

**Цифровой пьезометр PLLG  
Руководство по эксплуатации  
МПГТ 401261.14.01РЭ**

**Изготовитель:**

**Общество с ограниченной ответственностью «Научно-техническое производственное предприятие «Горизонт-М» (ООО «НТП «Горизонт-М»),  
125130, Москва, Старопетровский проезд, д. 7а, стр. 23  
Тел/факс +7(495)909-1284  
E-mail: info@ntpgorizont.ru, сайт [www.ntpgorizont.ru](http://www.ntpgorizont.ru)**

Настоящий документ является Руководством по эксплуатации (далее - Руководство) цифровых пьезометров PLLG.

Руководство содержит описание пьезометра, принцип его работы, рекомендаций по монтажу, а также другие сведения, необходимые для обеспечения правильной установки и эксплуатации.

Перед началом эксплуатации датчиков следует внимательно изучить настоящее Руководство.

# 1 ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

## 1.1 Назначение датчиков

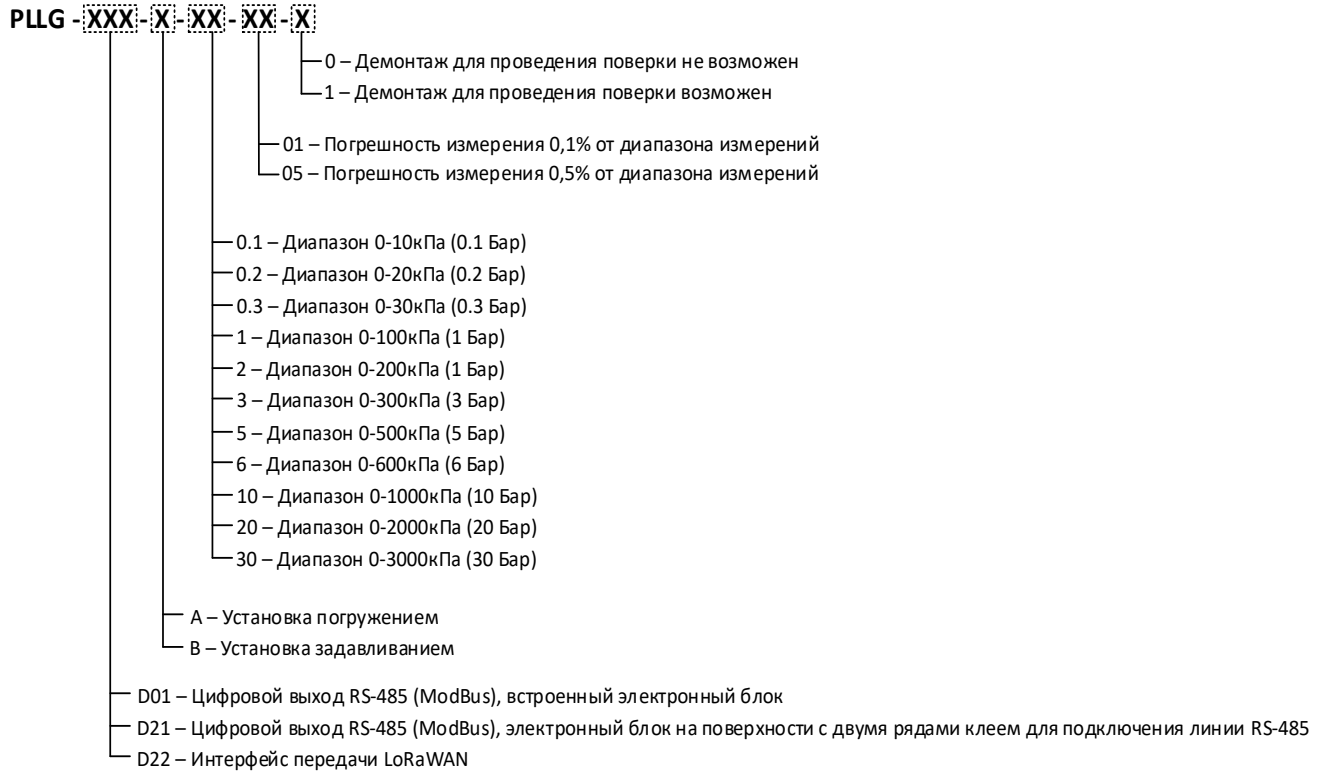
Пьезометр предназначен для измерения уровня жидкости в пьезометрических скважинах, порового давления грунта при проведении геотехнического мониторинга грунтового массива при строительстве и эксплуатации строительных конструкций, хвостохранилищ, дамб, природных объектов.

## 1.2 Область применения датчиков

- длительные измерения уровня воды в пьезометрических скважинах;
- длительные измерения порового давления грунта.

## 1.3 Модельный ряд и модификации

1.3.1 Пьезометры выпускаются в нескольких модификациях. Схема условного обозначения для выбора модификации представлена ниже



## 1.4 Метрологические и технические характеристики

Метрологические и технические характеристики представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение
Способ монтажа	Погружение/Задавливание
Диапазон измерений избыточного давления, Бар	0,1/0,2/0,3/1/2
Диапазон измерения относительного давления, Бар	3/4/5/6/10/20/30
Предел допускаемой приведенной к ВПИ погрешности измерений давления, %	±0,1%
-Для модификации PLLG-XXX-X-XX-01-X	±0,5%
-Для модификации PLLG-XXX-X-XX-05-X	
Тип фильтрующих элементов	НАЕ – Размер поры 7мкм LAE – Размер поры 50мкм
Габаритные размеры датчика (длина × диаметр), мм, не более	225 ×23
Материал корпуса	Нержавеющая сталь
Рабочий диапазон температур (пьезометр),	от -10 до 60°C
Рабочий диапазон температур (электронный блок),	от -45 до 60°C
Температура установки пьезометров с стандартными фильтрующими элементами НАЕ,	>0°C
<sup>1)</sup> Температура установки пьезометров с фильтрующими элементами НАЕ с подготовкой для отрицательных температур	>-10, °C
<b>Для модификации PLLG-D01:</b>	
Электронный блок	встроенный

