

10101-M-6-25.12.2012

## Накладной струнный тензومتر

### Спрут 1.01.01

#### Руководство по эксплуатации

Редакция 6

## Аннотация

Настоящий документ является руководством по эксплуатации (далее — РЭ) накладного струнного тензометра Спрут 1.01.01, входящего в автоматизированную систему мониторинга конструкций (АСМК) «СИТИС: Спрут».

Руководство содержит описание датчика, принцип его работы, технические данные и другие сведения, необходимые для обеспечения правильной установки и эксплуатации.

## Авторское право

© ООО «СИТИС», 2011-2012 гг.

ООО «СИТИС» предоставляет право бесплатных печати, копирования, тиражирования и распространения этого документа в сети Интернет и локальных и корпоративных сетях обмена электронной информацией. Не допускается взимание платы за предоставление доступа к этому документу, за его копирование и печать. Не разрешается публикация этого документа любым другим способом без письменного согласия ООО «СИТИС».

## Оглавление

Аннотация .....	2
Авторское право.....	2
1. Описание датчика .....	4
1.1. Назначение датчика .....	4
1.2. Технические характеристики датчика .....	5
1.3. Комплектация датчика .....	6
1.4. Дополнительное оборудование и аксессуары .....	6
1.5. Принцип работы датчика .....	7
1.6. Калибровка датчика .....	9
1.7. Маркировка датчика .....	9
1.8. Модификации датчика .....	10
2. Установка датчика .....	11
2.1. Проверка работоспособности датчика перед установкой .....	11
2.2. Основные правила установки датчика .....	11
2.3. Разборка и сборка датчика .....	12
2.4. Установка датчика, закрепляемого сваркой .....	13
2.5. Установка датчика с помощью анкерных креплений .....	15
2.6. Укладка и защита сигнального кабеля .....	19
3. Сбор показаний датчика .....	20
3.1. Считывающие устройства .....	20
3.2. Программный комплекс «СИТИС: Скат» .....	20
3.3. Визуализация показаний с помощью приложений «Скат Лайт», «Скат» и «Скат Про» .....	20
4. Работа с показаниями датчика .....	22
4.1. Вычисление относительной деформации конструкции по отношению к исходному состоянию. Нулевое показание .....	22
4.2. Вычисление относительной деформации конструкции с учетом температурных эффектов .....	22
4.3. Пример расчета деформации с учетом температурных эффектов .....	23
5. Техническое обслуживание датчика .....	25
5.1. Эксплуатация .....	25
5.2. Гарантия .....	25
5.3. Хранение .....	25
5.4. Транспортирование .....	25
5.5. Утилизация .....	25
6. Термины и определения .....	26
7. Примеры установки и подключения .....	27
7.1. Назначение выводов датчика .....	27
7.2. Установка датчика, подключение к даталоггеру Игла #2.01.01 .....	28
8. Приложение 1. Применение АСМК «СИТИС: Спрут» .....	29
9. Приложение 2. Структурная схема сети АСМК «СИТИС: Спрут» .....	31

## 1. Описание датчика


### 1.1. Назначение датчика


- 1.1.1. Накладной струнный тензометр Спрут 1.01.01 (далее — тензометр) разработан для измерения деформации стальных, железобетонных, каменных или деревянных конструкций.
- 1.1.2. Применение накладного тензометра:
- 1.1.3. – длительный мониторинг и измерение деформации и напряжения в сваях, подпорных стенках, распорках, балках, колоннах, двутаврах объектов различного функционального назначения (зданий, туннелей, мостов, плотин, насыпей);
- 1.1.4. – диагностический контроль состояния конструкций зданий и сооружений при их строительстве и эксплуатации.
- 1.1.5. Тензометр закрепляется на поверхности объекта с помощью сварки или анкеров.
- 1.1.6. Показаниями тензометра являются:
- 1.1.7. – частота колебания струны датчика, Гц;
- 1.1.8. – температура окружающей среды датчика, °С.
- 1.1.9. С помощью специализированного программного обеспечения «СИТИС: Скат», входящего в АСМК «СИТИС: Спрут», показания тензометра преобразуются в показание относительной деформации  $\epsilon$  конструкции в микрострейнах.




1.1.10.

1.1.11. Ключевые особенности тензометра:

1.1.12.  — интерфейс датчиков, имеющих струнный выход. Частота на выходе датчика изменяется пропорционально измеряемой величине.

1.1.13.  — электронная метка SDT. Используется для идентификации и хранения информации об устройстве. В электронной метке устройства содержится тип, серийный номер и калибровочные данные, записываемые при его производстве. Метка построена на основе энергонезависимой памяти с возможностью многократной перезаписи данных, исключение составляет область памяти, содержащая UID, данная область доступна только для чтения. Метками SDT маркируются все датчики и даталоггеры АСМК «СИТИС: Спрут». Суммарный объем метки составляет 40 байт.

1.1.14.  — знак утверждения типа.

## 1.2. Технические характеристики датчика

1.2.1.	Наименование	Ед. изм.	Значение
1.2.2.	Тип датчика		струнный накладной тензометр
1.2.3.	Диапазон измерений	микрострейн	0 – 4 000
1.2.4.	Точность	микрострейн	±15
1.2.5.	Чувствительность	микрострейн	1
1.2.6.	Диапазон измерений (абсолютная деформация)	мкм	0 – 600
1.2.7.	Точность (абсолютная деформация)	мкм	±2,25
1.2.8.	Чувствительность (абсолютная деформация)	мкм	0,15
1.2.9.	Диапазон измерений для стали С245	МПа	0 – 840
1.2.10.	Точность для стали С245	МПа	±3,15
1.2.11.	Чувствительность для стали С245	МПа	0,2
1.2.12.	Диапазон измерений цифрового термометра	°С	-40 – +85
1.2.13.	Точность цифрового термометра	°С	±2
1.2.14.	Чувствительность цифрового термометра	°С	0,1
1.2.15.	Выходной сигнал	Гц	частотный 400 – 1 200
1.2.16.	Минимальное время опроса	с	1
1.2.17.	Энергопотребление за цикл опроса	Вт	0,02
1.2.18.	Сопротивление катушки при 25 °С	Ом	140 – 160
1.2.19.	Материал корпуса		нержавеющая сталь
1.2.20.	Степень защиты от внешних воздействий по ГОСТ 1.04254		IP67
1.2.21.	Габаритные размеры	мм	Ø36×165
1.2.22.	Активная длина датчика	мм	149
1.2.23.	Максимальная длина сигнального кабеля	м	60
1.2.24.	Условия эксплуатации: – температура окружающего воздуха – относительная влажность воздуха при 25 °С, не более	°С %	-30 – +80 80
1.2.25.	Средний срок службы	год	25
1.2.26.	Гарантийный срок	год	3

### 1.3. Комплектация датчика

- 1.3.1. Тензомер поставляется в следующей комплектации:
- 1.3.2. – тензомер в индивидуальной полиэтиленовой упаковке – 1 шт.;
- 1.3.3. – концевые блоки для монтажа – 2 шт.;
- 1.3.4. – маркировочные таблички – 3 шт.;
- 1.3.5. – пластиковые стяжки – 5 шт.



1.3.6.

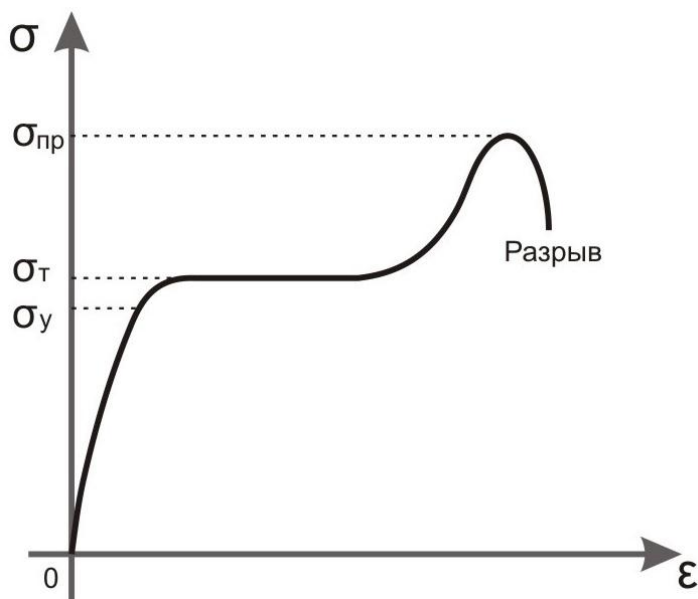
### 1.4. Дополнительное оборудование и аксессуары

- 1.4.1. При работе с тензомером можно использовать следующее оборудование:
- 1.4.2. – #2.01.01 даталоггер «Игла» для считывания показаний со струнных датчиков;
- 1.4.3. – #4.13.03 удлинитель сигнального кабеля струнных датчиков;
- 1.4.4. – #4.14.01 коммутационная коробка с монтажной панелью;
- 1.4.5. – #8.12.01 установочный шаблон датчика для установки тензометра, закрепляемого сваркой;
- 1.4.6. – #7 программный комплекс «СИТИС: Скат».

## 1.5. Принцип работы датчика

1.5.1. При нагрузке на конструкцию в ней возникает напряжение, которое вызывает деформацию, то есть изменение ее линейных размеров. При сжимающем напряжении конструкция сокращается, а при растягивающем напряжении — вытягивается.

1.5.2. В области упругой деформации изменение линейных размеров конструкции всегда строго пропорционально применяемой нагрузке. При переходе в область пластичной деформации увеличение нагрузки вызывает постоянную деформацию конструкции.



