Обмен данными с средствами измерения производства ООО «НТП «Горизонт»

Протокол обмена АН-Д3 2.0

Версия документа: 1.06

2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения 3
2 Физический уровень 3
3 Транспортный уровень 3
4 Структура пакета протокола обмена 4
4.1 Адрес 4
4.2 Контрольная сумма CRC 4
5 Коды операций основного набора команд 4
6 Обработка пакетов протокола обмена измерителем 5
6.1 Запрос информации об устройстве (код 36) 5
6.2 Установка режима работы (код 50) 6
6.3 Перезагрузка микроконтроллера (код 99) 6
6.4 Комплексный запрос параметров (код 201) 6
6.5 Запрос пакетов (код 203) 8
6.6 Запуск/остановка записи в кольцевой буфер (код 205) 9
6.7 Сброс кольцевого буфера (код 206) 9
6.8 Запись временного буфера конфигурации в энергонезависимую память (код 214) 10
6.9 Копирование текущей конфигурации системы во временный буфер (код 225) 10
6.10 Запрос системного времени измерителя 10
6.11 Задание частоты дискретизации при измерении ускорений 10
6.12 Изменение адреса измерителя 11
6.12.1 Изменение адреса измерителей SVWG, CMG, АН-Д3, IN-Q2M, BIN-D3 11
6.12.2 Изменение адреса измерителей PLLG, TSG, A1x38-D01 11
6.13 Расширение протокола АН-Д3 для трехкоординатного сейсмоприемника A1x38-D01 11

1 Общие положения

В настоящем документе описан протокол информационного обмена с средствами измерения серий SVWG, CMG, PLLG, HSLG, АН-Д3, IN-Q2M, BIN-D3, TSG, A1x38-D01 производства ООО «НТП «Горизонт» (далее по тексту «Измеритель»).

Далее будет приведено описание команд, их назначение, и формат ответа измерителя. В процессе изложения материала будут использоваться следующие термины и определения:

Режим работы – блок информации, содержащий данные о текущем режиме работы измерителя.

Слово состояния – блок информации, содержащий данные о настройках и состоянии измерителя.

Системный такт – временной интервал, задаваемый микроконтроллером. Значение по умолчанию – 25 нс.

Системное время – время, задаваемое в системных тактах, и хранящееся в целочисленной беззнаковой переменной длиной 8 байт (от 0 до 18446744073709551615).

Запись – блок информации в памяти микроконтроллера для сохранения ДУ по измерительным каналам.

Пакет – блок информации в памяти микроконтроллера, в котором хранится 32 записи и отметки времени о начале и окончании записи пакета.

Кольцевой буфер – блок информации в памяти микроконтроллера, в котором хранится заданное количество измеренных пакетов (по умолчанию - 64).

Голова кольцевого буфера – номер ячейки кольцевого буфера, в которую записан последний измеренный пакет.

Хвост кольцевого буфера – номер ячейки кольцевого буфера, из которой произведено последнее считывание пакета.

Порог остановки кольцевого буфера – число, определяющее предельное количество пакетов, после измерения которых запись будет остановлена автоматически.

Конфигурация системы – блок информации, содержащий данные о системных настройках и режиме работы измерителя.

Основной буфер конфигурации системы – область памяти для хранения текущей конфигурации системы.

Временный буфер конфигурации системы – область памяти для временного хранения копии конфигурации системы.

Энергонезависимая память – специальная область энергонезависимой памяти микроконтроллера для постоянного хранения конфигурации системы.

Команда – формируемый внешней управляющей программой запрос в процессе выполнения общего алгоритма взаимодействия.

Общее количество измерений (ОКИ) – четырехбайтовое беззнаковое число (от 0 до 4294967290), соответствующее числу измерений, выполненных с момента начала записи ДУ в кольцевой буфер. Данное число может быть сброшено в 0 командой от управляющей программы.

Период измерений – временной интервал, определяющий периодичность измерения и записи ДУ.

Интервал тишины – пауза в линии, необходимая для разделения ответа измерителя и запроса к измерителю с другим адресом. По умолчанию – 10 мс.

