

Протоколы обмена информацией стационарных приборов фирмы «Днепр»

руководство пользователя

Сергиев Посад, 2015 г.

Версия: 5.4

О чем этот документ.

Приборы фирмы «Днепр» оснащаются цифровыми интерфейсами, позволяющими пользователю снимать с приборов информацию о результатах измерения, нештатных ситуациях, различную вспомогательную и служебную информацию. Некоторые приборы обладают возможностью накапливать архивные данные в энергонезависимой памяти; эти данные также доступны для считывания.

В этом документе **описаны** предоставляемые различными приборами «Днепр» интерфейсы передачи данных и приведены унифицированные протоколы обмена с приборами для обеспечения доступа к данным.

В этом документе **не описаны** средства приема/передачи данных приборов «Днепр», если они не имеют отношения к описываемым протоколам обмена. В частности, за рамками рассмотрения остались возможности копирования данных с архивных блоков на «флешку», особенности настройки GSM-модемов, аналоговые интерфейсы (токовый и частотный выходы).

Для кого предназначен этот документ.

Для получения данных от приборов можно использовать программное обеспечение, бесплатно предоставляемое фирмой «Днепр». Однако в ряде случаев у пользователя возникает необходимость разработки собственных программных или аппаратных средств, имеющих возможность осуществлять информационное взаимодействие с исполнительными устройствами, в том числе с приборами «Днепр». Также может потребоваться применение стандартных систем диспетчеризации (SCADA-систем).

Для обеспечения таких возможностей необходим протокол обмена данными, описанный в этом документе.

Содержание.

1. Общая организация связи с приборами ‘Днепр-7’.	5
1.1. Структура стека протоколов обмена	6
1.1.1. Физический уровень.	6
1.1.2. Логический протокол низкого уровня.	7
1.1.3. Логический протокол высокого уровня (Modbus)	7
1.2. Общий формат запросов обмена.	8
1.2.1. Запрос на чтение	8
1.2.1.1. Запрос на чтение с указанием номера канала.	9
1.2.1.2. Чтение группы регистров.	9
1.2.2. Запрос на запись.	11
1.2.2.1. Запрос на запись с указанием номера канала.	11
2. Протокол обмена архивного блока (V4).	12
2.1. Настройка параметров обмена в архивном блоке.	12
2.2. Запросы на чтение.	13
2.2.1. 0000h. Чтение конфигурации архивов.	13
2.2.2. 0001h. Чтение состояния процесса стирания архива.	14
2.2.3. 010bh. Чтение текущих показаний прибора.	14
2.2.4. 010ch. Чтение данных по заданному адресу.	15
2.2.5. 010dh. Чтение версии прошивки.	15
2.2.6. 010eh. Снятие блокировки записи архива.	16
2.2.7. 010fh. Чтение реального времени по часам прибора.	16
2.2.8. 0110h. Чтение последнего нештатного события.	17
2.2.9. 011ch. Чтение контрольной суммы прошивки.	17
2.2.10. 08XXh. Чтение параметров управления GPRS-модемом.	18
2.2.11. 70c8h. Чтение настроек.	18
2.3. Запрос на чтение группы регистров.	19
2.3.1. Группы регистров основных результатов измерения.	20
2.4. Запросы на запись.	21
2.4.1. 00b7h. Установка адреса считывания архива (кадрами 32 байт).	21
2.4.2. 00b8h. Установка адреса считывания архива (кадрами D байт).	22
2.4.3. 08XXh. Запись параметров управления GPRS-модемом.	22
2.4.4. 0904h. Команда управления GPRS-модемом.	23
2.4.5. 5aa5h. Запрос форматирования архивов.	24
2.4.6. 5aabh. Расширенный запрос форматирования архивов.	25
2.4.7. 5bb5h. Запись дескрипторов архивов.	26
2.4.8. 6bb6h. Установка даты и времени в часах.	27
2.4.9. 70c8h. Запись настроек.	27
2.4.10. 71d9h. Запрос гашения экрана.	28
2.4.11. 0fd17h. Перевод в указанный режим работы.	29

2.5. Примечания (сноски).....	30
3. Протокол обмена доплеровского измерительного блока.	31
3.1. Запросы на чтение (доплер).....	31
3.1.1. 0101h. Чтение спектра.....	32
3.1.2. 0105h. Чтение уровня наполнения.....	32
3.1.2. 0107h. Чтение основных результатов измерения.....	33
Приложение 1. Структура архивной памяти.	34
П1.1. Структура основного архива.....	35
П1.1.1. Структура файловой системы.....	36
П1.1.1.1. Заголовок архива.....	37
П1.1.1.2. Дескрипторы архивов.....	38
П1.1.1.3. Дескрипторы файлов.....	39
П1.1.1.4. Файлы.....	40
П1.1.2. Форматы записей файлов.....	41
П1.1.2.1. Режим совместимости с архивом V3.....	42
П1.1.2.2. Расширенная архивная запись.....	43
П1.1.2.3. Режим связи архивного и измерительного блоков через Modbus.....	44
П1.1.2.3.1. Доплеровский измерительный блок.....	45
П1.1.3. Структуры данных, использующиеся в архиве.....	46
П1.1.3.1. Временная метка записи архива.....	46
П1.1.3.2. Время работы прибора в определенном состоянии.....	47
П1.2. Структура архива нештатных событий.....	48
П1.2.1. Формат записи архива нештатных событий.....	48
П1.2.1.1. Событие ‘включение или перезагрузка прибора’.....	49
П1.2.1.2. Событие ‘корректировка времени’.....	49
П1.3. Прочие данные в адресном пространстве.....	50
Приложение 2. Особенности реализации Modbus RTU.	51
Приложение 3. Форматы элементарных данных.	53
Приложение 4. Алгоритм расчета CRC-16.	54
Приложение 5. История изменений документа.	55

1. Общая организация связи с приборами «Днепр-7».

Стационарные приборы «Днепр» имеют широкую номенклатуру и могут поставляться в различной комплектации. В комплект поставляемого оборудования могут входить разные блоки, имеющие цифровой интерфейс приема/передачи данных. К таким блокам относятся:

- измерительные блоки «Днепр-7»
- архивный блок «Днепр-7»
- тепловычислители

Измерительные блоки «Днепр-7». В каждый комплект поставляемого фирмой «Днепр» оборудования входит как минимум один измерительный блок «Днепр-7». Это основной блок, который выполняет измерения. Измерительный блок, как правило, имеет интерфейс связи, позволяющий выполнять настройку блока и считывать результаты измерений. Фирма «Днепр» выпускает измерительные блоки с разными принципами действия; эти блоки имеют различные наборы настроек и результаты измерений; соответственно, протоколы обмена у них различны (хотя и схожи). В этом документе описаны протоколы обмена для нескольких видов измерительных блоков.

Архивный блок «Днепр-7». Архивный блок поставляется в составе блока питания приборов «Днепр-7» в качестве опции (за дополнительную плату). Он принимает данные от измерительного блока и выполняет их архивацию в энергонезависимой памяти. В этом документе описан протокол обмена для управления архивным блоком, в том числе для считывания архивов.

Тепловычислители (в частности, «ВКТ-5» и «ВКТ-7» фирмы «Теплоком») фирмой «Днепр» не производятся. Они имеют свои протоколы обмена, которые в данном документе не описываются.

