

109-М-3-01.12.2012

Струнный датчик нагрузки

Спрут 1.09

Руководство по эксплуатации

Редакция 3

Аннотация

Настоящий документ является руководством по эксплуатации (далее — РЭ) струнного датчика нагрузки Спрут 1.09, 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», 2012 г.

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 | 6 |
| 1.6. Маркировка датчика | 8 |
| 1.7. Модификации датчика | 8 |
| 2. Установка датчика | 10 |
| 2.1. Проверка работоспособности датчика перед установкой | 10 |
| 2.2. Установка датчика | 10 |
| 2.3. Укладка и защита сигнального кабеля..... | 14 |
| 3. Сбор показаний датчика | 15 |
| 3.1. Считывающие устройства | 15 |
| 3.2. Программный комплекс «СИТИС: Скат» | 15 |
| 3.3. Визуализация показаний с помощью приложений «Скат Лайт», «Скат» и «Скат Про» | 15 |
| 4. Работа с показаниями датчика..... | 17 |
| 4.1. Вычисление нагрузки. Нулевое показание | 17 |
| 4.2. Вычисление нагрузки с учетом температурных эффектов | 17 |
| 4.3. Другие факторы | 18 |
| 4.4. Вычисление фактической нагрузки..... | 18 |
| 4.5. Пример расчета нагрузки | 18 |
| 5. Техническое обслуживание датчика | 20 |
| 5.1. Эксплуатация..... | 20 |
| 5.2. Гарантия..... | 20 |
| 5.3. Хранение | 20 |
| 5.4. Транспортирование | 20 |
| 5.5. Утилизация..... | 20 |
| 6. Термины и определения..... | 21 |
| 7. Примеры установки и подключения датчика | 22 |
| 7.1. Назначение выводов датчика | 22 |
| 7.2. Схема подключения датчика непосредственно к даталоггеру «Игла» #2.01.01 | 23 |
| 7.3. Схема подключения датчика к даталоггеру Игла #2.01.01 с использованием коммутационных коробок..... | 24 |
| 8. Приложение 1. Применение АСМК «СИТИС: Спрут» | 25 |
| 9. Приложение 2. Структурная схема сети АСМК «СИТИС: Спрут» | 27 |

1. Описание датчика

1.1. Назначение датчика

- 1.1.1. Струнный датчик нагрузки Спрут 1.09 (далее — датчик нагрузки) используется для измерения нагрузки, оказываемой на конструкцию.
- 1.1.2. Применение датчика нагрузки:
- 1.1.3. — в анкерных креплениях или в системах анкерных затяжек, где прилагаются растягивающие нагрузки;
- 1.1.4. — для испытания свай или опор мостов с целью измерения нагрузки при сжатии.
- 1.1.5. Датчик нагрузки #1.09 спроектирован преимущественно для использования в неблагоприятных условиях окружающей среды, где датчики нагрузки с электрическим тензодатчиком сопротивления не так эффективны. Элементы струнного тензодатчика обеспечивают требуемую прочность, надежность, стабильность и простоту удаленного мониторинга.
- 1.1.6. Конструкция датчика (три тензодатчика в составе датчика нагрузки) минимизирует чувствительность к внецентренным нагрузкам.
- 1.1.7. Показаниями датчика нагрузки являются:
- 1.1.8. — частота колебаний струн тензодатчиков, входящих в состав датчика нагрузки, Гц;
- 1.1.9. — температура окружающей среды тензодатчиков, входящих в состав датчика нагрузки, °С.
- 1.1.10. С помощью специализированного программного обеспечения «СИТИС: Скаты», входящего в АСМК «СИТИС: Спрут», показания тензодатчиков преобразуются в показания нагрузки M в тоннах.



- 1.1.11.
- 1.1.12. Ключевые особенности датчика нагрузки:
- 1.1.13.  — интерфейс датчиков, имеющих струнный выход. Частота на выходе датчика изменяется пропорционально измеряемой величине.
- 1.1.14.  — 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.

1.2. Технические характеристики датчика

| 1.2.1. | Наименование | Ед. изм. | Значение |
|---------|---|----------------------|----------------------------|
| 1.2.2. | Тип датчика | | струнный датчик нагрузки |
| 1.2.3. | Диапазон измерений | т | 0 – 100 |
| 1.2.4. | Точность | т | ±0,5 |
| 1.2.5. | Чувствительность | т | 0,05 |
| 1.2.6. | Диапазон измерений цифрового термометра | °С | -40 – +85 |
| 1.2.7. | Точность цифрового термометра | °С | ±2 |
| 1.2.8. | Чувствительность цифрового термометра | °С | 0,1 |
| 1.2.9. | Выходной сигнал | Гц | частотный 2 400 – 3 000 |
| 1.2.10. | Минимальное время опроса | с | 3 |
| 1.2.11. | Энергопотребление за цикл опроса | Вт | 0,06 |
| 1.2.12. | Сопротивление катушки при 25 °С | Ом | 140 – 160 |
| 1.2.13. | Материал корпуса | | термообработанная сталь |
| 1.2.14. | Степень защиты от внешних воздействий по ГОСТ 1.04254 | | IP67 |
| 1.2.15. | Габаритные размеры датчика без опорных колец: – ширина – высота – внутренний диаметр – внешний диаметр | мм мм мм мм | 143 100 76 117 |
| 1.2.16. | Габаритные размеры опорного кольца: – высота – внутренний диаметр – внешний диаметр | мм мм мм | 20 76 127 |
| 1.2.17. | Максимальная длина сигнального кабеля | м | 60 |
| 1.2.18. | Условия эксплуатации: – температура окружающего воздуха – относительная влажность воздуха при 25 °С, не более | °С % | -30 – +80 80 |
| 1.2.19. | Средний срок службы | год | 25 |
| 1.2.20. | Гарантийный срок | год | 3 |

1.3. Комплектация датчика

- 1.3.1. Датчик нагрузки поставляется в следующей комплектации:
- 1.3.2. – датчик нагрузки в индивидуальной полиэтиленовой упаковке – 1 шт.;
- 1.3.3. – опорные кольца для распределения нагрузки – 2 шт.;
- 1.3.4. – маркировочные таблички – 3 шт.;
- 1.3.5. – пластиковые стяжки – 5 шт.



1.3.6.

