

СОГЛАСОВАНО::

/ ____ / _____ 201 г.

УТВЕРЖДАЮ::

Генеральный директор

ЗАО «Авиатех»

_____ А.И.Аносов

/ ____ / _____ 2010 г.

**Протокол обмена информацией
системы СИМОН-2**

Редакция 6

Физический уровень обмена

1.1 Обмен осуществляется по интерфейсу RS-485, полудуплексное включение;

1.2 Характеристики канала передачи:

- | | | |
|-----------------------------|---|------------------|
| - скорость передачи | - | 9600; |
| - длина данных | - | 8 бит; |
| - контроль четности | - | не используется; |
| - количество стоповых битов | - | 2. |

1.2.1 Временные соотношения в канале передачи должны соответствовать требованиям MODBUS RTU¹. Задержка между концом запроса и началом ответа не должна превышать 50 мс.

2 Организация обмена информацией

2.1 Обмен информацией с изделием осуществляется по протоколу MODBUS².

2.2 Команда ("запрос") выдается ведущим устройством, ответное слово ("ответ") выдается ведомым устройством в ответ на команду. Система СИМОН-2 (в дальнейшем – СИМОН) всегда является ведомым (сервером).

2.3 Каждое ведомое устройство имеет уникальный адрес. Адрес может быть установлен в диапазоне от 1 до 247. Ответ выдается тем устройством, у которого собственный адрес совпадает с содержанием адресного поля команды.

Адрес "00" является широковещательным, на него обязано отвечать устройство с любым собственным адресом.

Широковещательная адресация применяется для технологических целей, при этом на шине должно быть только одно активное ведомое устройство.

2.4 Формат запроса

2.4.1 Запрос имеет следующий формат:

<адрес>, < код команды>, <данные>, <ЦИК>.

Поле адреса и поле кода команды имеют размер один байт.

Данные организованы в виде 16-ти разрядных регистров. Эти регистры нумеруются от 1 до 65536. Адресация регистров начинается с 0, то есть регистрам 1..16 соответствуют адреса

0..15. В запросе и ответе первым передается старший байт регистра. При передаче адреса регистра и количества регистров первым также передается старший байт.

16-ти разрядный циклический избыточный код – ЦИК (CRC) считается по полиному 0xA001. Размер поля -2 байта, первым передается младший байт.

2.4.2 Краткое описание команд приведено в Таблица 1.

Таблица 1

Код команды	Наименование в соответствии с MODBUS-IDA	Содержание команды	Примеч.
0x03	Read Holding Registers	Чтение коэффициентов	
0x04	Read Input Register	Чтение слова состояния и измеренных данных	
0x08	Diagnostic	Проверка связи	
0x10	Write Multiple Registers	Установка режима работы и запись коэффициентов	
0x11	Report Slave ID	Чтение идентификатора и номера версии	

2.5 Формат ответов

2.5.1 Выдача ответа

2.5.1.1 Если ведомый получает запрос без коммуникационных ошибок и с корректными данными во всех полях, то он отправляет нормальный ответ.

2.5.1.2 Если ведомый получает запрос без коммуникационных ошибок, но с некорректными содержимым в каком-либо поле, то он отправляет ответ с признаком исключения.

2.5.1.3 Если ведомый получает запрос с коммуникационными ошибками, то ответ не отправляется.

2.5.2 Ответ имеет следующий формат:

<адрес>, < код ответа>, <данные>,<ЦИК>.

Код ответа имеет размер один байт. При нормальном ответе код ответа равен коду команды. Для индикации признака ошибки в поле кода ответа передается код команды с дополнительно установленным старшим битом (D7), при этом в поле данных передается один байт с кодом исключения.

Данные и ЦИК ответа передаются аналогично запросу.

2.5.3 Коды исключений приведены в Таблица 2

Таблица 2

Код исключения	Наименование в соответствии с MODBUS-IDA	Содержание команды
0x01	ILLEGAL FUNCTION	Недопустимый код команды
0x02	ILLEGAL DATA ADDRESS	Недопустимый адрес регистра
0x03	ILLEGAL DATA VALUE	Недопустимая информация в поле данных
0x04	SLAVE DEVICE FAILURE	Неисправность СИМОН

2.6 Формат данных

2.6.1 Данные измерений и коэффициенты передаются в формате 16-ти разрядного знакового целого числа **INT16**. Каждое число расположено в одном регистре.

