

# **ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

## **СТРУННЫЙ ДАТЧИК СМЕЩЕНИЯ (ТРЕЩИНОМЕР)**

**SungJin Geotec**

**SJ-3000**

**SJ-3010**

**SJ-3015**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ .....	2
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	3
1. ВВЕДЕНИЕ .....	3
2. ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА.....	4
Назначение .....	4
Технические характеристики.....	4
3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСТРОЙСТВА.....	6
Принцип работы .....	6
Монтаж в рабочее положение.....	6
Снятие показаний.....	8
Обработка данных.....	9
4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ .....	13
5. ХРАНЕНИЕ .....	13
6. НЕИСПРАВНОСТИ .....	13
7. УТИЛИЗАЦИЯ.....	13

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

*Даталоггер* – прибор для автоматической записи на носитель информации данных, поступающих с датчиков или других технических средств.

*Струнный датчик* – измерительный преобразователь давления в электрический сигнал (частоту). Чувствительный элемент струнного датчика – натянутая металлическая струна. Действие основано на зависимости собственно частоты колебаний струны от силы ее натяжения.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Данное Руководство по Эксплуатации распространяется на струнный датчик смещения (трещиномер) SJ-3000, SJ-3010, SJ-3015.

Руководство содержит описание датчика, принцип его работы, технические характеристики и прочие сведения, необходимые для правильного монтажа и эксплуатации.

### ВАЖНО

Струнный датчик смещения является измерительным устройством чувствительным к внешним воздействиям и требует бережного обращения. Избегайте любых повреждений внешних поверхностей датчика.

Извлечение датчика из упаковки и снятие транспортировочных элементов рекомендуется производить непосредственно перед установкой датчика в рабочее положение.

Не допускается поднимать датчик, удерживая за сигнальный кабель.

Не допускается поворот штока датчика вокруг оси более, чем на 180°. Такой поворот может привести к необратимому повреждению устройства.

Ни при каких обстоятельствах не допускается вытягивание штока датчика сверх рабочего диапазона.

Датчик смещения не является источником опасных воздействий. Однако, при монтаже датчиков необходимо соблюдать все регламенты и правила техники безопасности, принятые эксплуатирующей или монтажной организацией.

Монтаж и эксплуатация датчиков смещения должны производиться персоналом, обладающим достаточной квалификацией и ознакомленным с настоящим Руководством, документацией от поставщика датчиков, а также правилами техники безопасности.

## 2. ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА

### Назначение

Струнный датчик смещения предназначен для измерения увеличения размеров трещин в конструкциях при проведении строительных работ в соседних зданиях или на прилегающих территориях, а также проверки изменения состояния трещин в конструкциях, вызванных землетрясениями.

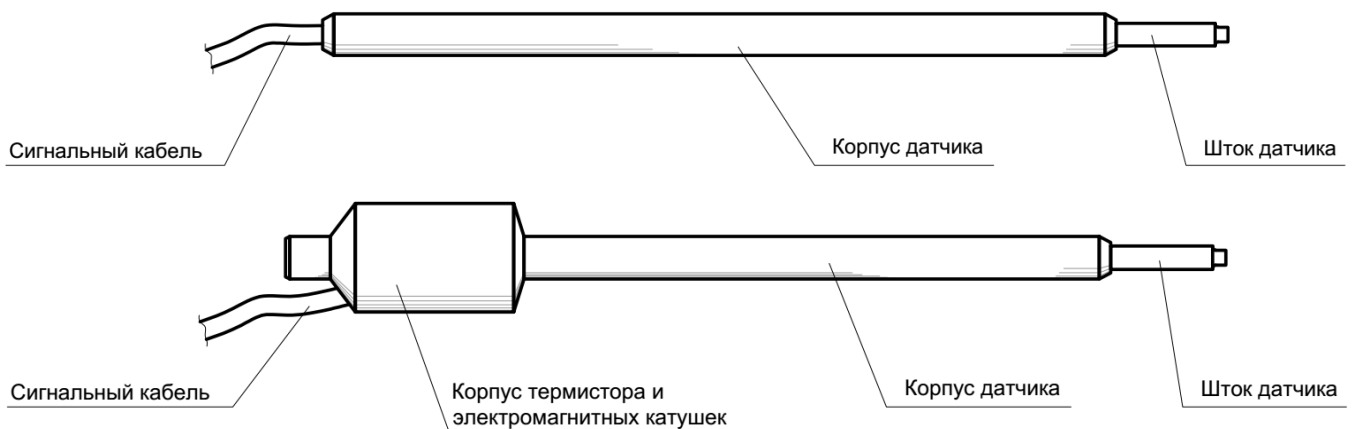


Рис. 2.1. Общий вид струнных датчиков смещения SJ-3000, SJ-3010, SJ-3015

### Технические характеристики

Технические характеристики модификаций струнного датчика смещения SJ-3000, SJ-3010, SJ-3015 приведены в Табл. 2.1.