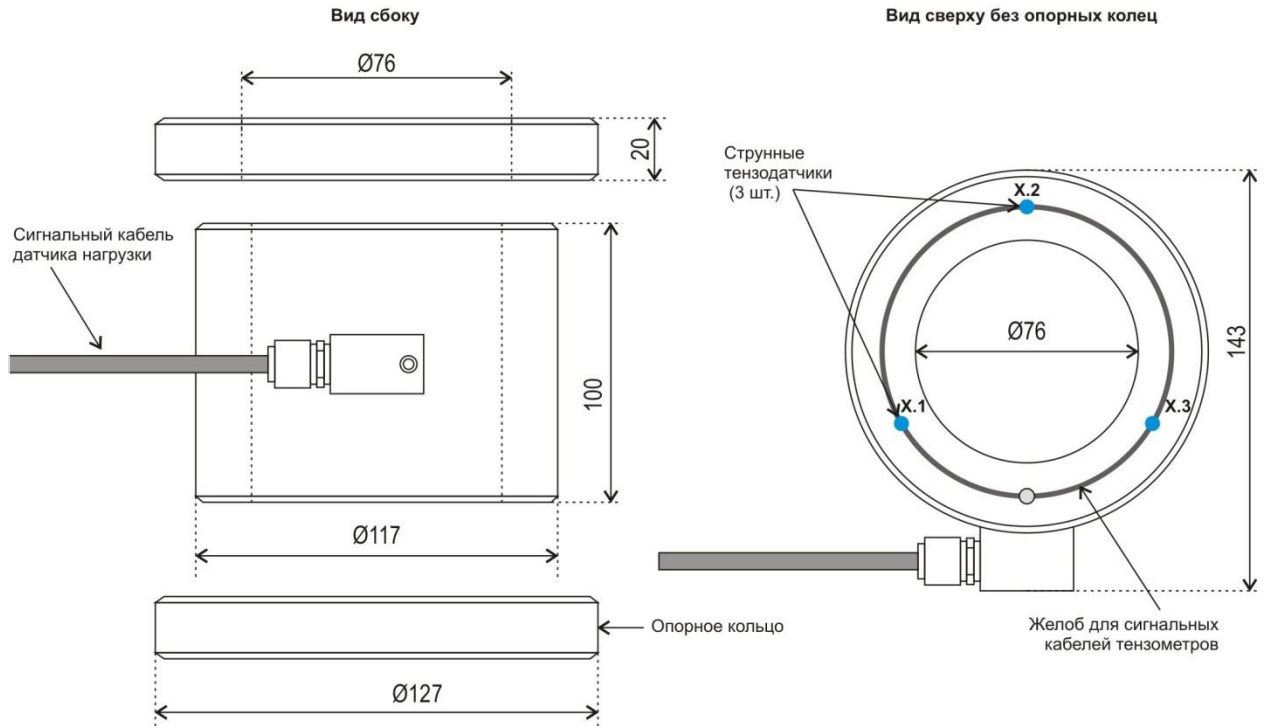
1.4. Дополнительное оборудование и аксессуары

- 1.4.1. При работе с датчиком нагрузки можно использовать следующее оборудование:
- 1.4.2. – #2.01.01 даталоггер «Игла», предназначен 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. – #7 программный комплекс «СИТИС: Скат».

1.5. Принцип работы датчика

- 1.5.1. Корпус датчика нагрузки выполнен из термообработанной стали и имеет в составе три струнных тензодатчика, расположенных по окружности. Каждый тензодатчик подключается к считывающему устройству, показания снимаются с каждого тензодатчика отдельно. Затем в программе обработки данных выполняется усреднение результатов измерения с целью повышения надежности и точности измерений.
- 1.5.2. Тензодатчики имеют одинаковый серийный номер X, где X — серийный номер датчика нагрузки. Тензодатчики нумеруются последовательно по часовой стрелке, начиная от сигнального кабеля датчика нагрузки. Порядковый номер тензодатчика является значением свойства датчика «Порядковый номер датчика на сигнальном кабеле».

1.5.3. Схема строения струнного датчика нагрузки #1.09:



1.5.4.

1.5.5. В основу работы каждого тензодатчика положен принцип зависимости частоты колебаний струны от степени её натяжения. Под действием нагрузки изменяется натяжение струны, что приводит к изменению частоты ее колебаний. Электромагнитная катушка возбуждает колебания струны и передает сигнал на сигнальный кабель, который ведет к считывающему устройству.

1.5.6. Датчик нагрузки, оборудованный несколькими тензодатчиками, имеет следующие преимущества:

1.5.7. – позволяет минимизировать эксцентricность (неравномерное распределение) нагрузки за счет усреднения показаний тензодатчиков;

1.5.8. – в случае отказа одного из тензодатчиков результаты могут быть получены на основе усреднения результатов оставшихся тензодатчиков без существенных потерь в точности измерений.

1.5.9. **Примечание.** Каждый тензодатчик, входящий в состав датчика нагрузки #1.09, оснащен электронной меткой, которая позволяет в любой момент времени однозначно его идентифицировать. Электронная метка содержит уникальный цифровой идентификатор датчика, 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 встроены цифровой термометр, позволяющий измерять температуру окружающей среды. Для защиты электромагнитных катушек от прямых и не прямых ударов молний в корпусе датчика расположен триполярный плазменный разрядник.

1.5.10. Показанием тензодатчика является частота колебаний его струны.

1.5.11. Так как квадрат частоты колебаний струны тензодатчика пропорционален нагрузке, приложенной к датчику, то зная частоту колебаний, можно определить нагрузку на датчик.

1.5.12. Частоту колебаний струны F тензодатчика можно преобразовать в нагрузку M с помощью линейного преобразования:

$$1.5.13. \quad M_{\text{линейное}} = GF^2 10^{-3},$$

1.5.14. где M — нагрузка, оказываемая на тензодатчик, т;

1.5.15. F — частота колебаний струны тензодатчика, Гц;

1.5.16. G — линейный калибровочный коэффициент тензодатчика, т/Гц².

1.5.17. Значения калибровочных коэффициентов тензодатчиков, входящих в состав датчика нагрузки, определяются в процессе индивидуальной калибровки каждого датчика нагрузки. Калибровка выполняется при известном атмосферном давлении и температуре.

1.5.18. Значение нагрузки M для датчика нагрузки получается усреднением показаний нагрузки трех тензодатчиков:

$$1.5.19. \quad M = \frac{M_{(1)} + M_{(2)} + M_{(3)}}{3},$$

1.5.20. где $M_{(i)}$ — показание нагрузки i -го тензодатчика, т.

1.5.21. Таким образом, измеренная датчиком нагрузки частота колебаний струны преобразуется в нагрузку. Преобразование выполняется либо автоматически программным обеспечением «СИТИС: Скат», входящим в АСМК «СИТИС: Спрут», либо вручную пользователем. Подробнее о расчете нагрузки и вычислении поправок см. п. 4 «Работа с показаниями датчика».

1.5.22. Если при правильной установке и равномерном распределении нагрузки на датчик присутствуют некорректные показания одного тензодатчика, то средние показания могут быть получены на основе усреднения результатов оставшихся тензодатчиков без существенных потерь в точности измерений. Например, если произошел отказ тензодатчика № 2, то для получения правильных показаний следует использовать следующее уравнение:

$$1.5.23. \quad M = \frac{M_{(1)} + M_{(3)}}{2},$$

1.5.24. **Примечание.** Калибровочный коэффициент G записан в электронную метку каждого тензодатчика, входящего в состав датчика нагрузки #1.09, и указан в калибровочном сертификате датчика нагрузки.

1.6. Маркировка датчика

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

1.6.2. Струнный датчик нагрузки имеет артикул #1.09.КК.С.ммммм согласно принятому способу маркировки всех устройств АСМК «СИТИС: Спрут»: Г.ТТ.КК.С.ммммм,

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

1.6.4. ТТ — тип изделия («09» — струнный датчик нагрузки);

1.6.5. КК — код изделия;

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

1.6.7. ммммм — модификация изделия (определяет тип разъема, длину кабеля).

