

102-М-3-01.11.2012

**Струнный пьезометр  
Спрут 1.02  
Руководство по эксплуатации**

**Редакция 3**

## Аннотация

Настоящий документ является руководством по эксплуатации (далее — РЭ) струнного пьезометра Спрут 1.02, 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 .....	6
1.6. Маркировка датчика .....	8
1.7. Модификации датчика .....	8
2. Установка датчика .....	9
2.1. Проверка работоспособности датчика перед установкой .....	9
2.2. Водонасыщение фильтра датчика .....	9
2.3. Установка фильтра датчика .....	9
2.4. Проверка калибровки датчика .....	10
2.5. Установка датчика в скважину .....	10
2.6. Установка датчика в насыпь .....	12
2.7. 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 давления. Нулевое показание .....	17
4.2. Вычисление давления с учетом температурных эффектов .....	17
4.3. Вычисление давления с учетом изменения атмосферного давления .....	18
4.4. Вычисление фактического давления .....	18
4.5. Преобразование единиц измерения .....	18
4.6. Пример расчета давления и высоты водяного столба .....	19
5. Техническое обслуживание датчика .....	21
5.1. Эксплуатация .....	21
5.2. Гарантия .....	21
5.3. Хранение .....	21
5.4. Транспортирование .....	21
5.5. Утилизация .....	21
6. Термины и определения .....	22
7. Назначение выводов датчика .....	23
8. Приложение 1. Применение АСМК «СИТИС: Спрут» .....	24
9. Приложение 2. Структурная схема сети АСМК «СИТИС: Спрут» .....	26

## 1. Описание датчика

### 1.1. Назначение датчика

- 1.1.1. Струнный пьезометр Спрут 1.02 (далее — пьезометр) разработан для измерения уровня грунтовых и порового давления при мониторинге состояния скважин, насыпей, трубопроводов, колодцев, шахт, туннелей, дорожных конструкций и мягкой почвы.
- 1.1.2. Применение пьезометра:
- 1.1.3. – контроль давления воды при длительном мониторинге;
- 1.1.4. – прогнозирование возникновения оползней;
- 1.1.5. – расчет противодействия и плавучести;
- 1.1.6. – мониторинг просачивания, определение грунтовых линий и верификация моделей потока
- 1.1.7. – наблюдение потоков;
- 1.1.8. – наблюдение расхода и направления потока загрязненной воды.
- 1.1.9. Показаниями пьезометра являются:
- 1.1.10. – частота колебания струны датчика, Гц;
- 1.1.11. – температура окружающей среды датчика, °С.
- 1.1.12. С помощью специализированного программного обеспечения «СИТИС: Скат», входящего в АСМК «СИТИС: Спрут», показания датчика давления преобразуются в показание давления  $P$  в «Па».



- 1.1.13.
- 1.1.14. Ключевые особенности пьезометра:
- 1.1.15.  — интерфейс датчиков, имеющих струнный выход. Частота на выходе датчика изменяется пропорционально измеряемой величине.
- 1.1.16.  — 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 пьезометр
1.2.3.	Диапазон измерений: – #1.02.1 – #1.02.2	кПа кПа	0 – 300 0 – 1 000
1.2.4.	Точность: – #1.02.1 – #1.02.2	кПа кПа	±1,5 ±5
1.2.5.	Чувствительность: – #1.02.1 – #1.02.2	кПа кПа	0,075 0,25
1.2.6.	Диапазон измерений (уровень водяного столба): – #1.02.1 – #1.02.2	м м	0 – 30,6 0 – 102
1.2.7.	Точность (уровень водяного столба): – #1.02.1 – #1.02.2	м м	±0,15 ±0,51
1.2.8.	Чувствительность (уровень водяного столба): – #1.02.1 – #1.02.2	м м	0,0077 0,026
1.2.9.	Диапазон измерений цифрового термометра	°С	-40 – +85
1.2.10.	Точность цифрового термометра	°С	±2
1.2.11.	Чувствительность цифрового термометра	°С	0,1
1.2.12.	Выходной сигнал	Гц	частотный 2 400 – 3 400
1.2.13.	Минимальное время опроса	с	1
1.2.14.	Энергопотребление за цикл опроса	Вт	0,02
1.2.15.	Сопrotивление катушки при 25 °С	Ом	140 – 160
1.2.16.	Материал корпуса		нержавеющая сталь
1.2.17.	Фильтр		с низкой воздушной проницаемостью
1.2.18.	Степень защиты от внешних воздействий по ГОСТ 1.04254		IP68
1.2.19.	Габаритные размеры	мм	Ø20×150
1.2.20.	Максимальная длина сигнального кабеля	м	60
1.2.21.	Условия эксплуатации: – температура окружающего воздуха – относительная влажность воздуха при 25 °С, не более	°С %	-30 – +80 80
1.2.22.	Средний срок службы	год	25
1.2.23.	Гарантийный срок	год	3

### 1.3. Комплектация датчика

- 1.3.1. Пьезометр поставляется в следующей комплектации:
- 1.3.2. – пьезометр с фильтром в индивидуальной полиэтиленовой упаковке – 1 шт.;
- 1.3.3. – геотекстильная сумка – 1 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 пьезометром 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. – #7 программный комплекс «СИТИС: Скат».
- 1.4.6. При установке пьезометра могут потребоваться следующие приспособления и инвентарь:
- 1.4.7. – глубиномер;
  - 1.4.8. – ведро с чистой водой;
  - 1.4.9. – полиэтиленовый пакет;
  - 1.4.10. – временная обсадная труба (для установки в скважину);
  - 1.4.11. – засыпные материалы: песок, гравий, бетонитовые гранулы, цемент;
  - 1.4.12. – оборудование для бурения скважины или выкапывания траншеи.

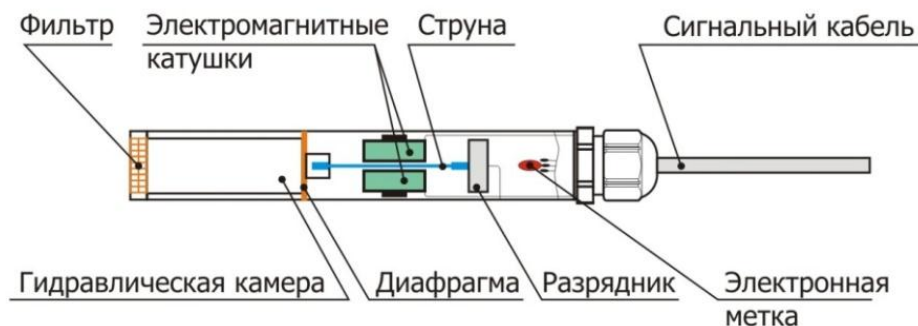
### 1.5. Принцип работы датчика

- 1.5.1. В основу работы струнного пьезометра положен принцип зависимости частоты колебаний струны от степени её натяжения. При изменении давления воды в конструкции, куда установлен датчик, изменяется натяжение струны. Частота колебаний струны датчика пропорциональна давлению воды в конструкции.
- 1.5.2. Струнный пьезометр имеет цилиндрический корпус из нержавеющей стали, в который встроены гидравлическая камера, сенсор — стальная струна и чувствительная диафрагма, предохранитель от превышения давления. Струна является измерительным элементом; один ее конец закреплен внутри корпуса датчика, а второй — на чувствительной диафрагме. Около струны расположены электромагнитные катушки, которые предназначены для возбуждения колебаний струны и считывания их частоты.
- 1.5.3. К корпусу датчика прикреплен дисковый фильтр из синтезированного аналога нержавеющей стали, керамики или пластика для отделения гидравлической камеры от окружающей среды. К датчику подключен сигнальный кабель, соединяющий пьезометр со считывающим устройством, по которому передаются данные с датчика.