1.5.3. Диаграмма деформации конструкции, где

$\sigma_y$  — предел упругости;

$\sigma_T$  — предел текучести;

$\sigma_{пр}$  — предел прочности.

1.5.4. Отношение изменения размера конструкции  $\Delta L$  вследствие приложенной нагрузки к ее первоначальному размеру  $L$  называется относительной линейной деформацией  $\varepsilon$ :

1.5.5. 
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}.$$

1.5.6. Согласно закону Гука, напряжение  $\sigma$ , возникающее в области упругой деформации, связано с относительной линейной деформацией  $\varepsilon$  прямой пропорциональной зависимостью:

1.5.7. 
$$\sigma = E\varepsilon,$$

1.5.8. где  $E$  — модуль Юнга, коэффициент, характеризующий сопротивление материала растяжению/сжатию при упругой деформации.

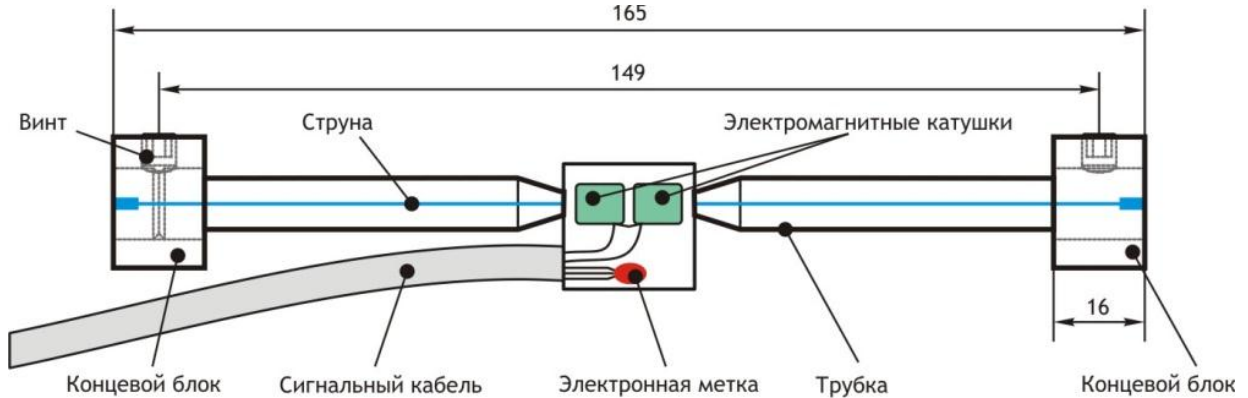
1.5.9. Измерение деформации конструкции выполняется с помощью тензометра.

1.5.10. В основу работы струнного тензометра положен принцип зависимости частоты колебаний струны от степени её натяжения. При деформации конструкции, на которой установлен датчик, изменяется натяжение струны. Натяжение струны прямо пропорционально деформации.

1.5.11. Корпус струнного тензометра состоит из металлической трубки, в ее полость помещена высокопрочная стальная струна. Струна натянута между двумя концевыми блоками, которые предназначены для передачи нагрузок с наблюдаемой конструкции (блоки привариваются или прикрепляются к конструкции). Посередине корпуса датчика установлена электромагнитная катушка для возбуждения колебаний струны и считывания их частоты. К электромагнитной катушке подключен сигнальный кабель, соединяющий тензометр со считывающим устройством, по которому передаются данные с датчика.

1.5.12. **Примечание.** Тензомер #1.01.01 оснащен электронной меткой, которая позволяет в любой момент времени однозначно его идентифицировать. Электронная метка содержит уникальный цифровой идентификатор датчика (УИД), серийный номер, калибровочный коэффициент, а также свободную память, где могут быть сохранены нулевые показания или географические координаты установленного датчика. Для расчета компенсации эффектов теплового расширения (см. п. 4.2) в датчик встроен цифровой термометр, позволяющий измерять температуру окружающей среды.

1.5.13. Схема строения струнного накладного тензомера #1.01.01:



1.5.14.

1.5.15. Чтобы определить деформацию конструкции, достаточно знать натяжение струны тензомера  $\sigma$ , которое связано с частотой ее колебаний  $F$  следующим соотношением:

$$1.5.16. \quad F = \frac{1}{2L_w} \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}},$$

1.5.17. где  $F$  — частота колебаний струны тензомера, Гц;

1.5.18.  $L_w$  — длина струны тензомера, м;

1.5.19.  $\sigma$  — натяжение струны тензомера, Н/м<sup>2</sup>;

1.5.20.  $\rho$  — плотность материала струны, кг/м<sup>3</sup>.

1.5.21. Натяжение струны  $\sigma$  и ее относительная линейная деформация  $\varepsilon_w$  связаны соотношением 1.5.7; следовательно, выражение 1.5.16 принимает вид:

$$1.5.22. \quad F = \frac{1}{2L_w} \sqrt{\frac{E\varepsilon_w}{\rho}}, \text{ где } E \text{ — модуль Юнга для струны тензомера, Па,}$$

1.5.23. откуда относительная деформация струны  $\varepsilon_w$  вычисляется по формуле:

$$1.5.24. \quad \varepsilon_w = \frac{4L_w^2}{E} \rho F^2.$$

1.5.25. С одной стороны, датчик жестко закреплен на поверхности наблюдаемой конструкции, поэтому ее абсолютная линейная деформация равна абсолютному изменению расстояния между концевыми блоками тензомера. С другой стороны, струна датчика жестко закреплена между концевыми блоками, поэтому абсолютное изменение расстояния между ними равно абсолютному изменению струны. Значит, абсолютная линейная деформация конструкции  $\Delta L$  и абсолютное изменение длины струны  $\Delta L_w$  равны друг другу:

$$1.5.26. \quad \Delta L = \Delta L_w,$$

$$1.5.27. \quad \varepsilon L = \varepsilon_w L_w,$$

1.5.28. где  $\varepsilon$  — относительная деформация конструкции;

1.5.29.  $L$  — первоначальное расстояние между концевыми блоками датчика.

1.5.30. Из формулы 1.5.27 следует:



1.5.31.  $\varepsilon = \varepsilon_w \frac{L_w}{L};$

1.5.32. а, учитывая соотношение 1.5.24:

1.5.33.  $\varepsilon = \frac{4\rho L_w^3}{EL} F^2 = G^* F^2,$

1.5.34. где  $G^* = \frac{4\rho L_w^3}{EL}.$

1.5.35. Таким образом, относительная линейная деформация конструкции  $\varepsilon$  определяется частотой колебаний струны тензометра  $F$ .

1.5.36. Для накладного струнного тензометра #1.01.01 коэффициент  $G$  определяется следующим образом:

1.5.37.  $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3;$

1.5.38.  $E = 210 \text{ ГПа};$

1.5.39.  $L_w = 0,165 \text{ м};$

1.5.40.  $L = 0,149 \text{ м};$

1.5.41.  $G^* = \frac{4\rho L_w^3}{EL} = \frac{4 \cdot 7800 \cdot 0,165^3}{210 \cdot 10^9 \cdot 0,149} = 4,479 \cdot 10^{-9} \text{ с}^2.$

## 1.6. Калибровка датчика

1.6.1. Так как при производстве датчиков существуют погрешности значений параметров материала, длины проволоки и т.п., для реальных измерений используется формула

1.6.2.  $\varepsilon = K G^* F^2$

1.6.3. где  $K$  — калибровочный параметр датчика, учитывающий вариации струнного блока, электромагнитной катушки и т.п.;

1.6.4. или, в единицах деформации микрострейн ( $10^{-6}$ ):

1.6.5.  $\mu\varepsilon = K G F^2 10^{-3},$

1.6.6. где  $G = 4,479 \text{ с}^2.$

1.6.7. Измеренная тензомером частота колебаний струны преобразуется в относительную линейную деформацию конструкции. Преобразование выполняется либо автоматически программным обеспечением «СИТИС: Скат», входящим в АСМК «СИТИС: Спрут», либо вручную пользователем. Подробнее о расчете деформации и вычислении поправок см. п. 4 «Работа с показаниями датчика».

1.6.8. Калибровочный коэффициент  $K$  и коэффициент  $G$  записаны в электронную метку каждого накладного струнного тензометра #1.01.01 и приведены в его калибровочном сертификате.

## 1.7. Маркировка датчика

1.7.1. На корпус тензометра и сигнальный кабель прикреплены маркировочные таблички со следующей информацией: тип датчика, его серийный номер, штрихкодированная маркировка.

1.7.2. Накладной струнный тензомер имеет артикул #1.01.01.С.мммм согласно принятому способу маркировки всех устройств АСМК «СИТИС: Спрут»: Г.ТТ.КК.С.мммм,

1.7.3. где Г — группа изделия («1» — датчик);

1.7.4. ТТ — тип изделия («01» — струнный тензомер);

1.7.5. КК — код изделия («01» — накладной);

1.7.6. С — серийность изделия (0 — стандартная комплектация, 1 — изменение стандартной комплектации, 2 — доработка стандартного изделия, 3 — сборка по заказанной спецификации, 4 — индивидуальная разработка);

1.7.7. мммм — модификация изделия (определяет тип разъема, длину кабеля).



1.7.8. Примеры маркировки.