1.6.8. Примеры маркировки.

| 1.6.9. | Артикул | Описание |
|---------|-----------------|--|
| 1.6.10. | 1.09.01.0.00001 | Струнный датчик нагрузки. Оснащен сигнальным кабелем длиной 3 м, свободный конец кабеля выполнен под винтовой зажим или пайку. |
| 1.6.11. | 1.09.01.0.00002 | Струнный датчик нагрузки. Оснащен сигнальным кабелем длиной 3 м, свободный конец кабеля имеет разъем байонетного типа FQ14. |



1.7. Модификации датчика

1.7.1. Предусмотрено два типа выполнения свободного конца сигнального кабеля датчика нагрузки:

1.7.2. – под винтовой зажим или пайку;

1.7.3. – байонетный разъем.

| 1.7.4. | Внешний вид | Описание |
|--------|-------------|----------|
|--------|-------------|----------|

| | | |
|--------|---|--|
| 1.7.5. |  | Свободный конец сигнального кабеля, предназначенный под винтовой зажим или пайку. |
| 1.7.6. |  | Свободный конец сигнального кабеля с разъемом байонетного типа FQ14. Разъем выполнен из неэкранированного металла, контакты с позолотой под пайку. Температурный диапазон от -55°С до +100°С; класс защиты от внешних воздействий IP67. В комплект входит заглушка, обеспечивающая защиту разъема на этапе монтажа. |

2. Установка датчика

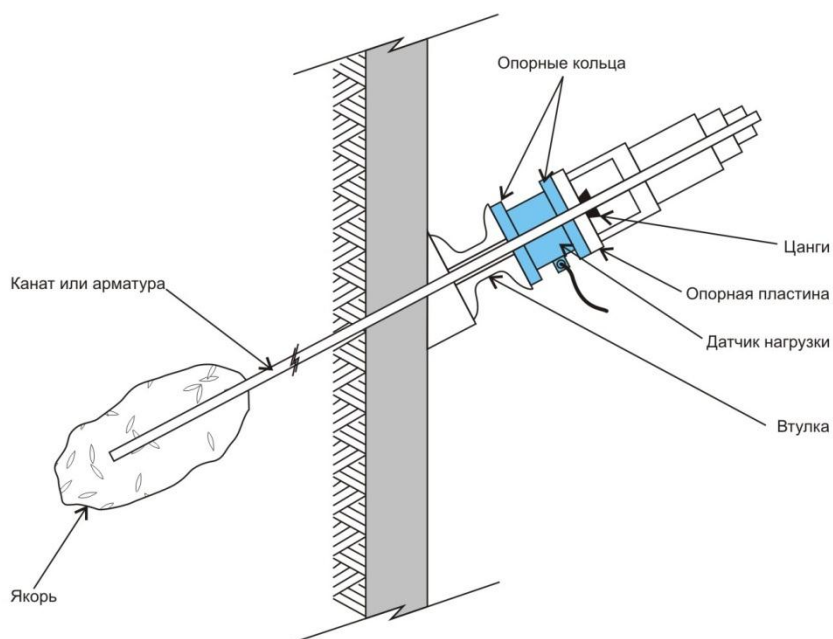
2.1. Проверка работоспособности датчика перед установкой

- 2.1.1. Перед установкой датчика нагрузки 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 мм²/22 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 каждого тензодатчика. Проверить соответствие температуры, измеренной тензодатчиками, температуре окружающей среды. Значение частоты должно быть равно примерно 3 000 Гц.
- 2.1.9. **Примечание.** Для просмотра данных, считанных с датчика, следует воспользоваться программным обеспечением «СИТИС: Скат» (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 «Гарантия»).

2.2. Установка датчика

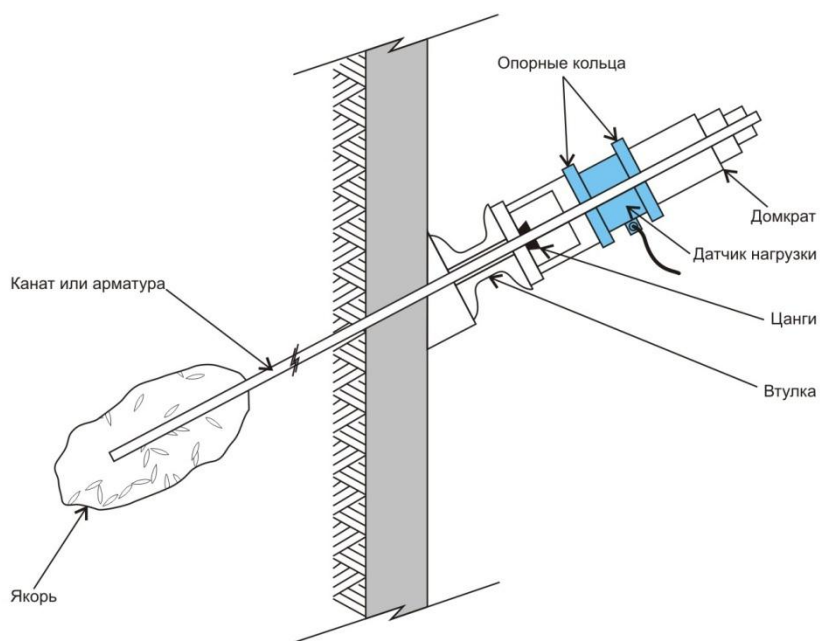
- 2.2.1. Датчик нагрузки является точным измерительным инструментом, поэтому обращение с ним требует аккуратности.
- 2.2.2. Ни при каких обстоятельствах нельзя поднимать или держать датчик за сигнальный кабель.
- 2.2.3. Несмотря на то, что датчик водонепроницаем и его конструкция прочная, его можно повредить неправильным обращением, в частности, неправильным обращением с сигнальным кабелем.
- 2.2.4. Датчик нагрузки следует устанавливать с особой осторожностью и вниманием. От правильности установки будет зависеть качество измерений.
- 2.2.5. Хотя датчик нагрузки состоит из трех тензодатчиков для усреднения показаний, в рабочем проекте должны быть минимизированы чрезмерные и смещенные нагрузки, независимо от условий измерения (анкерные затяжки, испытание свай).
- 2.2.6. Таким образом, датчик следует устанавливаться между двумя плоскими, гладкими и твердыми опорными пластинами. В ходе испытания под нагрузкой стена, на которой используются анкерные затяжки, или оголовки свай должны также быть ровными. При необходимости этого можно добиться с помощью цемента или бетона.
- 2.2.7. В случае установки датчика на анкерные затяжки для центровки отверстия часто используются втулки.

2.2.8. Установка датчика нагрузки на анкер для постоянного мониторинга:



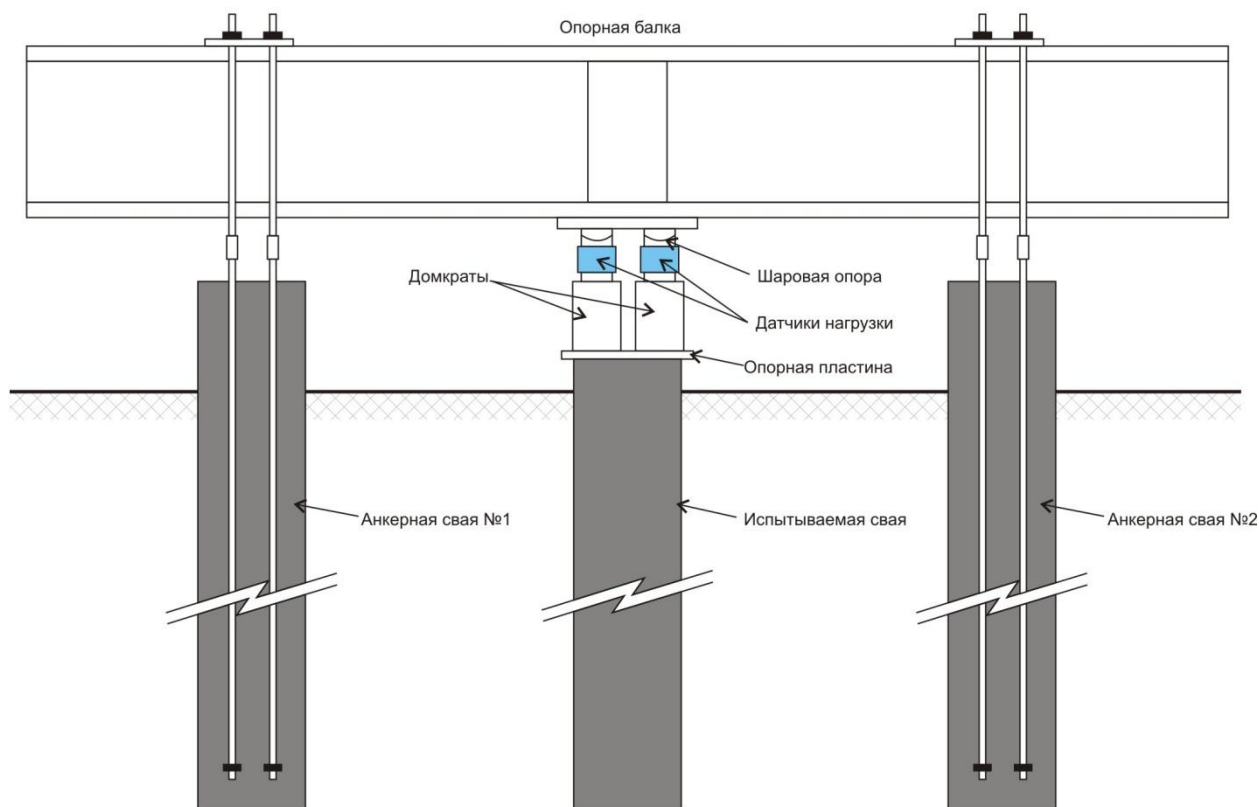
2.2.9.