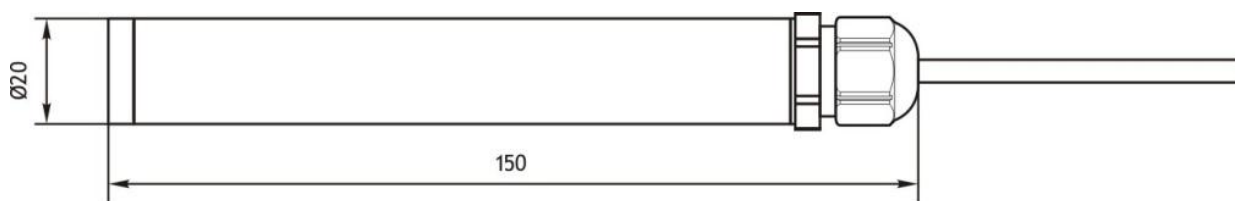
1.5.4. **Примечание.** Пьезометр #1.02 оснащен электронной меткой, которая позволяет в любой момент времени однозначно его идентифицировать. Электронная метка содержит уникальный цифровой идентификатор датчика, серийный номер, калибровочный коэффициент, а также свободную память, где могут быть сохранены нулевые показания или географические координаты установленного датчика. Для расчета компенсации эффектов теплового расширения (см. п. 4.2) в датчик встроен 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.

1.5.5. Жидкость в конструкции, куда установлен пьезометр, создает давление в гидравлической камере, что вызывает деформацию диафрагмы и приводит к изменению частоты колебаний струны.

1.5.6. Схема струнного пьезометра #1.02:



1.5.7.



1.5.8.

1.5.9. Показанием пьезометра является частота колебаний его струны.

1.5.10. Так как квадрат частоты колебаний струны пропорционален давлению, действующему на диафрагму, то, измеряя частоту колебаний, можно определить поровое давление или уровень воды в конструкции, куда установлен пьезометр.

1.5.11. Частоту колебаний струны  $F$  пьезометра можно преобразовать в давление в конструкции  $P$  с помощью полиномиального или линейного преобразований:

1.5.12.  $P_{\text{полиномиальное}} = AF^4 10^{-6} + BF^2 10^{-3},$

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

1.5.14. где  $P$  — давление в конструкции, кПа;

1.5.15.  $F$  — частота колебаний струны пьезометра, Гц;

1.5.16.  $A$  — полиномиальный калибровочный коэффициент, кПа/Гц<sup>4</sup>;

1.5.17.  $B$  — полиномиальный калибровочный коэффициент, кПа/Гц<sup>2</sup>;

1.5.18.  $G$  — линейный калибровочный коэффициент, кПа/Гц<sup>2</sup>.

1.5.19. Значения калибровочных коэффициентов определяются в процессе индивидуальной калибровки каждого пьезометра. Калибровка выполняется при известном атмосферном давлении и температуре.

1.5.20. **Примечание.** Полиномиальное преобразование дает более точный результат, а линейное является более удобным для ручного расчета. Разница между значениями давления при использовании данных методов составляет примерно 0,2 %.

1.5.21. **Примечание.** Калибровочные коэффициенты  $A$ ,  $B$  и  $G$  записаны в электронную метку каждого пьезометра #1.02 и указаны в его калибровочном сертификате.

- 1.5.22. Таким образом, измеренная пьезометром частота колебаний струны преобразуется в давление в конструкции. Преобразование выполняется либо автоматически программным обеспечением «СИТИС: Скат», входящим в АСМК «СИТИС: Спрут», либо вручную пользователем. Подробнее о расчете давления и вычислении поправок см. п. 4 «Работа с показаниями датчика».

## 1.6. Маркировка датчика



- 1.6.1. На корпус пьезометра и сигнальный кабель прикреплены маркировочные таблички со следующей информацией: тип датчика, его серийный номер, штрихкодовая маркировка.
- 1.6.2. Струнный пьезометр имеет артикул #1.02.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 («02» — струнный пьезометр);
- 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.

Артикул	Описание
1.02.01.0.00001	Струнный пьезометр с диапазоном измерений 0-350 кПа и точностью $\pm 1,75$ кПа. Датчик оборудован фильтром с низкой воздушной проницаемостью. Оснащен сигнальным кабелем длиной 5 м, свободный конец кабеля выполнен под винтовой зажим или пайку.
1.02.02.0.00003	Струнный пьезометр с диапазоном измерений 0-1 МПа и точностью $\pm 5$ кПа. Датчик оборудован фильтром с низкой воздушной проницаемостью. 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 пьезометра:
- 1.7.2. – под винтовой зажим или пайку;
- 1.7.3. – байонетный разъем.

Внешний вид	Описание
	Свободный конец сигнального кабеля, предназначенный под винтовой зажим или пайку.
	Свободный конец сигнального кабеля с разъемом байонетного типа FQ14. Разъем выполнен из неэкранированного 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.



## 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 процедуру считывания данных, убедиться в том, что происходит нормальное, без сбоев, считывание уникального цифрового идентификатора датчика. Проверить соответствие температуры, измеренной датчиком, температуре окружающей среды. Значение частоты должно быть равно примерно 3 500 Гц (что соответствует значению давления порядка 10<sup>5</sup> Па);
- 2.1.9. – погрузить датчик в воду, при этом показания датчика должны изменяться: частота должна уменьшаться с увеличением глубины погружения.
- 2.1.10. **Примечание.** Для просмотра данных, считанных с датчика, следует воспользоваться программным обеспечением «СИТИС: Скат» (см. п. 3 «Сбор показаний »).
- 2.1.11. 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. Водонасыщение фильтра датчика

- 2.2.1. Водонасыщение фильтра — это процесс полного удаления воздуха из его пор. При водонасыщении жидкостью с пониженным содержанием кислорода, вытесняет воздух из пор фильтра.
- 2.2.2. Водонасыщение фильтра пьезометра выполняется для того, чтобы изменение внешнего давления жидкости быстрее и точнее передавалось на чувствительный элемент датчика — диафрагму и струну. Кроме того, так как в насыщенном фильтре отсутствует поток, то частицы грунта не будут засорять поры фильтра.
- 2.2.3. В зависимости от воздушной проницаемости фильтра предусмотрены различные способы водонасыщения: один для фильтра с низкой воздушной проницаемостью, другой для фильтров с высокой воздушной проницаемостью.
- 2.2.4. **Примечание.** Воздушная проницаемость — это давление, необходимое для прохождения воздуха через насыщенный фильтр. Данный параметр удобен в применении, так как он пропорционален размеру пор и типу используемой жидкости. Обычно низкая воздушная проницаемость составляет 3–30 кПа, а высокая воздушная проницаемость — от 100 кПа. Насыщение фильтра с низкой воздушной проницаемостью осуществляется быстрее.
- 2.2.5. Для водонасыщения фильтра с низкой воздушной проницаемостью его нужно погрузить в контейнер, наполненный до краев кипяченой водой (с целью удаления воздуха), минимум на 24 ч.

### 2.3. Установка фильтра датчика

- 2.3.1. Последовательность действий при установке фильтра датчика:

- 2.3.2. – наполнить ведро чистой водой;
- 2.3.3. – опустить фильтр под воду;
- 2.3.4. – опустить в ведро пьезометр и заполнить водой гидравлическую камеру;
- 2.3.5. – под водой вставить фильтр в корпус пьезометра, избегая попадания пузырьков воздуха в гидравлическую камеру.
- 2.3.6. **Внимание!** Если фильтр с высокой воздушной проницаемостью устанавливается на пьезометр с низким диапазоном давления (<0,2 МПа), то, во избежание поломки сенсора из-за превышения допустимого давления, необходимо контролировать показания давления (с помощью считывающего устройства) в процессе присоединения фильтра к пьезометру. Нужно дать жидкости медленно пройти через фильтр, постепенно прикручивая его к корпусу пьезометра, делая при необходимости паузы до того момента, когда избыточное давление спадет, а показание считывающего устройства вернется к нулевой отметке.