1.7.9.	Артикул	Описание
1.7.10.	1.01.01.0.00001	Накладной тензомер с концевыми блоками для монтажа сваркой. Оснащен сигнальным кабелем длиной 3 м, свободный конец сигнального кабеля выполнен под винтовой зажим или пайку.
1.7.11.	1.01.01.0.00002	Накладной тензомер с концевыми блоками для монтажа сваркой. Оснащен сигнальным кабелем длиной 3 м, свободный конец сигнального кабеля имеет разъем байонетного типа FQ14.
1.7.12.	1.01.01.0.00005	Накладной тензомер. Концевые блоки с анкерным креплением. Оснащен сигнальным кабелем длиной 3 м, свободный конец сигнального кабеля выполнен под винтовой зажим или пайку.
1.7.13.	1.01.01.0.00006	Накладной тензомер. Концевые блоки с анкерным креплением. Оснащен сигнальным кабелем длиной 3 м, свободный конец сигнального кабеля имеет разъем FQ14-6 (розетка).

1.8. Модификации датчика

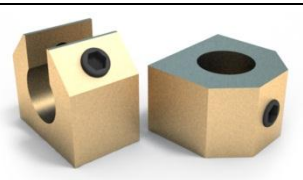
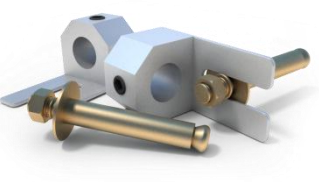
1.8.1. Предусмотрено два типа выполнения свободного конца сигнального кабеля тензометра:

- 1.8.2. – под винтовой зажим или пайку;
- 1.8.3. – байонетный разъем.

1.8.4.	Внешний вид	Описание
1.8.5.		Свободный конец сигнального кабеля, предназначенный под винтовой зажим или пайку.
1.8.6.		Свободный конец сигнального кабеля с разъемом байонетного типа FQ14. Разъем выполнен из неэжранированного металла, контакты с позолотой под пайку. Температурный диапазон от $-55^{\circ}\text{C}$ до $+100^{\circ}\text{C}$ ; класс защиты от внешних воздействий IP67. В комплект входит заглушка, обеспечивающая защиту разъема на этапе монтажа.

1.8.7. Предусмотрено два типа выполнения концевых блоков тензометра:

- 1.8.8. – для монтажа сваркой;
- 1.8.9. – для монтажа анкерами.

1.8.1.	Внешний вид	Описание
1.8.2.		Концевые блоки тензометра для монтажа сваркой.
1.8.3.		Концевой блок с анкером.

## 2. Установка датчика

### 2.1. Проверка работоспособности датчика перед установкой

- 2.1.1. Перед установкой датчика нужно проверить его работоспособность. Проверку следует проводить в окружающей среде, близкой к нормальным климатическим условиям по ГОСТ 15150.
- 2.1.2. Последовательность действий при предварительной проверке работоспособности датчика:
- 2.1.3. – проверить отсутствие на корпусе датчика, сигнальном кабеле и присоединительных контактах механических повреждений, следов окисла, ржавчины или загрязнений;
- 2.1.4. – измерить сопротивление электромагнитной катушки с помощью цифрового мультиметра между красными и черными проводами сигнального кабеля, оно должно находиться в диапазоне 130–200 Ом без учета сопротивления кабеля (для кабеля с сечением жилы 0,3 мм<sup>2</sup> / 22 AWG ориентировочное сопротивление 50 Ом/км или 100 Ом/км с учетом обоих направлений);
- 2.1.5. – переключить мультиметр в режим проверки диода. Подключить положительную клемму прибора к белому проводу сигнального кабеля, отрицательную клемму — к синему проводу, убедиться в наличии прямого падения напряжения в данной полярности (показания мультиметра должны быть в диапазоне 500–800 мВ); сменить полярность и убедиться в отсутствии прямого падения напряжения в данной полярности. Подключить положительную клемму прибора к белому проводу сигнального кабеля, отрицательную клемму — к зеленому проводу, убедиться в наличии прямого падения напряжения в данной полярности (показания мультиметра должны быть в диапазоне 500–800 мВ); сменить полярность и убедиться в отсутствии прямого падения напряжения в данной полярности;
- 2.1.6. – переключить мультиметр в режим проверки короткого замыкания и убедиться в отсутствии электрической связи между зеленым и синим проводами сигнального кабеля;
- 2.1.7. – проверить, что сопротивление между любыми проводами и оплеткой сигнального кабеля составляет не менее 10 МОм;
- 2.1.8. – подключить датчик к считывающему устройству, запустить обмен данными, убедиться в том, что происходит нормальное, без сбоев, считывание уникального цифрового идентификатора датчика. Проверить соответствие температуры, зафиксированной датчиком, температуре окружающей среды. Значение относительной деформации (для не смонтированного датчика) должно находиться в диапазоне 2 000–2 500 мк.
- 2.1.9. **Примечание.** Для просмотра данных, считанных с датчика, следует воспользоваться программным обеспечением «СИТИС: Скот» (см. п. 3 «Сбор показаний датчика»).
- 2.1.10. Если при проверке работоспособности датчика в его работе возникли сбои, то следует обратиться в службу технической поддержки ООО «СИТИС» (см. п.5.2).
- 2.1.11. **Внимание!** Тензомер является устройством чувствительным к механическим воздействиям и требует бережного обращения. Усилия, приложенные к датчику, не регламентируемые процедурой установки, могут привести к его повреждению.

### 2.2. Основные правила установки датчика

- 2.2.1. Установленный в конструкцию датчик не должен:
- 2.2.2. – оказывать влияния на нее;
- 2.2.3. – вызывать в ней дополнительные напряжения;
- 2.2.4. – препятствовать ее деформации вследствие внешних нагрузок.
- 2.2.5. При монтаже датчик должен быть сориентирован таким образом, чтобы его ось была параллельна оси, в которой будет производиться измерение деформации. Отклонение от данной ориентации приводит к существенному увеличению погрешности измерения. Если заранее нельзя предсказать, в каком направлении будет происходить деформация конструкции, рекомендуется установить два датчика ортогонально.
- 2.2.6. В течение всей процедуры установки датчика необходимо следить за целостностью сигнального кабеля, не допускать его чрезмерного изгиба и сжатия фиксирующими элементами или элементами конструкции.
- 2.2.7. Обязательно нужно следить за тем, чтобы датчик и сигнальный кабель не были повреждены в процессе установки или эксплуатации строительным или иным оборудованием.
- 2.2.8. Возможные следующие способы установки датчика:
- 2.2.9. – монтаж сваркой (горячей или холодной) (см. п. 2.4);
- 2.2.10. – крепление с помощью анкеров.

- 2.2.11. В конце процесса установки тензометра (вне зависимости от способа монтажа) необходимо отрегулировать его начальное положение, исходя из характера измеряемой деформации:
- 2.2.12. – если предполагается, что тензометр будет в основном измерять деформацию сжатия, то его нужно зафиксировать таким образом, чтобы при исходном положении конструкции показание деформации равнялось примерно 3 000 мк;
- 2.2.13. – если предполагается, что тензометр будет в основном измерять деформацию растяжения, то его нужно зафиксировать таким образом, чтобы при исходном положении конструкции показание деформации равнялось примерно 1 000 мк.
- 2.2.14. При необходимости накладной струнный тензометр всегда можно извлечь из установленных концевых блоков для замены или использования в другом месте.
- 2.2.15. **Внимание!** Чрезмерное растяжение тензометра (частота колебания струны более 1 190 Гц) приводит к разрыву струны, что делает датчик неработоспособным.
- 2.2.16. **Внимание!** При чрезмерном сжатии тензометра (частота колебания струны менее 450 Гц) показания частоты становятся недостоверными.

### 2.3. Разборка и сборка датчика

- 2.3.1. Тензометр является разборным: электромагнитная катушка удерживается на корпусе датчика специальным металлическим хомутом.
- 2.3.2. В некоторых случаях (например, при установке датчика в закрытые концевые блоки) может потребоваться разобрать датчик.
- 2.3.3. Чтобы разобрать датчик нужно выполнить следующие действия:
- 2.3.4. – ослабить винт, стягивающий хомут;
- 2.3.5. – снять хомут с электромагнитной катушки;
- 2.3.6. – аккуратно снять электромагнитную катушку с корпуса датчика.
- 2.3.7. Для сборки датчика необходимо выполнить данные действия в обратном порядке.
- 2.3.8. **Внимание!** При сборке датчиков необходимо внимательно следить за правильностью обратной установки деталей. Поскольку калибровка датчика выполняется в сборе — струна с установленной электромагнитной катушкой, а калибровочные коэффициенты записываются в электронную метку, расположенную в корпусе электромагнитной катушки, то изменение комплектации приведет к потере калибровочных данных.



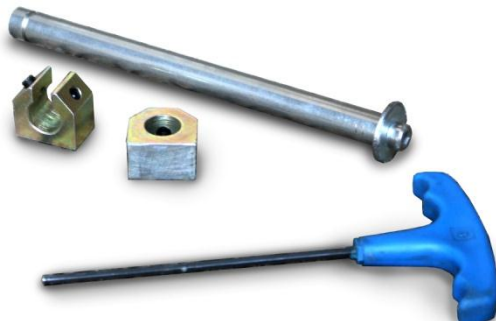
- 2.3.9.
- 2.3.10. Для предотвращения подмены электромагнитной катушки корпус датчика и сигнальный кабель отмечены маркировочными табличками, на которых написан серийный номер датчика.

## 2.4. Установка датчика, закрепляемого сваркой

2.4.1. Для установки тензометра, закрепляемого сваркой, используется установочный шаблон #8.12.01, который представляет собою металлический стержень, его длина и диаметр совпадают с соответствующими размерами датчика.