2.2.10. Установка датчика нагрузки на анкер для тестирования:



2.2.11.

2.2.12. Установка датчика нагрузки на сваю при испытании свай:



2.2.13.

2.2.14. Кольцевые датчики нагрузки из-за своей конструкции более чувствительны к краевой загрузке, чем цельные датчики. На датчик могут влиять следующие эффекты:

2.2.15. – искривление опорных пластин;

2.2.16. – трение между опорной пластиной и датчиком нагрузки;

2.2.17. – нецентрированная нагрузка.

2.2.18. Эти эффекты могут дать значительное (до 20%) искажение результатов измерений.

2.2.19. Искривление опорной пластины, в первую очередь, вызывается различием между размерами домкрата и датчика. Если домкрат меньше, чем датчик, то пластина будет выгибаться внутрь, и показания будут завышены. Если домкрат больше датчика, пластина будет выгибаться вокруг датчика, и показания будут занижены. Эффект тем больше, чем тоньше пластина между домкратом и датчиком.

2.2.20. При совпадении размеров опорных колец датчика нагрузки и домкрата минимальная толщина опорной пластины должна составлять 25 мм. Если размеры различаются, то толщина опорной пластины должна быть не менее 50 мм, а при сильных различиях размеров или большой нагрузке — еще больше.

2.2.21. При выборе толщины опорной пластины можно ориентироваться на следующее грубое правило, исходя из нагрузки на датчик:

2.2.22. 75 т — 40 мм;

2.2.23. 200 т — 60 мм;

2.2.24. 350 т — 75 мм.

2.2.25. Опорная пластина должна быть плоской и гладкой (для этого подходит стальной прокатный лист). Края пластины должны быть очищены от наплывов горелки.



2.2.26.

Применение датчика нагрузки для испытания грунтового анкера

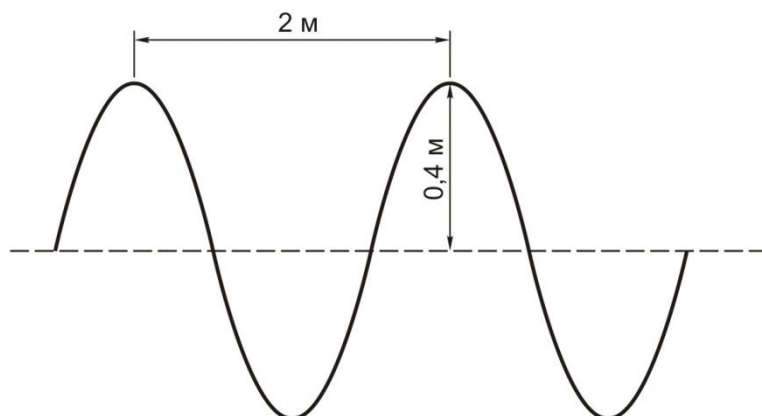


2.2.27.

Применение датчика нагрузки для испытания грунтового анкера

2.3. Укладка и защита сигнального кабеля

- 2.3.1. Укладка сигнального кабеля очень важная часть установки датчика нагрузки, так как при его повреждении станет невозможным считывание показаний датчика.
- 2.3.2. При прокладке кабеля следует избегать переходных зон, где большая неравномерная осадка может создать чрезмерное напряжение кабеля.
- 2.3.3. Нельзя помещать кабели друг на друга.
- 2.3.4. В кабельных траншеях применяется горизонтальная или вертикальная укладка кабеля змейкой. В большинстве случаев обычно достаточно шага, равного 2 м, с амплитудой 0,4 м. В очень сырых грунтах следует уменьшить шаг до 1 м.



- 2.3.5.
- 2.3.6. Нужно обеспечить защиту кабеля от порезов, трения, возможных повреждений об острые края материалов или об уплотнительное оборудование, также защитить кабель от растяжения и деформации в ходе строительства или засыпки. При необходимости можно использовать кабелепровод. Для обеспечения защиты кабеля в местах укладки бетона иногда следует уложить бетон вручную.
- 2.3.7. Прокладка кабеля на поверхности требует постоянного контроля и защиты от землеройного оборудования.
- 2.3.8. 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.
- 2.3.9. В ходе прокладки кабеля необходимо регулярно проверять показания датчика.
Кабельная прокладка должна быть тщательно отражена в чертежах.

3. Сбор показаний датчика

3.1. Считывающие устройства

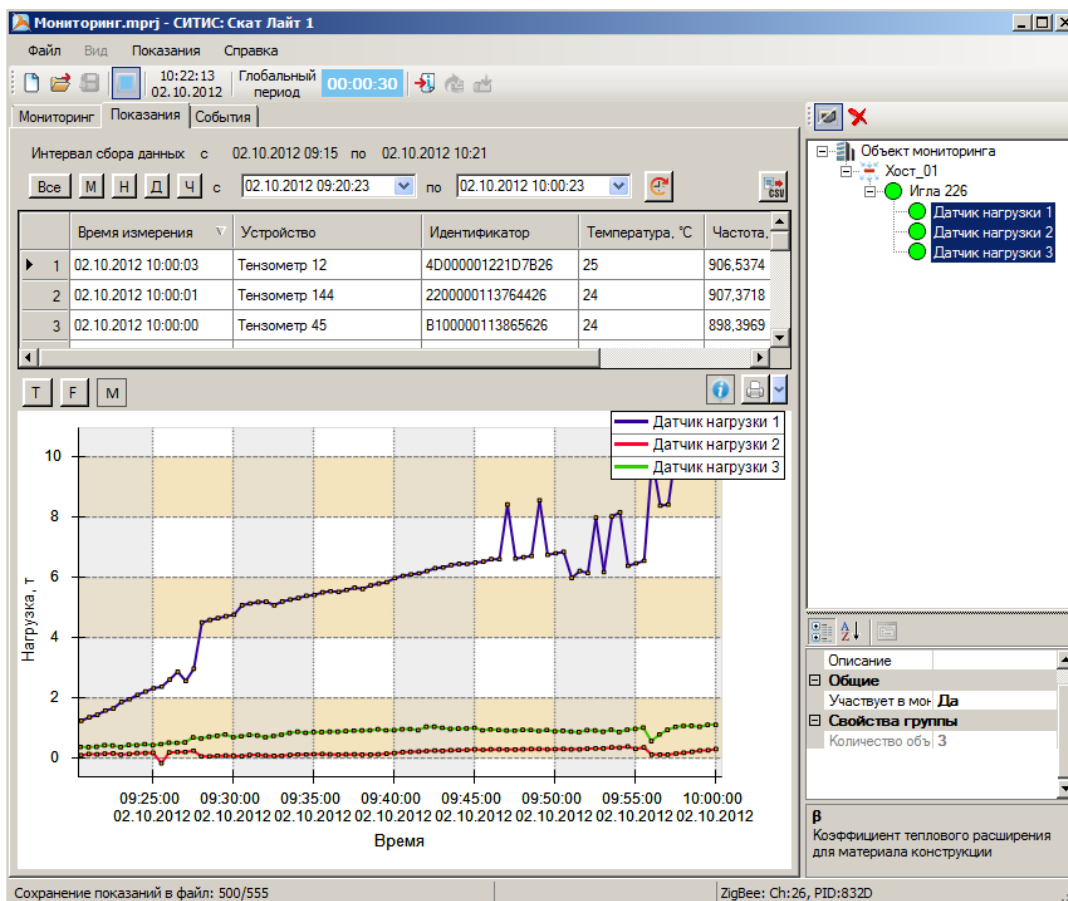
- 3.1.1. Для считывания показаний датчика можно использовать даталоггер «Игла» #2.01.01.
- 3.1.2. Даталоггер предназначен для считывания, обработки, хранения и передачи показаний струнных датчиков. В зависимости от выбранного режима работы даталоггер позволяет организовать автоматизированную систему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