Подтверждение операции – Пустой пакет от измерителя, содержащий только адрес, код операции, и два байта CRC. Данный пакет отправляется в ответ на команду при отсутствии других данных.

2 Физический уровень

Обмен данными с измерителем на физическом уровне происходит по интерфейсу RS-485 в полудуплексном режиме.

3 Транспортный уровень

Данные от измерителя передаются в формате запрос-ответ. Запросы и ответы передаются в виде пакетов данных. Структура пакета с запросом всегда фиксирована и включает поля в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Номер байта	Назначение	Примечание
0	Адрес измерителя	Адрес измерителя, для которого сформирован запрос
1	Код операции	см. таблицу 3
2	**Служебный байт 1 *)**	см. таблицу 3
3	**Служебный байт 2**	см. таблицу 3
4	Младший байт CRC	см. 4.2
5	Старший байт CRC	см. 4.2

*) Здесь и далее по тексту термины **Служебный байт1** и **Служебный байт2** используются только применительно к структуре пакета запроса в соответствии с таблицей 1.

Структура ответного пакета измерителя зависит от типа выполняемой операции и содержит поля в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2

Номер байта	Назначение	Примечание
0	Адрес измерителя	Подтверждение выполнения операции
1	Код операции	Подтверждение выполнения операции
…	Данные *)	Длина переменная
…	Младший байт CRC	см. 4.2
…	Старший байт CRC	см. 4.2

*) Блок данных в ответном пакете от измерителя зависит от кода операции (см. таблицу 3), и может быть нулевой длины.

Специальных символов – разделителей пакетов не предусмотрено. Длина пакета запроса всегда фиксирована. Длина ответа измерителя фиксирована для каждого кода операции.

При выполнении очередной транзакции запрос-ответ все измерители, адрес которых не совпадает с адресом запроса этой транзакции, блокируют прием запросов пока не будет выдержан интервал тишины (по умолчанию – 10 мс). Интервал тишины может не соблюдаться, если производится повторный запрос к измерителю с тем же адресом.

4 Структура пакета протокола обмена

4.1 Адрес

Адрес (1 байт) – адрес измерителя, которому отправлен запрос. В диапазоне 0 – 255 являются зарезервированными и не допустимыми для назначения работающему измерителю следующие значения адреса:

0x00 – специальный адрес для широковещательных команд

4.2 Контрольная сумма CRC

Контрольная сумма (2 байта) рассчитывается в соответствии со стандартом CRC16CCITT: порождающий полином =0x1021 ($x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$), initcrc=0xFFFF.

5 Коды операций основного набора команд

Коды операций основного набора команд с кратким описанием приведены в таблице 3. Также для каждого кода операции приводится длина ответа от измерителя без учета адреса, кода операции, и двух байт CRC, и указание раздела с описанием обработки команды.

Таблица 3

Код	Назначение	Служебный байт 1	Служебный байт 2	Длина ответа	Ссылка на описание
36	Запрос информации об устройстве	Таблица 4	0	4	6.1
50	Установка режима работы	Таблица 6	Таблица 6	0	6.2
99	Перезагрузка микроконтроллера	66	99	2	6.3
201	Комплексный запрос параметров	0	0	18	6.4
203	Запрос пакетов	Номер ячейки в кольцевом буфере	Число запрашиваемых пакетов	*)	6.5
205	Запуск/остановка записи в кольцевой буфер	Таблица 11	Таблица 11	0	6.6
206	Сброс кольцевого буфера	0	0	0	6.7
214	Запись временного буфера конфигурации в энергонезависимую память	66	99	2	6.8
225	Копирование текущей конфигурации системы во временный буфер	0	0	0	6.9
240	Запрос системного времени измерителя	0	0	8	6.10
40	Задание частоты дискретизации	Таблица 17	Таблица 17	4	6.11

*) При запросе пакетов длина блока данных определяется формулой

если Служебный байт 2 ==0

[Длина пакета]

если Служебный байт 2 !=0

[Длина пакета]* Служебный байт 2

Значение констант:

Длина пакета = 280 (таблица 9)

Допускается запрос не более 8 (восьми) пакетов

6 Обработка пакетов протокола обмена измерителем

Ответный пакет представляет собой поле с адресом, кодом операции, данными и CRC. Далее приводится описание ответных пакетов от измерителя для различных типов запроса.