1.1. Структура стека протоколов обмена.

При передаче данных используется иерархия протоколов, каждый из которых (кроме физического) опирается на протоколы более низкого уровня. Эта иерархия называется **стеком протоколов**. Для системы связи приборов «Днепр-7» специфицируются следующие уровни стека:

- **физический уровень**. Определяет среду передачи данных (электрический кабель определенного вида, радиоканал определенной частоты и т.п.), а также способ кодирования двоичных цифр «0» и «1» при передаче.
- **логический протокол низкого уровня**. Определяет метод передачи групп бит данных через физический канал. На этом уровне отсутствует информация о структуре передаваемых данных.
- **логический протокол высокого уровня**. Определяет метод передачи необходимой структурированной информации. Для сложных систем передачи данных этот уровень может разбиваться на несколько подуровней (например, НТТР/ТСР/IP).

Основным содержанием этого документа является описание протокола высокого уровня, реализованного в приборах «Днепр-7».

Ниже описана общая структура стека используемых протоколов обмена.

1.1.1. Физический уровень.

Для передачи данных в соответствии с описанными в данном документе протоколами могут использоваться следующие физические интерфейсы:

- **RS-232**. Интерфейс имеется как у архивных блоков, так и у измерительных блоков. Этот интерфейс позволяет соединить только два устройства (связь «точка-точка»). Максимальная длина линии связи – 15 метров.
- **RS-485**. Интерфейс устанавливается в архивном блоке как опция (за дополнительную плату). Может устанавливаться также в измерительных блоках, если в них предусмотрена такая возможность. Интерфейс позволяет объединить в сеть до 32 устройств, подключив их к общей двухпроводной шине передачи данных. Максимальная суммарная длина шины – 1300 метров.

Могут использоваться разнообразные приспособления для преобразования интерфейсов, например, преобразователи «USB–RS-232» и «USB–RS-485», GSM-модемы с интерфейсом RS-232 в режиме передачи данных и т.п. В этом документе особенности применения таких устройств рассматриваются, только если они имеют отношение к протоколу обмена.

1.1.2. Логический протокол низкого уровня.

В качестве базового (низкоуровневого) протокола используется протокол **RS-232** со следующими параметрами:

- скорость обмена: **600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200** или **57600** бит/с
- количество бит данных: **8**
- бит контроля четности: **нет**
- количество стоп-бит: **1**

1.1.3. Логический протокол высокого уровня (Modbus).

И в измерительных блоках, и в архивном блоке используется протокол обмена данными, основанный на протоколе Modbus RTU. Как архивные блоки, так и измерительные блоки, работают по протоколу в подчиненном (**slave**) режиме. Инициатором обмена (**master**) выступает компьютер (или другое устройство пользователя); кроме того, архивный блок может выступать как **master** по отношению к измерительному блоку (для этого архивный блок оборудуется дополнительным интерфейсом RS-232 или RS-485).

Протокол обмена основан на Modbus RTU, однако имеется ряд особенностей реализации и отклонений от стандарта, которые описаны в [приложении](#).

Протокол имеет сетевую адресацию устройств. Каждое **slave**-устройство в сети имеет номер (адрес) от 0 до 99 и заданную скорость обмена. Для корректной работы сети необходимо, чтобы все **slave**-устройства имели разные адреса и одинаковую скорость обмена.

В архивном блоке есть возможность устанавливать адрес и скорость обмена с клавиатуры, что позволяет объединять архивные блоки в сеть. У **измерительных блоков адрес и скорость фиксированные: адрес= 2, скорость= 19200 бит/сек**, следовательно, объединение их в сеть не предусмотрено.

В соответствии с протоколом Modbus RTU, при отсутствии активности в линии связи все **slave**-устройства находятся в режиме ожидания запроса. Когда компьютер начинает передачу кадра запроса, все **slave**-устройства принимают кадр до конца, затем то из них, адрес которого указан в запросе, формирует и передает ответ. Признаком конца кадра служит пауза (интервал тишины) определенной длительности (см. [приложение](#)). Таким образом, реализуется полудуплексный режим обмена, что позволяет на физическом уровне применять интерфейс RS-485.

1.2. Общий формат запросов обмена.

В этом разделе приведено описание общей структуры запросов обмена со стороны **master**-устройств и ответов на них от **slave**-устройств в соответствии с упомянутым [выше](#) протоколом, основанном на Modbus RTU.

В протоколе Modbus RTU описано множество команд, которые имеют схожую структуру и различаются кодом операции, задающим назначение команды. В приборах «Днепр-7» используются два кода операций:

- **3h** – для [операций чтения](#) (в Modbus RTU – «чтение группы регистров»)
- **10h** – для [операций записи](#) (в Modbus RTU – «запись группы регистров»)

Однако структура большей части команд отличается от «чтения группы регистров» и «записи группы регистров» Modbus RTU. Подробнее отличия протокола обмена от Modbus RTU описаны в [приложении](#).

Некоторые данные [доступны для чтения](#) (командой **3h**) в формате, определяемом в стандарте Modbus RTU как «регистры». Эти данные полностью соответствуют стандарту Modbus RTU и могут быть прочитаны стандартным программным обеспечением (в т.ч. **SCADA**-системами).

1.2.1. Запрос на чтение.

Общий формат:

сетевой адрес (0...99)	код операции чтения (3h)	код запрашиваемых данных	зарезервировано (0)	CRC-16
1 байт	1 байт	2 байт	2 байт	2 байт

Ответ на запрос:

сетевой адрес (0...99)	код операции чтения (3h)	количество байт данных n	данные	CRC-16
1 байт	1 байт	1 байт	n байт	2 байт

Если при обработке запроса возникли ошибки, кадр ответа имеет вид:

сетевой адрес (0...99)	ошибка при операции чтения (83h)	код ошибки	CRC-16
1 байт	1 байт	1 байт	2 байт

1.2.1.1. Запрос на чтение с указанием номера канала.

Для двухканальных и многоканальных приборов применяется модифицированный вариант [запроса на чтение](#), в котором зарезервированное поле используется для указания номера измерительного канала. Таким образом, для обращения к разным измерительным каналам применяется команда с одним «кодом данных», но с разными значениями поля «номер канала».

Общий формат:

сетевой адрес (0...99)	код операции чтения (3h)	код запрашиваемых данных	номер канала	CRC-16
1 байт	1 байт	2 байт	2 байт	2 байт

Возможные значения поля «номер канала»

Значение поля	Номер измерительного канала
0	1
1	2
...	
127	128
128	текущий рабочий канал

1.2.1.2. Чтение группы регистров.

Эта команда соответствует спецификации Modbus RTU для команды «Read holding registers», что позволяет использовать ее стандартным программным обеспечением (для тестирования использовалась программа InTouch 10). Структура этой команды и код операции (3h) соответствуют формату команды «[запроса на чтение](#)» более общего вида. Поэтому используются только номера регистров, которые не перекрываются с «кодами данных» запросов чтения.

Команда «чтение группы регистров» позволяет считывать как один «регистр», так и несколько «регистров» с последовательными номерами.