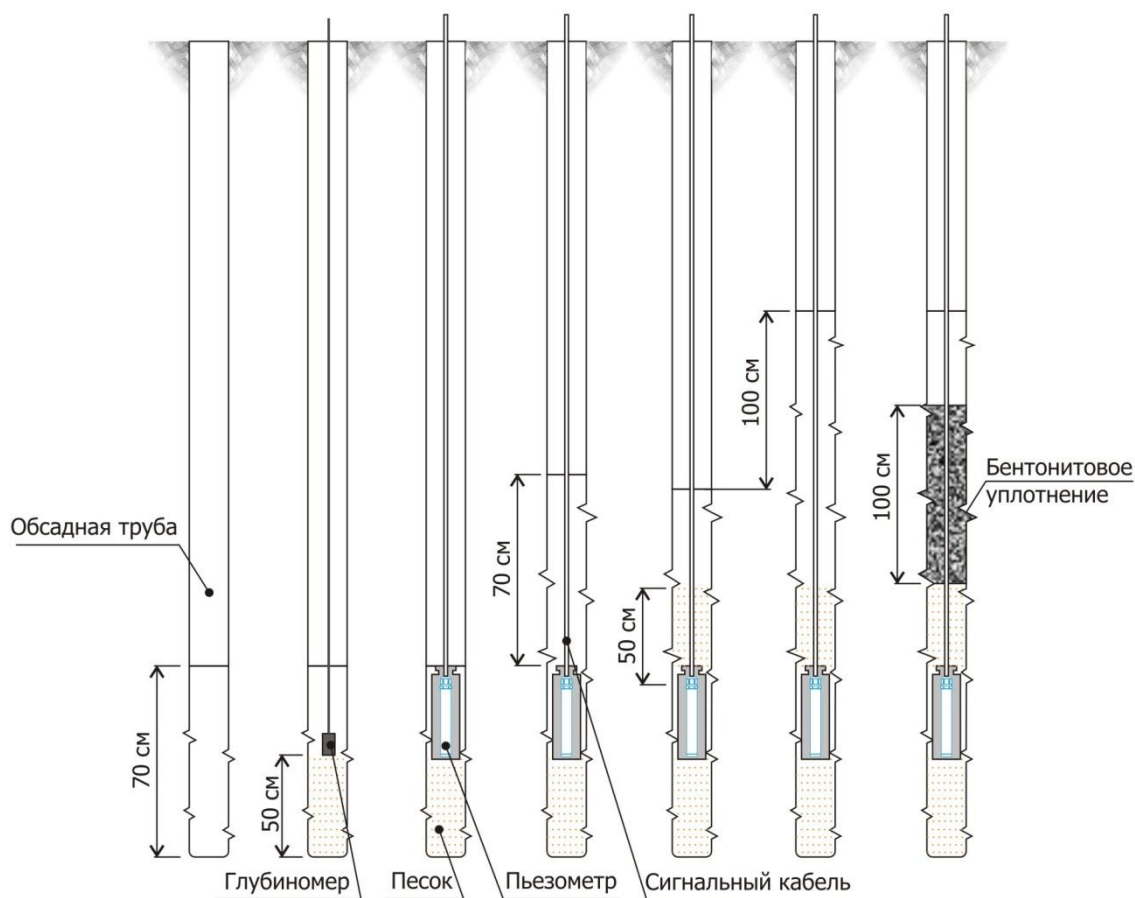
## 2.4. Проверка калибровки датчика

- 2.4.1. Для оценочной проверки калибровочных коэффициентов датчика из его калибровочного сертификата можно провести следующий тест:
- 2.4.2. – установить фильтр на датчик (см. п. 2.3);
- 2.4.3. – погрузить датчик в заполненную водой скважину на заранее отмеренную по кабелю глубину;
- 2.4.4. – оставить датчик на 15-20 мин для установки температурного баланса;
- 2.4.5. – с помощью считывающего устройства снять показания датчика и сравнить его с глубиной погружения пьезометра: в норме допустимый разброс значений составляет  $\pm 5\%$  (причиной разброса значений являются погрешности в условиях проведения данного теста, которые исключены при выполнении калибровки в лабораторных условиях).
- 2.4.6. На результаты описанного теста могут влиять следующие факторы:
- 2.4.7. – плотность воды в скважине может оказаться не  $1 \text{ г/см}^3$  из-за соли или примесей. В этом случае необходимо определить реальную плотность воды и пересчитать давление с учетом поправки (см. п. 4.5.9);
- 2.4.8. – погружение пьезометра в узкую скважину может существенно повлиять на уровень воды; в этом случае приращение уровня воды нужно проверять глубиномером.

## 2.5. Установка датчика в скважину

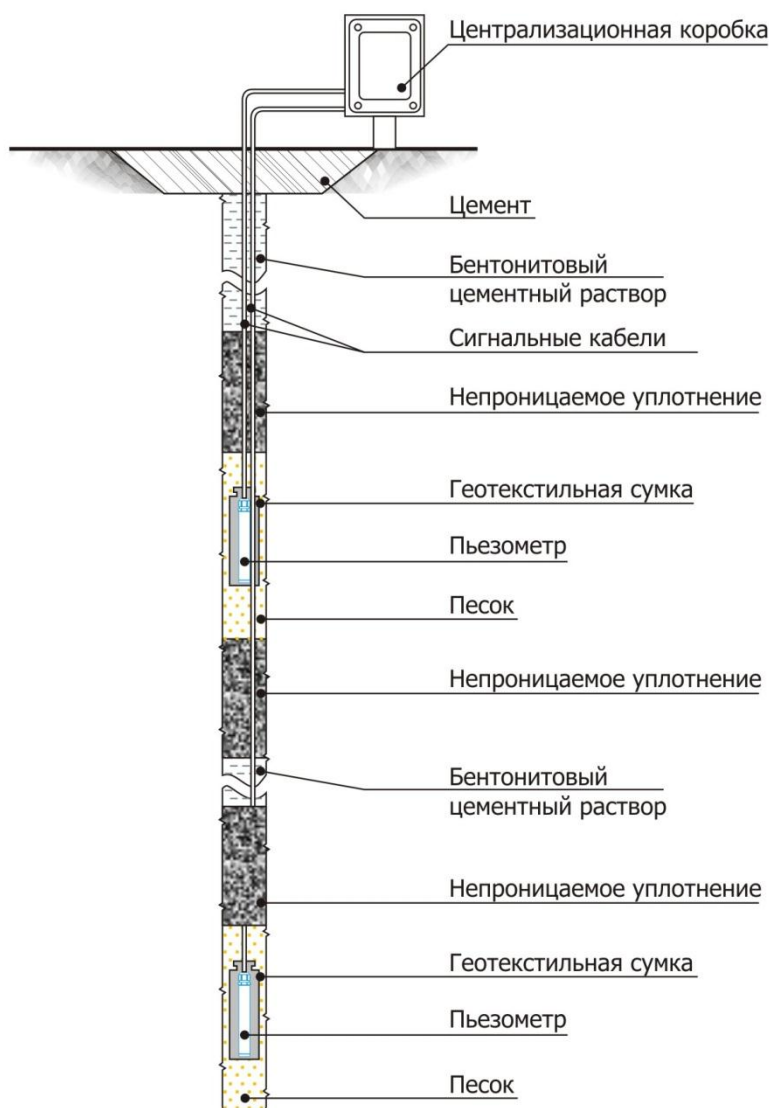
- 2.5.1. Пьезометр можно устанавливать в скважину, созданную посредством бурения с промывкой или сверления с выносом керна. Рекомендуется установить в скважину временную обсадную трубу с внутренним диаметром не менее 85 мм.
- 2.5.2. **Примечание.** При создании скважины следует избегать использования бурового раствора.
- 2.5.3. Для установки пьезометра необходимы следующие приспособления и инвентарь: глубиномер, бентонитовые гранулы, чистый песок, ведро с чистой водой.
- 2.5.4. Последовательность действий при установке пьезометра в скважину:
- 2.5.5. – размотать сигнальный кабель и отметить на нем глубину установки датчика;
- 2.5.6. – снять нулевые показания (см. п. 4.1);
- 2.5.7. – в ведро с чистой водой погрузить водонасыщенный фильтр и датчик, установить фильтр в датчик (см. п. 2.3);
- 2.5.8. – под водой поместить датчик в геотекстильную сумку, заполнить пакет чистым песком и завязать его вокруг сигнального кабеля;
- 2.5.9. – под водой поместить геотекстильную сумку в полиэтиленовый пакет и завязать его вокруг сигнального кабеля с помощью скотча;
- 2.5.10. – с помощью глубиномера измерить глубину скважины, она должна быть, по крайней мере, на 50 см больше, чем планируемый уровень установки датчика;
- 2.5.11. – аккуратно промыть скважину чистой водой так, чтобы обратный поток воды из нее стал чистым;
- 2.5.12. – измерить уровень дна скважины с помощью глубиномера и проверить работоспособность датчика (см. п. 2.1);
- 2.5.13. – поднять обсадную трубу на 70 см, в скважину медленно засыпать песок или мелкий гравий (максимальный диаметр 0,5 см) для образования кармана высотой 50 см на дне скважины. Если пьезометр планируется устанавливать не на дно скважины, то можно заполнить дно скважины смесью из 100 л воды, 50 кг цемента и 5 кг бентонита;