2.4.2. Последовательность действий при установке тензометра, закрепляемого холодной сваркой:

2.4.3. – закрепить винтами концевые блоки датчика на концах установочного шаблона;



2.4.4.

2.4.5. – методом электро-дуговой сварки прикрепить концевые блоки к исследуемой поверхности;



2.4.6. – ослабить винты и извлечь установочный шаблон из концевых блоков;



2.4.7. – установить тензомер в концевые блоки;



- 2.4.8. – подключить датчик к считывающему устройству и запустить обмен данными, убедиться, что снятие показаний происходит нормально, без сбоев;
  - 2.4.9. – отрегулировать начальное положение датчика (см. п. 2.2.11);
  - 2.4.10. – после фиксации требуемого положения датчика, нужно затянуть винты на концевых блоках.
- Установка датчика с помощью холодной сварки выполняется аналогичным образом.

## 2.5. Установка датчика с помощью анкерных креплений

- 2.5.1. Для установки тензометра, закрепляемого анкерами, используется установочный шаблон #8.12.01, который представляет собою металлический стержень, его длина и диаметр совпадают с соответствующими размерами датчика.



2.5.2.

2.5.3. Последовательность действий при установке тензометра с помощью анкерных креплений:

- 2.5.4. – закрепить винтами концевые блоки датчика на концах установочного шаблона;



2.5.5.

- 2.5.6. – с помощью установочно шаблона с концевыми блоками на поверхности, куда монтируется датчик, отметить места для установки анкеров; просверлить отверстия;



2.5.7. – уставить анкеры в подготовленные отверстия;



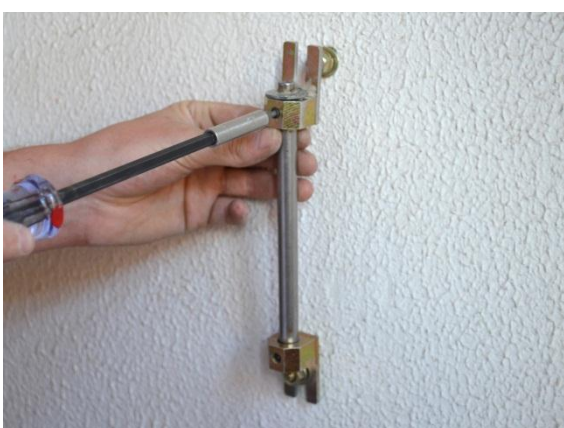
2.5.8.

2.5.9. – закрепить один концевой блок на анкере;



2.5.10.

2.5.11. – второй концевой блок снять с установочного шаблона;



2.5.12.



2.5.13. – извлечь установочный шаблон из первого концевой блока, закрепленного анкером;



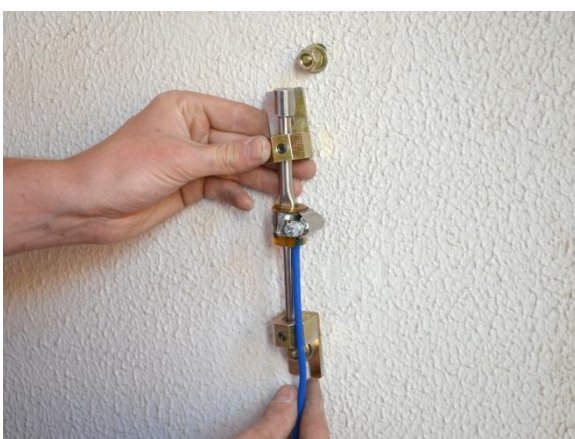
2.5.14.

2.5.15. – установить тензометр в первый концевой блок, закрепленный анкером;



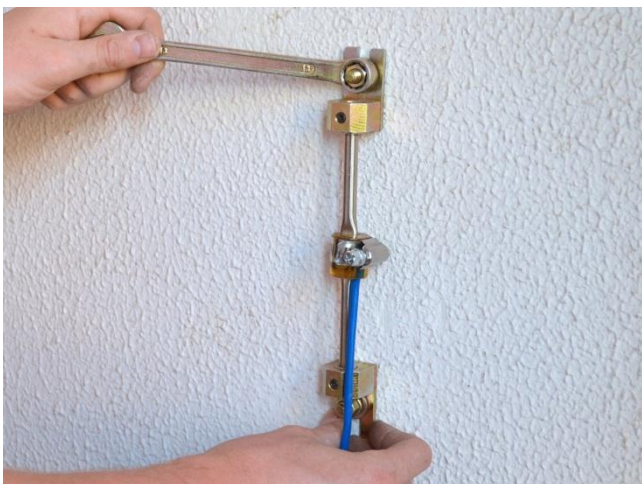
2.5.16.

2.5.17. – установить на тензометр второй свободный концевой блок и зафиксировать его;



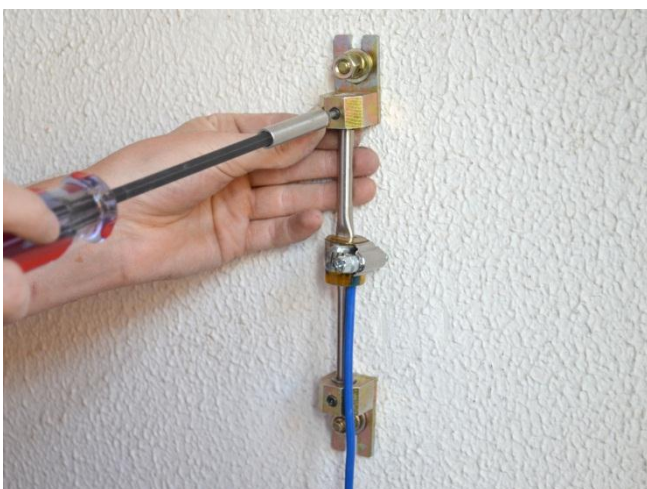
2.5.18.

2.5.19. – затянуть гайки анкеров;

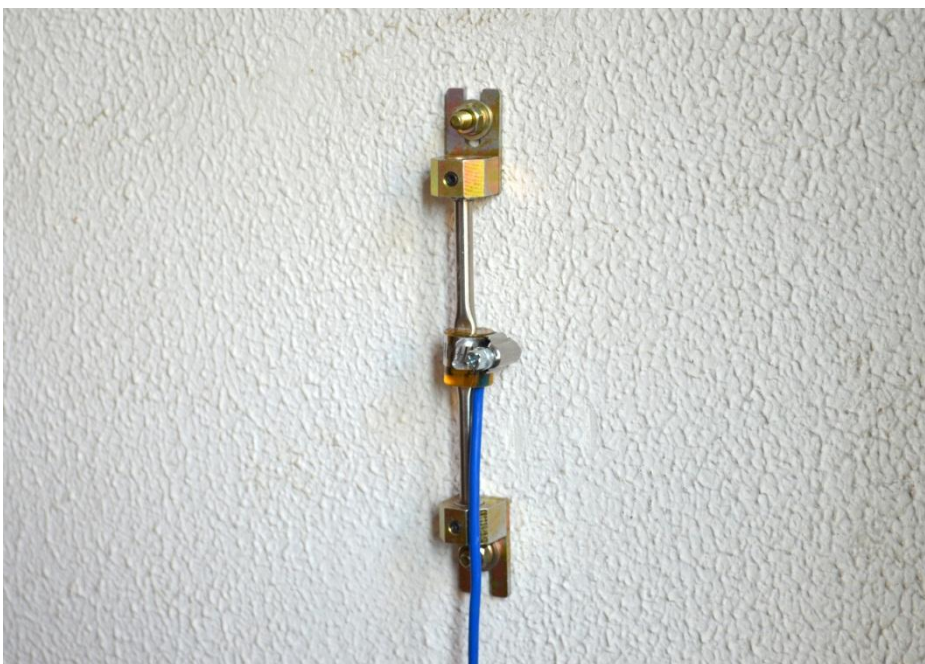


2.5.20. – отрегулировать начальное положение датчика (см. п. 2.2.11);

2.5.21. – закрепить винтами датчик в концевых блоках;



2.5.22.



2.5.23.

## 2.6. Укладка и защита сигнального кабеля

- 2.6.1. Укладка сигнального кабеля очень важная часть установки датчика, так как при его повреждении станет невозможным считывание показаний тензометра.
- 2.6.2. При укладке сигнального кабеля он должен быть:
  - 2.6.3. – защищен от повреждений в процессе строительства и эксплуатации объекта;
  - 2.6.4. – уложен зигзагом, чтобы избежать растяжений.
- 2.6.5. Сигнальный кабель должен быть смонтирован таким образом, чтобы источники электрического воздействия (линии электропередачи, генераторы, двигатели, трансформаторы, сварочные аппараты и т.п.) были максимально удалены от него, так как на работу сигнального кабеля могут влиять их помехи.
- 2.6.6. Если сигнальный кабель монтируется на стену, то следует поместить его в кабелепровод и зафиксировать на стене с помощью стальных скоб.
- 2.6.7. Если требуется подвесить сигнальный кабель, то для этого нужно использовать стальной поддерживающий трос — сигнальный кабель нужно прикрепить к нему пластиковыми стяжками.