6.1 Запрос информации об устройстве (код 36)

По данной команде измеритель отправляет данные в виде четырех байт в соответствии с таблицами 4 и 5.

Таблица 4

Номер байта	Назначение	Примечание
0	Адрес измерителя	Подтверждение выполнения запроса
1	Код операции (36)	Подтверждение выполнения запроса
2	Байт 0 данных	Данные измерителя в соответствии с таблицей 5
3	Байт 1 данных	
4	Байт 2 данных	

5	Байт 3 данных	
6	Младший байт CRC	
7	Старший байт CRC	

Таблица 5

Значение служебного байта1 в запросе	**Назначение данных**
4	Версия прошивки микроконтроллера: байт 0 - номер сборки, байт 2 - номер версии
6	Время работы микроконтроллера после перезагрузки, мс: целое число от 0 до 4294967295
7	Время измерения сигнала первичного преобразователя, мс: целое число (4 байта) от 1 до 1000

6.2 Установка режима работы (код 50)

По данной команде измеритель сбрасывает внутренние флаги состояний в соответствии с таблицей 6, и отправляет подтверждение операции.

Таблица 6

Значение служебного байта 1	**Выполняемые действия**
101	Сброс бита перезагрузки в слове состояния (если служебный байт 2 в запросе равен 1 – бит перезагрузки сбрасывается)

6.3 Перезагрузка микроконтроллера (код 99)

По данной команде измеритель проверяет условие:

(Служебный байт1 == 66) && (Служебный байт2 == 99)

В случае выполнения условия измеритель отправляет подтверждение операции, и после задержки в 1 с выполняется перезагрузка микроконтроллера.

Для синхронной перезагрузки всех измерителей на одной линии эта команда поддерживает широковещательный формат (адрес 0x00). В этом случае измерители не отправляют подтверждение операции.

6.4 Комплексный запрос параметров (код 201)

Комплексный запрос параметров обеспечивает чтение в едином пакете измеренных измерителем значений по измерительным каналам, а также других данных, считываемых измерителем. Формат ответа измерителя на комплексный запрос параметров приведен в таблице 7.

Таблица 7

Номер байта	**Назначение**	**Примечание**
0	Адрес измерителя	Подтверждение выполнения запроса
1	Код операции (201)	Подтверждение выполнения запроса

2	Усредненное значение по каналу 1 младший байт	
3	Усредненное значение по каналу 1…	
4	Усредненное значение по каналу 1…	
5	Усредненное значение по каналу 1 старший байт	Четырехбайтное значение в формате **float** [1)]
6	Усредненное значение по каналу 2 младший байт	
7	Усредненное значение по каналу 2 …	
8	Усредненное значение по каналу 2 …	
9	Усредненное значение по каналу 2 старший байт	Четырехбайтное значение в формате **float**[1)]
10	Значение температуры младший байт	
11	Значение температуры старший байт	Данные с термодатчика передаются в виде двухбайтного целого значения со знаком [2)]
12	Байт 0 слова состояния измерителя	
13	Байт 1 слова состояния измерителя	Таблица 8
14	Байт 0 числа измерений	Общее число измерений ускорений после начала записи в кольцевой буфер[3)] Беззнаковое четырехбайтное целое число от 0 до 4294967295
15	Байт 1 числа измерений	
16	Байт 2 числа измерений	
17	Байт 3 числа измерений	
18	Байт 0 режима работы	
19	Байт 1 режима работы	Служебная информация
20	Младший байт CRC	
21	Старший байт CRC	

[1)] Значения передаются в единицах измерения измеряемой физической величины измерителей в виде данных с плавающей точкой длиной 4 байта в стандарте C++.

[2)] Значение температуры в градусах рассчитывается по формуле

T=t/250.0-T0, где

t – двухбайтовое целое со знаком (байты 12 и 13 пакета)

T0 – задаваемая пользователем поправка

ПРИМЕЧАНИЕ: наличие датчика температуры определяется опционально при заказе изделия. В случае отсутствия датчика температуры, передается специальная константа «отсутствие данных».