- 2.5.14. – заполнить обсадную трубу чистой водой, поместить пакет с пьезометром в воду в верхней части трубы, разрезать пластиковый пакет и немедленно опустить датчик в воду. Погрузить пьезометр на сигнальном кабеле на нужную глубину, отмеченную на нем. При погружении датчика он должен быть присоединен к считывающему устройству для контроля показаний;
- 2.5.15. – поднять обсадную трубу на 70 см, снять показание датчика, чтобы удостовериться, что он работает корректно. Заполнить скважину песком или мелким гравием так, чтобы закрыть фильтр примерно на 50 см, проверяя уровень глубиномером;
- 2.5.16. – поднять обсадную трубу примерно на 1 м, при этом следует контролировать положение датчика — он не должен вытянуться вверх вместе с обсадной трубой. С помощью бентонитовых гранул создать в скважине уплотнение высотой 1 м, при этом нужно добавлять бентонитовые гранулы слоями по 25-30 см, уплотняя каждый слой цилиндрическим молотком подходящего размера. С помощью глубиномера проверить итоговый уровень уплотнения;
- 2.5.17. – заполнить остальную часть скважины смесью из воды, цемента и бентонита, в пропорции: 100 л воды, 50 кг цемента и 5 кг бентонита;
- 2.5.18. – на поверхности установить монтажную коробку или подходящий корпус для защиты и закрепления конца сигнального кабеля.



- 2.5.19.
- 2.5.20. Показания пьезометра можно начинать считывать спустя несколько часов после установочных работ.
- 2.5.21. Если над уровнем фильтра располагается непроницаемый слой почвы, то бентонитовое уплотнение следует устанавливать именно в этом месте, чтобы восстановить изначальные гидрологические условия в почве.
- 2.5.22. Если необходимо установить два пьезометра в одну скважину (например, в случае наличия двух различных слоев почвы), необходимо устанавливать два фильтра и два бентонитовых уплотнения, обращая внимание на стратиграфию и толщину слоев. Внутренний диаметр обсадной трубы в случае установки более одного пьезометра должен быть не менее 110 мм.

2.5.23. Рекомендуется устанавливать в одну скважину не более двух пьезометров.



2.5.24.

## 2.6. Установка датчика в насыпь

- 2.6.1. Пьезометр, как правило, устанавливается в плотно уложенные насыпи, такие как дамбы и автодорожные насыпи, для мониторинга порового давления воды в ходе строительства и последующей эксплуатации. В порах сжатого ненасыщенного материала содержатся как вода, так и воздух, а в мелкокомковой почве различие между поровым давлением воды и поровым давлением воздуха может быть существенным. Таким образом, выбор типа пьезометра и способа его установки полностью зависит от типа материала, используемого в насыпи.
- 2.6.2. Для насыпей, где используется ненасыщенная почва, такая как глина, пьезометр должен иметь фильтр с высокой воздушной проницаемостью, и обеспечивать измерение порового давления воды, а не воздуха. При использовании гранулированного материала, такого как песок, гравий или каменная отсыпка, можно использовать фильтр с низкой воздушной проницаемостью.
- 2.6.3. Пьезометр, как правило, устанавливается в ходе строительства в неглубокую траншею, выкопанную в насыпи.
- 2.6.4. Если в насыпи используется крупнозернистый материал, пьезометр можно устанавливать в небольшой карман, выкопанный недалеко от траншеи и постепенно заполняющийся засыпным материалом. Однако, в случае использования в насыпи грубого гравия или каменной отсыпки следует создать в кармане подушку для датчика из песка или мелкого гравия.
- 2.6.5. В плотных ненасыщенных почвах, таких как глина, очень важно, чтобы фильтр пьезометра находился в контакте с уплотненным материалом. Таким образом, при установке пьезометра следует вдавить его в стенку траншеи. Другой способ установки датчика заключается в том, чтобы вдавить в отверстие, проделанное

специальным пробойником ту часть пьезометра, на которой находится фильтр. Форма и размер пробойника должны повторять ту часть пьезометра, на которой находится фильтр.

- 2.6.6. Последовательность действий при установке пьезометра в насыпь:
- 2.6.7. – выкопать в насыпи траншею (шириной 50 см, глубиной 30-40 см);
- 2.6.8. – проверить работоспособность датчика (см. п. 2.1);
- 2.6.9. – в ведро с чистой водой погрузить водонасыщенный фильтр и датчик, установить фильтр в датчик (см. п. 2.3);
- 2.6.10. – если датчик устанавливается в крупнозернистый материал, то его следует поместить в геотекстильную сумку, наполнить ее чистым песком и завязать его вокруг сигнального кабеля. Если пьезометр оснащен фильтром с высокой воздушной проницаемостью и устанавливается в ненасыщенную почву, то датчик не нужно помещать в геотекстильную сумку;
- 2.6.11. – снять нулевые показания (см. п. 4.1);
- 2.6.12. – если датчик устанавливается в крупнозернистый материал, то нужно выкопать карман в стенке траншеи и поместить в него геотекстильную сумку (в которой находится песок и датчик), засыпать карман плотным материалом. Если датчик устанавливается в ненасыщенную почву, то нужно вдавить его в стенку траншеи или сделать в ней специальное углубление с помощью пробойника, а затем поместить в него датчик;
- 2.6.13. – уложить сигнальный кабель в траншею в форме свернутой змеи так, чтобы он мог свободно и без повреждений растягиваться по мере усадки насыпи. В случае если засыпной материал содержит большие камни, для сигнального кабеля следует предусмотреть дополнительную защиту, например, стальной кабелепровод;
- 2.6.14. – засыпать траншею мелким материалом слоями по 5-10 см, тщательно уплотняя его вручную.