Протокол обмена	ModBus
Скорость обмена, бит/с	9600
<b>Для модификации PLLG-D21:</b>	
Электронный блок	Наружный, устанавливается в оголовке
Габаритные размеры электронного блока (длина x ширина x высота), мм	98x65x35
Материал корпуса электронного блока	Алюминий
Степень пыле-влагозащиты	IP65
<sup>2)</sup> Диаметр кабеля линий RS-485	6-9мм
Протокол обмена	ModBus
Скорость обмена, бит/с	9600
Кол-во датчиков на цифровой линии RS-485, шт.	До 20
Длина цифровой линии RS-485,	До 800м
Напряжение питания	+9-28В
Токопотребление при 24В	5мА
<b>Для модификации PLLG-D22:</b>	
Электронный блок	Наружный, устанавливается в оголовке
Габаритные размеры электронного блока (длина x ширина x высота), мм	160×80×75
Степень пыле-влагозащиты	IP65
Тип антенны	Всенаправленная 1dBi
Тип разъема для подключения антенны	SMA
Батарейные модули ER34615M (LiCoCl <sub>2</sub> ) напряжение 3.6 В	
- BatPack-CU-LoRaWAN-1-2	2 батареи тип D
- BatPack-CU-LoRaWAN-1-3	3 батареи тип D
- BatPack-CU-LoRaWAN-1-4	4 батареи тип D
Тип памяти	Flash
- Объем	10 Мб
- Файловая система	FAT16
- Интерфейс	USB
<b>Радиоинтерфейс LoRaWAN</b>	
Параметры LoRaWAN:	
- Class	A
- Скорость	DR0
- Активация	OTAA
- Частотный план	RU868

<sup>1)</sup>Специальное исполнение пьезометра, поставляемого в сборе с фильтрующим элементом, смоченным ПМС-5

<sup>2)</sup>Возможна поставка датчиков с другими гермоводами для подключения кабелей с внешним диаметром до 11,5мм

#### 1.4 Общие рекомендации по применению

1.4.1 Пьезометры поставляются с различными длинами кабелей, определяемыми при заказе.

1.4.2 В зависимости способа подключения и от глубины скважины рекомендуется использовать следующие варианты исполнения пьезометров:

**Таблица 2**

Способ сбора данных	Исполнение пьезометра
Сбор данных осуществляется вручную портативным считывателем SmartLogger или с помощью регистратора CU-LoRaWAN	Исполнение с встроенным электронным блоком, модификация PLLG-D01
Сбор данных осуществляется автоматически с объединением в одну измерительную линию RS-485, при глубине установки менее 30м	Исполнение с внешним электронным блоком на поверхности PLLG-D21
С объединением в одну измерительную линию RS-485, при глубине установки более 30м	Пьезометр с встроенным электронным блоком модификации PLLG-D01, с активным повторителем SP1AM
Сбор данных осуществляется с помощью беспроводной технологии LoRaWAN	Пьезометр модификации PLLG-D22

1.4.3 Датчики с диапазоном 0,1-2Бар измеряют избыточное давление и поставляются с кабелем с воздушной трубкой. Компенсация изменения атмосферного давления осуществляется за счет измерения разности давлений с разных сторон мембраны пьезометра. Также пьезометры оснащаются компенсационной муфтой, установленной на кабеле. Муфта заполнена силикагелем для осушения воздуха в воздушной трубке.

1.4.4 Пьезометры с диапазоном 3Бар и выше измеряют относительное давление. Поставляется с кабелем без вентиляционной трубки. Компенсация изменения атмосферного давления не осуществляется.

1.4.5 Для различных вариантов применения пьезометры поставляются с различными типами фильтров. Так, для измерения уровня воды в открытых скважинах применяются фильтры большой пористости (LAE), для измерения порового давления при отсутствии песчаной подушки применяются фильтры малой пористости (HAE). Характеристики поставляемых фильтров представлены в таб. 4

**Таблица 3**

Тип фильтрующего элемента	Размер пор	Применение
Большой пористости с низким сопротивлением проницаемости воздуха (LAE)	50мкм	Измерение уровня воды в открытых скважинах. Измерение порового давления в грунте с укладкой в песчаную подушку
Малой пористости с высоким сопротивлением проницаемости воздуха (HAE)	7 мкм	Измерение порового давления в грунте без укладки в песчаную подушку

1.4.6 Фильтрующие элементы HAE, поставляется деаэрированным и транспортируется в тубе с спирто-водяным раствором. Фильтрующие элементы одной партии поставляются в одной или нескольких запаянных тубах по 10 штук.

1.4.7 В случае, если установка пьезометров для измерения порового давления будет производиться при отрицательных температурах окружающей среды возможна поставка пьезометра в специальном исполнении в сборе с фильтрующим элементом, смоченным ПМС-5.

## 1.5 Комплект поставки

1.4.7 Пьезометры поставляются в следующей комплектации:

**Таблица 4**

№ пп	Описание	Наименования	Количество
1.	Пьезометр цифровой		1
2.	Фильтрующий элемент**		1
	Батарейный модуль***		1
2.	Паспорт	МПГТ 401261.14.01ПС	1
3.	Руководство по эксплуатации	МПГТ 401261.14.01РЭ	1*

\* поставляется один на партию

\*\* поставляется запаянным в тубу до 10 штук.

\*\*\* для модификаций PLLG-D22

## 1.6 Внешний вид

1.6.1 Внешний вид пьезометра PLLG-D01-A представлен на рисунке 1.



Рис.1 Внешний вид пьезометра PLLG-D01-A с фильтром большой пористости LAE

1.6.2 Маркировка выполняется методом гравировки, обеспечивающим четкость и сохранность надписи в течении всего срока службы пьезометра.

1.6.3 Маркировка пьезометра содержит наименование организации-производителя, модель и заводской номер.

## 2. УСТАНОВКА ПЬЕЗОМЕТРА

### 2.1 Подготовка пьезометра с фильтром HAE к установке

2.1.1 Подготовьте ведро или иную высокую емкость с чистой водой с температурой близкой к температуре окружающего воздуха. Для того, чтобы обеспечить отсутствие воздушных пузырей в

пространстве у мембраны и смоченность фильтра, в дальнейшем все операции по установке фильтра должны проводиться в емкости под водой.

2.1.2 Острым ножом срежьте термоусаживаемый колпачок с транспортировочной трубы с фильтрующими элементами, держа трубу вертикально, колпачком вверх, и не допуская контакта фильтров с воздухом, погрузите фильтры в емкость с водой.

2.1.3. Под водой, держа пьезометр вертикально вверх, накрутите помещенный в емкость с водой фильтрующий элемент.

2.1.4 До установки пьезометра в скважине не вынимайте пьезометры с установленными фильтрующими элементами из воды.

2.1.5 Перед началом установки необходимо удостовериться в работоспособности пьезометра. Для этого нужно подключить портативный считыватель SmartLogger и убедиться, что измеряемое давление находится в пределах 20% от диапазона измерений.