Обратите внимание, что, в соответствии с протоколом Modbus RTU, номера и количества регистров в этой команде передаются в формате «big endian» (от старшего байта к младшему). Все остальные многобайтные данные в протоколе обмена, описанном в этом документе, передаются в формате «little endian» (от младшего байта к старшему).

Формат запроса:

сетевой адрес (0...99)	Номер функции (3h)	Номер первого регистра		Число регистров для чтения		CRC-16
		Старший байт	Младший байт	Старший байт	Младший байт	
1 байт	1 байт	1 байт	1 байт	1 байт	1 байт	2 байт

Формат ответа на запрос:

сетевой адрес (0...99)	Номер функции (3h)	кол-во байт данных	Первый регистр		...	Последний регистр		CRC- 16
			Старший байт	Младший байт		Старший байт	Младший байт	
1 байт	1 байт	1 байт	1 байт	1 байт	...	1 байт	1 байт	2 байт

1.2.2. Запрос на запись.

Общий формат:

сетевой адрес (0...99)	код операции записи (10h)	код записываемых данных	зарезервировано (0)	кол-во байт данных n	данные	CRC-16
1 байт	1 байт	2 байт	2 байт	1 байт	n байт	2 байт

Ответ на запрос:

сетевой адрес (0...99)	код операции записи (10h)	код записанных данных (скопировано из запроса)	зарезервировано (0)	CRC-16
1 байт	1 байт	2 байт	2 байт	2 байт

Если при обработке запроса возникли ошибки, кадр ответа имеет вид:

сетевой адрес (0...99)	ошибка при операции записи (90h)	код ошибки	CRC-16
1 байт	1 байт	1 байт	2 байт

1.2.2.1. Запрос на запись с указанием номера канала.

Для двухканальных и многоканальных приборов применяется модифицированный вариант [запроса на запись](#), в котором зарезервированное поле используется для указания номера измерительного канала. Нумерация каналов такая же, как в команде [чтения с указанием номера канала](#).

Общий формат:

сетевой адрес (0...99)	код операции записи (10h)	код записываемых данных	номер канала	кол-во байт данных n	данные	CRC-16
1 байт	1 байт	2 байт	2 байт	1 байт	n байт	2 байт

2. Протокол обмена архивного блока (V4).

В этом разделе приведено детализированное описание протокола обмена архивного блока «Днепр-7» четвертого поколения (V4). Общее описание структуры протокола приведено [выше](#).

Архивный блок стационарных приборов «Днепр-7» размещается в блоке питания (БП) «Днепр-7». Модель 4-го поколения отличается от моделей предыдущих поколений наличием графического ЖК дисплея (ЖКИ, LCD) и разъема USB для подключения съемного диска («флешки»).

2.1. Настройка параметров обмена в архивном блоке.

В архивном блоке (в БП) имеется возможность настраивать его параметры как **slave**-узла в сети Modbus RTU. Можно устанавливать сетевой адрес и скорость обмена. Эти параметры устанавливаются с клавиатуры архивного блока в режиме индикатора «**Адрес Modbus | бит/с**». Средняя кнопка выбирает адрес, а правая – скорость. Для корректной работы **Modbus RTU** необходимо, чтобы все **slave**-узлы имели разные адреса и одинаковую скорость обмена.

Особый режим – связь через сотовую сеть GSM. Для выбора этого режима в режиме индикатора «**Адрес Modbus | бит/с**» выберите скорость, для которой в нижней строке (под величиной скорости) указано «GSM». Связь через GSM характеризуется большими временными задержками. Поэтому признаком конца принимаемого кадра служит пауза 5000 мс, либо принятие ожидаемого количества байт.

В базовой комплектации архивный блок поставляется только с интерфейсом RS-232 (без RS-485). Поскольку интерфейс RS-232 допускает только соединение «точка-точка», формирование сети из нескольких **slave**-узлов затруднительно. Поэтому в базовой комплектации указанный выше пункт меню в архивном блоке отключен, а адрес и скорость имеют фиксированные значения: **адрес= 0, скорость= 57600 бит/сек**.

Если режим индикатора «**Адрес Modbus | бит/с**» недоступен, а настройку скорости и адреса выполнить необходимо, то нужно включить архивный блок в режиме настройки скрытых параметров. Для этого нужно при выключенном блоке питания замкнуть 5-й и 6-й контакт на круглом 10-контактном разъеме, после чего включить блок питания в сеть. Другой способ перевода в режим настройки – выдача соответствующей [команды](#) при помощи поставляемой с прибором программы. На экране будут отображаться параметры настроек, недоступные в основном рабочем режиме. Необходимо переключить параметр «**RS-485 (сеть Modbus)**» из состояния «нет» в состояние «есть». Более подробно параметры режима настройки описаны в **руководстве по эксплуатации** на прибор.

2.2. Запросы на чтение (архивный блок).

В этом разделе приведены описания запросов на чтение данных из архивного блока. Общий формат запроса приведен [выше](#). Описания приведены в порядке возрастания «кодов данных».

2.2.1. Чтение конфигурации архивов¹.

Эта команда позволяет определить распределение архивной памяти между разными архивами, а также некоторые параметры конфигурации.

Формат команды: [запрос на чтение](#) с кодом данных **0000h**.

Размер кадра ответа: 37 (n= 32)

Структура поля «данные»:

смещение	данные	размер
0	кол-во архивной памяти в 32Кб единицах (1 Мбайт = 32)	1
1	дескриптор суточного архива	7
8	дескриптор часового архива	7
15	дескриптор минутного архива	7
22	тип архивных записей	1
23	Флаги конфигурации: Бит 0: 1 – сохранять архивные данные при чтении архива Бит 1...7 – зарезервировано (0)	1
24	зарезервировано	8

2.2.2. Чтение состояния процесса стирания архива¹.

Данная команда позволяет определить прогресс процесса стирания архива, инициированного командой форматирования [5aa5h](#) или [5aa6h](#).

Стирание архива – это довольно продолжительная операция, которая может длиться более 1 минуты.

Формат команды: [запрос на чтение](#) с кодом данных **0001h**.

Размер кадра ответа: 7 (n= 2)

Структура поля «данные»:

смещение	данные	размер
0	0 – стирание выполняется 1 – стирание выполнено 2..255 – нет стирания	1
1	степень выполнения в % (0...100)	1

2.2.3. Чтение текущих показаний прибора¹.

Команда позволяет получить текущие результаты измерений расходомера.

Формат команды: [запрос на чтение](#) с кодом данных **010bh**.

Размер кадра ответа: 37 (n= 32)

Структура поля «данные»

смещение	данные	размер
0	35 – идентификатор прибора	1
1	объем в литрах, 1-й канал, целое со знаком	4
5	время наработки в секундах	4
9	мгновенный расход в м3/час, 1-й канал (float)	4
13	зарезервировано (3)	1
14	температура среды (десятых градуса), 1-й канал	2
16	среда (0= вода, 1= пар, 2= вода, самотек) , 2-й канал	1
17	температура среды (десятых градуса), 2-й канал	2
19	среда (0= вода, 1= пар, 2= вода, самотек) , 1-й канал	1
20	серийный номер (3 байта + КС)	4
24	объем в литрах, 2-й канал, целое со знаком	4
28	мгновенный расход в м3/час, 2-й канал (float)	4

2.2.4. Чтение данных по заданному адресу¹.