Таблица 2.1.

Модель датчика	SJ-3000	SJ-3010	SJ-3015
Диапазон измерений	0 – 50 мм	0 – 100 мм	0 – 150 мм
Чувствительность	0,025% полного диапазона измерений		
Погрешность	0,5% полного диапазона измерений		
Коэффициент теплового расширения	11 * 10 <sup>-6</sup> , 1/°C		
Рабочая температура	-20 ... +50 °C		
Датчик температуры	Термистор NTC (3KD-ATF)		
Диапазон измерений датчика температуры	-40 ... +80 °C		
Погрешность измерения температуры	±1°C		
Водонепроницаемость	Глубина погружения до 10м		
Материал основных частей изделия	Легированная сталь, эпоксидный компаунд высокой плотности		
Масса	0,51кг		
Сигнальный кабель	Ø6,4мм, 0,235мм <sup>2</sup> X 4C экранированный кабель, ПВХ изоляция		

### 3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСТРОЙСТВА

#### Принцип работы

Струнный датчик смещения состоит из измерительного элемента и фиксируемой части. Две стороны датчика закрепляются по обоим сторонам трещины. Изменение размеров трещины приводит к относительному смещению закрепленных сторон фиксируемой части датчика и изменению силы натяжения струны в измерительном элементе. От силы натяжения струны зависит частота собственных колебаний струны при возбуждении электромагнитной катушкой. Частота колебаний определяется измерительной электромагнитной катушкой. Именно частота собственных колебаний поступает на внешнее устройство в качестве результата измерений и последующего преобразования. Встроенный термистор позволяет вводить поправку на тепловое расширение материалов.

#### Монтаж в рабочее положение

Шток датчика смещения зафиксирован транспортировочными элементами: полимерным штифтом с лентой или ПВХ-рукавом (либо другими устройствами в зависимости от модификации датчика), удерживающими шток в середине его рабочего хода. Этим обеспечивается постоянное натяжение струны и защита измерительного элемента. Датчики смещения поставляются в индивидуальной упаковке для защиты от механических повреждений.

Извлечение датчика из упаковки и снятие транспортировочных элементов рекомендуется производить непосредственно перед установкой датчика в рабочее положение.

Не допускается поворот штока датчика вокруг оси более, чем на 180°. Такой поворот может привести к необратимому повреждению устройства.

Ни при каких обстоятельства не допускается вытягивание штока датчика сверх рабочего диапазона.

Перед установкой датчиков в рабочее положение необходимо произвести проверку работоспособности, в том числе работу термистора. Подключите считывающее устройство и снимите показания. Показания должны быть стабильными при нахождении датчика в покое.

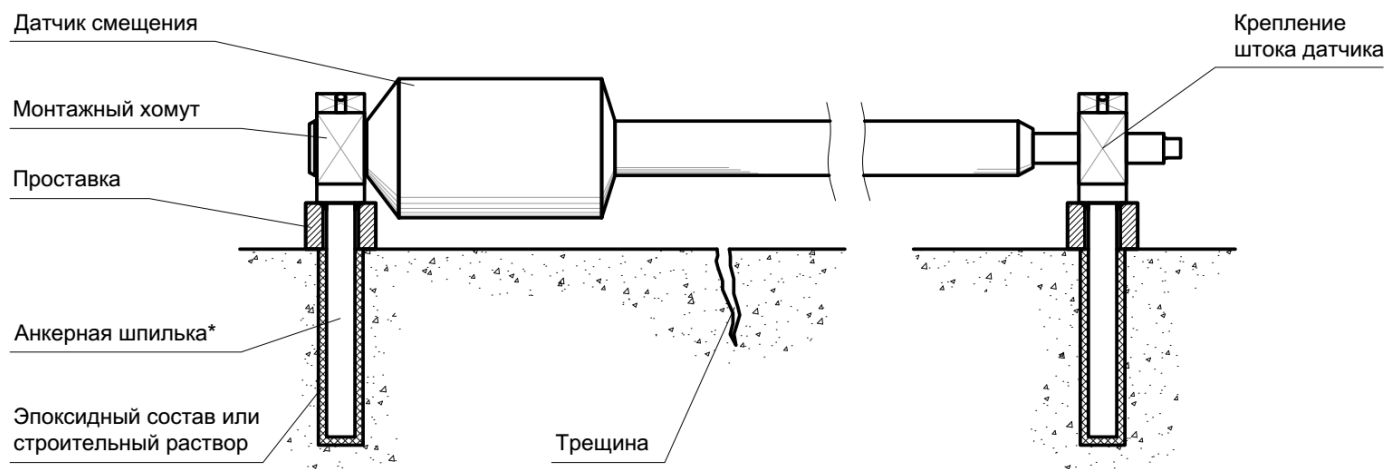
Целостность электрической цепи датчика может быть так же проверена омметром. Сопротивление чувствительного элемента (красный и черный провод) должно быть  $180 \pm 10$  Ом. При снятии показаний необходимо учесть сопротивление кабеля (сопротивление стандартного кабеля 22 AWG - 48,5 Ом/км, с коэффициентом 2 для прямого и обратного направления). Сопротивление термистора (зеленый и белый провод) должно быть примерно 3000 Ом при 25°C. Сопротивление между любым контактом и экраном должно быть больше 2 МОм.