Для  
заказа:

IU\_SM

Блок индикации Smart Logger

**ВНИМАНИЕ!** В процессе подготовки пьезометра к работе и во время погружения избегайте замерзание воды внутри пьезометра, это может привести к повреждению мембраны и выхода пьезометра из строя. В случае, если работы должны проводиться при отрицательной температуре воздуха, пьезометр может поставляться с фильтрующим элементом в специальном исполнении, заполненным незамерзающей жидкостью

## 2.3 Установка пьезометра в открытую безнапорную пьезометрическую скважину

2.3.1 Бурение скважины должно производиться с применением бурового раствора на водяной основе. После бурения скважина должна быть хорошо промыта от шлама и бурового раствора до чистой воды.

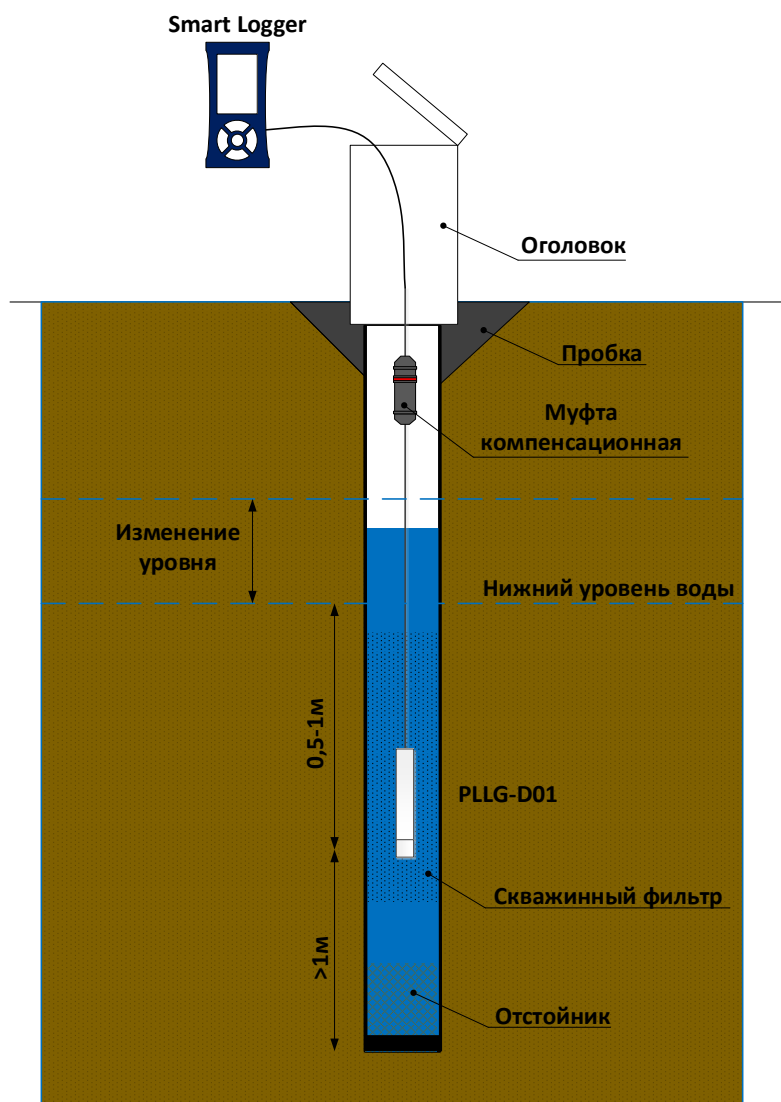


Рис.2 – Организация открытой пьезометрической скважины

- 2.3.2 Пьезометрическая скважина должна быть не менее чем на 1м глубже уровня размещения пьезометра для организации отстойника, отстойник должен быть заглушен.
- 2.3.3. Скважина должна быть обсажена пластиковой или металлической обсадной трубой и оборудована фильтром и отстойником для предотвращения засорения скважины и фильтра пьезометра.
- 2.3.4 Скважина должна быть оборудована оголовком с крышкой достаточной высоты, чтобы в скважину не попала дождевая и талая вода, а так же установки электронного блока внутри оголовка. Устье скважины должно быть зацементировано или оборудовано глиняным замком для предотвращения попадания поверхностных вод.
- 2.3.5 Затрубное пространство должно быть заполнено промытым гравием мелкой фракции и песком.
- 2.3.6 Установку пьезометра рекомендуется проводить на уровне на 50-100см ниже расчетного нижнего уровня водного горизонта.
- 2.3.7. После установки пьезометра ослабьте гермоввод компенсационной муфты, затем ослабьте резьбовое соединение между верхней и нижней части муфты, чтобы в образовавшуюся щель проходил воздух, достаточно ослабить резьбу на 1 оборот. Затяните гермовводы компенсирующей муфты. Через эту щель в дальнейшем будет осуществляться воздухообмен компенсационной трубки с атмосферой.
- 2.3.8 Подождите 20-30 минут для выравнивания температуры, после этого измерьте уровень воды, подключив к пьезометру портативный считыватель Smart Logger. Убедитесь, что пьезометр погружен на требуемую глубину.
- 2.3.8 После установки пьезометра на требуемой глубине, закрепите кабель пьезометра на оголовке используя манжету на кабеле.

**ВНИМАНИЕ! Долговременные измерения допускается начать через 3-4 дня после полного удаления воздуха их полостей пьезометра и пор фильтра**

#### **2.4 Установка пьезометров в тампонируемую скважину с песчаным карманом**

- 2.4.1 Бурение скважины должно быть произведено на глубину на 25см ниже уровня размещения пьезометра, произведена обсадка скважины обсадной трубой. После бурения скважина должна быть хорошо промыта от шлама и бурового раствора.
- 2.4.2. Подготовьте пьезометр к погружению, нарастив кабель на длину достаточной для извлечения обсадной трубы и защитите надземную часть кабеля от повреждения при извлечении обсадной трубы.
- 2.4.3 Произведите засыпку 25см скважины просеянным песком с одновременным извлечением обсадной трубы.
- 2.4.4 Установите пьезометр на требуемую глубину.
- 2.4.5 Через 50-60 минут, после того как температура пьезометра выровняется с температурой окружающего грунта произведите измерения:
- показаний пьезометра на установленной глубине;
  - показаний барометра (текущее атмосферное давление);
  - глубину установки пьезометра;
  - измеренную пьезометром температуру.
- Эти данные будут являться в дальнейшем исходными для расчета изменения порового давления.
- 2.4.6 Произведите засыпку еще 25 см скважины просеянным песком с одновременным извлечением обсадной трубы