Команда считывает данные из памяти прибора по ранее заданному (командой записи [00b7h](#) или [00b8h](#)) адресу. Количество байт считываемых данных **D** задается в команде установки адреса. Адрес считывания данных после ответа на эту команду увеличивается на **D**, что позволяет считывать массив данных без многократной выдачи команды установки адреса.

После выполнения этой команды на 25 секунд блокируется запись архивных данных во flash-память. Это предотвращает изменение архива в процессе считывания массива данных. По окончании чтения нужного массива данных следует снять блокировку командой чтения [010eh](#).

Формат команды: [запрос на чтение](#) с кодом данных **010ch**.

Размер кадра ответа: $D+10$ ($n= D+5$)

Структура поля «данные»:

смещение	данные	размер
0	бит 0 – 0 - есть данные; 1 – нет данных (нет flash)	1
1	Идентификатор прибора - 57h	1
2	зарезервировано	2
4	блок данных	D
D+4	КС (дополнение суммы байт до 0ffh)	1

2.2.5. Чтение версии прошивки¹.

Команда считывает версию прошивки архивного блока. Эта команда оставлена для совместимости с архивным блоком 3-го поколения. Она не позволяет прочитать «букву» версии. Полностью версия прошивки [содержится](#) в адресном пространстве архивной памяти и доступна, наряду с прочими данными, через команду [чтения данных](#).

Формат команды: [запрос на чтение](#) с кодом данных **010dh**.

Размер кадра ответа: 7 ($n= 2$)

Структура поля «данные»:

смещение	данные	размер
0	версия (major version)	1
1	подверсия (minor version)	1

2.2.6. Снятие блокировки записи архива¹.

Данная команда немедленно снимает блокировку записи архивных данных, которая автоматически включается в архивном блоке при поступлении команды [010ch](#) (чтения данных по заданному адресу). Блокировка записи вводится во избежание записи в архив в процессе его считывания; это обеспечивает целостность считанных данных. Блокировка автоматически снимается через 25 секунд после поступления последней команды 010ch.

Формат команды: [запрос на чтение](#) с кодом данных **010eh**.

Размер кадра ответа: 6 (n= 1)

Структура поля «данные»:

смещение	данные	размер
0	0 – блокировка снята	1

2.2.7. Чтение реального времени по часам прибора.

Эта команда позволяет прочитать текущую дату и время согласно встроенным в архивный блок часам реального времени (RTC).

Формат команды: [запрос на чтение](#) с кодом данных **010fh**.

Размер кадра ответа: 13 (n= 8)

Структура поля «данные»:

смещение	Данные	размер
0	номер года (год-1972)	1
1	секунды (упакованный BCD)	1
2	минуты (упакованный BCD)	1
3	часы (упакованный BCD)	1
4	Бит 0...5: день (упак BCD) Бит 6...7: младшие 2 бита года	1
5	Бит 0...4: месяц (упакованный BCD) Бит 5...7: не используется	1
6	Зарезервировано	2

2.2.8. Чтение последнего нештатного события.

Эта команда позволяет прочитать последнюю запись архива нештатных событий. Периодическая выдача этой команды позволяет выявлять новые нештатные события (например, перезагрузку прибора), не считывая архив.

Формат команды: [запрос на чтение](#) с кодом данных **0110h**.

Размер кадра ответа: 29 (n= 24)

Структура поля «данные»:

смещение	Данные	размер
0	последняя запись архива нештатных событий	16
16	номер последней записи архива нештатных событий	1
17	Зарезервировано	7

2.2.9. Чтение контрольной суммы прошивки.

Эта команда считывает контрольную сумму прошивки (программной флэш-памяти) архивного блока. Может использоваться для обнаружения повреждения прошивки архивного блока. Данная контрольная сумма прошивки [содержится](#) также в адресном пространстве архивной памяти и доступна, наряду с прочими данными, через команду [чтения данных](#).

Формат команды: [запрос на чтение](#) с кодом данных **011ch**.

Размер кадра ответа: 13 (n= 8)

Структура поля «данные»:

смещение	Данные	размер
0	Контрольная сумма	4
4	Зарезервировано	4

2.2.10. Чтение параметров управления GPRS-модемом.

Эта команда считывает указанный в младшем байте кода команды параметр управления GPRS-модемом. Во избежание конфликта с «[чтением группы регистров](#)», XX не может быть равно 2.

Формат команды: [запрос на чтение](#) с кодом данных **08XXh**.

Размер кадра ответа: 133 (n= 128)

Структура поля «данные»:

смещение	Данные	размер
0	Значение параметра (в зависимости от XX)	N
N	Зарезервировано (0)	128-N

2.2.11. Чтение настроек.

Эта команда позволяет прочитать некоторые настройки архивного блока. Команда поддерживается прошивками начиная с версии **4.1p**.

Формат команды: [запрос на чтение](#) с кодом данных **70c8h**.

Размер кадра запроса – 21 (n= 16).

Структура поля «данные»:

смещение	Данные	размер
0	бит 0: 1 – флаг ускоренного обмена бит 1: 1 – всегда отображается адрес и скорость обмена (даже если не включен RS-485) бит 2: 1 – заблокировано изменение адреса и скорости с клавиатуры бит 3...7 – зарезервировано (0)	1
1	Зарезервировано (0)	15

2.3. Запрос на чтение группы регистров (архивный блок).

В этом разделе перечислены данные из архивного блока, доступные через команду Modbus RTU «[чтение группы регистров](#)» (read holding registers). Поскольку многие передаваемые многобайтные значения не помещаются в 16-разрядные «регистры» Modbus RTU, они размещаются в нескольких регистрах.

Команда [чтения группы регистров](#) имеет формат, соответствующий общему формату команды [запроса на чтение](#). Однако, команда чтения группы регистров полностью соответствует спецификации **Modbus RTU** и позволяет считывать как один «регистр», так и несколько «регистров» с последовательными номерами. Эта специфика заставляет выделить данную команду в отдельный раздел.

Во избежание конфликтов запросов на чтение и запроса чтения группы регистров, номера регистров и коды данных запросов на чтение выбраны так, чтобы они не совпадали. В результате, все регистры имеют в старшем байте «2», а никакие коды данных в младшем байте «2» не имеют.

Обратите внимание, что, в соответствии с протоколом Modbus RTU, номера и количества регистров в команде «[чтение группы регистров](#)» передаются в формате «big endian» (от старшего байта к младшему). Все остальные многобайтные данные в протоколе обмена, описанном в этом документе, передаются в формате «little endian» (от младшего байта к старшему).

2.3.1. Группы регистров основных результатов измерения¹.

Эта команда позволяет прочитать мгновенный и накопленный расход. Для двухканальных приборов доступны данные по двум измерительным каналам.

Формат команды: [чтение группы регистров](#).

Описание регистров (все регистры 16-разрядные согласно протоколу)

Номер регистра		тип данных		Данные
1 канал	2 канал			
0x200	0x220	целое со знаком	старшее слово	Мгновенный расход q, литров/час
0x201	0x221		младшее слово	
0x202	0x222	целое со знаком	старшее слово	Текущее двухчасовое накопление, литров
0x203	0x223		младшее слово	
0x204	0x224	целое со знаком	старшее слово	Предыдущее двухчасовое накопление, литров
0x205	0x225		младшее слово	
0x206	0x226	целое со знаком	старшее слово	Текущее суточное накопление, литров
0x207	0x227		младшее слово	
0x208	0x228	целое со знаком	старшее слово	Предыдущее суточное накопление, литров
0x209	0x229		младшее слово	
0x20a	0x22a	целое со знаком	старшее слово	Общее накопление, литров
0x20b	0x22b		младшее слово	

Все знаковые числа – в дополнительном коде.