2.6.2 Время и дата проведения измерения передается в формате **time_t** операционной системы Linux (UNIX) - время в секундах после начала эпохи, которая определяется как полночь 1 января 1970 года по UTC. Каждое число расположено в двух смежных регистрах. В регистре с младшим адресом расположена старшая половина числа.

2.6.3 Данные и коэффициенты имеют следующую размерность:

2.6.3.1 Уровни – в мм.

2.6.3.2 Скорость изменения уровня – в мм/час.

2.6.3.3 Плотности – в 1/10000 г/см³.

2.6.3.4 Объем продукта – 1/10 м³.

2.6.3.5 Масса продукта – 1/10 т.

2.6.3.6 Температуры – 1/10 °С.

2.6.3.7 Скорость утечки топлива - в кг/ч.

2.6.3.8 Время в расписании проведения измерений в 1/100 часа относительно начала суток.

3 Описание команд

3.1 Команда 0x03 - Чтение коэффициентов.

Эта команда используется для чтения одного или нескольких коэффициентов, записанных в памяти СИМОН.

3.1.1 Поле данных запроса

Адрес начального регистра	2 байта	от 0x0000 до 0xFFFF
Количество регистров	2 байта	от 1 до 125 (0x7D)

3.1.2 Поле данных ответа

Количество байтов данных	1 байт	2 * N
Содержимое регистров	2 * N байтов	

где N – количество регистров.

3.1.3 Пример запроса на чтение коэффициентов. Прочитать из устройства с адресом 1 для канала 3 (адрес начала страницы 0x300) заданное время проведения начальной выставки (регистр 9) – 8 часов 15 минут (8,25 часа = 0x339/100).

Запрос		Ответ	
Адрес	0x01	Адрес	0x01
Код команды	0x03	Код ответа	0x03
Начальный адрес, ст.	0x03	Количество байт	0x02
Начальный адрес, мл.	0x08	Байт данных 1 (ст)	0x03
Количество регистров, ст.	0x00	Байт данных 0 (мл.)	0x39
Количество регистров, мл.	0x01	ЦИК, мл	0x78
ЦИК, мл	0x05	ЦИК, ст	0xA6
ЦИК, ст	0x8C		

3.2 Команда 0x04 - Чтение слова состояния и измеренных данных.

Эта команда используется для чтения коэффициентов одного или нескольких результатов измерений.

3.2.1 Поле данных запроса

Адрес начального регистра	2 байта	от 0x0000 до 0xFFFF
Количество регистров	2 байта	от 1 до 125 (0x7D)

3.2.2 Поле данных ответа

Количество байтов данных	1 байт	2 * N
Содержимое регистров	2 * N байтов	

где N – количество регистров.

3.2.3 Пример запроса на чтение. Прочитать из устройства с адресом 1 для канала 6 значения средней плотности и средней температуры (регистры с 9 по 10) – 780 кг/м³ (7800 г/см³/10000 = 0x1E78) и -1,3°C (0xFF3).

Запрос		Ответ	
Адрес	0x01	Адрес	0x01
Код команды	0x04	Код ответа	0x04
Начальный адрес, ст.	0x06	Количество байт	0x04
Начальный адрес, мл.	0x08	Плотность, байт 1 (ст.)	0x1E
Количество регистров, ст.	0x00	Плотность, байт 0 (мл.)	0x78
Количество регистров, мл.	0x02	Температура, б. 1 (ст.)	0xFF
ЦИК, мл	0xF0	Температура, б. 0 (мл.)	0xF3
ЦИК, мл	0x81	ЦИК, мл	0x7C
		ЦИК, ст	0x00

3.3 Команда 0x08 - Проверка связи

Эта команда с кодом подфункции 0x00 используется для тестирования работоспособности. В ответе возвращается та же информация, которая была передана в запросе.

3.3.1 Поле данных запроса

Подфункция	2 байта	0x0000
Данные	2 байта	

3.3.2 Поле данных ответа

Подфункция	2 байта	0x0000
Данные	2 байта	

3.3.3 Пример запроса – передача и возврат кода 0xAA55..

Запрос		Ответ	
Адрес	0x01	Адрес	0x01
Код команды	0x08	Код ответа	0x08
Подфункция, ст.	0x00	Подфункция, ст.	0x00
Подфункция, мл.	0x00	Подфункция, мл.	0x00
Данные, ст.	0xAA	Данные, ст.	0xAA
Данные, мл.	0x55	Данные, мл.	0x55
ЦИК, мл	0x5E	ЦИК, мл	0x5E
ЦИК, ст	0x94	ЦИК, ст	0x94

3.4 Команда 0x10 - Установка режима работы и запись коэффициентов.