Датчик смещения крепится на строительной конструкции при помощи монтажных хомутов. Три основных варианта установки монтажных хомутов на конструкции:

- Приваривание установочных хомутов к стальным конструкциям;
- Установка на бетонную поверхности при помощи химических анкеров;
- Установка на бетонную поверхность при помощи распорных анкеров.

#### **Исходные показания датчиков смещения**

Необходимо произвести снятие исходных показаний датчиков и температуру. Показания датчика при нулевой нагрузке и температура будут в последующем использоваться для введения поправок в показания датчика при эксплуатации.



\* Монтажный хомут приваривается (или жестко крепится иным образом) к анкерной шпильке

Рис. 3.1. Пример установки датчика смещения при помощи химических анкеров.

#### Установка на бетонную поверхность с использованием химических анкеров

Схема установки показана на Рис. 3.1.

- Перед установкой датчика разметить поверхность, указав точки установки анкеров.
- В области точек установки подготовить соответствующим образом бетонную поверхность.
- Изготовить отверстия диаметром 13мм ударной дрелью или другим подходящим инструментом.
- Очистить отверстия и нанести эпоксидный состав из комплекта химического анкера.
- Установить анкера в отверстия.
- После застывания эпоксидного состава установить датчик и затянуть хомуты.
- Провести пробное считывание данных аналогично проверке работоспособности датчика, проводимой до начала установки.
- Для защиты от механических повреждений при необходимости изготовить и установить укрывающие конструкции. Укрывающая конструкция может представлять собой корытообразный профиль или стальную полосу с приданием ей аналогичной формы, закрепленную на поверхности анкерными болтами.

#### Установка на бетонную поверхность с использованием распорных анкеров

Установка с помощью распорных анкеров производится аналогично установке с помощью химических анкеров, но изготовленные в бетонной конструкции отверстия своими размерами должны соответствовать применяемым анкерам.

#### Установка датчика на стальных конструкциях

- На поверхности конструкции разметить точки установки датчика.
- В размеченных областях приварить закладные детали.
- Прихватить установочные хомуты сваркой к закладным деталям.
- Установить датчик и затянуть хомуты.
- Провести пробное считывание данных аналогично проверке работоспособности датчика, проводимой до начала установки.
- Для защиты от механических повреждений при необходимости изготовить и установить укрывающие конструкции. Укрывающая конструкция может представлять собой корытообразный профиль или

стальную полосу с приданием ей аналогичной формы, приваренную прерывистым швом к стальной конструкции.

#### ***Прокладка сигнального кабеля***

Сигнальный кабель должен быть проложен таким образом, чтобы уменьшить вероятность его повреждения движущимся оборудованием, различными осколками, обломками или по другим причинам.

Сигнальный кабель может наращиваться, не оказывая при этом влияния на показания датчика. Место наращивания должно быть обязательно защищено от попадания воды, желательно с помощью наборов на основе эпоксидных составов, например, 3M Scotchcast™.

#### ***Электрические наводки***

При прокладке сигнального кабеля необходимо избегать приближения к источникам электрических наводок: линий электроснабжения, генераторов, электродвигателей, трансформаторов, постов электродуговой сварки и подобных объектов. Кабель не может быть проложен совместно с линиями переменного тока. Частота 50Гц в линии переменного тока будет оказывать влияние на стабильность показаний датчика смещения.

