положительный вывод вибрационно-струнного тензометра (красный); отрицательный вывод вибрационно-струнного тензометра (черный); положительный вывод термистора (зеленый); отрицательный вывод термистора (белый); провод заземления преобразователя (белый). Зажимы следует подсоединить к выводам соответствующего цвета кабеля вибрационно-струнного тензометра.

Используйте кнопку **POS (Положение)** длявыбора положения **B** и кнопку MODE (Режим) для выбора **Dg** (цифры).

Как выбрать другие функции: см. руководство по эксплуатации устройства GK404.

Устройство GK404 будет продолжать измерение и вывод показаний до тех пор, пока не нажата кнопка OFF (ВЫКЛ), или же оно отключится по таймеру автоматического отключения устройства GK-404.

Устройство GK-404 непрерывно отслеживает состояние элементов питания 1,5 В АА (2), и в случае падения напряжения до 2 В, на экране отображается сообщение «**Batteries Low**» (Батарея разряжена). В этом случае следует установить новые элементы питания 1,5 В АА.

## 3.3 Работа с измерительным блоком GK-405

Вибрационно-струнный измерительный блок GK-405 состоит из двух компонентов:

* Измерительного блока, состоящего из карманного компьютера под управлением Windows Mobile, запускающего приложения для работы вибрационно-струнного измерительного блока GK-405;
* Выносного модуля GK-405 (во всепогодном корпусе) подсоединяемого к вибрационно-струнному датчику посредством:

1. Свободных концов с зажимами типа «крокодил», когда кабель датчика выводится на зажимы оголенным проводом, или
2. Посредством 10-штырькового разъема.

Эти два компонента осуществляют между собой беспроводную связь по Bluetooth®, надежному протоколу цифровой связи. Измерительный блок может работать из подставки выносного модуля (Рисунок 6), его также можно вытащить из подставки и использовать на расстоянии до 20 м от выносного модуля.



Рисунок 6. Измерительный блок GK405

Более подробная информация приведена в руководстве по эксплуатации устройства GK405.

## 3.4. Измерение температуры

Каждый вибрационно-струнный измеритель деформаций оснащен термистором для измерения температуры. При изменении температуры величина сопротивления термистора изменяется. Как правило, к внутреннему термистору подсоединяются белый и зеленый выводы.