Эта команда используется для установки текущего режима работы каналов СИМОН и для записи коэффициентов каналов. При установке режимов в соответствии с Таблица 4 можно записывать как один параметр, так и несколько. При записи коэффициентов в соответствии с Таблица 5 записывать необходимо все 10 коэффициентов.

3.4.1 Поле данных запроса

Адрес начального регистра	2 байта	от 0x0000 до 0xFFFF
Количество регистров	2 байта	от 1 до 123 (0x7B)
Количество байтов данных	1 байт	2 * N
Значения регистров	2 * N байтов	значения

где N – количество регистров.

3.4.2 Поле данных ответа

Адрес начального регистра	2 байта	от 0x0000 до 0xFFFF
Количество регистров	2 байта	от 1 до 123 (0x7B)

3.4.3 Пример запроса на запись режима - Включить начальную выставку в канале 1.

Запрос		Ответ	
Адрес	0x01	Адрес	0x01
Код команды	0x10	Код ответа	0x10
Начальный адрес, ст.	0x01	Начальный адрес, ст.	0x01
Начальный адрес, мл.	0x00	Начальный адрес, мл.	0x00
Количество регистров, ст.	0x00	Количество регистров, ст.	0x00

Количество регистров, мл.	0x01	Количество регистров, мл.	0x01
Количество байт	0x02	ЦИК, мл	0x00
Номер режима, байт 1 (ст.)	0x00	ЦИК, ст	0x35
Номер режима, байт 0 (мл.)	0x03		
ЦИК, мл	0xF6		
ЦИК, ст	0x91		

3.5 Команда 0x11 - Чтение идентификатора и номера версии

3.5.1 В ответ на запрос возвращается числовой идентификатор устройства, текущий статус и версия ПО.

3.5.2 Поле данных запроса - отсутствует

3.5.3 Поле данных ответа

Количество байт	1 байт	0x05
Идентификатор устройства	2 байта	0x0002
Статус устройства	1 байт	0x00 – выключен, 0xFF - включен
Версия ПО	2 байта	MM.LL

Для номера версии ПО в старшем байте пишется старшая часть номера версии, в младшем – младшая.

3.5.4 Пример запроса системы с версией ПО 1.22:.

Запрос		Ответ	
Адрес	0x01	Адрес	0x01
Код команды	0x11	Код ответа	0x11
ЦИК, мл	0xC0	Количество байт	0x05
ЦИК, ст	0x2C	Идентификатор, ст.	0x00
		Идентификатор, мл.	0x02
		Статус устройства	0xFF
		Версия ПО, ст.	0x01
		Версия ПО, мл.	0x16
		ЦИК, мл	0xB9
		ЦИК, ст	0x57

4 Адресация коэффициентов и данных измерений

4.1 Коэффициенты и данные организованы в страницы по числу каналов измерения. Размер каждой страницы составляет 512 байт (256 регистров). Нулевая страница предназначена для коэффициентов самого контроллера, а начиная с первой – для каждого канала. Таким образом, страница для первого канала будет начинаться с адреса 0x100, для второго – с адреса 0x200 и т.д.

Соответствие данных измерений каналов, считываемых командой 0x04, номерам и адресам регистров представлено в

4.2 Таблица 3. В таблице приведено смещение адреса регистра относительно начала страницы, то есть адрес регистра будет равен адресу начала страницы заданного канала плюс смещение.

Таблица 3

Номер регистра	Смещение адреса регистра	Содержание	Формат
1	0	Слово состояния	INT16
2	1	Карта отказов	INT16
3	2	Текущий уровень	INT16
4	3	Скорость изменения уровня	INT16
5	4	Время последнего изменения уровня	time_t
6	5		
7	6	Измеренный уровень (режим измерения средней плотности)	INT16
8	7	Средняя плотность	INT16
9	8	Средняя температура	INT16
10	9	Объем продукта (по последнему измерению средней плотности)	INT16
11	10	Масса продукта (по последнему измерению средней плотности)	INT16
12	11	Плотность в верхней точке резервуара	INT16

13	12	Температура в верхней точке резервуара	INT16
14	13	Плотность в средней точке резервуара	INT16
15	14	Температура в средней точке резервуара	INT16
16	15	Плотность в нижней точке резервуара	INT16
17	16	Температура в нижней точке резервуара	INT16
18	17	Время проведения измерения (в режиме измерения средней плотности)	time_t
19	18		
20	19	Измеренный уровень подтоварной воды	INT16
21	20	Время проведения измерения уровня подтоварной воды	time_t
22	21		
23	22	Объем продукта, (в режиме измерения средней плотности)	FLOAT
24	23		
25	24	Масса продукта, (в режиме измерения средней плотности)	FLOAT
26	25		
27	26	Положение датчика от верха	INT16
28	27	Скорость утечки топлива	INT16

4.3 Слово состояния канала СИМОН:

4.3.1 В младшем байте - текущий режим СИМОН.