### 3. Сбор показаний датчика

#### 3.1. Считывающие устройства

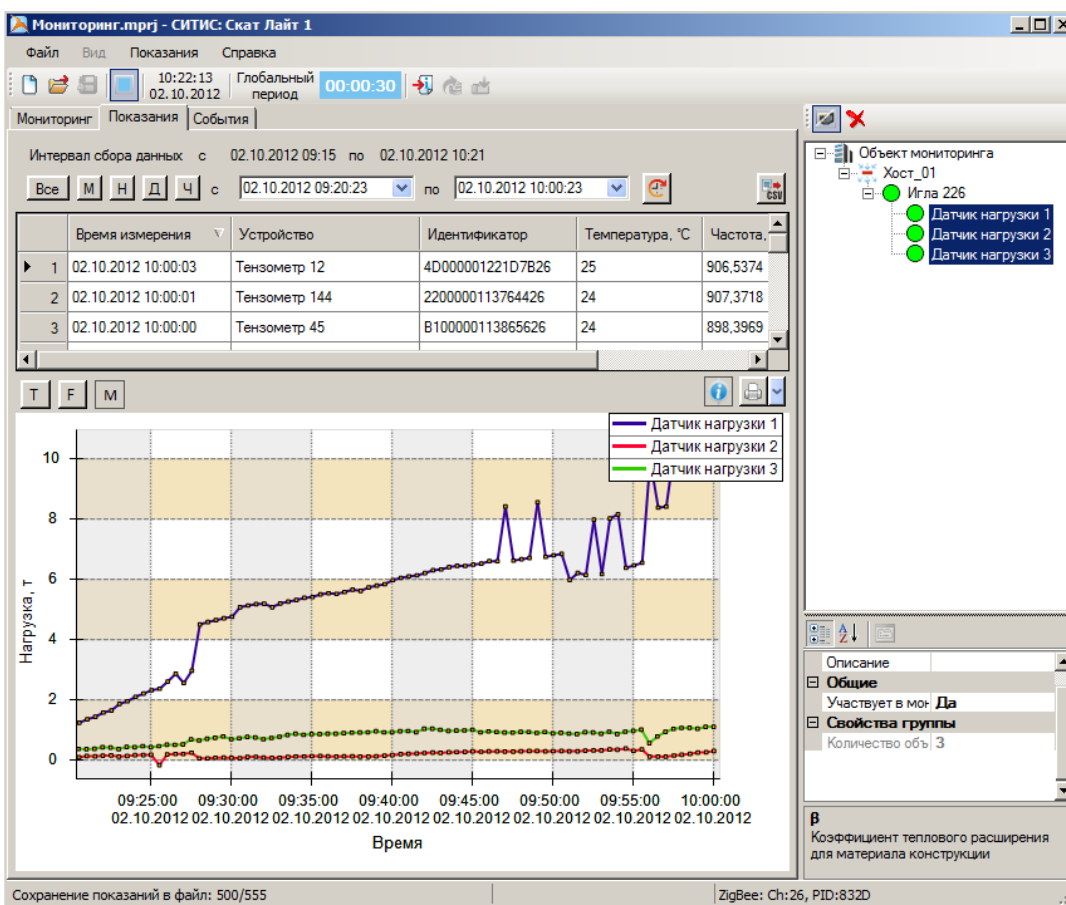
- 3.1.1. Для считывания показаний датчика можно использовать даталоггер Игла #2.01.01.
- 3.1.2. Даталоггер предназначен для считывания, обработки, хранения и передачи показаний струнных датчиков. В зависимости от выбранного режима работы даталоггер позволяет организовать автоматизированную систему как непрерывного, так и периодического мониторинга.

#### 3.2. Программный комплекс «СИТИС: Скат»

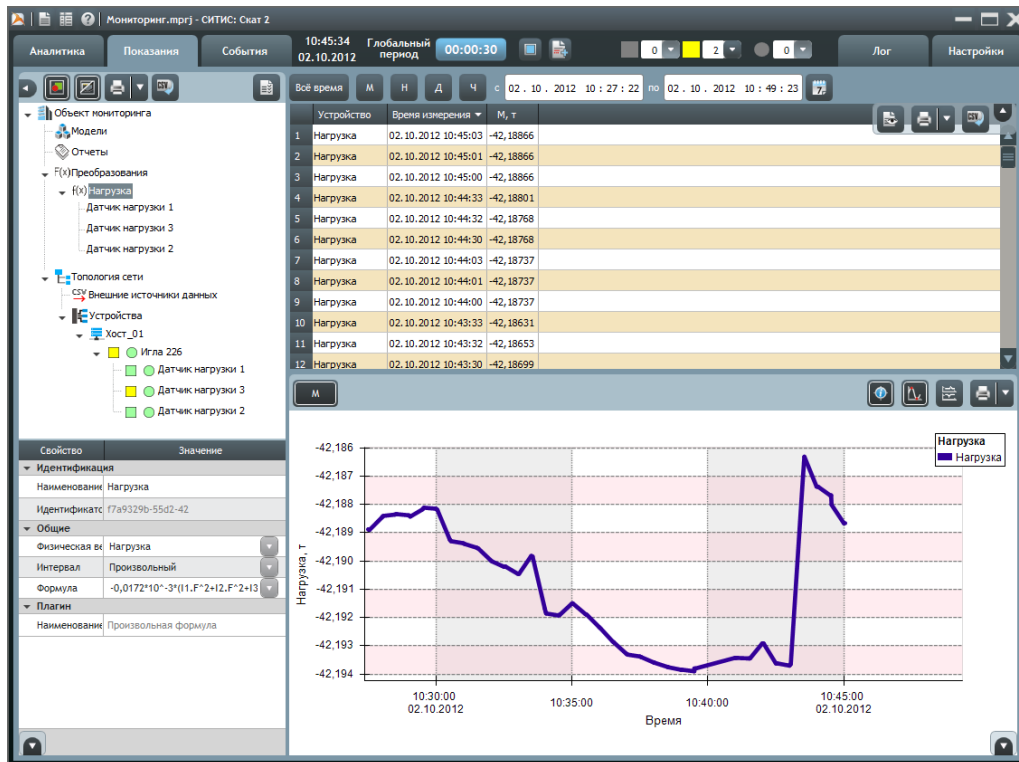
- 3.2.1. Программный комплекс «СИТИС: Скат» предназначен для организации работы АСМК «СИТИС: Спрут».
- 3.2.2. Основные задачи, решаемые программным комплексом:
  - 3.2.3. – управление режимами работы датчиков и даталоггеров сети АСМК;
  - 3.2.4. – сбор показаний датчиков с даталоггеров, в том числе в режиме реального времени;
  - 3.2.5. – хранение и визуализация данных при непрерывном и периодическом мониторинге;
  - 3.2.6. – создание отчетов;
  - 3.2.7. – формирование оповещений об авариях в работе АСМК: превышение показаний пределов допустимых зон значений, выход из строя и т.д.

#### 3.3. Визуализация показаний с помощью приложений «Скат Лайт», «Скат» и «Скат Про»

- 3.3.1. Просмотреть показания датчика можно с помощью приложений «Скат Лайт», «Скат» и «Скат Про», установленных на персональном компьютере.
- 3.3.2. **«Скат Лайт».** Для просмотра показаний датчика с помощью приложения «Скат Лайт» или «Скат» достаточно иметь персональный компьютер, на котором установлено данное программное обеспечение, и даталоггер.
- 3.3.3. Приложения «Скат Лайт» и «Скат» могут отображать показания датчика при непрерывном мониторинге (то есть в режиме реального времени), так и накопленные во встроенной памяти даталоггера при периодическом мониторинге (в этом случае данные нужно предварительно считать из памяти даталоггера).



3.3.4. График и таблица показаний в приложении «Скат Лайт»



3.3.5.

График и таблица показаний в приложении «Скат»

3.3.6.

**«Скат Про».** Интерфейс приложения «Скат Про» аналогичен интерфейсу приложения «Скат». Приложение предназначено для организации многопользовательской системы непрерывного мониторинга, при котором показания датчика сохраняются в базу данных, поэтому для его использования требуется хост-контроллер «Коралл» или его программный аналог — приложение «Скат Хост».

## 4. Работа с показаниями датчика

### 4.1. Вычисление относительной деформации конструкции по отношению к исходному состоянию. Нулевое показание

- 4.1.1. Тензомер, установленный на конструкцию, измеряет значение частоты колебаний струны, которое нужно преобразовать с помощью формулы 1.5.33 в значение относительной деформации конструкции.
- 4.1.2. **Примечание.** Преобразование значения частоты колебаний струны тензомера в значение относительной деформации конструкции выполняется либо посредством «ручного» расчета, либо автоматически с помощью специализированного программного обеспечения «СИТИС: Скат», входящего в АСМК «СИТИС: Спрут» (см. п. 3.3).
- 4.1.3. Так как показание относительной деформации, полученное с помощью тензомера при его установке, не равно нулю, а деформацию конструкции нужно наблюдать относительно ее исходного состояния, то необходимо привести шкалу относительной деформации к нулю.
- 4.1.4. Приведение шкалы относительной деформации к нулю выполняется с использованием показания тензомера, снятого сразу после установки датчика — это показание соответствует исходному состоянию конструкции и называется **нулевым показанием**.
- 4.1.5. Приведение шкалы относительной деформации к нулю выполняется следующим образом:
- 4.1.6. – нулевое показание относительной деформации принять за нуль;
- 4.1.7. – преобразовать каждое последующее показание относительной деформации, вычитая из него нулевое показание относительной деформации.
- 4.1.8. Таким образом, относительная деформация конструкции с учетом сдвига шкалы  $\Delta\mu\varepsilon$  вычисляется по формуле:
- 4.1.9. 
$$\Delta\mu\varepsilon = \mu\varepsilon - \mu\varepsilon_0,$$
- 4.1.10. где  $\mu\varepsilon$  — значение относительной деформации, полученное с помощью тензомера;
- 4.1.11.  $\mu\varepsilon_0$  — нулевое показание относительной деформации.
- 4.1.12. **Примечание.** Деформация растяжения характеризуется возрастающими показаниями деформации ( $\Delta\mu\varepsilon > 0$ ), а деформация сжатия — убывающими показаниями деформации ( $\Delta\mu\varepsilon < 0$ ).
- 4.1.13. **Примечание.** С помощью программного комплекса «СИТИС: Скат» можно записать нулевое показание датчика в его электронную метку.