Прокладка вблизи источников электрических наводок требует применения оборудования фильтрации помех.

#### ***Защита от разрядов молнии***

Струнный датчик смещения не имеет встроенной защиты от молнии. Тем не менее, если сигнальный кабель проложен вне помещения, при разрядах молнии датчик может быть поврежден.

Если датчик подключается к клеммной коробке или мультиплексору, устройства защиты могут быть установлены в одном шкафу с этим оборудованием.

Устройства защиты (разрядники) могут быть установлены на сигнальном кабеле в непосредственной близости от датчика. При этом устройства защиты должны быть надежно подключены к заземляющим конструкциям.

## **Снятие показаний**

#### ***Работа с устройством снятия показаний***

Устройство снятия показаний предназначено для приема сигнала с показаниями датчика, применения коэффициентов калибровки к параметрам, получаемым от измерительных элементов датчика и отображения на экране устройства считывания результатов измерения в интересующих единицах, а также для сохранения полученных данных.

Подключение устройства считывания данных производится к свободным концам сигнального кабеля датчика или при помощи клеммной платы с разъемами в соответствии с Табл. 3.1.



Таблица 3.1.

Устройство	Цвет провода
Струнный измерительный элемент	Красный
Струнный измерительный элемент	Черный
Термистор	Белый
Термистор	Зеленый
Экран	-

### **Измерение температуры**

Каждый датчик смещения оборудован термистором для введения поправки на температурное расширение материалов. Сопротивление термистора изменяется в зависимости от температуры окружающей среды. Изменение сопротивления достаточно велико, и сопротивлением сигнального кабеля (даже при его достаточно большой длине) можно пренебречь.

При отсутствии у устройства считывания функции отображения температуры потребуется омметр, который необходимо подключить к белому и зеленому выводам сигнального кабеля. Перевод измеренного сопротивления в значение температуры производится в соответствии с Табл. 3.3. Введение поправки на температуру описано в разделе "Обработка данных".

## Обработка данных

### **Определение величины смещения**

В случае, если датчик смещения не используется в составе измерительной системы с даталоггером, возможно проведение отдельных измерений. Для этого необходимо снять показания датчика с помощью устройства считывания.

В качестве устройства считывания может применяться анализатор VWANALYZER производства Campbell Scientific. Устройство позволяет вводить и запоминает калибровочные коэффициенты для множества датчиков, и при измерениях применяет к каждому датчику свой коэффициент.

При этом, если устройство считывания не применяет коэффициент калибровки, величина смещения определяется по формуле (1):

$$L = (F_2^2 - F_1^2) * G, \quad (1)$$

где:  $L$  – смещение, мм,

$F_1$  – первоначальные показания датчика, Гц,

$F_2$  – текущие показания датчика, Гц,

$G$  – коэффициент калибровки, указанный в калибровочном листе для каждого датчика.

## ВАЖНО

Обращайте внимание на соответствие единиц измерения величин и коэффициента калибровки, указанного в калибровочном листе, в том числе при занесении калибровочного коэффициента в память устройства считывания. Несоответствие единиц измерения приведет к неверной записи показаний.

### **Полиномиальная формула определения величины смещения**

Свойства чувствительного элемента могут быть приняты линейными с высокой точностью. Однако, точность калибровочных устройств выше, и для достижения максимальной доступной точности при измерениях необходимо учитывать нелинейность процесса. Величина смещения в таком случае определяется по полиномиальной формуле (2):

$$L = A * F_2^2 + B * F_2 + C, \quad (2)$$

где:  $L$  – смещение, мм,

$F_2$  – текущие показания датчика, Гц,

$A, B$  – полиномиальные коэффициенты, указанные в калибровочном листе для каждого датчика,

$C$  – полиномиальный коэффициент, вычисляемый по формуле (3) при известных исходных (нулевых) показаниях датчика, полученных после установки в рабочее положение.

$$C = - (A * F_1^2 + B * F_1), \quad (3)$$

где:  $C$  – полиномиальный коэффициент, вычисляемый при известных исходных (нулевых) показаниях датчика,

$F_1$  – исходные (нулевые) показания датчика, Гц,

$A, B$  – полиномиальные коэффициенты, указанные в калибровочном листе для каждого датчика,

### **Введение поправки на температуру**

При введении поправки на температуру смещение рассчитывается по формуле (4), с введением поправочного слагаемого:

$$L_{t.c.} = (F_2^2 - F_1^2) * G + (T_2 - T_1) * K, \quad (4)$$

где:  $L_{t.c.}$  – смещение в миллиметрах,

$F_1, F_2$  – первоначальные и текущие показания датчика,

$G$  – коэффициент калибровки, указанный в калибровочном листе для каждого датчика,

$T_1, T_2$  – первоначальное и текущее значение температуры,

$K$  – тепловой коэффициент, рассчитываемый по формуле (5).