4.3.2 В старшем байте – битовая карта сигнализации предельных уровней и утечек:

- Бит 0 – Выдан сигнал «Уровень минимальный» (L).
- Бит 1 – Выдан сигнал «Уровень минимальный аварийный» (LL).
- Бит 2 – Выдан сигнал «Уровень максимальный» (H).
- Бит 3 – Выдан сигнал «Уровень максимальный аварийный» (HH).
- Бит 4 – Выдан сигнал «Утечка» (только в режиме «Контроль утечек»).

4.4 Битовая карта отказов:

- Бит 0 – не произведена начальная выставка.
- Бит 1 – нет связи с контроллером шагового двигателя.
- Бит 2 – отказ плотномера.
- Бит 3 – обрыв троса.
- Бит 4 – отказ при перемещении плотномера.
- Бит 5 . – резерв.

- Бит 8 – Включен технологический режим.

Технологический режим предназначен для проверки сопряжения ведущего устройства с СИМОН. В технологическом режиме связь с измерительными каналами не производится. Вместо реальных данных измерений передаются данные, которые устанавливаются оператором на пульте СИМОН. Запись коэффициентов в этом режиме производится только в ОЗУ, после переключения в рабочие режимы восстанавливаются ранее установленные значения коэффициентов. Переход в технологический режим и выход из него возможен только с пульта СИМОН.

4.5 Соответствие режимов работы для каждого канала, записываемых командой 0x10, адресам регистров представлено в Таблица 4. Регистры только для записи.

Таблица 4

Номер регистра	Смещение адреса регистра	Содержание	Формат
1	0	Установка режима	INT16
2	1	Резерв	
3	2	Резерв	
4	3	Резерв	

4.5.1 Номера режимов СИМОН:

- 0 - Режим «Слежение за уровнем»
- 1 - Режим «Измерение средней плотности»
- 2 - Режим «Измерения уровня подтоварной воды»
- 3 - Режим «Начальная выставка»
- 4 - Режим «Контроль утечек топлива»

4.6 Соответствие коэффициентов для каждого канала, записываемых командой 0x10 и считываемых командой 0x03, адресам регистров представлено в Таблица 5. Содержимое регистров сохраняется после выключения питания СИМОН.

Таблица 5

Номер регистра	Смещение адреса регистра	Содержание	Формат
5	4	Уровень минимальный	INT16
6	5	Уровень минимальный аварийный	INT16
7	6	Уровень максимальный	INT16
8	7	Уровень максимальный аварийный	INT16
9	8	Время проведения начальной выставки	INT16
10	9	Расписание проведения измерений, время 1	INT16
11	10	Расписание проведения измерений, время 2	INT16
12	11	Расписание проведения измерений, время 3	INT16
13	12	Расписание проведения измерений, время 4	INT16
14	13	Интервал измерения плотности в режиме контроля утечек	INT16
15	14	Скорость срабатывания сигнала утечки топлива	INT16

Для того, чтобы отменить в расписании проведение начальной выставки или измерения, необходимо записать в соответствующий регистр значение минус 1 (0xFFFF). п

4.7 Соответствие установок, записываемых командой 0x10 и считываемых командой 0x03, адресам регистров для нулевой страницы (установки для контроллера СИМОН) представлено в Таблица 6.

Таблица 6

Номер регистра	Смещение адреса регистра	Содержание	Формат
1	0	Установка и чтение времени системных часов СИМОН	time_t
2	1		

3	2	Сетевой адрес	INT16
4	3	Битовая маска подключенных каналов	INT16
5	4	Резерв	
6	5	Резерв	
7	6	Резерв	

В битовой маске подключенных каналов самый младший бит (D0) соответствует первому каналу, D1 – второму и т.д. Для каналов, у которых установлено нулевое значение бита, связь с измерительной частью не производится и все данные измерений передаются нулевыми.

1 <http://www.modbus.org/> - MODBUS over Serial Line Specification and Implementation Guide V1.02

2 <http://www.modbus.org/> - MODBUS APPLICATION PROTOCOL SPECIFICATION V1.1b