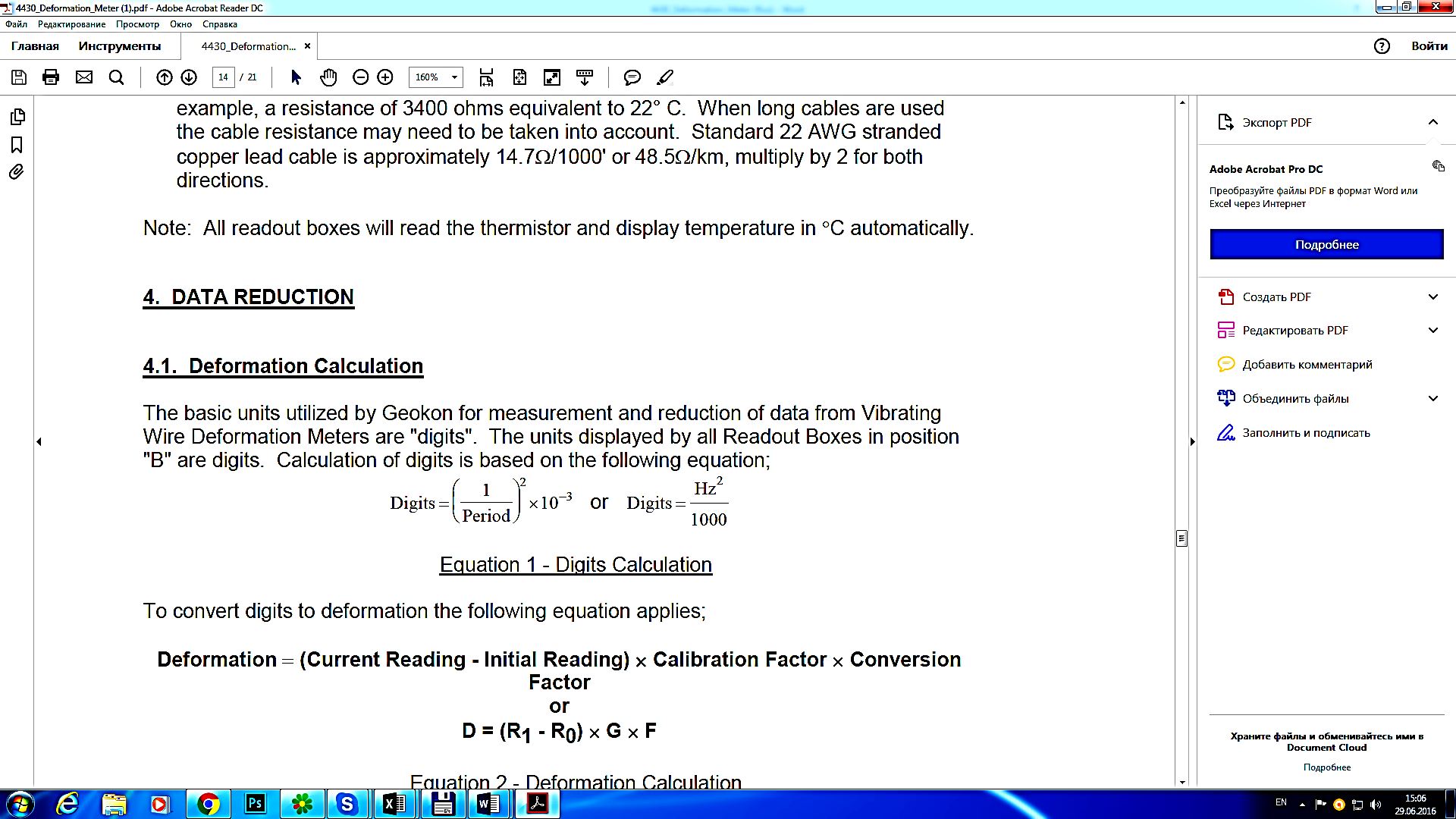
1. Подсоедините омметр к двум выводам термистора, выходящим из измерителя деформации. (Так как изменение сопротивления от температуры достаточно большое, то влиянием сопротивления кабеля можно пренебречь).
2. Найдите температуру для измеренного сопротивления в Таблице Б-1 (Приложение Б). Как вариант, температуру можно вычислить по уравнению Б-1 (Приложение Б). Например, сопротивление 3400 Ом эквивалентно температуре 22° C. При использовании длинных кабелей, возможно, потребуется учесть их сопротивление. Стандартный многожильный медный соединительный кабель 22 AWG имеет сопротивление примерно 48,5 Ом/км, это значение необходимо умножить на 2 с учетом двух направлений.

Примечание: Все измерительные блоки считывают показания термистора и автоматически отображают температуру в °C.

# 4. Обработка данных

## 4.1. Вычисление деформации

Базовыми единицами, используемыми компанией Geokon для измерения и обработки данных от вибрационно-струнных измерителей деформации, являются «цифры». Единицы измерений, отображаемые всеми измерительными блоками в положении "B", - цифры. Вычисление этих цифр основано на следующем уравнении:



Digits = Цифры; Period = Период; Hz = Гц

Уравнение 1. Вычисление цифровых значений

Для преобразования цифр в значение деформации применяется уравнение:

**Деформация = (Текущее показание – Начальное показание) х калибровочный коэффициент х коэффициент преобразования**

или

**D = (R1 - R0)** х **G** х **F**

Уравнение 2. Вычисление деформации

Где:

R1 – текущее показание

R0 – начальное показание, обычно полученное при установке (Раздел 2.4).

G – калибровочный коэффициент, обычно в мм на цифру (или в дюймах на цифру).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Из  В | Дюймы | Футы | Миллиметры | Сантиметры | Метры |
| Дюймы | 1 | 12 | 0,03937 | 0,3937 | 39,37 |
| Футы | 0,0833 | 1 | 0,003281 | 0,03281 | 3,281 |
| Миллиметры | 25,4 | 304,8 | 1 | 10 | 100 |
| Сантиметры | 2,54 | 30,48 | 0,10 | 1 | 100 |
| Метры | 0,0254 | 0,3048 | 0,001 | 0,01 | 1 |

Таблица 1. Коэффициенты пересчета технических единиц измерений.

Например, взятое из типовой калибровочной карты, показанной на Рисунке 7, начальное показание R0 при установке измерителя деформации с диапазоном преобразователя в 25 мм равно 4250 (цифровое значение). Текущее показание R1 равно 6785. Калибровочный коэффициент равен 0,004457 мм/цифра. Деформация равна:

**D = (6785** − **4250)** х **0,004457 = +11.4 мм**

Отметим, что увеличение показаний (цифр) указывает на увеличение расширения.