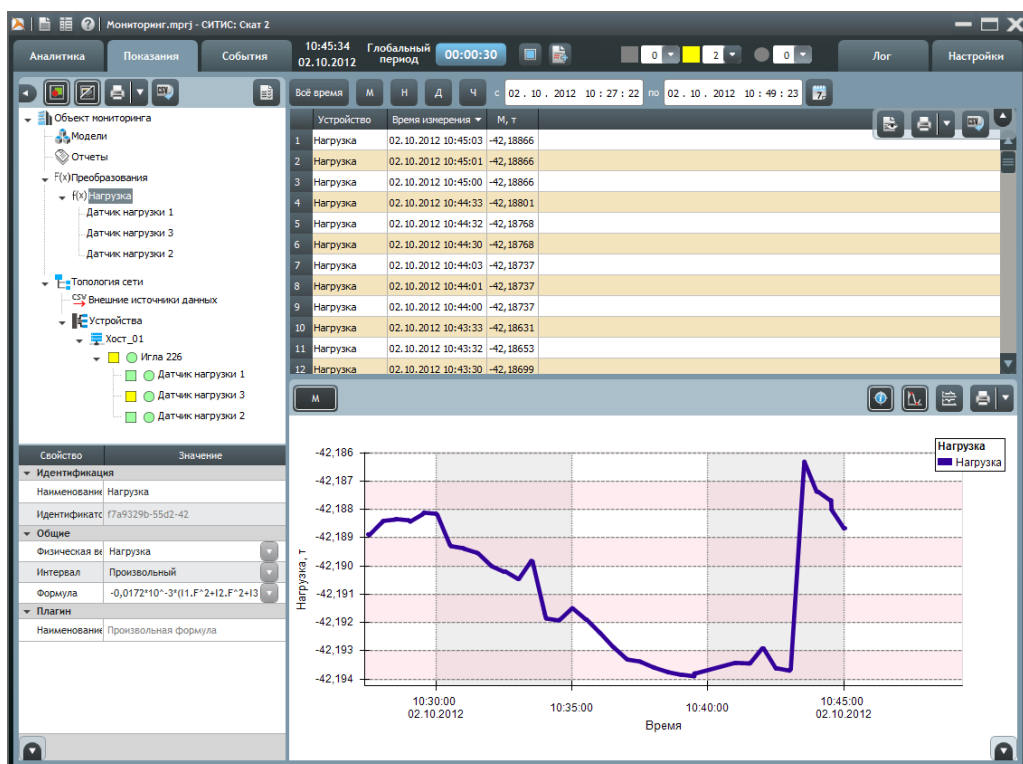
3.3. Визуализация показаний с помощью приложений «Скат Лайт», «Скат» и «Скат Про»

- 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» и «Скат».** 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 нагрузки. Нулевое показание

- 4.1.1. Датчик нагрузки, установленный в конструкцию, измеряет значения частоты колебаний струн тензодатчиков, входящих в его состав, которые нужно преобразовать с помощью формул 1.5.13 и 1.5.19 в значение нагрузки.
- 4.1.2. **Примечание.** Преобразование значения частоты колебаний струны тензодатчика в значение нагрузки выполняется либо посредством «ручного» расчета, либо автоматически с помощью специализированного программного обеспечения «СИТИС: Скаты», входящего в АСМК «СИТИС: Спрут» (см. п. 3.3).
- 4.1.3. Так как значение нагрузки, полученное с помощью струнного датчика нагрузки при отсутствии воздействия, не равно нулю, а изменение нагрузки на конструкцию нужно наблюдать относительно ее состояния без нагрузки, то необходимо привести шкалу к нулю.
- 4.1.4. Приведение шкалы нагрузки к нулю выполняется с помощью нулевых показаний датчика.
- 4.1.5. **Нулевое показание** — это показание датчика при отсутствии на него внешнего воздействия (за исключением атмосферного давления). Нулевые показания колебаний струны датчика F_0 и температуры T_0 нужно снимать в его рабочей позиции, но до момента его нагружения.
- 4.1.6. Приведение шкалы нагрузки к нулю выполняется следующим образом:
- 4.1.7. – нулевое показание нагрузки принять за нуль;
- 4.1.8. – преобразовать каждое последующее показание нагрузки, вычитая из него нулевое показание нагрузки.
- 4.1.9. Таким образом, нагрузка на конструкцию с учетом сдвига шкалы ΔM вычисляется по формуле:
- 4.1.10.
$$\Delta M = M - M_0,$$
- 4.1.11. где ΔM — значение нагрузки с учетом сдвига шкалы, т;
- 4.1.12. M — значение нагрузки, измеренное датчиком, т;
- 4.1.13. M_0 — нулевое значение нагрузки, т.
- 4.1.14. **Примечание.** С помощью программного комплекса «СИТИС: Скаты» можно записать нулевые показания датчика в его электронную метку.
- 4.1.15. **Примечание.** Нулевое показание должно быть снято и записано для каждого тензодатчика, входящего в состав датчика нагрузки.

4.2. Вычисление нагрузки с учетом температурных эффектов

- 4.2.1. Материал, используемый в конструкции струнного датчика нагрузки, специально выбирается с целью минимизации влияния температурных эффектов на процесс измерения. Температурный коэффициент расширения корпуса датчика очень близок к аналогичному коэффициенту струн тензодатчиков, поэтому температурные эффекты взаимно компенсируются.
- 4.2.2. Однако это справедливо только когда корпус датчика и струны тензодатчиков имеют одинаковую температуру. Это обычно относится к вмонтированным датчикам, а не тем, которые находятся на поверхности. Прямые солнечные лучи могут нагреть корпус датчика нагрузки намного быстрее, чем струны тензодатчиков. Нужно защищать датчик нагрузки от попадания прямого солнечного света и перед началом измерений следует дождаться, пока датчик достигнет температуры окружающей среды.
- 4.2.3. Тем не менее, существует небольшая погрешность измерений, вызванная температурным эффектом. При необходимости максимально точных расчетов или при вероятности больших перепадов температур следует учитывать поправку на воздействие температур по следующей формуле:
- 4.2.4.
$$M_T = \alpha(T - T_0),$$
- 4.2.5. где M_T — поправка на значение нагрузки вследствие изменения температуры, т;
- 4.2.6. T — показание температуры, °С;
- 4.2.7. T_0 — нулевое показание температуры, °С;
- 4.2.8. α — коэффициент теплового расширения, т/°С.