### 4.2. Вычисление относительной деформации конструкции с учетом температурных эффектов

- 4.2.1. Фактическая относительная деформация — значение относительной деформации конструкции, возникшей после оказания на нее внешних воздействий.
- 4.2.2. Помимо приложенных к конструкции нагрузок, на которой установлен тензомер, на значение относительной деформации, замеряемое датчиком, оказывают влияние многие факторы, например: изменение температуры и влажности среды, окружающей конструкцию; изменение объема конструкции под действием внутренних процессов; изменение напряжения вследствие присутствия датчика:
- 4.2.3. 
$$\Delta\mu\varepsilon = \Delta\mu\varepsilon_{\text{нагрузка}} + \Delta\mu\varepsilon_{\text{температура}} + \Delta\mu\varepsilon_{\text{другие факторы}}$$
- 4.2.4. где  $\Delta\mu\varepsilon$  — фактическая относительная деформация конструкции, измеренная тензомером;
- 4.2.5.  $\Delta\mu\varepsilon_{\text{нагрузка}}$  — относительная деформация конструкции вследствие приложенной к ней нагрузки;
- 4.2.6.  $\Delta\mu\varepsilon_{\text{температура}}$  — относительная деформация конструкции вследствие изменения температуры окружающей среды;
- 4.2.7.  $\Delta\mu\varepsilon_{\text{другие факторы}}$  — относительная деформация конструкции вследствие воздействия прочих факторов.
- 4.2.8. Наиболее существенным фактором является воздействие температуры, поэтому если наблюдаемая конструкция находится в условиях значительных перепадов температуры, то при расчете ее относительной деформации  $\Delta\mu\varepsilon_{\text{нагрузка}}$  вследствие нагрузки рекомендуется учитывать температурные эффекты — деформацию, вызванную изменением температуры конструкции, и погрешность показания тензомера, вследствие воздействия температуры на струну датчика.

4.2.9. Для расчета значения  $\Delta\mu\varepsilon_{нагрузка}$  следует использовать датчик без нагрузки. Если данный подход по каким-либо причинам невозможно применить, то расчет можно выполнять с помощью численного метода с использованием коэффициентов теплового расширения материалов, но при этом увеличивается погрешность вычисляемых значений.

4.2.10. **Примечание.** Для расчета значения  $\Delta\mu\varepsilon_{нагрузка}$  рекомендуется всегда использовать метод с практическим использованием датчика без нагрузки.

4.2.11. **Датчик без нагрузки.** Данный способ вычисления значения  $\Delta\mu\varepsilon_{нагрузка}$  основан на использовании показаний тензометра, установленного без нагрузки.

4.2.12. Одновременно с установкой накладных тензометров на конструкцию, в которой необходимо производить мониторинг деформации вследствие внешних воздействий, нужно установить накладной тензометр в такую область этой же конструкции, где не предполагается проявления внешних воздействий.

4.2.13. В этом случае показания тензометра без нагрузки будут изменяться только под влиянием температурных, влажностных и других факторов:

4.2.14.  $\Delta\mu\varepsilon_{нагрузка \text{ (датчик без нагрузки)}} = 0,$

4.2.15.  $\Delta\mu\varepsilon_{\text{(датчик без нагрузки)}} = \Delta\mu\varepsilon_{\text{температура}} + \Delta\mu\varepsilon_{\text{другие факторы}}$

4.2.16. Из формул 4.2.3 и 4.2.15 следует:

4.2.17.  $\Delta\mu\varepsilon_{нагрузка} = \Delta\mu\varepsilon - \Delta\mu\varepsilon_{\text{(датчик без нагрузки)}}$

4.2.18. **Коэффициенты теплового расширения материалов.** Данный способ вычисления значения  $\Delta\mu\varepsilon_{нагрузка}$  основан на расчетном определении относительной деформации конструкции, вызванной изменением температуры, и используется в тех случаях, когда невозможно использование датчика без нагрузки.

4.2.19. Принимается, что при изменении температуры струна тензометра деформируется с линейным коэффициентом теплового расширения  $\alpha$  микрострейн/°С, а материал конструкции — с линейным коэффициентом теплового расширения  $\beta$  микрострейн/°С. Деформацией конструкции, вызванной другими факторами (изменение влажности и т.п.), при данном методе расчета пренебрегают.

4.2.20. В итоге, значение  $\Delta\mu\varepsilon_{нагрузка}$  вычисляется по формуле:

4.2.21.  $\Delta\mu\varepsilon_{нагрузка} = \Delta\mu\varepsilon + (T - T_0)(\alpha - \beta),$

4.2.22. где  $T$  — значение температуры конструкции во время измерения относительной деформации  $\Delta\mu\varepsilon$ , °С;

4.2.23.  $T_0$  — нулевое показание температуры конструкции, °С.

4.2.24. **Примечание.** Линейный коэффициент теплового расширения струны тензометра  $\alpha$  равен 12 микрострейн/°С. Линейный коэффициент теплового расширения материала конструкции  $\beta$  определяется индивидуально в каждом конкретном случае. Для металла значение  $\beta$  лежит в диапазоне:  $10 \leq \beta \leq 16$ .

4.2.25. **Примечание.** Линейные коэффициенты теплового расширения струны датчика  $\alpha$  и бетона  $\beta$  приведены в калибровочном сертификате тензометра #1.01.01 и равны соответственно 12 микрострейн/°С и 10,5 микрострейн/°С (линейный коэффициент теплового расширения струны датчика  $\alpha$  записан в электронную метку тензометра).

### 4.3. Пример расчета деформации с учетом температурных эффектов

4.3.1. Далее приведен пример расчета деформации с приведением шкалы к нулю и учетом температурных эффектов, а также расчет изменения механических напряжений для стали.

4.3.2. Пусть в момент времени  $t_0$  тензометром, установленным на стальную конструкцию, к которой прикладывается нагрузка, измерены нулевые показания относительной деформации  $\mu\varepsilon_0$  и температуры  $T_0$ . А в момент времени  $t$  тензометром измерены показания относительной деформации  $\mu\varepsilon$  и температуры  $T$ .

$t_0$ 15.09.2011 15:40:00	$t$ 20.09.2011 11:10:00
$\mu\varepsilon_0 = 2350$ микрострейн	$\mu\varepsilon = 1970$ микрострейн

$T_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$	$T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
-----------------------------------	---------------------------------

4.3.3. Кроме того, имеется тензометр без нагрузки; в момент времени  $t_0$  им измерены нулевые показания деформации  $\mu\epsilon_0$  (датчик без нагрузки) и температуры  $T_0$  (датчик без нагрузки), и в момент времени  $t$  — показания относительной деформации  $\mu\epsilon$  (датчик без нагрузки) и температуры  $T$  (датчик без нагрузки).

$t_0$ 15.09.2011 15:40:00	$t$ 20.09.2011 11:10:00
$\mu\epsilon_0$ (датчик без нагрузки) = 2271 микрострейн	$\mu\epsilon$ (датчик без нагрузки) = 2259 микрострейн
$T_0$ (датчик без нагрузки) = 20 °C	$T$ (датчик без нагрузки) = 30 °C

4.3.4. Также известны:

4.3.5. расстояние между концевыми блоками тензометра  $L_{\text{концевые блоки}} = 0,1508 \text{ м}$ ;

4.3.6. линейные коэффициенты расширения струны и материала конструкции соответственно  $\alpha = 12 \text{ микрострейн/}^\circ\text{C}$ ,  $\beta = 10,5 \text{ микрострейн/}^\circ\text{C}$ ;

4.3.7. модуль упругости стали  $E = 210 \text{ ГПа}$ .

4.3.8. Тогда:

4.3.9. — относительная деформация конструкции  $\Delta\mu\epsilon$  по отношению к ее начальному положению (в результате приведение шкалы измерения к нулю) равна:

4.3.10.  $\Delta\mu\epsilon = \mu\epsilon - \mu\epsilon_0 = 1970 - 2350 = -380 \text{ микрострейн}$ ;

4.3.11. — абсолютная деформация конструкции  $\Delta L$  равна:

4.3.12.  $\Delta L = \Delta\mu\epsilon L_{\text{концевые блоки}} = -380 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1508 = -57,304 \text{ мкм}$ .