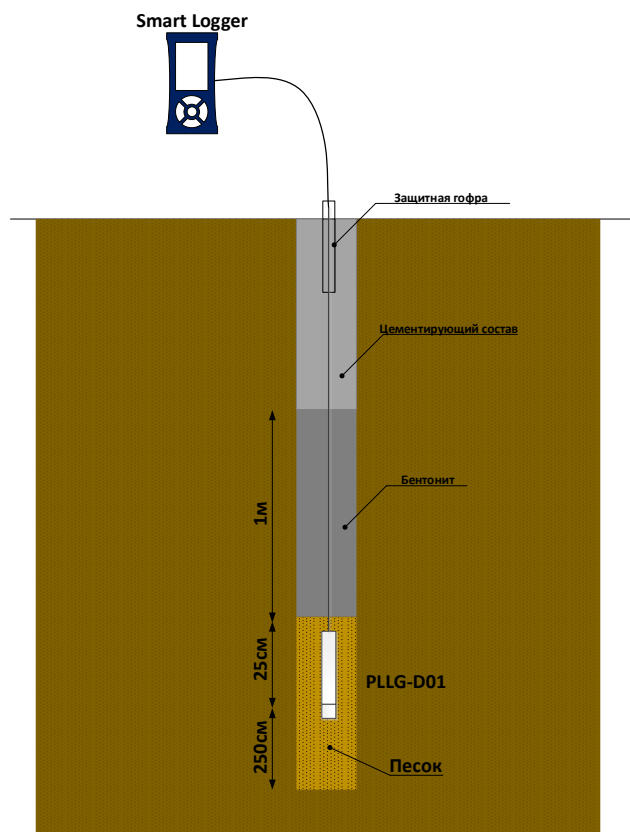


Рис.3 - Организация закрытой пьезометрической скважины с песчаным карманом

2.4.7 Произведите заполнение бентонитом на глубину не менее 1м.

2.4.8 Произведите заполнение цементирующим составом на основе воды, цемента и бентонита оставшейся части скважины. Цементирующий состав должен быть подобран такой же плотности, что и грунт на данной высоте цементирования.

**ВНИМАНИЕ! Следите за показаниями пьезометра во время герметизации и цементации скважины, не допускайте превышения давления максимально допустимых значений**

**ВНИМАНИЕ! Долговременные измерения допускается начать через 3-8 недель после полного обводнения объема вокруг пьезометра и пор фильтра.**

## 2.5 Установка пьезометров в тампонируемую скважину без песчаного кармана

2.5.1 Бурение скважины должно быть произведено на глубину на 40-50см ниже уровня размещения пьезометра.

2.5.2 Установите пьезометр (или несколько пьезометров) на требуемую глубину закрепив пьезометр на перфорированной трубке, по которой будет в последующем производиться подача цементно-бentonитовой смеси.

2.5.3 Через 50-60 минут, после того как температура пьезометра выровняется с температурой окружающего грунта произведите измерения:

- показаний пьезометра на установленной глубине;
- показаний барометра (текущее атмосферное давление);
- глубину установки пьезометра;
- измеренную пьезометром температуру.

Эти данные будут являться в дальнейшем исходными для расчета изменения порового давления.

2.5.4 Произведите тампонирующую скважины цементно-бentonитовой смесью с подачей смеси шнековым насосом в перфорированную трубку.



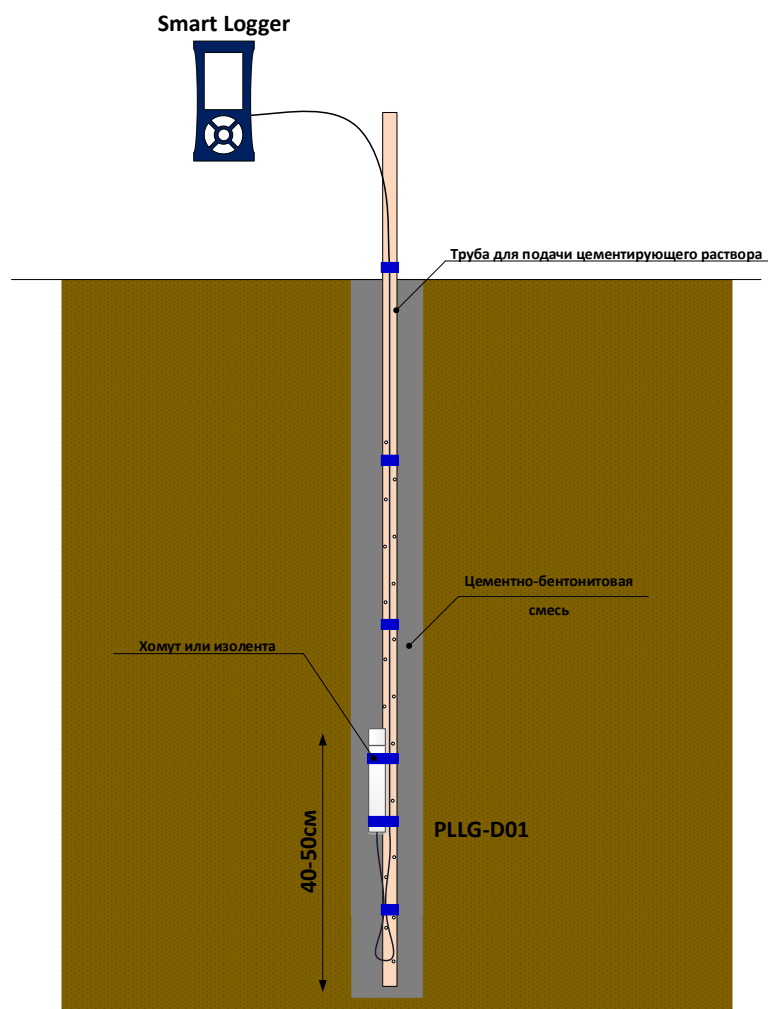


Рис.4 - Организация закрытой пьезометрической скважины без песчаного кармана

2.5.5 Произведите заполнение цементирующим составом на основе воды, цемента и бентонита оставшейся части скважины. Цементирующий состав должен быть подобран такой же плотности, что и грунт на данной высоте цементирования.

**ВНИМАНИЕ! Следите за показаниями пьезометра во время герметизации и цементации скважины, не допускайте превышения давления максимально допустимых значений**

**ВНИМАНИЕ! Долговременные измерения допускается начать через 3-8 недель после полного обводнения объема вокруг пьезометра и пор фильтра.**

### 3 ПОДКЛЮЧЕНИЕ ПЬЕЗОМЕТРОВ PLLG-D01 и PLLG-D21

3.1 Подключение пьезометров для проведения единичных измерений

3.1.1 Для контроля показаний пьезометра на этапе монтажа, проведения разовых или периодических измерений показаний цифровых пьезометров подключите портативный регистратор SmartLogger.

3.1.2 При подключении пьезометра на дисплее блока индикации отображаются значения давления и температуры, а также логический адрес ModBus пьезометра.