## 4.2. Температурная поправка

Измеритель деформации модели 4430 имеет очень небольшой коэффициент теплового расширения, то есть, корректировка в большинстве случаев не является обязательной. Однако, если необходима максимальная точность или изменения температуры значительные (>10° C), то можно применить корректировку. При этом используется уравнение:

**Dcorrected = ((R1 - R0)** х **G) + ((T1 - T0)** х **K) + LC**

Уравнение 3. Вычисление деформации с температурной поправкой

где:

Dcorrected - Dскорректированное

R1 – текущее показание

R0 – начальное показание

G – калибровочный множитель

T1 – текущая температура

T0 – исходная температура

K – тепловой коэффициент

LC – поправка на длину тензометра

В испытаниях было установлено, что тепловой коэффициент К изменяется в зависимости от положения оси преобразователя. Следовательно, в начале процесса температурной поправки определяем надлежащий тепловой коэффициент, основываясь на следующем уравнении:

**Thermal Coefficient = ((Reading in Digits** х **Multiplier)** + **Constant)** х **Calibration Factor или**

**K = ((R1** х **M)** + **B)** х **C**

Где:

Thermal Coefficient = Тепловой коэффициент; Reading in Digits = показания в цифровых значениях; Multiplier = множитель; Constant = константа; Calibration Factor = калибровочный множитель;

Уравнение 4. Вычисление теплового коэффициента

В Таблице 2 приведены значения Множителя и Константы, используемых в уравнении 4. Значения Множителя (М) и Константы (В) изменяются в зависимости от хода преобразователя, используемого в измерителе деформации.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Модель** | **4430 – 6 мм**  **(0,25’’)** | **4430 – 12 мм**  **(0,5”)** | **4430 – 25 мм**  **(1”)** | **4430 50 мм**  **(2”)** | **4430 – 100 мм**  **(4”)** | **4430 – 150 мм**  **(6”)** | **4430 – 300 мм**  **(12”)** |
| Множитель (М): | 0,00073 | 0,000295 | 0,000301 | 0,000330 | 0,000192 | 0,000216 | 0,000250\* |
| Константа (В): | 0,583 | 1,724 | 0,911 | 0,415 | 0,669 | 0,491 | 0,450\* |
| Длина преобразователя (L): | 267 мм  (10,5”) | 267 мм  (10,5”) | 267 мм  (10,5”) | 292 мм  (11,5”) | 393 мм  (15,49”) | 510,5 мм  (20,1”) | 715,2 мм  (28,2”) |

\*Вычисленное значение

Таблица 2. Константы для вычисления теплового коэффициента

База тензометра (LC) вычисляется с помощью уравнения 5:

**LC = 17.3** х **10-6** х **L** х **(T1 - T0)**

Уравнение 5. Поправка на базу тензометра

Где L – длина измерителя деформации в мм или дюймах, минус длина преобразователя (см. Таблицу 2) в мм или дюймах, соответственно.

Рассмотрим следующий пример, используя измеритель деформации модели 4430 с базой тензометра 1 м и длиной преобразователя 25 мм. Из показанной на Рисунке 7 калибровочной карты:

*R0 = 4250 цифровых значений*

*R1 = 6785 цифровых значений*

*T0 = 10° C*

*T1 = 20° C*

*C = 0,004457 мм/цифровое значение*

*K = ((6785* х *0,0003) + 0.911)* х *0,004457 = 0,0131*

*L = 1000 - 267 = 733*

*LС = 17,3* х *10-6 х* *733* х *(20 - 10) = 0,1268*

*Dcorrected = ((R1 - R0)* х *G) + ((T1 - T0)* х *K) + LС*

*Dcorrected = ((6785 - 4250)* х *0,004457) + ((20 - 10)* х *0,0131) + 0,1268*

*Dcorrected = (2535* х *0,004457) + (10* х *0,0131) + 0,1268*

*Dcorrected = 11,298 + 0,131 + 0,1268*

*Dcorrected = +11,56 мм*

Как видно из этого примера, поправки на изменение температуры весьма небольшие и ими часто можно пренебречь.