4.3.13. — относительная деформация конструкции  $\Delta\mu\epsilon_{\text{(нагрузка)}}$  вследствие изменения нагрузки, вычисленная с помощью датчика без нагрузки, равна:

4.3.14.  $\Delta\mu\epsilon_{\text{нагрузка}} = \Delta\mu\epsilon - \Delta\mu\epsilon_{\text{(датчик без нагрузки)}} = -380 - (2259 - 2271) =$

4.3.15.  $= -368 \text{ микрострейн}$ ;

4.3.16. — относительная деформация конструкции  $\Delta\mu\epsilon_{\text{(нагрузка)}}$  вследствие изменения нагрузки, вычисленная с помощью линейных коэффициентов расширения струны тензометра  $\alpha$  и материала конструкции  $\beta$ , равна:

4.3.17.  $\Delta\mu\epsilon_{\text{нагрузка}} = \Delta\mu\epsilon + (T - T_0)(\alpha - \beta) = -380 + (30 - 20)(12 - 10,5) =$

4.3.18.  $= -365 \text{ микрострейн}$ ;

4.3.19. — изменение механических напряжений в стальной конструкции  $\Delta\sigma$  вследствие изменения нагрузки, равно:

4.3.20.  $\Delta\sigma = \Delta\mu\epsilon_{\text{нагрузка}} \cdot E = -365 \cdot 10^{-6} \cdot 210 \cdot 10^3 = -76,65 \text{ МПа}$ .



## 5. Техническое обслуживание датчика

### 5.1. Эксплуатация

- 5.1.1. Тензомер не требует проведения периодического обслуживания.
- 5.1.2. Плановые проверки можно проводить один-два раза в год либо в случае подозрений о некорректности результатов измерений. Если плановые проверки невозможны, то рекомендуется обеспечить резерв посредством установки дополнительных измерительных приборов, возможно, работающих по другому принципу.
- 5.1.3. Не допускается вскрытие корпусов датчика. В случае неисправности ремонт датчика производится только организацией-изготовителем, либо специализированными организациями или специалистами, сертифицированными организацией-изготовителем.
- 5.1.4. Далее приведен список ошибок, которые могут возникнуть в работе датчика, и возможные причины их возникновения.
- 5.1.5. **Показания датчика нестабильны:** возможно,
- 5.1.6. – на сигнальный кабель оказывают влияние помехи, создаваемые расположенными вблизи источниками электрического воздействия (линии электропередачи, генераторы, двигатели, трансформаторы, сварочные аппараты и т.п.);
- 5.1.7. – считывающее устройство работает некорректно, например, разряжена его батарея.
- 5.1.8. **Невозможно провести считывание показаний датчика:** возможно,
- 5.1.9. – поврежден сигнальный кабель; следует проверить его работоспособность, как описано в п. 2.1. Причиной слишком большого значения сопротивления может быть поврежденный провод; причиной слишком малого значения — короткое замыкание;
- 5.1.10. – считывающее устройство неисправно; следует проверить, работает ли оно с другими датчиками;
- 5.1.11. – датчик неисправен.
- 5.1.12. Если не удастся самостоятельно устранить ошибки в работе датчика, следует обращаться в сервисную службу ООО «СИТИС» по телефону 8-800-70000-92 (звонок бесплатный) или электронной почте [sprut@sitis.ru](mailto:sprut@sitis.ru).

### 5.2. Гарантия

- 5.2.1. В случае возникновения неисправностей в устройствах комплекта тензометра или вопросов по эксплуатации изделий следует обращаться в сервисную службу ООО «СИТИС» по телефону 8-800-700-00-92 (звонок бесплатный) или электронной почте [sprut@sitis.ru](mailto:sprut@sitis.ru).
- 5.2.2. Гарантийному обслуживанию не подлежат изделия с дефектами, возникшими в результате механических повреждений, неправильной установки и нарушений условий эксплуатации.
- 5.2.3. Гарантия на тензомер действует 3 года. Средний срок службы датчика составляет 25 лет.

### 5.3. Хранение

- 5.3.1. Изделия комплекта тензометра должны храниться в индивидуальных упаковках в закрытом вентилируемом помещении при температуре -30 – +80 °С. Влажность воздуха не должна превышать 80 % при температуре от +25 °С. В воздухе не должно быть пыли и примесей, вызывающих коррозию и нарушение электрической изоляции.

### 5.4. Транспортирование

- 5.4.1. Транспортирование комплекта тензометра должно производиться в транспортной таре при температуре -30 – +80 °С любым видом закрытого транспорта в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на этом виде транспорта.
- 5.4.2. Для защиты от ударов в процессе транспортировки оборудование необходимо поместить в соответствующую упаковку: по возможности следует использовать специальный упаковочный ящик или ящик для переноски оборудования.

### 5.5. Утилизация

- 5.5.1. Утилизацию комплекта тензометра производит потребитель.

## 6. Термины и определения

А

**АСМК** — автоматизированная система мониторинга конструкций и оснований.

Д

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

И

**«Игла»** — даталоггер АСМК «СИТИС: Спрут».

М

**микрострейн** (англ. microstrain — микродеформация) — безразмерная единица измерения относительной деформации,  $10^{-6}$ .

**мониторинг** — процесс периодического, систематического или непрерывного сбора информации о параметрах сложного объекта или деятельности для определения тенденций изменения параметров.

С

**струнный датчик** — измерительный преобразователь давления, перемещений, расхода, усилия и т. п. в электрический сигнал (ток, напряжение, частоту). Чувствительный элемент струнного датчика — натянутая вольфрамовая или стальная струна (несколько струн). Действие основано на зависимости собственной частоты колебаний струны  $F_0$  от её длины  $l$  массы  $m$  и силы натяжения  $F$  (либо механического напряжения  $S$  или удлинения).

У

**УИД** (уникальный идентификатор) — цифровой или цифробуквенный код (подпись), однозначно определяющий принадлежность информации какому-либо устройству.

Х

**хост, хост-контроллер** — любое устройство, предоставляющее сервисы формата «клиент-сервер» в режиме сервера по каким-либо интерфейсам связи, и уникально определённое на этих интерфейсах.

Ш

**штрихкодированная маркировка** — это последовательность чёрных и белых полос, представляющая некоторую информацию в удобном для считывания техническими средствами виде. Различают линейные и двумерные кодовые последовательности. Все изделия АСМК «СИТИС: Спрут» промаркированы с помощью линейной штрихкодированной последовательности в соответствии со стандартом EAN-13.

## 7. Примеры установки и подключения

### 7.1. Назначение выводов датчика

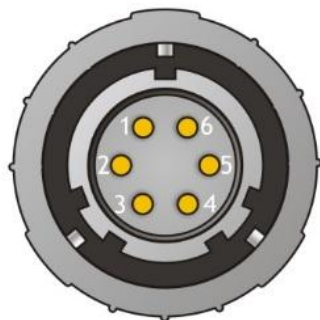
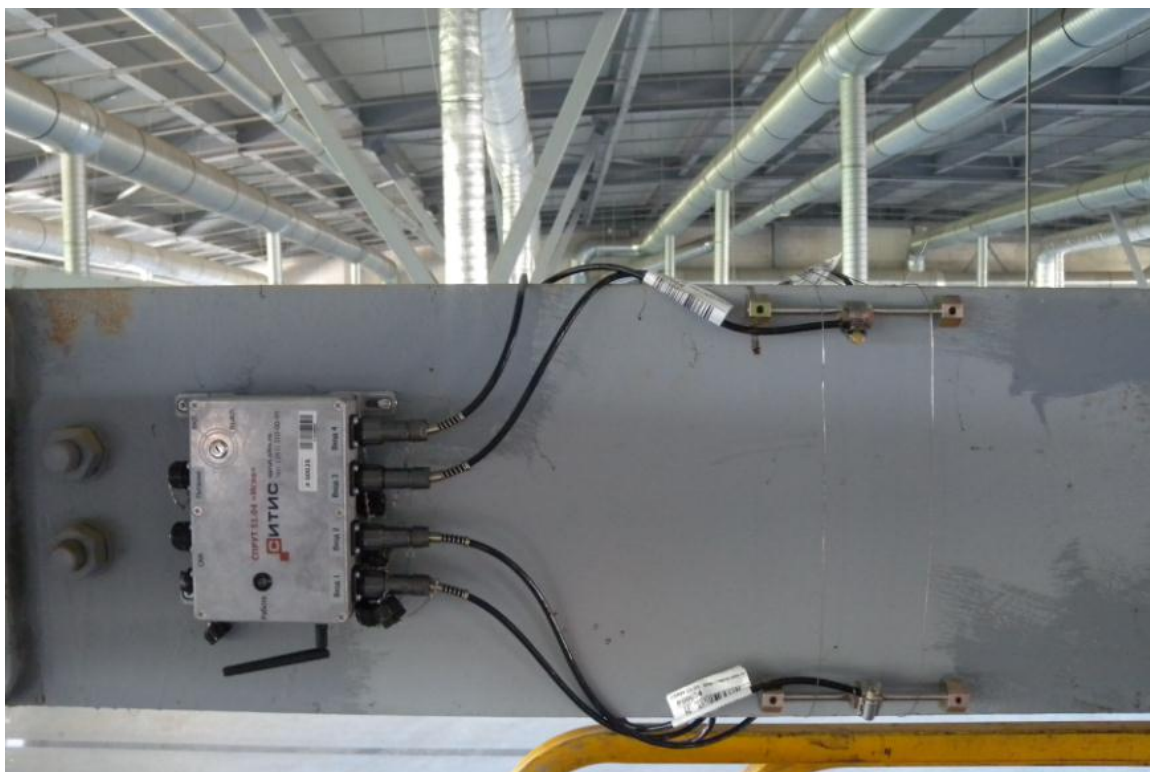


Таблица подключения цепи датчика

Контакт разъема	Цвет провода	Функция
1	красный	электромагнитная катушка
2	черный	электромагнитная катушка
3	синий	питание электронной метки
4	–	–
5	зеленый	интерфейс связи с электронной меткой
6	белый	заземление