### 3.2 Подключение нескольких пьезометров PLLG-D01 с встроенным электронным блоком в одной измерительной линии RS-485

3.2.1 Пьезометр модификации PLLG-D01 поставляется с разъемом PY-07. Схема распайки разъема представлена ниже:

Контакт	Обозначение	Цвет провода	2-х проводная линия
1	Y	бело-оранж.	RS485, вход/выход Data+
2	Z	оранжевый	RS485, вход/выход Data-
3	GND	бело-зелёный	Питание, 0
4	PWR	синий	Питание, +9...28 В
5	GND	бело-зелёный	Питание, 0



6	PWR	синий	Питание, +9...28 В
7	GND	бело-зелёный	Питание, 0
8	PWR	синий	Питание, +9...28 В

Разъем PY-07  
Вид «спереди»

3.2.2 Для подключения нескольких пьезометров с встроенным электронным блоком PLLG-D01 к одной линии RS-485 необходимо использовать активные повторители линии RS-485 SP1AM производства НТП «Горизонт».

3.2.3 Схема подключения нескольких цифровых пьезометров с встроенным электронным блоком с использованием активных повторителей в одной измерительной цепи представлена на рисунке 8 ниже.

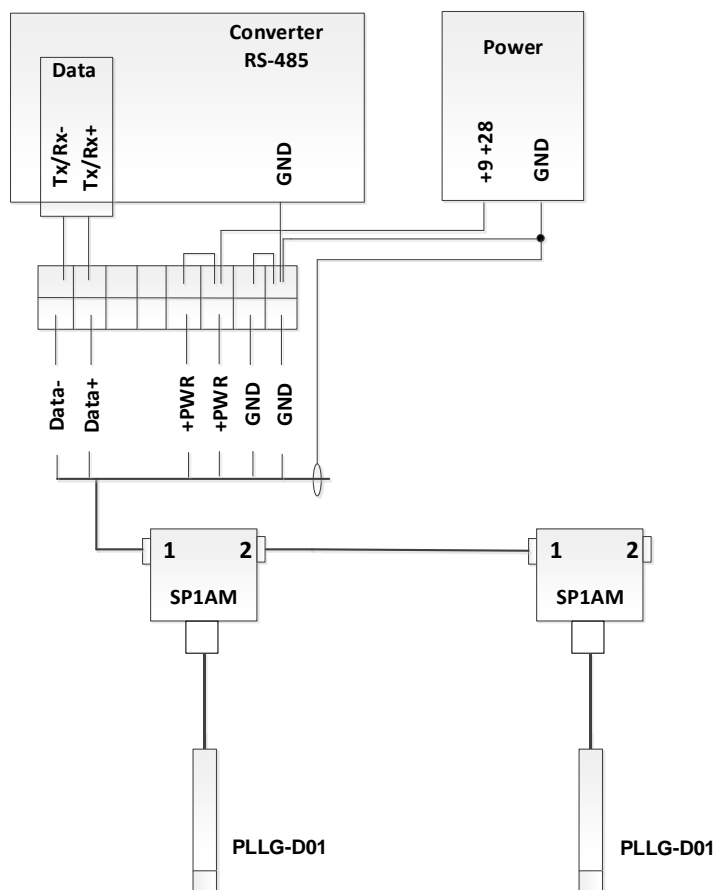


Рис.5 - Схема подключения цифровых пьезометров с встроенным электронным блоком

### 3.3 Подключение нескольких пьезометров PLLG-D21 с внешним электронным блоком в одной измерительной линии RS-485

3.3.1 Схема подключения нескольких цифровых пьезометров с внешним электронным блоком в одной измерительной цепи представлена ниже.