## 4.3. Факторы окружающей среды

Так как целью установки измерителя деформации является мониторинг условий на строительной площадке, то всегда следует наблюдать и фиксировать факторы, которые могут воздействовать на эти условия. Кажущиеся небольшими воздействия могут оказать реальное влияние на поведение находящейся под наблюдением конструкции, а также могут заблаговременно указать на потенциальные проблемы. Некоторые из этих факторов включают (но не ограничиваются этим), следующее: взрывные работы; выпадение осадков; уровни прилива; уровни копания и заполнения и их последовательность; дорожное движение; изменения температуры и атмосферного давления; изменения персонала; деятельность рядом со стройкой; сезонные изменения; и так далее.

# Протокол калибровки вибрационно-струнного датчика смещений

Диапазон: 25 мм Дата калибровки: 1 сентября 2005

Серийный номер: 05-8389 Температура: 23,6 °C

Номера Кал., Стд., Контрольный: 529, 406, 344, 057 Инструкция по калибровке: CI-44QQ Rev: С

Технический специалист:

Положение GK-401 при снятии показаний: «В»

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Фактическое смещение (мм) | Показания тензометра  1-й цикл | Показания тензометра  2-й цикл | Средние показания тензометра | Вычисленное смещение (линейное) | Ошибка линейная (% полной шкалы) | Вычисленное смещение (полиномиальное) | Ошибка полиномиальная (% полной шкалы) |
| 0,0 | 2230 | 2228 | 2229 | -0,055 | -0,22 | -0,008 | -0,03 |
| 5,0 | 3369 | 3368 | 3369 | 5,024 | 0,10 | 5,014 | 0,06 |
| 10,0 | 4494 | 4492 | 4493 | 10,04 | 0,14 | 9,999 | 0,00 |
| 15,0 | 5615 | S613 | 5614 | 15,03 | 0,13 | 15,00 | -0,02 |
| 20,0 | 6729 | 6729 | 6729 | 2000 | 0.01 | 19,99 | -0,03 |
| 25,0 | 7841 | 7841 | 7841 | 24,96 | -0,17 | 25,01 | 0,02 |

(мм) линейный коэффициент чувствительности тензодатчика (калибровочный множитель) (G): 0.004457 (мм/ цифра) Ноль регрессии: 2241

Полиномиальные калибровочные множители: A: 1,11026E-08 B: 0,004345 C: -9,74S6

(дюймы) линейный калибровочный множитель (G): 0.0001755 (дюйм/цифра)  
Полиномиальные калибровочные множители: А: 4,37111Е-10 B: 0,0001711 *C:* -0,38380

Вычисленное смещение: Линейное, D = G(R1 – R0)

Полиномиальное, D = AR12 + BR1 + С

Информация о тепловой поправке приведена в руководстве пользователя.

Проверка на работоспособность при отгрузке:

GK-401 Положение B: 4795 Температура (T0): 23,7°C Дата: 19 сентября 2005

Вышеуказанный прибор находится в пределах допусков во всех рабочих диапазонах.

Вышеуказанный прибор был откалиброван посредством сравнения с стандартами, связанными с NIST (Национальный институт стандартизации и технологий), в соответствии с требованиями ANSI Z540-1 (Американский национальный институт стандартов). Данный протокол может быть воспроизведен только полностью и только с письменного разрешения компании GEOKON Inc.

Рисунок 7. Типовой протокол калибровки

# 5. Поиск и устранение неисправностей

Техническое обслуживание и поиск и устранение неисправностей вибрационно-струнных измерителей деформации ограничивается периодическими проверками кабельных соединений. После установки ячейки практически недоступны, и меры по устранению неисправностей весьма ограничены. При возникновении трудностей ознакомьтесь с данным перечнем проблем и возможных решений. Дополнительную помощь в поиске и устранении неисправностей можно получить у специалистов завода-изготовителя.

***Симптом: Показания измерителя деформации нестабильные***

* Правильно ли установлено положение измерительного блока? Если вы используете регистратор данных для автоматической записи показаний, то правильно ли выбраны настройки возбуждения качающейся частоты? Попробуйте считывание показаний измерителя деформации в различных положениях считывания данных. Например, канал А измерительных блоков может быть способен считывать показания измерителя деформации. Для преобразования отображения периода канал А в цифровые значения используйте уравнение 1.
* Имеется ли поблизости источник электрических помех? Наиболее вероятными источниками таких помех являются: электрические двигатели, генераторы, трансформаторы, сварочные аппараты и антенны. Убедитесь в том, что экранированной провод земля заземлен, а также используете ли вы портативное устройство считывания показаний или устройство регистрации данных. При использовании измерительного блока GK-401 подсоедините зажим с зеленой защитной трубкой к оголенному экранированному проводу заземления кабеля датчика заземления. При использовании устройств GK-403, GK-404 или GK405 подсоедините зажим с синей защитной трубкой к экранированному проводу заземления.
* Работает ли измерительный блок с другими измерителями деформации? Если нет, то возможно батарейки разряжены или блок неисправен. Прочитайте в соответствующем руководстве по эксплуатации: раздел по зарядке/замене элементов питания и раздел по поиску и устраненению неисправностей.