2.4. Запросы на запись (архивный блок).

В этом разделе приведены описания запросов на запись данных в архивный блок. Общий формат запроса приведен [выше](#). Понятие «запись» здесь следует понимать в том смысле, что осуществляется передача пакета данных из **master**-устройства в архивный блок. Описания приведены в порядке возрастания «кодов данных».

2.4.1. Установка адреса считывания архива (кадрами 32 байт)¹.

Эта команда устанавливает адрес в адресном пространстве архивной памяти для считывания данных командой чтения [010ch](#). При этом размер считываемого пакета данных устанавливается **D= 32**.

Эта команда оставлена для совместимости с архивным блоком 3-го поколения. В архивном блоке реализована также дополнительная [команда](#), позволяющая устанавливать величину **D**.

Формат команды: [запрос на запись](#) с кодом данных **00b7h**.

Размер кадра запроса: 13 (n= 4)

Структура поля «данные»:

смещение	Данные	размер
0	Младший байт адреса	1
1	Средний байт адреса	1
2	Старший байт адреса	1
3	Тип архива: 0 – основной архив; 255 – архив нештатных событий	1

Если тип архива= 255, адрес рассматривается как смещение относительно начала архива [нештатных событий](#).

2.4.2. Установка адреса считывания архива (кадрами D байт).

Эта команда устанавливает адрес в адресном пространстве архивной памяти для считывания данных командой чтения [010ch](#). При этом устанавливается также размер **D** считываемого пакета данных.

Формат команды: [запрос на запись](#) с кодом данных **00b8h**.

Размер кадра запроса: 14 (n= 5)

Структура поля «данные»:

смещение	Данные	размер
0	Младший байт адреса	1
1	Средний байт адреса	1
2	Старший байт адреса	1
3	Тип архива: 0 – основной архив; 255 – архив нештатных событий	1
4	Количество байт данных D: 8...128	1

Если тип архива= 255, адрес рассматривается как смещение относительно начала архива [нештатных событий](#).

2.4.3. Запись параметров управления GPRS-модемом.

В младшем байте кода команды передается номер параметра управления GPRS-модемом. Поддержка команды реализована в прошивках, начиная с версии **4.1h**.

Формат команды: [запрос на запись](#) с кодом данных **08XXh**.

Размер кадра запроса: 137 (n= 128)

Структура поля «данные»:

смещение	Данные	Размер
0	Значение параметра (в зависимости от XX)	N
N	Зарезервировано (0)	128-N

2.4.4. Команда управления GPRS-модемом.

Эта команда передает запрос управления GPRS-модемом, который должен быть выполнен немедленно. Поддержка команды реализована в прошивках, начиная с версии **4.1h**.

Формат команды: [запрос на запись](#) с кодом данных **0904h**.

Размер кадра запроса: 17 (n= 8)

Структура поля «данные»:

смещение	Данные	Размер
0	Код команды: 1 – немедленная отправка e-mail (если режим автоматической рассылки включен)	1
1	Зарезервировано (0)	7

2.4.5. Запрос форматирования архивов¹.

Эта команда предназначена для запуска **форматирования** архивной памяти – стирания архивных данных и подготовки к установке нового распределения архивной памяти и формата архива.

После форматирования архива этой командой, в архив будут заноситься [записи данных, совместимые с архивом 3-го поколения](#) приборов «Днепр-7».

Преимущества данного формата архива:

- высокая степень совместимости с ПО для 3-го поколения приборов
- небольшой объем данных архива (файловая запись 8 байт)

Недостатки:

- в архив заносится только суммарный объем для первого канала

Для форматирования архива в других форматах используется команда расширенного форматирования [5aa6h](#).

После ответа на команду форматирования, архивный блок начинает длительную операцию стирания архива, за прогрессом которого можно следить при помощи команды [0001h](#).

По окончании стирания для установки распределения архивной памяти нужно выдать команду [записи дескрипторов](#).

Формат команды: [запрос на запись](#) с кодом данных **5aa5h**.

Размер кадра запроса: 10 (n= 1)

Структура поля «данные»:

смещение	данные	размер
0	46h	1

2.4.6. Расширенный запрос форматирования архивов.

Эта команда предназначена для запуска **форматирования** архивной памяти – стирания архивных данных и подготовки к установке нового распределения архивной памяти и формата архива.

После форматирования архива этой командой, в архив будут заноситься данные, в зависимости от поля «тип архивной записи».

Для форматирования архива в режим совместимости (тип записи 0) используется команда [5aa5h](#).

После ответа на команду форматирования, архивный блок начинает длительную операцию стирания архива, за прогрессом которого можно следить при помощи команды [0001h](#).

По окончании стирания для установки распределения архивной памяти нужно выдать команду [записи дескрипторов](#).

Формат команды: [запрос на запись](#) с кодом данных **5aa6h**.

Размер кадра запроса: 17 (n= 8)

Структура поля «данные»:

смещение	данные	размер
0	47h	1
1	3ch	1
2	абh	1
3	0eh	1
4	Тип архивной записи (кроме 0)	1
5	Флаги конфигурации: Бит 0: 1 – сохранять архивные данные при чтении архива Бит 1...7 – зарезервировано (0)	1
6	Зарезервировано(0)	2

2.4.7. Запись дескрипторов архивов¹.

Эта команда предназначена для записи в архивный блок [дескрипторов](#) архивов, которые определяют распределение архивной памяти между минутным, часовым и суточным архивами. Этой командой завершается цикл **форматирования** архивной памяти, который состоит из следующих этапов:

- запрос на форматирование (команда записи [5aa5h](#) / [5aa6h](#));
- ожидание окончания стирания (команда чтения [0001h](#));
- запись дескрипторов (эта команда).

Формат команды: [запрос на запись](#) с кодом данных **5bb5h**.

Размер кадра запроса – 30 (n= 21)

Структура поля «данные»:

смещение	данные	размер
0	дескриптор суточного архива	7
7	дескриптор часового архива	7
14	дескриптор минутного архива	7

Внимание! Если дескрипторы не соответствуют [требованиям](#) к распределению адресов в памяти, возвращается [ошибка Modbus](#) № 3 (ошибка в данных).

2.4.8. Установка даты и времени в часах¹.

Эта команда предназначена для установки даты и времени в часах реального времени архивного блока. Это может потребоваться при сбое времени при разряде батареи, для коррекции набежавшей погрешности часов, а также для перевода на летнее (зимнее время). Автоматический перевод на летнее (зимнее) время в приборе не предусмотрен.

Информация об изменении времени в часах заносится в архив [нештатных событий](#).

Формат команды: [запрос на запись](#) с кодом данных **6bb6h**.

Размер кадра запроса – 17 (n= 8).