Слой наполнителя



- 2.6.15. **Способ установки А**

Слой наполнителя



- 2.6.16. **Способ установки В**

## 2.7. Укладка и защита сигнального кабеля

- 2.7.1. Укладка сигнального кабеля очень важная часть установки датчика, так как при его повреждении станет невозможным считывание показаний пьезометра. Аккуратная укладка особенно важна, так как датчик после установки становится недоступен для технического обслуживания.
- 2.7.2. При укладке сигнального кабеля он должен быть:
- 2.7.3. – защищен от повреждений острыми камнями в процессе установки, взрывных операций и т.п.;
- 2.7.4. – защищен от повреждений уплотнительным оборудованием;
- 2.7.5. – при укладке в траншею — уложен зигзагом, чтобы избежать растяжения.
- 2.7.6. В насыпях сигнальный кабель может быть помещен в защитный слой песка или мелкого засыпного материала. Типичный монтаж может, например, включать в себя расположение ряда сигнальных кабелей на заранее подготовленный слой, состоящий из уплотненного материала толщиной не менее 200 мм. С целью сведения к минимуму вмешательства в строительный процесс подготовленный слой может быть расположен либо в траншее или на открытой наклонной плоскости.
- 2.7.7. В плотинах из скалистых пород с земляными ядрами удобно проводить монтаж сигнального кабеля в траншеях в земляных слоях, в зонах фильтров грубой и тонкой очистки и зонах закладки пустой породы.
- 2.7.8. Сигнальные кабели различных датчиков должны располагаться друг от друга на расстоянии не менее 12 мм и на расстоянии 150 мм от края подготовленного слоя. В случае, когда сигнальные кабели пересекаются или необходим монтаж нескольких слоев кабелей, между ними следует обеспечить вертикальный интервал посредством вручную уплотненного песка высотой не менее 50 мм.
- 2.7.9. Для предотвращения движения воды вдоль сигнального кабеля (особенно это актуально, если датчики давления установлены в дамбах и плотинах) можно создавать бентонитовые пробки в качестве гидроуплотнений, размещая их с определенным интервалом.
- 2.7.10. 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 сигнальный кабель могут влиять их помехи.



### 3. Сбор показаний датчика

#### 3.1. Считывающие устройства

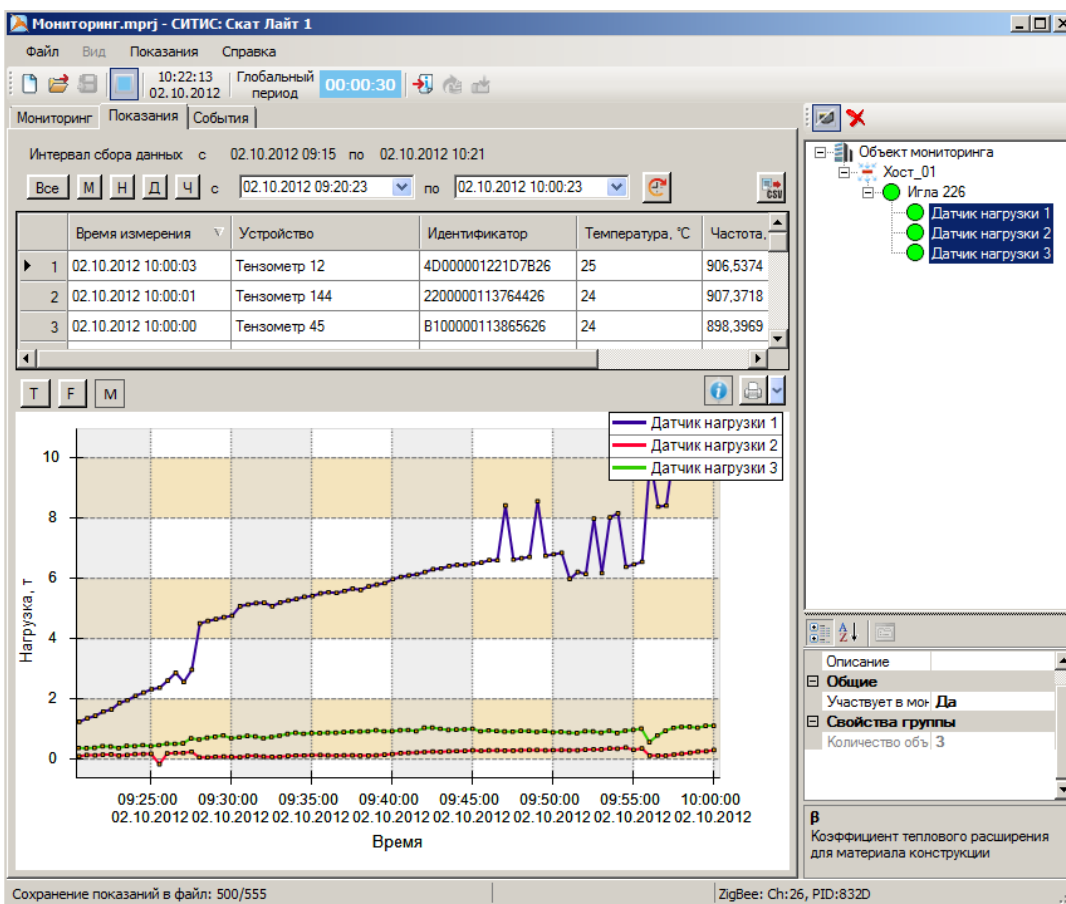
- 3.1.1. Для считывания показаний датчика можно использовать даталоггер Игла #2.01.01.
- 3.1.2. Даталоггер предназначен для считывания, обработки, хранения и передачи показаний струнных датчиков. В зависимости от выбранного режима работы даталоггер позволяет организовать автоматизированную систему как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

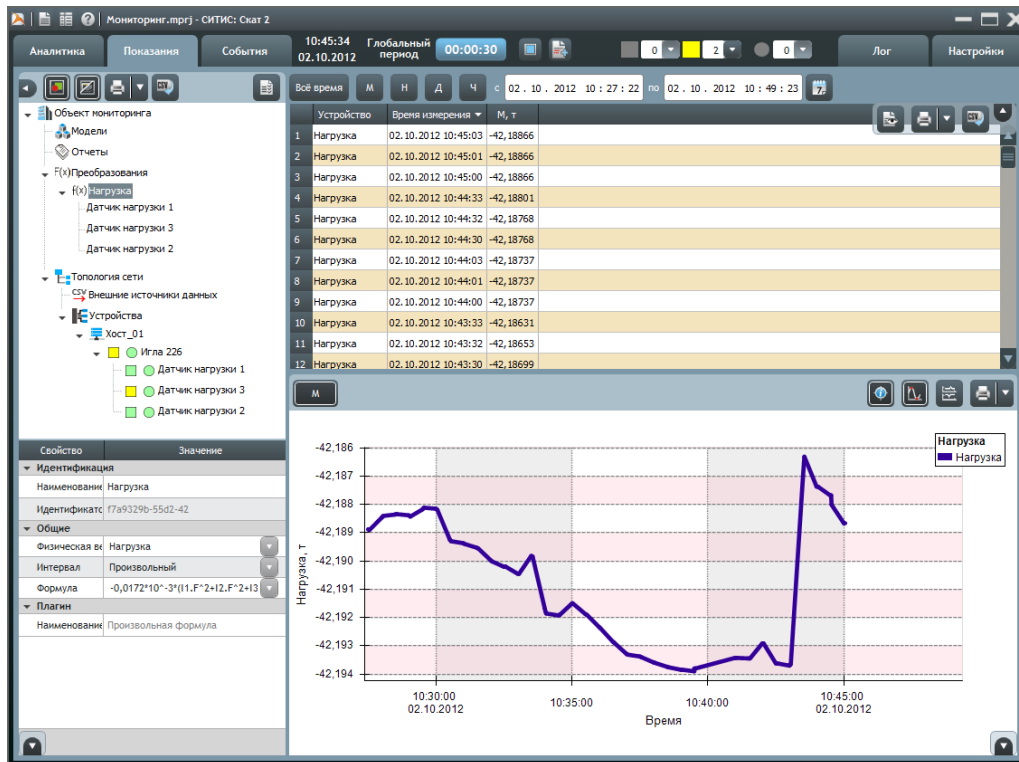
#### 3.3. Визуализация показаний с помощью приложений «Скат Лайт», «Скат» и «Скат Про»