***Симптом: Измеритель деформации не считывает показания***

* Проверьте целостность кабеля. Проверку можно выполнить с помощью омметра. Номинальное сопротивление между двумя выводами тензометра (обычно красный и черный выводы) должно быть равно 180 ± 10 Ом. Не забудьте учесть сопротивление кабеля при выполнении такой проверки (многожильные медные выводы 22 AWG имеют сопротивление 14,7 Ом/1000 дюймов или 48,5 Ом/км, показание необходимо умножить на 2 для обоих направлений). Если сопротивление окажется бесконечным или очень большим (МОм), можно предполагать разрыв провода. Если сопротивление совсем небольшое (<100 Ом), то, вероятно, кабель закорочен.
* Работает ли измерительный блок или устройство регистрации данных с другим измерителем деформации? Если нет, то возможно измерительный блок или устройство регистрации данных неисправны. Внимательно прочитайте соответствующие разделы в руководствах по эксплуатации измерительного блока или устройства регистрации данных.

# Приложение А - Технические характеристики

## A.1. Измерительный блок модели 4430

|  |  |
| --- | --- |
| **База тензометра:1** | 1 м |
| **Доступные диапазоны:1** | 12, 25, 50 мм |
| **Выход за пределы диапазона:** | 115% |
| **Точность:** | 0,1% (с полиномиальным выражением) |
| **Разрешающая способность** | 0,025% полного диапазона измерения |
| **Линейность:** | 0,25% полного диапазона измерения |
| **Тепловое смещение нуля:** | < 0,05% полного диапазона измерения /°C |
| **Стабильность:** | < 0,2%/год (при статичных условиях) |
| **Температурный диапазон:** | От -40 до +60°C |
| **Частотный диапазон:** | 1200 - 2800 Гц |
| **Сопротивление катушки:** | 180 Ом, ±10 Ом |
| **Тип кабеля:2** | 2 витая пара (4 проводника) 22 AWG  Экранирование фольгой, ПВХ-оболочка, номинальный внешний диаметр = 6,3 мм |
| **Длина:**  **(от начала до конца)** | 1 м |
| **Диаметр:** | 26,7 мм (корпус)  51 мм (фланец) |
| **Масса:** | 1кг |

Таблица А. Технические характеристики устройства модели 4430

Примечания:

1Обратиться на завод-изготовитель за информацией относительно других имеющихся диапазонов.

2 Обратиться на завод-изготовитель за информацией относительно других возможных типов кабеля.

## А.2 Термистор (также смотрите Приложение Б)

Диапазон: от -80 до +150° C Точность: ±0,5° C

# Приложение Б. Получение температуры термистора

**Тип термистора: YSI 44005, Dale #1C3001-B3, Alpha #13A3001-B3**

**Сопротивление к уравнению температуры**



Уравнение Б-1. Преобразование сопротивления термистора в температуру

где:

Т = температура в оС

LnR = натуральном логарифму сопротивления термистора

А = 1,4051 х 10-3 (коэффициенты вычислены в диапазоне от -50 до 150 оС)