Практика показывает, что значение коэффициента  $K$  зависит от положения штока. Таким образом текущее значение  $K$  определяется по формуле:

$$K = ((F_2 * M) + B) * G, \quad (5)$$

где:  $F_2$  – текущие показания датчика смещения,

$M$  – множитель из Табл. 3.2.

**B** – постоянное значение из Табл. 3.2.

**G** – коэффициент калибровки, указанный в калибровочном листе для каждого датчика.

Таблица 3.2.

Модель струнного датчика смещения	SJ-3000	SJ-3010	SJ-3015
M	0,000376	0,000398	0,000384
B	0,328	0,0864	-0,3482

При отсутствии автоматического введения поправки у устройства считывания, сопротивление встроенного термистора может быть измерено омметром, а значение температуры может быть определено в зависимости от сопротивления термистора по формуле (6) или по Табл. 3.3.

$$T = (A + B * \ln R + C * (\ln R)^3)^{-1} - 273.2 \quad (6)$$

где: **T** – температура, °C,

**R** – сопротивление термистора, измеренное омметром, Ом,

**lnR** – натуральный логарифм сопротивления,

**A** – константа,  $1,4051 \cdot 10^{-3}$

**B** – константа,  $2,369 \cdot 10^{-4}$

**C** – константа,  $1,019 \cdot 10^{-7}$

Таблица 3.3.

Сопр., Ом	Темп., °C	Сопр., Ом	Темп., °C	Сопр., Ом	Темп., °C	Сопр., Ом	Темп., °C	Сопр., Ом	Темп., °C
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	14.60K	-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
71.81K	-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

Сопр., Ом	Темп., °С	Сопр., Ом	Темп., °С	Сопр., Ом	Темп., °С	Сопр., Ом	Темп., °С	Сопр., Ом	Темп., °С
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

#### **Факторы окружающей среды и условия работы**

Так как назначение датчика смещения – контроль изменения состояния конструкции при определенных окружающих условиях, необходимо вести тщательное наблюдение за изменением окружающих условий, а также производить запись этих изменений. Даже незначительные изменения могут оказывать существенное влияние на состояние строительной конструкции, а их своевременное обнаружение поможет избежать проблем в будущем. К таким факторам могут относиться: взрывные работы, строительные работы, функционирование соседних установок, интенсивность движения транспорта, дожди, изменение уровня воды, изменение температуры и атмосферного давления, сезонные изменения, смена обслуживающего персонала, а также множество других факторов, связанных со спецификой строительной конструкции.

## 4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

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

Не допускается вскрытие корпуса датчика. В случае неисправности ремонт может быть произведен только организацией-изготовителем либо специализированными организациями, сертифицированными организацией-изготовителем.

## 5. ХРАНЕНИЕ

Струнные датчики смещения должны храниться в индивидуальной упаковке в закрытом вентилируемом помещении при температуре -30 ... +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.

## 6. НЕИСПРАВНОСТИ

Неисправность: Нестабильные показания датчика.

Возможные причины:

- Неправильное подключение устройства считывания. При использовании даталоггера может быть некорректно установлена частота очистки данных.
- Шток датчика находится вне диапазона измерений (чрезмерно вытянут или втянут).
- Наличие источника электрических наводок поблизости.

Неисправность: невозможно считать показания датчика.

Возможные причины:

- Повреждение сигнального кабеля. Наличие повреждения сигнального кабеля может быть проверено при помощи омметра. Необходимо проверить сопротивление по методике проверки датчика перед установкой в рабочее положение. Если измеренное сопротивление бесконечно или достаточно велико (более 1 МОм), причина - разрыв кабеля. Если измеренное сопротивление слишком мало (менее 100 Ом), причина – короткое замыкание. Сигнальный кабель может быть восстановлен с помощью наборов на основе эпоксидных составов 3M Scotchcast™ или аналогичного.
- Устройство считывания или даталоггер может быть подключено к другому датчику.
- Неисправность устройства считывания или даталоггера.

## 7. УТИЛИЗАЦИЯ

Утилизацию струнного датчика смещения производит потребитель.