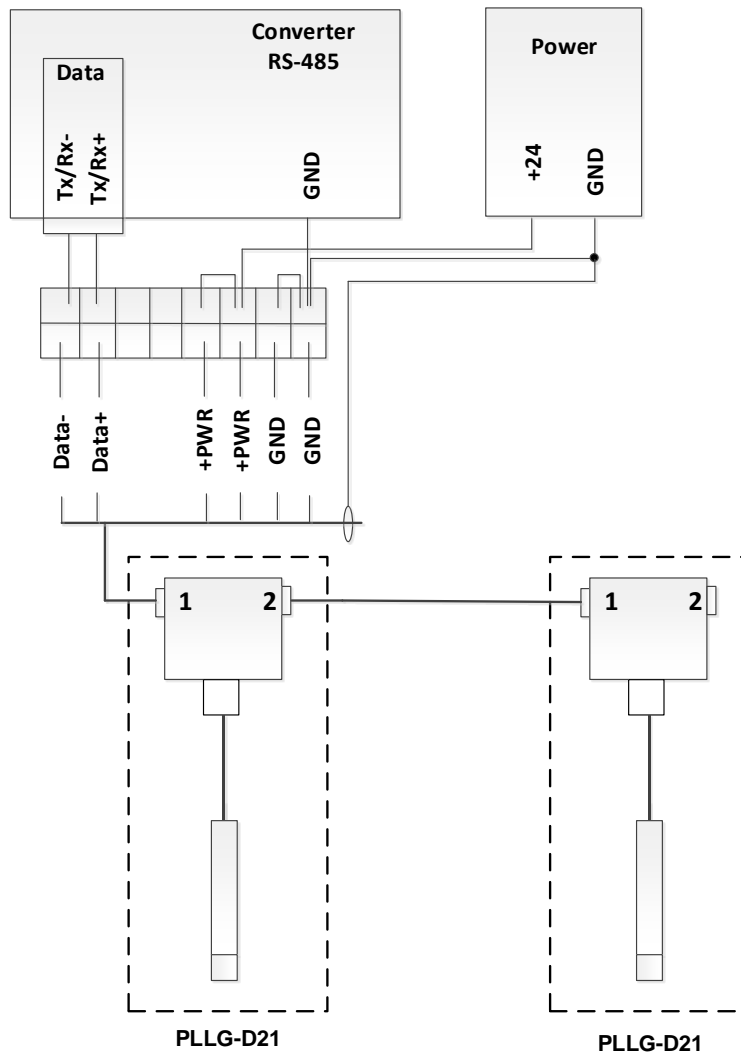


Рис.6а - Схема подключения цифровых пьезометров в измерительной цепи

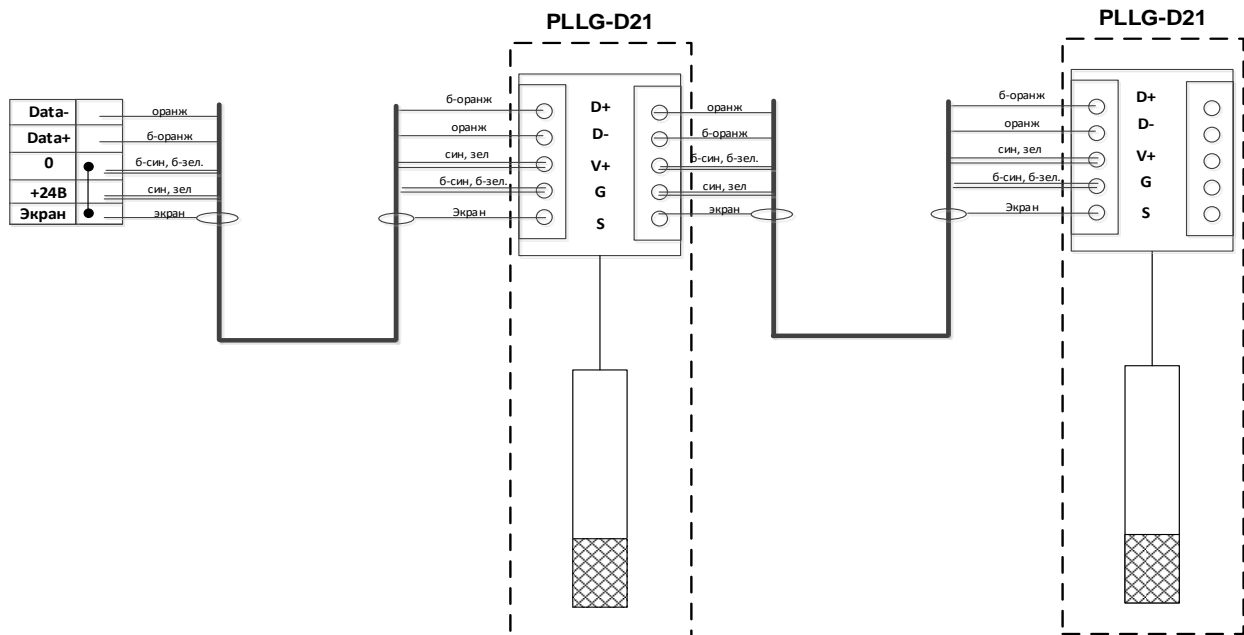


Рис.6б - Схема подключения цифровых пьезометров в измерительной цепи

3.4 В одну измерительную цепь рекомендуется подключать не более 20 пьезометров.

3.5 Подключение пьезометров в измерительной цепи осуществляется экранированным кабелем типа «витая пара» FTP Cat 5e, 8 жил.

3.6 Экраны кабелей измерительной цепи должны соединяться между собой.

- 3.7 Экран сигнального кабеля измерительной линии должен быть соединен с отрицательным проводом питания (GND), как можно ближе к клеммам источника питания, как показано на рисунке 6.
- 3.8 На конце измерительной цепи необходимо организовать терминирование линии для этого установить джампер-соединитель в разветвителе, подключающий сопротивление 120 Ом.
- 3.9 Пьезометры бесперебойно работают в диапазоне питания +9 - +28В, таким образом, с учетом падения напряжения в длинных линиях и/или при большом количестве измерителей, в измерительной цепи рекомендуем применять блоки питания, работающие в диапазоне +12 - +28В.
- 3.10 Для уменьшения падения напряжения в цепи питания рекомендуем использовать 2 или 3 пары жил 4-х парного кабеля.

#### 4 НАСТРОЙКА ОБМЕНА ДАННЫМИ С ПЬЕЗОМЕТРАМИ МОДИФИКАЦИИ PLLG-D01 и PLLG-D21 ПО ЛИНИИ RS-485

4.1 При подключении пьезометров в измерительную цепь с использованием преобразователя интерфейсов сначала необходимо произвести настройку преобразователя интерфейсов в соответствии с инструкцией на применяемый преобразователь интерфейсов, установив следующие настройки соединения:

Тип линии	RS485 2 wire
Скорость соединения	9600 Бит/сек*
Проверка четности	Нет

- 4.2 Логический адрес ModBus, установленный при производстве, указан в паспорте на пьезометр.
- 4.3 Логический адрес может быть изменен с помощью ПО Gorizont Tuning.
- 4.4 Карта ModBUS- регистров представлена в таблице 4.

Таблица 5

Регистр ModBUS	Размер, бит	Тип	Описание	Доступ	Функция
0	32	float	Температура. Передается в градусах Цельсия	Read only	0x03/0x04
2	32	float	Давление. Передается в Барах	Read only	0x03/0x04
4	32	float	Давление. Передается в мм. вод столба	Read only	0x03/0x04
24	16	uint16	Номер редакции ПО	Read only	0x03/0x04
			Младший байт - номер сборки прошивки		
			Старший байт - номер версии прошивки		
26	32	uint32	Заводской номер	Read only	0x03/0x04

Порядок передачи байт:

- float – 3210;
- uint32-3210;
- uint16-10.

#### 5 ПОДКЛЮЧЕНИЕ И ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ПЬЕЗОМЕТРАМИ PLLG-D22

##### 5.1 Транспортный режим

- 5.1.1 Транспортный режим предназначен для временного выключения пьезометра (например, для его транспортирования) с целью экономии заряда батарей. Пьезометр в транспортном режиме обесточен.
- 5.1.2 Для ввода или вывода пьезометра из транспортного режима нажмите кнопку Check и удерживайте ее нажатой не менее 6 сек. Включение транспортного режима подтверждается загоранием обоих индикаторов фиолетовым цветом, а прекращение его – переходом индикаторов в обычный режим работы.

##### 5.2 Органы индикации и управления

5.2.1 Индикация состояния пьезометра осуществляется двумя многоцветными светодиодными индикаторами, размещенными в электронном блоке, имеющими маркировку Power и Link. Состояние отображается индикаторами в первую сессию после включения питания (или сброса) пьезометра, а также после кратковременного нажатия на кнопку Check.

5.2.2 Индикатор Power отображает состояние батарей питания следующим образом:

- Зеленый – остающийся заряд батарей выше 30%.
- Оранжевый – остающийся заряд батарей выше 10%, но менее 30%.
- Красный – остающийся заряд батарей менее 10%, батареи следует заменить.

5.2.3 Индикатор Link отображает состояние и режим работы пьезометра в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6

Индикатор Link	Описание
Загорается фиолетовым	Ошибка в конфигурации / Не установлено время / Ошибка на диске До устранения этих ошибок пьезометр работать не будет
Загорается красным	Отказ / ошибка пьезометра
Загорается зеленым	Состояние пьезометра ОК
Часто мигает синим	Подключено USB

Редко мигает синим	Выполняются попытки подключения к БС LoRa
Загорается синим	Подключение к БС LoRa успешно выполнено

5.2.4 Оба индикатора одновременно загораются белым цветом при перезагрузке устройства (по команде пользователя, удаленной командой или при возникновении неустранимой ошибки).