4.2.9. **Примечание.** Температурный коэффициент теплового расширения α сохранен в электронной метке каждого тензодатчика, входящего в состав датчика нагрузки #1.09, и приведен в калибровочном сертификате датчика нагрузки.

4.3. Другие факторы

4.3.1. Поскольку целью установки датчика является мониторинг условий строительной площадки, всегда следует наблюдать и регистрировать факторы, которые могут повлиять на эти условия. Незначительные на вид изменения могут в значительной степени повлиять на работу наблюдаемой конструкции, они являются своего рода ранними индикаторами потенциальных проблем. Некоторые факторы, которые могут влиять на состояние наблюдаемой конструкции: взрывные работы, выпадение дождей, границы прилива, уровни экскавации и засыпки и их последовательность, уличное движение, температурные и барометрические изменения, строительная деятельность, сезонные изменения и т.д.

4.4. Вычисление фактической нагрузки

4.4.1. Фактическая нагрузка — значение нагрузки на конструкцию в результате внешнего воздействия.

4.4.2. Фактическое измерение нагрузки M_{Σ} с учетом поправок на измерение температуры рассчитывается по следующей формуле:

$$4.4.3. \quad M_{\Sigma} = \Delta M + M_T,$$

4.4.4. где M_{Σ} — значение фактической нагрузки, т

4.4.5. ΔM — значение нагрузки, полученное с помощью датчика нагрузки, т;

4.4.6. M_T — поправка нагрузки на изменение температуры, т.

4.5. Пример расчета нагрузки

4.5.1. Далее приведен пример расчета нагрузки с приведением шкалы к нулю и учетом эффекта изменения температуры.

4.5.2. Пусть в момент времени t_0 датчиком нагрузки измерены нулевые показания (в отсутствии нагрузки) частоты F_0 и температуры T_0 . А в момент времени t , когда на конструкцию действует нагрузка, датчиком измерены показания частоты F и температуры T .

| | t_0 15.09.2011 15:40:00 | t 20.09.2011 11:10:00 |
|-----------------|---|---|
| Тензодатчик № 1 | $F_{(1)0} = 2705,3$ Гц $T_{(1)0} = 25,81$ °С | $F_{(1)} = 2651,2$ Гц $T_{(1)} = 22,32$ °С |
| Тензодатчик № 2 | $F_{(2)0} = 2713,1$ Гц $T_{(2)0} = 25,20$ °С | $F_{(2)} = 2648,4$ Гц $T_{(2)} = 21,95$ °С |
| Тензодатчик № 3 | $F_{(3)0} = 2692,6$ Гц $T_{(3)0} = 26,32$ °С | $F_{(3)} = 2620,1$ Гц $T_{(3)} = 22,34$ °С |

4.5.10. Также известны:

4.5.11. коэффициент теплового расширения $\alpha = -0,0255$ т/°С;

4.5.12. калибровочный коэффициент $G = -0,0172$ т/Гц².

4.5.13. Тогда:

4.5.14. – нагрузка M_0 , соответствующая нулевым показаниям датчика нагрузки в момент времени t_0 , равна:

$$4.5.15. \quad M_{(1)0} = G F_{(1)0}^2 \cdot 10^{-3} = -0,0172 \cdot 2705,3^2 \cdot 10^{-3} = -125,8807 \text{ т};$$

$$4.5.16. \quad M_{(2)0} = G F_{(2)0}^2 \cdot 10^{-3} = -0,0172 \cdot 2713,1^2 \cdot 10^{-3} = -126,6077 \text{ т};$$

$$4.5.17. \quad M_{(3)0} = GF_{(3)0}^2 10^{-3} = -0,0172 \cdot 2692,6^2 \cdot 10^{-3} = -124,7016 \text{ т};$$

$$4.5.18. \quad M_0 = \frac{M_{(1)0} + M_{(2)0} + M_{(3)0}}{3} = (-125,8807 - 126,6077 - 124,7016)/3 = -125,73 \text{ т}.$$

4.5.19. – нагрузка M , соответствующая показаниям датчика в момент времени t , равна:

$$4.5.20. \quad M_{(1)} = GF_{(1)}^2 10^{-3} = -0,0172 \cdot 2651,2^2 \cdot 10^{-3} = -120,8964 \text{ т};$$

$$4.5.21. \quad M_{(2)} = GF_{(2)}^2 10^{-3} = -0,0172 \cdot 2648,4^2 \cdot 10^{-3} = -120,6412 \text{ т};$$

$$4.5.22. \quad M_{(3)} = GF_{(3)}^2 10^{-3} = -0,0172 \cdot 2620,1^2 \cdot 10^{-3} = -118,0767 \text{ т};$$

$$4.5.23. \quad M = \frac{M_{(1)} + M_{(2)} + M_{(3)}}{3} = (-120,8964 - 120,6412 - 118,0767)/3 = -119,8714 \text{ т}.$$

4.5.24. – нагрузка ΔM в результате приведения шкалы к нулю равна:

$$4.5.25. \quad \Delta M = M - M_0 = -119,8714 - (-125,73) = 5,8586 \text{ т}.$$

4.5.26. – нагрузка M_T вследствие изменения температуры равна:

$$4.5.27. \quad M_{(1)T} = \alpha(T_{(1)} - T_{(1)0}) = -0,0255 \cdot (22,32 - 25,81) = -0,089 \text{ т};$$

$$4.5.28. \quad M_{(2)T} = \alpha(T_{(2)} - T_{(2)0}) = -0,0255 \cdot (21,95 - 25,20) = -0,083 \text{ т};$$

$$4.5.29. \quad M_{(3)T} = \alpha(T_{(3)} - T_{(3)0}) = -0,0255 \cdot (22,34 - 26,32) = -0,101 \text{ т};$$

$$4.5.30. \quad M_T = \frac{M_{(1)T} + M_{(2)T} + M_{(3)T}}{3} = (-0,089 - 0,083 - 0,101)/3 = -0,091 \text{ т}.$$

4.5.31. – фактическая нагрузка M_Σ с учетом изменения температуры равна:

$$4.5.32. \quad M_\Sigma = \Delta M + M_T = 5,8586 - 0,091 = 5,7676 \text{ т}.$$

5. Техническое обслуживание датчика

5.1. Эксплуатация

- 5.1.1. Техническое обслуживание датчика нагрузки и устранение неисправностей обычно ограничивается периодическими проверками кабельных соединений.
- 5.1.2. Не допускается вскрытие корпуса датчика. В случае неисправности ремонт датчика производится только организацией-изготовителем, либо специализированными организациями или специалистами, сертифицированными организацией-изготовителем.
- 5.1.3. Ни при каких обстоятельствах нельзя поднимать или держать датчик за сигнальный кабель.
- 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.

5.2. Гарантия

- 5.2.1. В случае возникновения неисправностей в устройствах комплекта датчика нагрузки или вопросов по эксплуатации изделий комплекта «СИТИС: Спрут» следует обращаться в сервисную службу ООО «СИТИС» по телефону 8-800-70000-92 (звонок бесплатный) или электронной почте 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 датчик нагрузки действует 3 года. Средний срок службы датчика составляет 25 лет.

5.3. Хранение

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

5.4. Транспортирование

- 5.4.1. Транспортирование комплекта датчика нагрузки 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.
- 5.4.3. Ни при каких обстоятельствах нельзя поднимать или держать датчик за сигнальный кабель.