[3)] По данному значению определяется объем данных в кольцевом буфере и необходимость считывания кольцевого буфера.

Слово состояния измерителя представляет собой двухбайтовое целое беззнаковое число. Биты данного числа отображают текущее состояние отдельных параметров измерителя. Назначение бит слова состояния приведено в таблице 8.

Таблица 8

Номер бита	**Назначение**	**Примечание**
0	Перезагрузка	1 – была перезагрузка
1	Готовность данных измерителя	1 – готовность
2	Готовность данных температуры	1 – готовность

3	Зарезервировано	
4	Ошибки чтения датчика	1 – наличие ошибок
5	Ошибки CRC датчика	1 – наличие ошибок
6	Ошибки диапазона датчика	1 – наличие ошибок
7	Зарезервировано	
8	Ошибки чтения температуры	1 – наличие ошибки
9	Ошибки диапазона температуры	1 – наличие ошибок
10	Зарезервировано	
11	Зарезервировано	
12	Зарезервировано	
13	Зарезервировано	
14	Зарезервировано	
15	Зарезервировано	

6.5 Запрос пакетов (код 203)

Если запись в кольцевой буфер включена, измеритель непрерывно записывает значения мгновенные измеренные значения по измерительным каналам . Размер кольцевого буфера по умолчанию составляет 64 пакета по 32 измерения. При сохранении данных с периодичностью 0,02 с буфер обеспечивает запись без потери данных в течении 40,96 секунд при частоте дискретизации 50 Гц (204,8 секунд - при частоте дискретизации 10 Гц).

Номер пакета от 0 до 63 кольцевого буфера, в который записываются текущие значения мгновенных значений по измерительным каналам рассчитывается по формуле:

((Общее число измерений) **mod** 32) **mod** 64

Если количество записанных измерений превышает 2048=32*64, то новые измерения будут записываться на место старых. Поэтому во избежание потери данных необходимо обеспечить соответствующую периодичность считывания пакетов.

В данных пакета фиксируется время начала записи пакета и время конца записи в единицах системного времени микроконтроллера с дискретностью 25 нс. Структура пакета приведена в таблице 10. Ответ измерителя на запрос пакетов приведен в таблице 9.

Системное время микроконтроллера представляет собой 8-байтный счетчик системных тактов (25 нс). Для уменьшения длины пакета в его составе передаются только младшие 4 байта соответственно для времени начала и окончания формирования. Старшие 4 байта передаются один раз (байт 136 - 139).

Таблица 9

Номер байта	**Назначение**	**Примечание**
0 – 127	Массив мгновенных значений по измерительному каналу 1	32 четырехбайтных значения в формате float C++
128 – 255	Массив мгновенных значений по измерительному каналу 2	32 четырехбайтных значения в формате float C++
256 – 259	Время начала записи пакета (младшая часть)	В системных тактах
260 – 263	Время окончания записи пакета (младшая часть)	В системных тактах
264 – 267	Старшая часть системного времени	В системных тактах
268 – 269	Количество ошибок	

270 – 271	Зарезервировано	
272 – 275	Зарезервировано	
276 – 279	Зарезервировано	

Таблица 10

Номер байта	**Назначение**	**Примечание**
0	Адрес измерителя	Подтверждение выполнения запроса
1	Код операции (203)	Подтверждение выполнения запроса
2	Первый запрошенный пакет	
…	…	
…	Последний запрошенный пакет	
…	Младший байт CRC	
…	Старший байт CRC	

Примечание: как указано выше, время начала и окончания записи пакета передается в виде 4-байтового счетчика системных тактов микроконтроллера (младшей части системного времени). Если время начала записи превышает время окончания записи (за время записи единица перешла в старший разряд). Это необходимо учитывать при расчете времени формирования пакета: [старшая часть системного времени-1] для времени начала формирования пакета, и [старшая часть системного времени] для времени окончания формирования пакета.