5.2.5 Оба индикатора одновременно загораются фиолетовым цветом, отображая транспортный режим или его включение.

5.2.6 Для управления датчиком служит кнопка Check. При кратковременном нажатии этой кнопки индикаторы Power и Link загораются, отображая текущее состояние устройства, как описано выше (в обычном состоянии индикаторы погашены для сохранения заряда батарей).

### 5.3 Перезагрузка пьезометра

5.3.1 Для перезагрузки пьезометра быстро нажмите на кнопку на плате пьезометра 5 раз подряд.

5.3.2 Перезагрузка устройства подтверждается несколькими миганиями обоих светодиодов белым цветом.

### 5.4 Подключение портативного считывателя SmartLogger

5.4.1 Подключите шлейф портативного считывателя к разъему TEST.

5.4.2 Порядок работы портативного считывателя представлен в руководстве по эксплуатации на портативный считыватель.

5.4.3 Сразу после подключения портативного считывателя светодиоды погаснут, портативный считыватель начнет показывать значение измеренного перемещения и температуры.

### 5.5 Работа пьезометров PLLG-D22 в сети передачи данных

5.5.1 Радиотрансивер пьезометра работает как устройство сети LoRaWAN класса A. Это означает, что пьезометр работает в режиме сверхнизкого энергопотребления. Данные, передаваемые от сервера на устройство, будут переданы только после выхода его на связь.

5.5.2 Параметры работы в сети LoRaWAN представлены в следующей таблице.

Спецификация протокола	V1.0.2
Скорость передачи	DR0 (минимальная, ADR отключён)
Порт	60
AppEUI:	C3E1B3F24039C364
AppKey:	9F7B36B7FBC37DFF6A43AEBA10B27B16

5.5.3 Все пакеты, передаваемые от пьезометра к базовой станции, за исключением TIME\_RQ имеют тип «с подтверждением» («ConfirmedDataUp»). Пакеты, передаваемые от базовой станции на пьезометр должны иметь тип «без подтверждения» («UnconfirmedDataDown»).

5.5.4 Идентификатор устройства в сети LoRaWAN (DevEUI нанесен на внешней стороне корпуса электронного блока, а также записан в паспорте на датчик.

5.5.5 Сведения о формате пакетов, представлении данных и алгоритмах работы содержатся в описании протокола LoRaWAN устройств Горизонт на сайте

<https://www.ntpgorizont.ru/biblioteka/documentation/>.

### 5.6 Установка конфигурации и режима работы электронного блока пьезометра

5.6.1 Конфигурация и режим работы пьезометра задаются в текстовом файле NConfig.txt, находящемся на диске в корневой папке. Для его изменения его следует открыть в любом текстовом редакторе (например, Блокнот), внести изменения и сохранить под тем же именем и в том же месте.

5.6.2 Пьезометр может работать в одном из двух режимов, что определяется параметром STATION: STATION = 0 – Электронный блок пьезометра работает как автономный регистратор, сохраняет результаты проведенных измерений с отметкой времени на собственный диск, откуда они могут быть считаны в любой момент при подключении компьютера. Результаты сохраняются в виде файла (файлов) CSV.

STATION = 1 – Электронный блок пьезометра немедленно (при возникновении возможности) передает результаты проведенных измерений с отметкой времени на сервер через сеть LoRaWAN. В этом случае пьезометр должен быть подключен и авторизован базовой станцией LoRaWAN. В случае невозможности немедленной передачи на сервер, электронный блок буферизирует результаты и передает их на сервер позже, когда такая возможность представится. При передаче данных по сети LoRaWAN электронный блок также записывает их и в файл (файлы) CSV.

### 5.7 Установка основных параметров измерений

5.7.1 Параметр MEAS\_PERIOD определяет периодичность проведения измерений в минутах. После проведения измерения устройство засыпает (переходит в режим пониженного энергопотребления) до наступления времени следующего измерения. Значение параметра определяется целями мониторинга, но следует понимать, что чем меньший период измерения установлен, тем меньшее время прослужат батареи. Рекомендуется для целей геотехнического мониторинга устанавливать период измерения в пределах 180...360 минут.

5.7.2 Существует другой способ задания периодичности измерений - параметр MEAS\_FRACTION. При использовании этого способа измерения проводятся в "круглое" время, строго в начале получаса,

часа, суток. Этот способ следует использовать, если несколько независимых устройств на разных объектах должны производить измерения синхронно. Допустимые значения параметра MEAS\_FRACTION приведены в таблице 7.

Таблица 7.

MEAS_FRACTION	Периодичность измерений	Время проведения измерений
0	Определяется MEAS_PERIOD	
1	Раз в полчаса	12:00, 12:30, 13:00, 13:30 итд
2	Раз в час	12:00, 13:00, 14:00, 15:00 итд
3	Раз в 2 часа	12:00, 14:00, 16:00, 18:00 итд
4	Раз в 4 часа	12:00, 16:00, 20:00, 00:00 итд
5	Раз в 6 часов	00:00, 06:00, 12:00, 18:00
6	Раз в 12 часов	00:00, 12:00
7	Раз в сутки	00:00

Если параметр MEAS\_FRACTION имеет ненулевое значение, параметр MEAS\_PERIOD игнорируется. 5.7.3 Пьезометр имеет собственные энергонезависимые часы с предустановленным временем UTC. Параметр TIMEZONE указывает часовой пояс, в котором размещен датчик. Он используется при синхронизации часов в режиме автономной регистрации, при записи файла (файлов) с результатами измерений, записи лога (все данные в файлах имеют локальное время). Если параметр не указан, используется значение по умолчанию +3 (Москва).

5.7.4 Параметр INFO\_PERIOD задает периодичность в часах формирования датчиком информации о собственном состоянии (в частности, состояния батарей питания). При работе в режиме автономного регистратора эта информация сохраняется в файл лога, а при работе в сети LoRaWAN передается на сервер специальным пакетом INFO. Значение по умолчанию - раз в 24 часа.

5.7.5 Параметр PIEZO\_UNIT задает единицы измерения, в которых показания пьезометров передаются на базовую станцию и записываются в CSV файлы:

- 0 - в барах (по умолчанию);
- 1 - в метрах водяного столба;
- 2 - в килопаскалях

## 5.8 Установка параметров автономной регистрации

5.8.1 Способ группировки результатов измерений определяется параметром PERIOD\_FILE в соответствии с таблицей 9.

Таблица 9.