5.5. Утилизация

- 5.5.1. Утилизацию комплекта датчика нагрузки производит потребитель.

6. Термины и определения

А

АСМК — автоматизированная система мониторинга конструкций и оснований зданий и сооружений.

Д

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

И

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

М

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

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

7. Примеры установки и подключения датчика

7.1. Назначение выводов датчика

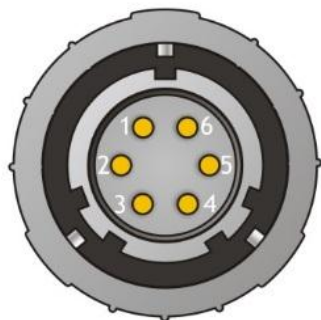
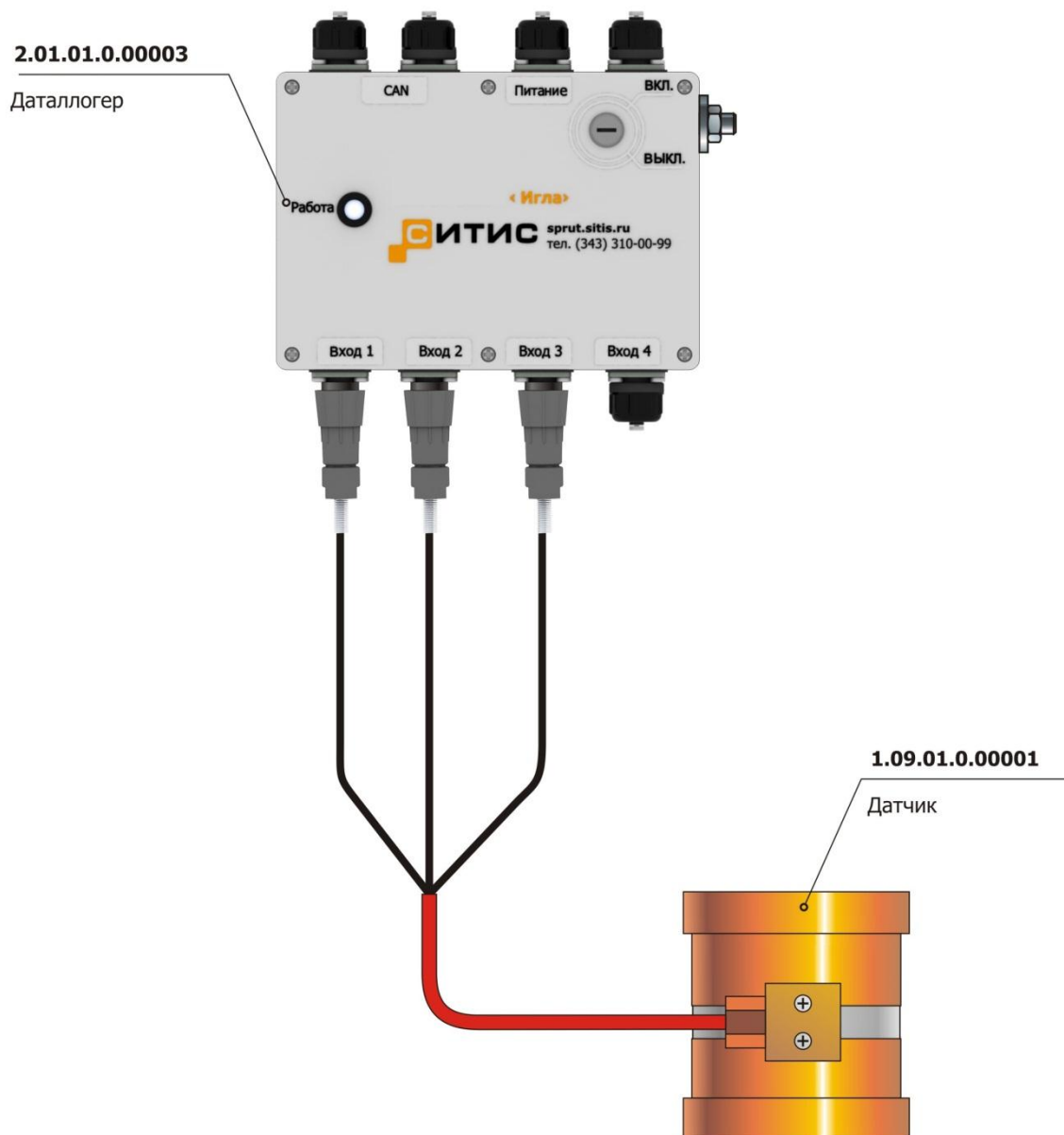


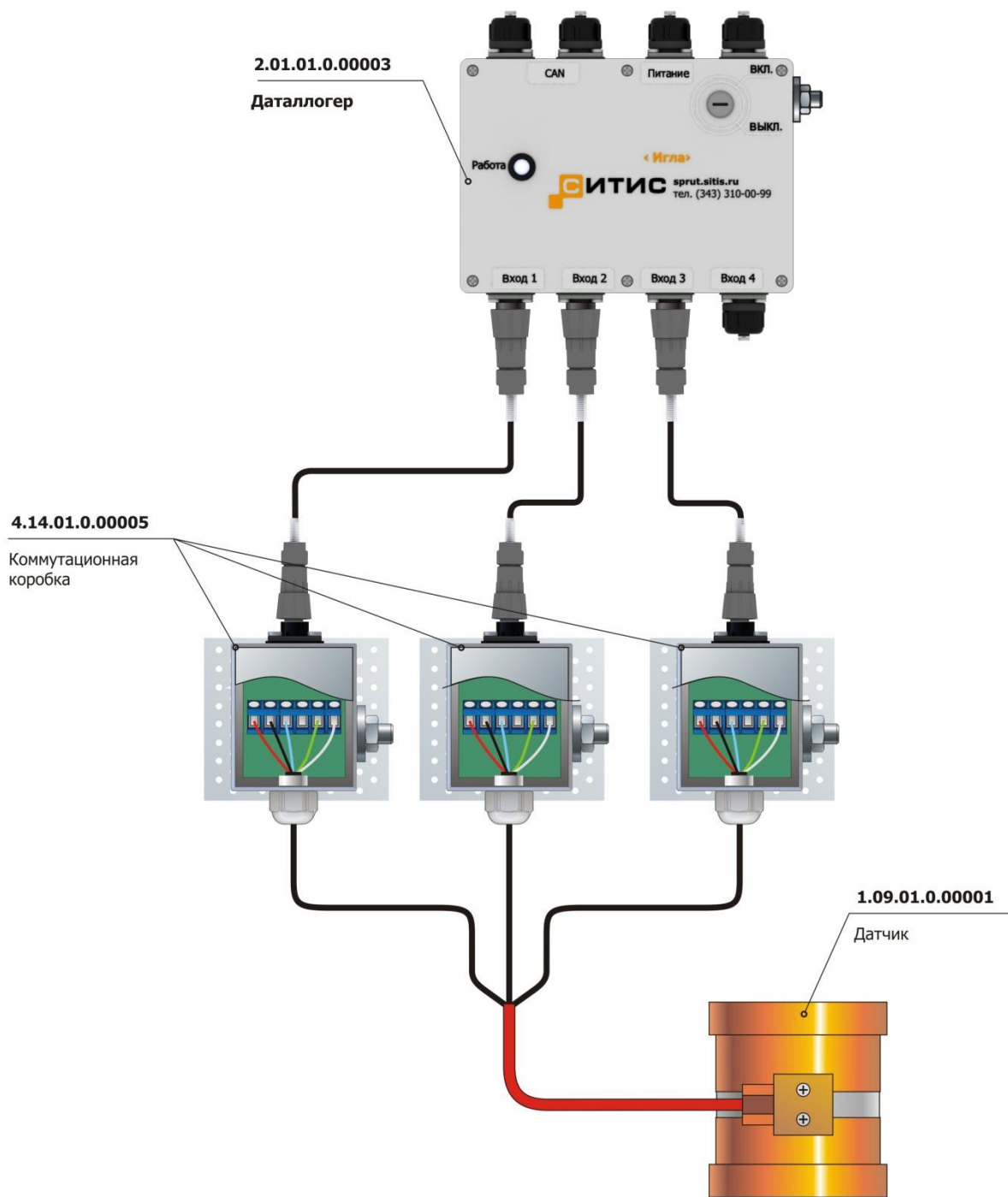
Таблица подключения цепи датчика

| 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. Схема подключения датчика непосредственно к даталоггеру «Игла» #2.01.01