6.6 Запуск/остановка записи в кольцевой буфер (код 205)

Команда управляет запуском/остановкой записи в кольцевой буфер измерителя в соответствии с таблицей 11.

Таблица 11

Служебный байт 1	Младшие биты порога остановки кольцевого буфера
Служебный байт 2	Биты 0…5 - старшие биты порога остановки кольцевого буфера Бит 6 – очистка буфера (если бит равен 1 – выполняется очистка буфера и обнуление счетчика измерений) Бит 7 – запуск/остановка записи (если бит равен 1 – запускается запись в кольцевой буфер, 0 – запись останавливается)

Порог остановки кольцевого буфера – число пакетов от 1 до 16383, после записи которых запись в кольцевой буфер останавливается автоматически. Если порог равен 0, то автоматически запись останавливаться не будет.

Для синхронного запуска/остановки записи всех измерителей на одной линии эта команда поддерживает широковещательный формат (адрес 0x00). В этом случае измерители не отправляют подтверждение операции.

6.7 Сброс кольцевого буфера (код 206)

По данной команде запись в буфер останавливается и производится очистка буфера,.

В ответ на команду измеритель отправляет подтверждение операции.

Примечание: данная команда выполняет действия, аналогичные 6.6 с очисткой кольцевого буфера и остановкой записи.

Для синхронной остановки записи всех измерителей на одной линии эта команда поддерживает широковещательный формат (адрес 0x00). В этом случае измерители не отправляют подтверждение операции.

6.8 Запись временного буфера конфигурации системы в энергонезависимую память (код 214)

По данной команде измеритель проверяет условие:

(Служебный байт1 == 66) && (Служебный байт2 == 99)

В случае выполнения условия выполняется запись конфигурации системы из временного буфера в энергонезависимую память.

6.9 Копирование текущей конфигурации системы во временный буфер (код 225)

По данной команде измеритель копирует текущую конфигурацию системы во временный буфер конфигурации системы. В ответ передается подтверждение операции.

6.10 Запрос системного времени измерителя

По данной команде измеритель передает 8 байт данных о текущем значении счетчика тактов измерителя и подтверждение операции в соответствии с таблицей 16.

Таблица 16

Номер байта	Назначение	Примечание
0	Адрес измерителя	Подтверждение выполнения запроса
1	Код операции (240)	Подтверждение выполнения запроса
2	Байт 0 данных	Младшая часть счетчика системных тактов измерителя
3	Байт 1 данных	
4	Байт 2 данных	
5	Байт 3 данных	
6	Байт 4 данных	Старшая часть счетчика системных тактов измерителя
7	Байт 5 данных	
8	Байт 6 данных	
9	Байт 7 данных	
10	Младший байт CRC	
11	Старший байт CRC	

6.11 Задание частоты дискретизации при измерении ускорений (только для акселерометра-наклономера АН-Д3)

По данной команде измеритель устанавливает текущую частоту дискретизации при измерении ускорений. Значения служебных байт приведены в таблице 17.

Таблица 17

Номер байта	Назначение	Примечание
0	Адрес измерителя	
1	Код операции (40)	
2	Служебный байт 1	Для данного запроса всегда 1
3	Служебный байт 2	2 – установить значение частоты дискретизации 10 Гц (полоса измеряемых частот 3 Гц) 3 – установить значение частоты дискретизации 50 Гц (полоса измеряемых частот 20 Гц)
4	Младший байт CRC	
5	Старший байт CRC	

В ответ передается подтверждение операции.

ВНИМАНИЕ! Для сохранения новых параметров настройки частоты дискретизации в энергонезависимой памяти устройства необходимо выполнить следующую последовательность команд:

1. Копирование конфигурации устройства во временную область (см. запрос 225)
2. Запись содержимого временного буфера в энергонезависимую память (см. запрос 214)
3. Сброс микроконтроллера устройства (см. запрос 99)

6.12 Изменение адреса измерителя

6.12.1 Изменение адреса измерителей SVWG, CMG, АН-Д3, IN-Q2M, BIN-D3

В настоящем исполнении измерители указанных серий поддерживает некоторые сервисные функции протокола 2.11 (в том числе в части задания нового логического адреса измерителя). При выполнении данной операции следует руководствоваться документом «Обмен данными с измерителем угла наклона версии 2.xx (1.2)».