- 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 давления. Нулевое показание

- 4.1.1. Пьезометр, установленный в конструкцию, измеряет значение частоты колебаний струны, которое нужно преобразовать с помощью формулы 1.5.12 или 1.5.13 в значение давления.
- 4.1.2. **Примечание.** Преобразование значения частоты колебаний струны датчика в значение давления в 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 давления, полученное с помощью струнного пьезометра при отсутствии воздействия на него внешнего давления, не равно нулю, а изменение давления в конструкции нужно наблюдать относительно ее состояния без нагрузки, то необходимо привести шкалу давления к нулю.
- 4.1.4. **Нулевое показание** — это показание датчика при отсутствии на него внешнего давления (за исключением атмосферного). Нулевые показания колебаний струны датчика  $F_0$ , температуры  $T_0$  и атмосферного давления  $B_0$  нужно снимать непосредственно перед установкой пьезометра в конструкцию.
- 4.1.5. Перед снятием нулевого показания рекомендуется сначала привести пьезометр к температурному балансу с окружающей средой, в которой будет работать датчик. Для этого можно опустить пьезометр в скважину (в воду), дождаться, пока показания перестанут меняться, затем достать пьезометр из воды и немедленно снять нулевое показание частоты и температуры.
- 4.1.6. Атмосферное давление необходимо измерять, только если его изменение будет влиять на показания датчика — например, при установке пьезометра в открытом колодце. Если пьезометр устанавливается в закрытой скважине, где вода не имеет выхода к атмосфере, то нулевое показание атмосферного давления измерять не обязательно.
- 4.1.7. Если фильтр насыщен лишь частично, то эффекты поверхностного напряжения в его порах могут значительно повлиять на показания. Поэтому не нужно допускать высыхания фильтра при предварительных испытаниях и снятии нулевого показания. Если фильтр все же высох, то следует повторить процедуру насыщения.
- 4.1.8. Приведение шкалы давления к нулю выполняется следующим образом:
- 4.1.9. – нулевое показание давления принять за ноль;
- 4.1.10. – преобразовать каждое последующее показание давления, вычитая из него нулевое показание давления.
- 4.1.11. Таким образом, давление в конструкции с учетом сдвига шкалы  $\Delta P$  вычисляется по формуле:
- 4.1.12. 
$$\Delta P = P - P_0,$$
- 4.1.13. где  $P$  — значение давления, измеренное пьезометром;
- 4.1.14.  $P_0$  — нулевое показание давления.
- 4.1.15. **Примечание.** С помощью программного комплекса «СИТИС: Скат» можно записать нулевое показание датчика в его электронную метку.

### 4.2. Вычисление давления с учетом температурных эффектов

- 4.2.1. Обычно пьезометр устанавливается в среде с постоянной температурой и не требуется учитывать поправку на ее изменение.
- 4.2.2. Если же датчик устанавливается в среде, подверженной изменениям температуры, необходимо учесть поправку на воздействие температур по следующей формуле:
- 4.2.3. 
$$P_T = \alpha(T - T_0),$$
- 4.2.4. где  $P_T$  — поправка давления на изменение температуры, кПа;
- 4.2.5.  $T$  — показание температуры, °С;
- 4.2.6.  $T_0$  — нулевое показание температуры, °С;
- 4.2.7.  $\alpha$  — коэффициент теплового расширения для пьезометра, кПа/°С.
- 4.2.8. **Примечание.** Температурный коэффициент  $\alpha$  сохранен в электронной метке каждого струнного пьезометра #1.02 и приведен в его калибровочном сертификате.

- 4.2.9. **Примечание.** Следует учитывать, что данная корректировка температуры применима только к пьезометру, а не ко всему окружающему датчик пространству, с грунтом или грунтом с бетоном, каждая часть которого имеет свой собственный коэффициент температурного расширения.
- 4.2.10. Если датчик установлен на большой глубине, то измерение температурного эффекта является нецелесообразным, поскольку его влияние становится малозаметным из-за того, что температура остается относительно стабильной. Но в тех местах, где температура варьируется, данный эффект может быть значительным.

#### 4.3. Вычисление давления с учетом изменения атмосферного давления

- 4.3.1. Учет поправки на изменение атмосферного давления важен, в первую очередь, для чувствительных датчиков с низким диапазоном измерения.
- 4.3.2. Например, измерение атмосферного давления на 20 мм рт.ст. приводит к изменению уровня воды на 26 см (2,6 кПа). Для датчика с диапазоном измерения 0,1 МПа это изменение составляет 2,6 % измерительного диапазона. Если задача требует меньшей точности измерений, поправку на изменение давления выполнять не обязательно.
- 4.3.3. Поправка на изменение барометрического давления определяется следующим образом:
- 4.3.4.  $P_B = B - B_0$ ,
- 4.3.5. где  $P_B$  — поправка на изменение атмосферного давления, кПа;
- 4.3.6.  $B$  — атмосферное давление, кПа;
- 4.3.7.  $B_0$  — атмосферное давление, в момент снятия нулевого показания, кПа.
- 4.3.8. **Примечание.** Формула 4.3.4 имеет место для открытых скважин. В случае, например, закрытой скважины, влияние изменения атмосферного давления на пьезометр может быть меньше, чем на поверхности, или влияние может проявляться с опозданием. Рекомендуется независимо измерять атмосферное давление и наблюдать наличие корреляции.

#### 4.4. Вычисление фактического давления

- 4.4.1. Фактическое давление — значение давления в конструкции в результате внешнего воздействия.
- 4.4.2. Фактическое давление  $P_\Sigma$  в конструкции с учетом поправок на измерение температуры и барометрического давления, рассчитывается по следующей формуле:
- 4.4.3.  $P_\Sigma = P + P_T - P_B$ ,
- 4.4.4. где  $P$  — значение давления, полученное с помощью пьезометра, кПа;
- 4.4.5.  $P_T$  — поправка давления на изменение температуры, кПа;
- 4.4.6.  $P_B$  — поправка на изменение атмосферного давления, кПа.

#### 4.5. Преобразование единиц измерения

- 4.5.1. В формулах, приведенных в настоящем документе, давление измеряется в Паскалях. Для получения значения давления в других единицах измерения можно воспользоваться следующей таблицей.