Структура поля «данные»:

смещение	Данные	размер
0	номер года (год-1972)	1
1	секунды (упакованный BCD)	1
2	минуты (упакованный BCD)	1
3	часы (упакованный BCD)	1
4	Бит 0...5: день (упак BCD) Бит 6...7: младшие 2 бита года	1
5	Бит 0...4: месяц (упакованный BCD) Бит 5...7: не используется	1
6	Зарезервировано	2

2.4.9. Запись настроек.

Эта команда позволяет задать некоторые настройки архивного блока.

Формат команды: [запрос на запись](#) с кодом данных **70c8h**.

Размер кадра запроса – 25 (n= 16).

Структура поля «данные»:

смещение	Данные	размер
0	маска записываемых настроек: бит 0: записывать флаги Modbus бит 1..7: зарезервировано (0)	1
1	Флаги Modbus: бит 0: 1 – флаг ускоренного обмена бит 1: 1 – всегда показывать адрес и скорость обмена (с версии 4.1p): бит 2: 1 – заблокировать изменение адреса и скорости с клавиатуры (с версии 4.1p): бит 3...7 – зарезервировано (0)	1
2	Зарезервировано (0)	14

2.4.10. Запрос гашения экрана.

Результатом выполнения данной команды является гашение подсветки экрана архивного блока, очистка экрана и прекращение вывода информации на него. В этот режим архивный блок переходит автоматически, если **30 минут** не нажимать кнопки на нем. В этом режиме эффективная скорость обмена данными с архивным блоком по протоколу **Modbus RTU** значительно выше, т.к. архивный блок не отвлекается на перерисовку экрана. Команду «гашение экрана» целесообразно выполнять перед сеансом считывания большого массива данных, если нет уверенности, что архивный блок уже находится в этом режиме.

Формат команды: [запрос на запись](#) с кодом данных **71d9h**.

Размер кадра запроса – 11 (n= 2).

Структура поля «данные»:

смещение	Данные	размер
0	Пароль: 0a5h	1
1	Зарезервировано (0)	1

2.4.11. Перевод в указанный режим работы.

Результатом выполнения данной команды является перевод архивного блока в указанный режим работы.

Архивный блок автоматически возвращается в основной рабочий режим одновременно с переходом в режим [гашения экрана](#) (через 30 минут).

В режиме «ретранслятор команд» архивный блок не выполняет поступающие команды, а передает (ретранслирует) их на интерфейс master. Ответы, поступающие с интерфейса master, ретранслируются на интерфейс slave. В режиме «ретранслятор команд» архивный блок не выполняет обмен с измерительными блоками через Modbus master и не отвечает на запросы компьютера через Modbus slave.

Данная команда реализована в прошивках архивного блока, начиная с версии **4.1**.

Формат команды: [запрос на запись](#) с кодом данных **0fd17h**.

Размер кадра запроса – 17 (n= 8).

Структура поля «данные»:

смещение	Данные	размер
0	0f1h	1
1	59h	1
2	03h	1
3	78h	1
4	Тип прибора (57h)	1
5	Режим работы: 0 – основной рабочий режим 2 – режим ретранслятора команд	1
6	Параметр режима работы	1
7	Зарезервировано (0)	1

В режиме «ретранслятор команд» параметр режима работы определяет скорость обмена в режиме ретрансляции:

Значение	Скорость обмена
0	600 бит/сек
1	1200 бит/сек
2	2400 бит/сек
3	4800 бит/сек
4	9600 бит/сек
5	9600 бит/сек GSM (увеличены тайм-ауты)
6	19200 бит/сек
7	57600 бит/сек
255	Скорость согласно настройке архивного блока

2.5. Примечания (сноски) раздела 2.

1. Команда совместима с соответствующей командой в архивном блоке третьего поколения. То есть, устройство или программа, рассчитанная на работу с архивным блоком 3-го поколения, может использовать эту команду при работе с архивным блоком 4-го поколения. Обратное, вообще говоря, неверно.

3. Протокол обмена доплеровского измерительного блока.

У доплеровского измерительного блока есть [интерфейс](#) (slave), позволяющий считывать из блока результаты измерений и служебную информацию.

У доплеровского измерительного блока нет возможности изменить скорость обмена и сетевой адрес.

Скорость обмена всегда равна **19200 бит/сек.**

Сетевой адрес всегда равен **2.**

По этой причине нельзя подключить более одного измерительного блока к сети Modbus RTU.

3.1. Запросы на чтение (доплер).

В этом разделе приведены описания запросов на чтение данных из доплеровского измерительного блока. Общий формат запроса приведен [выше](#). Описания приведены в порядке возрастания «кодов данных».

3.1.1. Чтение спектра.

Эта команда позволяет прочитать текущий обработанный спектр в сжатом виде. Нулевому отсчету спектра соответствует нулевая (минимальная) скорость потока, 127-му отсчету спектра – максимальная измеряемая скорость. Максимальное значение отсчета спектра равно 220 (спектр нормирован по этому значению).

Спектр скоростей потока является основой для вычисления расхода доплеровским расходомером. Неправильная форма спектра может быть причиной некорректного измерения расходомером скорости и расхода.

Формат команды: [запрос на чтение](#) с кодом данных **0101h**.

Размер кадра ответа: 141 (n= 136)

Структура поля «данные»:

смещение	данные	размер
0	Массив спектра	128
128	Параметр ширины спектра «П», число типа float	4
132	Среднеквадратичное отклонение величины «П» (в процентах), число типа float	4

3.1.2. Чтение уровня наполнения.

Эта команда позволяет прочитать измеренный уровень наполнения для расходомеров, оснащенных измерителем уровня.

Формат команды: [запрос на чтение](#) с кодом данных **0105h**.

Размер кадра ответа: 13 (n= 8)

Структура поля «данные»:

смещение	данные	размер
0	Уровень наполнения в мм, число типа float	4
4	Уровень наполнения в процентах, число типа float	4

3.1.3. Чтение основных результатов измерения.

Эта команда позволяет прочитать основные результаты измерения доплеровского расходомера (расход и скорость потока), а также информацию о нештатных ситуациях и уровне сигналов.

Формат команды: [запрос на чтение](#) с кодом данных **0107h**.

Размер кадра ответа: 29 (n= 24)

Структура поля «данные»:

смещение	данные	размер
0	Расход в м ³ /час, число типа float	4
4	Среднеквадратичное отклонение расхода в процентах, число типа float	4
8	Уровень полезного сигнала, мВ, целое без знака	2
10	Уровень общего сигнала, мВ, целое без знака	2
12	Максимальный уровень сигнала, мВ, целое без знака	2
14	Нештатные ситуации (1= есть, 0= нет): Бит 0: слишком большой уровень сигнала Бит 1: нештатная ситуация по датчикам Бит 2: низкий сигнал или нулевой поток Бит 3: слишком большое значение «П» Бит 4: слишком большая дисперсия расхода Бит 5: не используется Бит 6: не используется Бит 7: не используется	1
15	Скорость в м/с, число типа float	4
19	Зарезервировано (0)	5

Приложение 1. Структура архивной памяти.

Архивная память прибора представляет собой энергонезависимую flash-память. Основной функцией архива является запоминание показаний прибора с разной периодичностью:

- раз в минуту (**минутный архив**)
- раз в час в начале каждого часа (**часовой архив**)
- раз в сутки в начале каждого суток (**суточный архив**)

Совокупность минутного, часового и суточного архивов образуют основной архив прибора. Структуры минутного, часового и суточного архивов схожи и память между ними может гибко распределяться.