Для задания нового адреса (логического номера измерителя) следует использовать дополнительные протоколы 2.11 (код протокола 0x9C), код запроса 0x09 (см. документ «Обмен данными с измерителем угла наклона версии 2.xx (1.2)» стр. 11).

ВНИМАНИЕ! После изменения адреса (логического номера) измерителя необходимо отправить пакет записи новых данных в энергонезависимую память с учетом измененного адреса.

Таблица 20

Номер байта	Назначение	Примечание
0	0x9D	Дополнительные протоколы 2.11
1	0x04	Код операции сохранения новых данных в энергонезависимой памяти
2	Адрес измерителя	ВНИМАНИЕ! В данном пакете передается новый (измененный) адрес измерителя
3	Контрольная сумма	ВНИМАНИЕ! В данном пакете передается контрольная сумма в соответствии с дисциплиной протокола 2.11, сложенная по модулю два с константой 0x5A

ПРИМЕЧАНИЕ: при формировании полного пакета протокола 2.11 необходимо руководствоваться документом «Обмен данными с измерителем угла наклона версии 2.xx (1.2)» в части формирования специальных символов начала и конца пакета, а также кодирования ESCAPE-последовательностей.

6.12.2 Изменение адреса измерителей PLLG, TSG, A1x38-D01

Изменение адреса измерителей PLLG, TSG, A1x38-D01 производится с помощью служебной утилиты в соответствии с руководством по эксплуатации.

6.13 Расширение протокола для трехкоординатного сейсмоприемника A1x38-D01

В слово состояния измерителя (команда 201) добавлен бит 7 контроля подключения первичного преобразователя (аналогового акселерометра)

Номер бита	Назначение	Примечание
0	Перезагрузка	1 – была перезагрузка
1	Готовность данных измерителя	1 – готовность
2	Готовность данных температуры	1 – готовность
3	Зарезервировано	
4	Ошибки чтения датчика	1 – наличие ошибок
5	Ошибки CRC датчика	1 – наличие ошибок
6	Ошибки диапазона датчика	1 – наличие ошибок
7	Первичный преобразователь	0 – подключен, 1 – отключен
8	Ошибки чтения температуры	1 – наличие ошибки
9	Ошибки диапазона температуры	1 – наличие ошибок
10	Зарезервировано	
11	Зарезервировано	
12	Зарезервировано	
13	Зарезервировано	
14	Зарезервировано	
15	Зарезервировано	

Изменена интерпретация 2-го служебного байта (число запрашиваемых пакетов) команды 203.
Младшие 5 бит этого байта - число запрашиваемых пакетов от 1 до 4:

Номера битов	Значение	Назначение
0-4	00000	1 пакет
0-4	00001	1 пакет
0-4	00010	2 пакета
0-4	00011	3 пакета
0-4	00100	4 пакета
Номера битов	**Значение**	**Назначение**
5-7	000	запрос данных 2-х канального датчика
5-7	001	запрос данных 1-но канального датчика
5-7	011	запрос данных 2-х канального датчика
5-7	111	запрос данных 3-х канального датчика

Например, для трехканального измерителя (старшие биты 111) данные пакетов будут иметь следующий формат (в отличие от таблицы 9)

Номер байта	**Назначение**	**Примечание**
0 – 127	Массив мгновенных значений по измерительному каналу 1	32 четырехбайтных значения в формате float C++
128 – 255	Массив мгновенных значений по измерительному каналу 2	32 четырехбайтных значения в формате float C++
256-383	Массив мгновенных значений по измерительному каналу 3	32 четырехбайтных значения в формате float C++
384 – 387	Время начала записи пакета (младшая часть)	В системных тактах
388 – 391	Время окончания записи пакета (младшая часть)	В системных тактах
392 – 395	Старшая часть системного времени	В системных тактах
396 – 397	Количество ошибок	
398 – 399	Зарезервировано	
400 – 403	Зарезервировано	
404 – 407	Зарезервировано	