В = 2,369 х 10-4

С = 1,019 х 10-7

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ом** | **Темпер.** | **Ом** | **Темпер.** | **Ом** | **Темпер.** | **Ом** | **Темпер.** | **Ом** | **Темпер.** |
| 201,1K | -50 | 16,60K | -10 | 2417 | 30 | 525,4 | 70 | 153,2 | +110 |
| 187,3K | -49 | 15,72K | -9 | 2317 | 31 | 507,8 | 71 | 149,0 | 111 |
| 174,5K | -48 | 14,90K | -8 | 2221 | 32 | 490,9 | 72 | 145,0 | 112 |
| 162,7K | -47 | 14,12K | -7 | 2130 | 33 | 474,7 | 73 | 141,1 | 113 |
| 151,7K | -46 | 13,39K | -6 | 2042 | 34 | 459,0 | 74 | 137,2 | 114 |
| 141,6K | -45 | 12,70K | -5 | 1959 | 35 | 444,0 | 75 | 133,6 | 115 |
| 132,2K | -44 | 12,05K | -4 | 1880 | 36 | 429,5 | 76 | 130,0 | 116 |
| 123,5K | -43 | 11,44K | -3 | 1805 | 37 | 415,6 | 77 | 126,5 | 117 |
| 115,4K | -42 | 10,86K | -2 | 1733 | 38 | 402,2 | 78 | 123,2 | 118 |
| 107,9K | -41 | 10,31K | -1 | 1664 | 39 | 389,3 | 79 | 119,9 | 119 |
| 101,0K | -40 | 9796 | 0 | 1598 | 40 | 376,9 | 80 | 116,8 | 120 |
| 94,48K | -39 | 9310 | 1 | 1535 | 41 | 364,9 | 81 | 113,8 | 121 |
| 88,46K | -38 | 8851 | 2 | 1475 | 42 | 353,4 | 82 | 110,8 | 122 |
| 82,87K | -37 | 8417 | 3 | 1418 | 43 | 342,2 | 83 | 107,9 | 123 |
| 77,66K | -36 | 8006 | 4 | 1363 | 44 | 331,5 | 84 | 105,2 | 124 |
| 72,81K | -35 | 7618 | 5 | 1310 | 45 | 321,2 | 85 | 102,5 | 125 |
| 68,30K | -34 | 7252 | 6 | 1260 | 46 | 311,3 | 86 | 99,9 | 126 |
| 64,09K | -33 | 6905 | 7 | 1212 | 47 | 301,7 | 87 | 97,3 | 127 |
| 60,17K | -32 | 6576 | 8 | 1167 | 48 | 292,4 | 88 | 94,9 | 128 |
| 56,51K | -31 | 6265 | 9 | 1123 | 49 | 283,5 | 89 | 92,5 | 129 |
| 53,10K | -30 | 5971 | 10 | 1081 | 50 | 274,9 | 90 | 90,2 | 130 |
| 49,91K | -29 | 5692 | 11 | 1040 | 51 | 266,6 | 91 | 87,9 | 131 |
| 46,94K | -28 | 5427 | 12 | 1002 | 52 | 258,6 | 92 | 85,7 | 132 |
| 44,16K | -27 | 5177 | 13 | 965,0 | 53 | 250,9 | 93 | 83,6 | 133 |
| 41,56K | -26 | 4939 | 14 | 929,6 | 54 | 243,4 | 94 | 81,6 | 134 |
| 39,13K | -25 | 4714 | 15 | 895,8 | 55 | 236,2 | 95 | 79,6 | 135 |
| 36,86K | -24 | 4500 | 16 | 863,3 | 56 | 229,3 | 96 | 77,6 | 136 |
| 34,73K | -23 | 4297 | 17 | 832,2 | 57 | 222,6 | 97 | 75,8 | 137 |
| 32,74K | -22 | 4105 | 18 | 802,3 | 58 | 216,1 | 98 | 73,9 | 138 |
| 30,87K | -21 | 3922 | 19 | 773,7 | 59 | 209,8 | 99 | 72,2 | 139 |
| 29,13K | -20 | 3748 | 20 | 746,3 | 60 | 203,8 | 100 | 70,4 | 140 |
| 27,49K | -19 | 3583 | 21 | 719,9 | 61 | 197,9 | 101 | 68,8 | 141 |
| 25,95K | -18 | 3426 | 22 | 694,7 | 62 | 192,2 | 102 | 67,1 | 142 |
| 24,51K | -17 | 3277 | 23 | 670,4 | 63 | 186,8 | 103 | 65,5 | 143 |
| 23,16K | -16 | 3135 | 24 | 647,1 | 64 | 181,5 | 104 | 64,0 | 144 |
| 21,89K | -15 | **3000** | **25** | 624,7 | 65 | 176,4 | 105 | 62,5 | 145 |
| 20,70K | -14 | 2872 | 26 | 603,3 | 66 | 171,4 | 106 | 61,1 | 146 |
| 19,58K | -13 | 2750 | 27 | 582,6 | 67 | 166,7 | 107 | 59,6 | 147 |
| 18,52K | -12 | 2633 | 28 | 562,8 | 68 | 162,0 | 108 | 58,3 | 148 |
| 17,53K | -11 | 2523 | 29 | 543,7 | 69 | 157,6 | 109 | 56,8 | 149 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 55,6 | 150 |

Таблица Б-1. Сопротивление термистора в зависимости от температуры