## 7.2. Установка датчика, подключение к даталоггеру Игла #2.01.01

### 7.2.1. Установка на металлическую ферму.

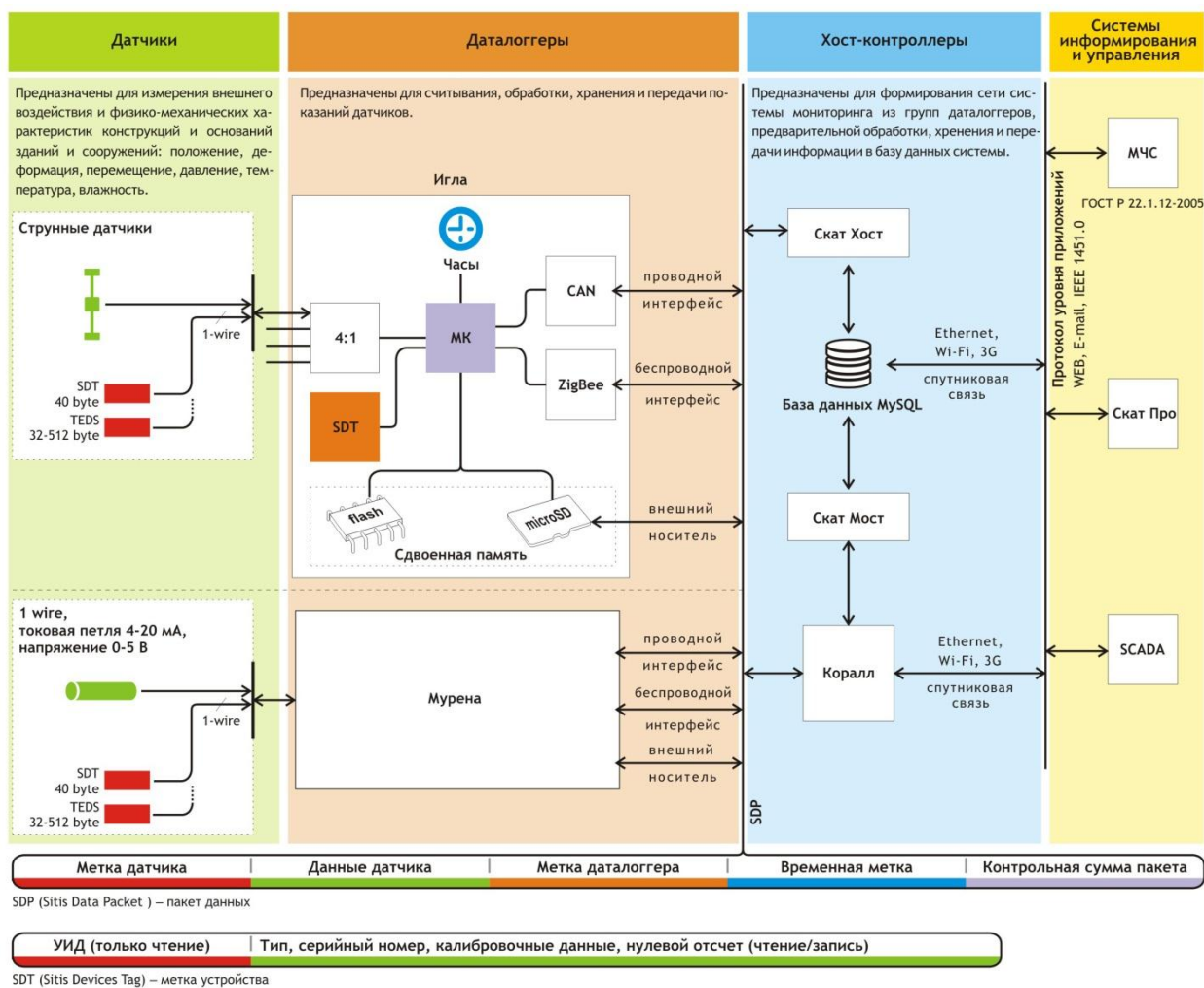


### 7.2.2. Установка на колонну.



## 8. Приложение 1. Применение АСМК «СИТИС: Спрут»

**Автоматизированная система мониторинга конструкций (АСМК) «СИТИС: Спрут»** предназначена для непрерывного или периодического контроля состояния конструкций и оснований зданий и сооружений.



### Интеллектуальные метки.

Ключевой особенностью АСМК «СИТИС: Спрут» является обязательное наличие у каждого источника данных уникального идентификатора, позволяющего однозначно идентифицировать его в любой момент времени. В системе используется два типа меток: аппаратные метки устройств (SDT) и программные метки (UUID) любых пользовательских данных АСМК. В электронной метке устройств содержится тип, серийный номер и калибровочные данные, записываемые при производстве. Метка SDT построена на основе энергонезависимой памяти с возможностью многократной перезаписи данных, исключение составляет область памяти, содержащая уникальный идентификатор (УИД), данная область доступна только для чтения. Метками SDT маркируются все датчики и даталоггеры АСМК «СИТИС: Спрут», суммарный объем метки составляет 40 байт. Все даталоггеры могут быть использованы для подключения интеллектуальных датчиков, соответствующих стандарту IEEE 1451.4 model 2, содержащих унифицированный электронный паспорт изделия (TEDS).

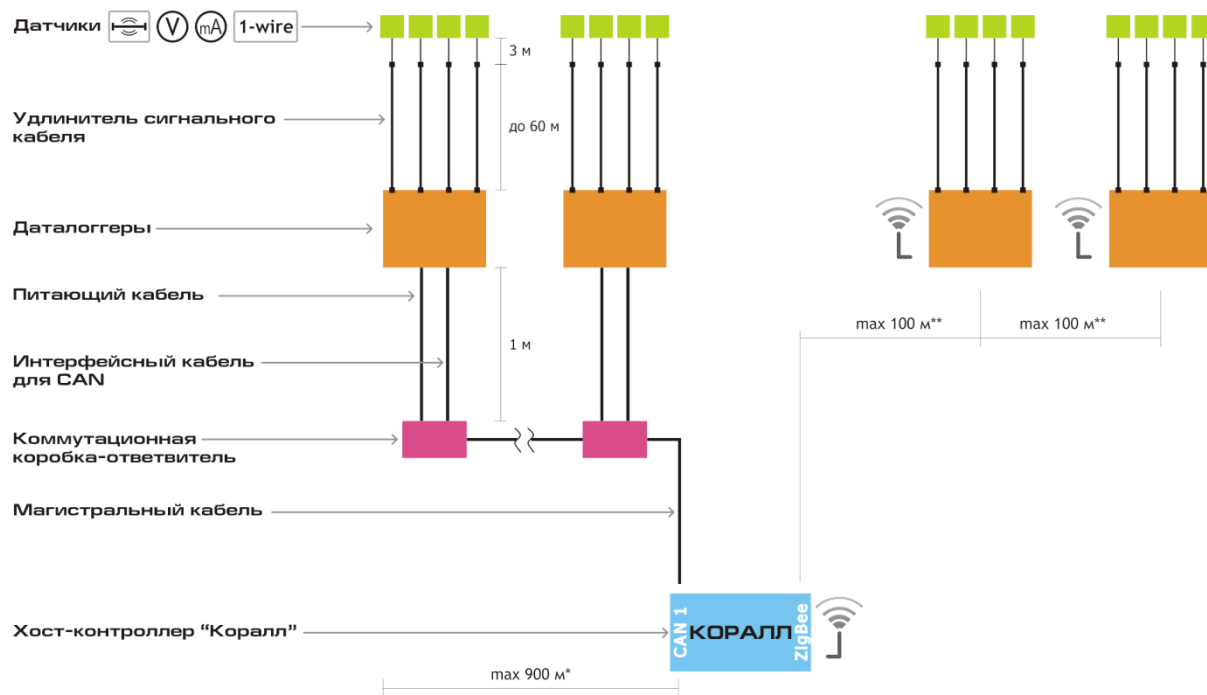
### «Черный ящик»

Даталоггеры АСМК «СИТИС: Спрут» предназначены для опроса датчиков, хранения и передачи результатов измерения. Каждый даталоггер имеет встроенный источник питания и часы глобального реального времени, которые автоматически синхронизируются с надежными источниками времени (GPS, SNTP) при наличии каналов связи с ними. Даталоггеры построены по принципу «черного ящика», сохраняющего результаты измерения и происходящие с даталоггером события в дублированной энергонезависимой памяти. Встроенной батареи (6AA) достаточно для работы в течение 2,5 лет при опросе четырех датчиков один раз в час. Даталоггер может функционировать как в составе проводной (CAN) или беспроводной (ZigBee) сети, организованной с помощью хост-контроллеров, так и автономно. В автономном режиме передача данных возможна с помощью карт памяти microSD.

### Пакет данных «СИТИС: Спрут»

Ключевой особенностью работы сети АСМК является пакет данных «СИТИС: Спрут» (SDP) —любые данные системы мониторинга при формировании, передаче, хранении и обработке содержат набор обязательных атрибутов: уникальный идентификатор источника и приемника данных, дата и время формирования пакета, контрольная сумма. Такая структура пакета позволяет на любом этапе работы с данными понимать, какому датчику принадлежат эти данные, когда они были получены, какое устройство произвело опрос этого датчика и является ли информация в пакете достоверной.

## 9. Приложение 2. Структурная схема сети АСМК «СИТИС: Спрут»



\* Предельная суммарная длина сегмента линии CAN

\*\* Предельное расстояние между элементами беспроводной сети ZigBee в условиях прямой видимости