Значение PERIOD_FILE	Описание
1	Результаты группируются ежемесячно, т.е. первого числа каждого месяца (после 00:00) начинается новый файл данных
2	Результаты группируются по неделям, т.е. каждый понедельник (после 00:00) начинается новый файл данных

## 5.9 Установка параметров передачи по сети LoRaWAN

5.9.1 Параметр LINK\_PERIOD задает период связи устройства с базовой станцией в минутах. Обычно значение этого параметра равно значению параметра MEAS\_PERIOD (в этом случае результаты каждого измерения передаются на сервер немедленно), но может быть установлено и большим, это помогает удлинить срок службы батарей. Например, период измерений может быть установлен 60 мин, а период связи - 360 мин; в этом случае устройство каждые 6 часов будет передавать результаты 6 измерений, сделанных за последние 6 часов с часовым интервалом. Устанавливать значение LINK\_PERIOD меньшим периода измерения не имеет смысла и трактуется как ошибка конфигурации. 5.9.2 Параметры JOIN\_MAX, TR\_MAX, TR\_DELAY определяют поведение устройства в сети LoRaWAN в соответствии с таблицей 10. Менять их без консультации с изготовителем не следует.

Таблица 10.

Параметр	Описание
JOIN_MAX	Максимальное количество безуспешных попыток регистрации устройства на базовой станции в одном сеансе связи.
TR_MAX	Максимальное количество безуспешных попыток передачи сообщения на базовую станцию в одном сеансе связи.
TR_DELAY	Максимальная задержка в секундах между передачами в сети LoRaWAN.

## 5.10 Синхронизация часов пьезометра

5.10.1 Собственные часы пьезометра питаются от встроенного независимого источника питания и датчик, как правило, поставляется с часами, уже синхронизированными с общемировым временем. Но в некоторых случаях может потребоваться установка верного времени часов пьезометра.

5.10.2 В режиме автономной регистрации (STATION=0) собственные часы пьезометра синхронизируются с помощью подключения компьютера, на котором должно быть установлено верное локальное время. Устройство создает файл SET\_TIME.TXT на своем диске, необходимо открыть его

любым редактором (например, Блокнот), сделать любое изменение и сохранить. Содержимое файла не имеет значения, пьезометр фиксирует время сохранения и устанавливает свои часы. Часы на компьютере должны быть в той же часовой зоне, которая установлена параметром TIME\_ZONE.

5.10.3 В режиме работы в сети LoRaWAN синхронизация часов пьезометра осуществляется сервером автоматически, для этого сервер должен в ответ на запрос пьезометра послать пакет TIME с текущим временем. Дополнительные сведения об этом содержатся в описании протокола LoRaWAN на сайте <https://www.ntpgorizont.ru/biblioteka/documentation/>.

5.10.4 До того, как часы пьезометра не синхронизированы, он не выполняет измерений, не сохраняет их, и не передает пакетов данных на сервер.

## **6 ПОЛУЧЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ОТ ПЬЕЗОМЕТРОВ PLLG-D22**

### **6.1 Получение результатов через сеть LoRaWAN**

6.1.1 Результаты измерений передаются на сервер через сеть LoRaWAN специальными пакетами данных с заданной при настройке пьезометра периодичностью. Полностью формат пакетов описан в протоколе LoRaWAN на сайте <https://www.ntpgorizont.ru/biblioteka/documentation/>.

6.1.2 Все пакеты данных снабжаются отметкой времени, соответствующей времени проведения измерения.

6.1.3 Все пакеты данных хранятся в очереди на передачу в энергонезависимой памяти, и при невозможности передачи в данный момент (из-за ошибки связи, отключения базовой станции и др.), будут переданы в следующую сессию связи. Периодичность сессий связи задается при настройке пьезометра.

6.1.4 Для передачи данных на сервер пьезометр должен быть зарегистрирован в сети LoRaWAN, об успешной регистрации свидетельствует загорание индикатора Link синим цветом.

6.1.5 Никакие пакеты данных не будут передаваться датчиком до синхронизации его собственных часов (от сервера или вручную с подключенного к датчику ПК).

### **6.2 Получение результатов автономной регистрации**

6.2.1 Результаты всех измерений в этом режиме последовательно записываются в файлы на диск устройства и могут быть считаны в любой момент при подключении компьютера через интерфейс USB.

6.2.2 Файлы данных имеют формат CSV, символом разделителя колонок является символ “;”. Формат пригоден для открытия программой Microsoft Excel (или другими электронными таблицами), а также для использования скриптом для внесения в какую-либо базу данных.

6.2.3 Результаты измерений записываются в файлы с именами вида

MVГГММДД.CSV, где:

MV – префикс типа измерения перемещений датчиком перемещения.

ГГММДД - год, месяц и день даты начала месяца или недели (в зависимости от параметр PERIOD\_FILE).

6.2.4 Файлы данных содержат, как минимум, две колонки. Первая колонка всегда содержит дату и время проведения измерений, а последующие колонки - их результаты. Количество колонок с результатами измерений определяется типом подключенных датчиков и их количеством.

6.2.5 Следует следить за размером свободного места на диске устройства, и при необходимости сохранять файлы данных на внешнем носителе и удалять с диска устройства. Следует также знать, что всего на диске может быть создано не более 512 файлов (ограничение файловой системы), поэтому при понедельной разбивке данных следует следить также за количеством файлов.

6.2.6 При исчерпании свободного места на диске старые файлы данных будут удаляться устройством автоматически и записываться «по кругу».

### **6.3 Диагностика устройства**

6.3.1 Помимо файлов данных пьезометр записывает на свой диск еще и файл LOG.TXT. В этот файл записываются ошибки, которые могут возникнуть при работе устройства, а также иные события о состоянии (например, напряжение батареи) устройства. Кроме того, в лог заносятся сведения о версии электронного блока и подключенных датчиков.

6.3.2 Файл лога записывается датчиком в любом режиме работы, в том числе и в режиме передачи данных на сервер по сети LoRaWAN.

## **7 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ**

7.1 Техническое обслуживание пьезометра заключается в проведении периодической поверке, чистке и замене батарей по мере необходимости. При разряде батарей до 15% от первоначальной емкости (до напряжения 3.1В) батарейный модуль пьезометра должен быть заменены.

7.2 Во избежание нарушения файловой структуры встроенного диска, замену батарейных модулей в устройстве следует производить только переключив устройство в транспортный режим.

## **8 ХРАНЕНИЕ**

8.1 Хранение датчика без батарейных модулей может проводиться в неотапливаемом помещении при температуре от -40 °С до +50 °С. Батарейные модули должны храниться при температур +10-+50°С

8.2 Срок хранения - не более 10 лет. Срок хранения батарейных модулей не более 3-х лет.

## **9 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ**

9.1 Транспортирование датчиков может производиться всеми видами транспорта без ограничения высоты.