Во flash-память может заноситься также информация о типе и времени возникновения ряда нештатных событий. Последовательность данных записей образует архив нештатных событий.

Во flash-память может заноситься также некоторая другая информация.

III.1. Структура основного архива.

Основной архив представляет собой структуру, в которой каждую минуту, час, сутки сохраняются результаты измерений прибора и вспомогательная информация.

Минутный, часовой и суточный архивы имеют схожую структуру, за исключением количества записей в файле. В файле минутного архива 60 записей, часового - 24, суточного - 31.

Структура данных устроена так, что каждая архивная запись однозначно соответствует определенной минуте, часу или суткам.

Ниже приведена общая структурная схема основного архива. Для компактности изображен только минутный архив. Часовой и суточный архивы устроены идентично.



На этой схеме **AM** – адрес таблицы дескрипторов минутного архива, **N** – количество файлов минутного архива, **AF1...AFN** – адреса файлов, **Rs** – размер архивной записи (байт), **Rs*60** – размер файла минутного архива за один час.

П1.1.1. Структура файловой системы.

Основной архив приборов «Днепр-7» представляет собой структурированную систему хранения данных в энергонезависимой памяти. Организация структуры основана на привязке данных к реальному времени по часам прибора.

Каждая архивная **запись** минутного (часового, суточного) архива представляет результаты измерений за определенную календарную минуту (час, сутки).

Архивные записи группируются в **файлы**. Файл содержит фиксированное число записей и представляет результаты измерений за более длительный календарный период. Для минутного архива файл содержит данные за час, для часового архива – за сутки, для суточного архива – за месяц.

Минутный (часовой, суточный) архив состоит из фиксированного числа файлов, заданного при [форматировании](#) архива.

При наступлении нового календарного периода, требующего создания нового файла (например, для минутного архива – в начале часа), в архиве стирается файл, содержащий наиболее старые данные, и на его месте создается новый файл. При этом в [дескриптор файла](#) вносится новая информация об его времени.

Запись архива может иметь разный размер и содержать разные данные. Формат записи зависит от [типа архивной записи](#), заданного при [форматировании](#), а также от типа измерительного блока. Форматы архивных записей разных типов рассмотрены в отдельном разделе.

П1.1.1.1. Заголовок архива.

Заголовок архива располагается по адресу **0** и имеет следующую структуру:

адрес	данные	размер
0	Сигнатура заголовка: 0d9147ca8h	4
4	Идентификатор (номер) текущего форматирования	2
6	Тип архивных записей: 0 – режим совместимости с приборами V3 1 – режим двухканального расходомера с передачей данных через частотные выходы 3 – режим расходомера с передачей данных через Modbus	1
7	Байт флагов: бит 0: 1 - флаг ускоренного обмена по Modbus бит 1...7 – зарезервировано (0)	1
8	Байт флагов конфигурации: Бит 0: 1 – сохранять архивные данные при чтении архива Бит 1...7 – зарезервировано (0)	1
9	Зарезервировано (0)	1
10	v_scale_ind , номер масштабного коэффициента для архивной записи в режиме совместимости .	1
11	255-v_scale_ind	1
12	Зарезервировано (0)	3
15	КС (дополнение суммы байт до 0ffh)	1

П1.1.1.2. Дескрипторы архивов.

По адресу **128** располагаются дескрипторы архивов. Дескрипторы архивов записываются при форматировании архива. В рабочем режиме данные в дескрипторах архивов не изменяются.

адрес	Данные	размер
128	дескриптор суточного архива	7
135	дескриптор часового архива	7
142	дескриптор минутного архива	7

Дескриптор суточного (часового, минутного) архива имеет формат:

смещение	данные	размер
0	количество файлов архива (месяцев – для суточного, суток – для часового, часов – для минутного)	2
2	адрес начала архива	3
5	зарезервировано (должно быть 0)	1
6	<u>КС</u> (дополнение суммы байт до 0ffh)	1

По адресу начала архива из дескриптора архива располагается массив дескрипторов файлов.

Внимание! Под основной архив отведена область памяти с **400h** по **0fefffh**. Команда записи дескрипторов, задающая распределение памяти между архивами, не должна выделять память за пределами этой области! Адреса начала архивов в дескрипторах архивов должны быть выровнены по началу страницы **512 байт** (должны быть кратны 512). Массивы дескрипторов файлов дополняются неиспользуемыми данными так, чтобы они занимали целое число страниц по **512 байт**. Это сделано для того, чтобы начало области памяти, отведенной под файлы, было выровнено по началу страницы (512 байт). Архивы в памяти должны быть размещены в последовательности: суточный, часовой, минутный (в порядке возрастания адресов).

П1.1.1.3. Дескрипторы файлов.

По адресу начала архива, указанному в [дескрипторе архива](#), располагается массив дескрипторов файлов. Количество записей массива дескрипторов файлов равно количеству файлов, указанному в дескрипторе архива. Каждая запись массива дескрипторов файлов описывает один файл.

При наступлении нового календарного периода, требующего создания нового файла (например, для минутного архива – в начале часа), в архиве стирается файл, содержащий наиболее старые данные, и на его месте создается новый файл. При этом в дескриптор файла вносится новая информация об его времени.

Дескриптор файла имеет следующий формат:

Для суточного архива:

смещение	данные	размер
0	номер года (год-1972)	1
1	Бит 0...4: месяц (упакованный BCD) Бит 5...7: не используется	1
2	зарезервировано	2
4	адрес файла	3
7	КС (дополнение суммы байт до 0ffh)	1

Для часового архива:

смещение	данные	размер
0	номер года (год-1972)	1
1	Бит 0...4: месяц (упакованный BCD) Бит 5...7: не используется	1
2	Бит 0...5: день (упакованный BCD) Бит 6...7: не используется	1
3	зарезервировано	1
4	адрес файла	3
7	КС (дополнение суммы байт до 0ffh)	1

Для минутного архива:

смещение	данные	размер
0	номер года (год-1972)	1
1	Бит 0...4: месяц (упакованный BCD) Бит 5...7: не используется	1
2	Бит 0...5: день (упакованный BCD) Бит 6...7: не используется	1
3	час (упакованный BCD)	1
4	адрес файла	3
7	КС (дополнение суммы байт до 0ffh)	1

Внимание! Массив дескрипторов файлов дополняется неиспользуемыми данными так, чтобы он занимал целое число страниц по **512 байт**. Это сделано для того, чтобы начало области памяти, отведенной под файлы, было выровнено по началу страницы (512 байт).

В некоторых случаях (например, при работе через GSM-модем) необходимо минимизировать объем данных, которые нужно считывать для регулярного получения свежих архивных данных. Для этого по [фиксированному адресу](#) располагаются обновляемые счетчики изменений дескрипторов файлов. Данные счетчики инкрементируются при завершении формирования текущих и создании новых файлов минутного, суточного, часового архивов. Таким образом, достаточно периодически отслеживать состояние счетчиков, и лишь при их изменении (раз в час для минутного архива, раз в сутки для часового и суточного) считывать дескрипторы файлов и новые файлы. Пока счетчики не изменились, можно с желаемой периодичностью считывать данные из текущих (заполняемых в данное время) файлов по известным из их дескрипторов адресам.