	Паскаль, Па	Бар, бар	Техническая атмосфера, ат, кгс/см <sup>2</sup>	Физическая атмосфера, атм	Миллиметр ртутного столба, мм.рт.ст.	Метр водяного столба, м.вод.ст.
4.5.3.	1 Па	1 Н/м <sup>2</sup>	10 <sup>-5</sup>	10,197×10 <sup>-6</sup>	9,8692×10 <sup>-6</sup>	7,5006×10 <sup>-3</sup>
4.5.4.	1 бар	10 <sup>5</sup>	1×10 <sup>6</sup> дин/см <sup>2</sup>	1,0197	0,98692	750,06
4.5.5.	1 ат	98066,5	0,980665	1 кгс/см <sup>2</sup>	0,96784	735,56
4.5.6.	1 атм	101325	1,01325	1,033	1 атм	760
4.5.7.	1 мм рт.ст.	133,322	1,3332×10 <sup>-3</sup>	1,3595×10 <sup>-3</sup>	1 мм рт.ст.	13,595×10 <sup>-3</sup>
4.5.8.	1 м вод.ст.	9806,65	9,80665×10 <sup>-2</sup>	0,1	0,096784	73,556

4.5.9. Уровень воды удобнее измерять в *метрах водяного столба*. Но использование данной единицы измерения правомерно лишь для пресной воды, поэтому при существенном наличии солей и примесей в жидкости необходимо учесть разницу плотностей:

$$4.5.10. \quad h = h_{\Pi} \frac{\rho_{\Pi}}{\rho},$$

4.5.11. где  $h$  — высота водяного столба жидкости в наблюдаемой конструкции, м;

4.5.12.  $h_{\Pi}$  — высота водяного столба пресной воды, м;

4.5.13.  $\rho$  — плотность наблюдаемой жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

4.5.14.  $\rho_{\Pi}$  — плотность пресной воды, кг/м<sup>3</sup>.

#### 4.6. Пример расчета давления и высоты водяного столба

4.6.1. Далее приведен пример расчета давления с приведением шкалы к нулю и учетом эффекта изменения температуры и атмосферного давления.

4.6.2. Пусть в момент времени  $t_0$  пьезометром, установленным в конструкцию, измерены нулевые показания частоты  $F_0$ , температуры  $T_0$  и атмосферного давления  $B_0$ . А в момент времени  $t$  — измерены показания частоты  $F$ , температуры  $T$  и атмосферного давления  $B$ .

4.6.3.	$t_0$ 15.09.2011 15:40:00	$t$ 20.09.2011 11:10:00
4.6.4.	$F_0 = 3303,51$ Гц	$F = 3286,88$ Гц
4.6.5.	$T_0 = 25,81$ °С	$T = 26,22$ °С
4.6.6.	$B_0 = 760$ мм рт.ст.	$B = 762$ мм рт.ст.

4.6.7. Также известны:

4.6.8. коэффициент теплового расширения рабочей жидкости  $\alpha = -0,43$  кПа/°С;

4.6.9. калибровочные коэффициенты  $A = 1,97 \cdot 10^{-8}$  кПа/Гц<sup>4</sup>,  $B = -9,66 \cdot 10^{-2}$  кПа/Гц<sup>2</sup> и  $G = -9,63 \cdot 10^{-2}$  кПа/Гц<sup>2</sup>.

4.6.10. Тогда:

4.6.11. — давление  $P_0$ , соответствующее нулевым показаниям датчика, равно:

$$4.6.12. \quad P_{0 \text{ полиномиальное}} = AF_0^4 10^{-6} + BF_0^2 10^{-3} =$$

$$4.6.13. \quad = 1,97 \cdot 10^{-8} \cdot 3303,51^4 \cdot 10^{-6} - 9,66 \cdot 10^{-2} \cdot 3303,51^2 \cdot 10^{-3} = -1051,87 \text{ кПа};$$

$$4.6.14. \quad P_{0 \text{ линейное}} = GF_0^2 10^{-3} = -9,63 \cdot 10^{-2} \cdot 3303,51^2 \cdot 10^{-3} = -1050,9 \text{ кПа};$$

4.6.15. — давление  $P$ , соответствующее показаниям датчика, равно:

$$4.6.16. \quad P_{\text{полиномиальное}} = AF^4 10^{-6} + BF^2 10^{-3} =$$

$$4.6.17. \quad = 1,97 \cdot 10^{-8} \cdot 3286,88^4 \cdot 10^{-6} - 9,66 \cdot 10^{-2} \cdot 3286,88^2 \cdot 10^{-3} = -1041,33 \text{ кПа};$$

$$4.6.18. \quad P_{\text{линейное}} = GF^2 10^{-3} = -9,63 \cdot 10^{-2} \cdot 3286,88^2 \cdot 10^{-3} = -1040,38 \text{ кПа};$$

4.6.19. — давление  $\Delta P$ , оказываемое на конструкцию, в результате приведения шкалы к нулю равно:

$$4.6.20. \quad \Delta P_{\text{полиномиальное}} = P_{\text{полиномиальное}} - P_{0 \text{ полиномиальное}} =$$

$$4.6.21. \quad = -1041,33 - (-1051,87) = 10,54 \text{ кПа};$$

$$4.6.22. \quad \Delta P_{\text{линейное}} = P_{\text{линейное}} - P_{0 \text{ линейное}} =$$

$$4.6.23. \quad = -1040,38 - (-1050,9) = 10,52 \text{ кПа};$$

4.6.24. — давление  $P_T$ , оказываемое на конструкцию, вследствие изменения температуры равно:

- 4.6.25.  $P_T = \alpha(T - T_0) = -0,43 \cdot (26,22 - 25,81) = -0,18$  кПа;
- 4.6.26. – давление  $P_B$ , оказываемого на конструкцию, вследствие изменения атмосферного давления равно:
- 4.6.27.  $P_B = B - B_0 = 762 - 760 = 2$  мм рт.ст. = 0,27 кПа;
- 4.6.28. – фактическое давление  $P_\Sigma$ , оказываемое на конструкцию, с учетом изменения температуры и атмосферного давления равно:
- 4.6.29.  $P_{\Sigma \text{ полиномиальное}} = \Delta P_{\text{полиномиальное}} + P_T - P_B =$
- 4.6.30.  $= 10,54 - 0,18 - 0,27 = 10,09$  кПа;
- 4.6.31.  $P_{\Sigma \text{ линейное}} = \Delta P_{\text{линейное}} + P_T - P_B = 10,52 - 0,18 - 0,27 = 10,07$  кПа;
- 4.6.32. – фактическое давление  $P_\Sigma$  в единице измерения метр водяного столба:
- 4.6.33.  $P_{\Sigma \text{ полиномиальное}} = 10090 \cdot 1,0197 \cdot 10^{-4} = 1,029$  м вод.ст.;
- 4.6.34.  $P_{\Sigma \text{ линейное}} = 10070 \cdot 1,0197 \cdot 10^{-4} = 1,027$  м вод.ст.

## 5. Техническое обслуживание датчика

### 5.1. Эксплуатация

- 5.1.1. Пьезометр не требует проведения периодического обслуживания. Однако, если при эксплуатации датчика он находится в доступном месте, то рекомендуется выполнять регулярную плановую проверку и рабочие испытания, включая проверку «нулевых значений» (показания при атмосферном давлении), а также калибровочные испытания.
- 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. **Внимание!** Не допускается замерзание насыщенного водой пьезометра.
- 5.1.5. Далее приведен список ошибок, которые могут возникнуть в работе датчика, и возможные причины их возникновения.
- 5.1.6. **Показания датчика нестабильны:** возможно,
- 5.1.7. – на сигнальный кабель оказывают влияние помехи, создаваемые расположенными вблизи источниками электрического воздействия (линии электропередачи, генераторы, двигатели, трансформаторы, сварочные аппараты и т.п.);
- 5.1.8. – считывающее устройство работает некорректно, например, разряжена его батарея.
- 5.1.9. **Невозможно провести считывание показаний датчика:** возможно,
- 5.1.10. – 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;
- 5.1.11. – считывающее устройство неисправно; следует проверить, работает ли оно с другими датчиками;
- 5.1.12. – датчик неисправен.
- 5.1.13. 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 пьезометра 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](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 пьезометр действует 3 года. Средний срок службы датчика составляет 25 лет.