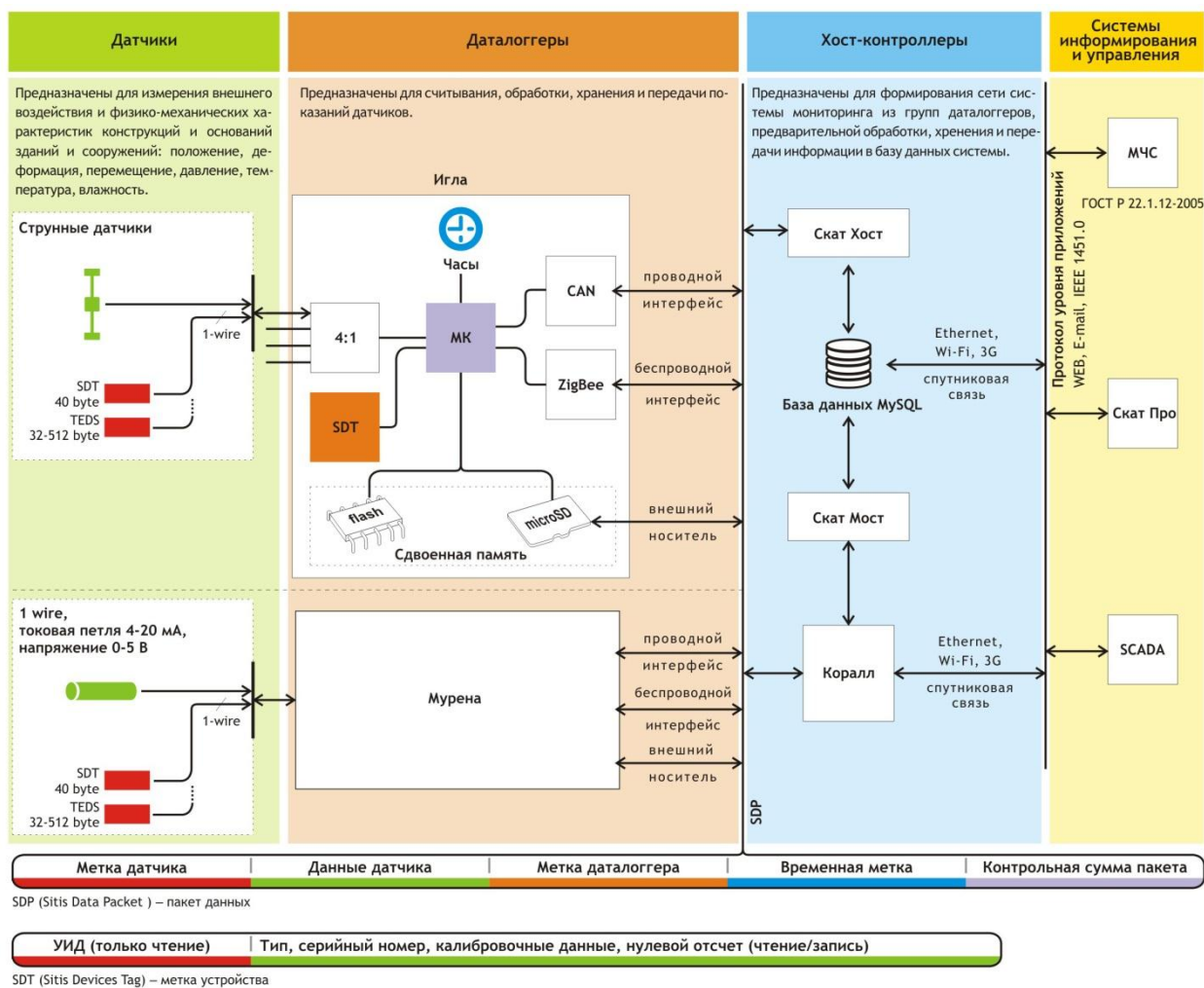


7.3. Схема подключения датчика к даталоггеру Игла #2.01.01 с использованием коммутационных коробок



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 (UID) 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 (UID), 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).

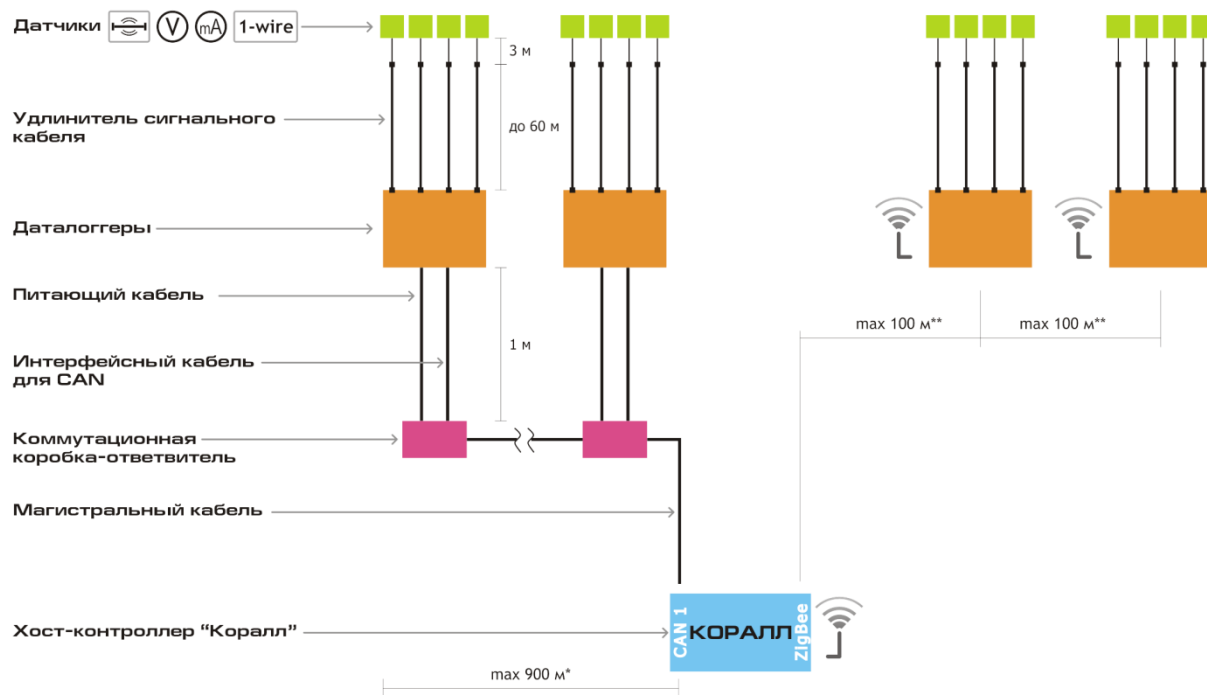
«Черный ящик»

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