### 5.3. Хранение

- 5.3.1. Изделия комплекта пьезометра 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 пьезометра 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 пьезометра 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. Назначение выводов датчика

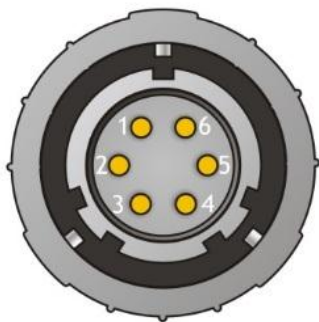
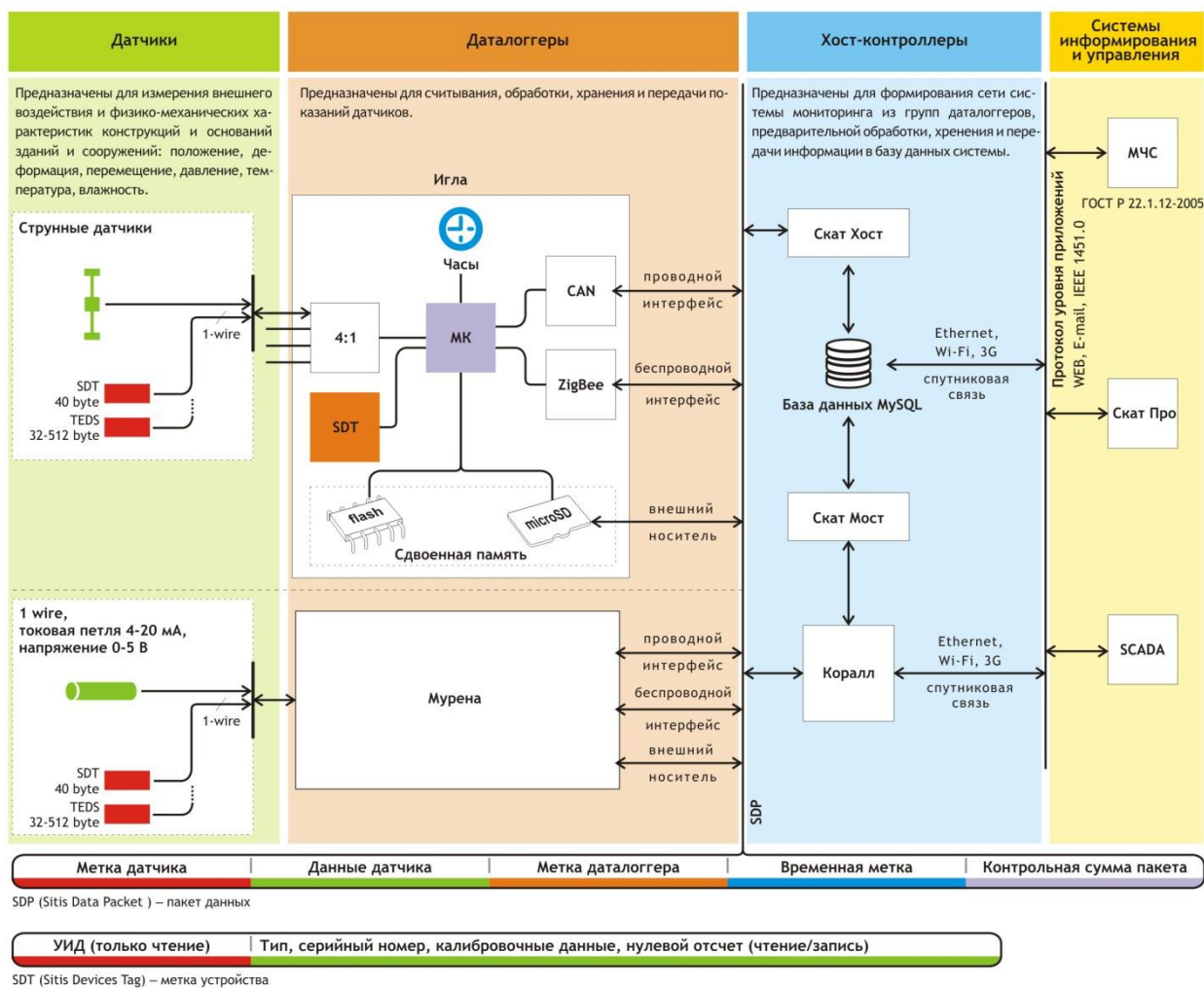


Таблица подключения цепи датчика

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

## 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»

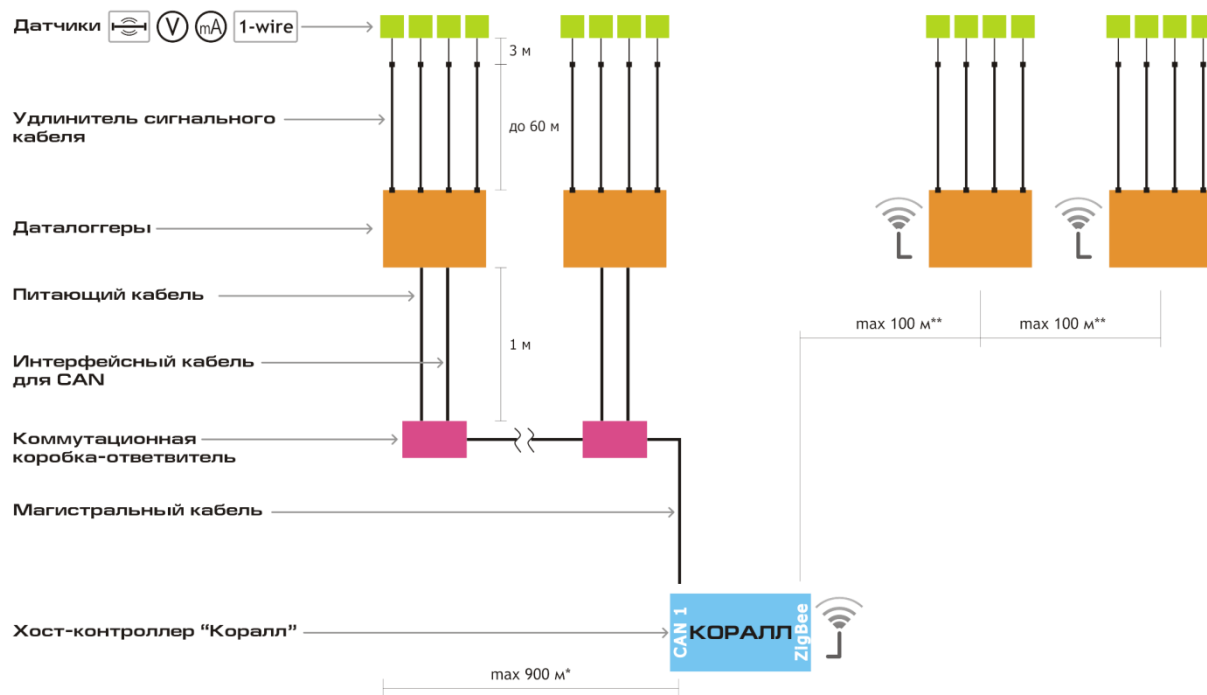
Даталоггеры АСМК «СИТИС: Спрут» предназначены для опроса датчиков, хранения и передачи результатов измерения. Каждый даталоггер имеет встроенный источник питания и часы глобального реального времени, которые автоматически синхронизируются с надежными источниками времени (GPS, SNTP) при наличии каналов 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