П1.1.1.4. Файлы.

По адресу, указанному в [дескрипторе файла](#), располагается файл, содержащий данные, относящиеся к указанному в дескрипторе файла периоду:

Файл суточного архива содержит массив 31 запись данных. $(i-1)$ -я запись ($i=1..31$) соответствует данным за i -й день месяца, описанного в дескрипторе файла. Для месяцев длительностью менее 31 дня, старшие записи файла не заполняются.

Файл часового архива содержит массив 24 записей данных. i -я запись ($i=0..23$) соответствует данным за i -й час суток, описанных в дескрипторе файла.

Файл минутного архива содержит массив 60 записей данных. i -я запись ($i=0..59$) соответствует данным за i -ю минуту часа, описанного в дескрипторе файла.

Записи в файле располагаются одна за другой, то есть адрес i -й записи архива равен $(AF+i*Rs)$, где AF – адрес файла, Rs – размер архивной записи.

В архив в зависимости от режима, заданного при форматировании, могут заноситься записи разных типов. Режим архива можно определить по значению поля «[тип архивных записей](#)» в заголовке архива.

В [следующем разделе](#) приведены форматы записи данных для разных режимов.

П1.1.2. Форматы записей файлов.

Формат записи [файла](#) архива устанавливается во время [форматирования](#) архива. Его можно определить по [типу архивных записей](#) в заголовке архива или командой [чтения конфигурации](#) архива.

Кроме того, для типа архивных записей «режим с передачей данных через Modbus» формат записи зависит от типа измерительного блока, подключенного к архивному блоку.

П1.1.2.1. Режим совместимости с архивом V3.

Данный формат записи обеспечивает высокую степень совместимости с предыдущим (третьим) поколением архивных блоков «Днепр-7». Совпадает как [общая структура](#) основного архива, так и формат записи архива. Это позволяет в некоторых случаях использовать программное и аппаратное обеспечение, разработанное для работы в комплекте с «Днепр-7» с архивом 3-го поколения.

Форматирование архива под запись данного формата осуществляется [особой командой](#), отличной от команды форматирования под записи [других форматов](#).

Размер архивной записи: **Rs= 8 байт**.

Формат архивной записи:

смещение	данные	размер
0	объем суммарный, целое число без знака. Если бит 6 байта флагов установлен, то объем выражен в единицах, зависящих от значения коэффициента v_scale_ind из заголовка архива: v_scale_ind= 0 – кубометры v_scale_ind= 1 – десятые кубометра v_scale_ind= 2 – сотые кубометра v_scale_ind= 3 тысячные кубометра (литры) Если бит 6 байта флагов не установлен, то объем выражен в литрах.	4
4	зарезервировано	2
6	флаги	1
7	КС (дополнение суммы байт до 0ffh)	1

Байт флагов имеет формат:

бит	описание
0	«1» - если за описываемый период отключалось питание
1..5	зарезервировано
6	«1» - объем масштабирован в соответствии с коэффициентом v_scale_ind .
7	«1» - если запись данных (байты 0..3) не заполнена данными (прибор не работал в соответствующий период времени)

П1.1.2.2. Расширенная архивная запись.

Этот формат используется в расходомерах, в которых передача информации о расходе из измерительного блока в архивный блок производится через один или два частотных выхода.

Этот формат, в отличие от формата [совместимости](#), более полно реализует возможности архивного блока 4-го поколения. В частности, запись архива может содержать информацию с двух измерительных каналов, а также сохраняет [время работы](#) прибора за период, к которому относится архивная запись.

Размер архивной записи: **Rs= 64 байт.**

Формат архивной записи:

смещение	данные	размер
0	Временная метка записи архива	8
8	Флаги записи: бит 0 - «1» - если за период отключалось питание бит 1...7 – не используется (0)	1
9	Общий объем, м ³ , первый канал, число типа float	4
13	Общая масса, тонн, первый канал, число типа float	4
17	Температура, десятых °С, первый канал, целое	2
19	Зарезервировано (0)	5
24	Общий объем, м ³ /час, второй канал, число типа float	4
28	Общая масса, тонн/час, второй канал, число типа float	4
32	Температура, десятых °С, второй канал, целое	2
34	Зарезервировано (0)	27
61	Время работы прибора (см. описание). Только для часового и суточного архивов. Архивирование времени работы реализовано в прошивках начиная с версии 4.1	2
63	КС (дополнение суммы байт до 0ffh)	1

П1.1.2.3. Режим связи архивного и измерительного блоков через Modbus.

В данном режиме работают расходомеры «Днепр-7» разных видов, в которых передача информации из измерительного блока в архивный блок производится по протоколу, основанному на протоколе Modbus RTU.

Измерительные блоки имеют собственный интерфейс, позволяющий считывать из них текущие результаты измерений. Архивный блок расходомера может оснащаться дополнительным интерфейсом RS-232 или RS-485 для подключения к измерительным блокам; при этом архивный блок работает в режиме Master.

Хотя формат архивной записи зависит от подключенного измерительного блока, этот формат до некоторой степени унифицирован. Далее приведен общий формат записи, а его детализация в зависимости от измерительного блока – в подразделах данного раздела.

Размер архивной записи: **Rs= 64 байт.**

Формат архивной записи:

смещение	данные	размер
0	Временная метка записи архива	8
8	Номер типа измерительного блока	1
9	Общий объем, м ³ , число типа float	4
13	Общая масса, тонн, число типа float	4
17	Температура, десятых °С, целое	2
19	специфические данные измерительного блока	38
57	Общие параметры времени работы (для архивов данных, полученных по Modbus)	6
63	КС (дополнение суммы байт до 0ffh)	1

Структура общих параметров времени работы (см. [описание](#)):

смещение	данные	размер
0	Время НС «Отсутствие связи по Modbus»	2
2	Время, когда была хотя бы одна НС	2
4	Время работы прибора	2

Номер типа измерительного блока может принимать одно из значений:

Номер типа	Название типа измерительного блока
0	Доплеровский измерительный блок

П1.1.2.3.1. Доплеровский измерительный блок.

Структура поля [архивной записи](#) «специфические данные измерительного блока» для [доплеровского](#) измерительного блока:

смещение	данные	размер
0	Средняя скорость потока, м/с, число типа float	4
4	Средний уровень наполнения, мм, число типа float	4
8	Средний уровень полезного сигнала, мВ, целое без знака	2
10	Средний уровень общего сигнала, мВ, целое без знака	2
12	зарезервировано (0)	20
32	Параметры времени НС доплеровского расходомера	6

Структура параметров времени нештатных ситуаций доплеровского расходомера (см. [описание](#)):

смещение	данные	размер
0	Время НС «Слишком большой уровень сигнала»	2
2	Время НС «Нештатная ситуация по датчикам»	2
4	Время НС «Низкий сигнал или нулевой поток»	2

П1.1.3. Структуры данных, используемые в архиве.

В этом разделе описаны некоторые структуры данных, которые применяются в основном архиве приборов 'Днепр-7'.

П1.1.3.1. Временная метка записи архива.

Временная метка применяется в архивных записях большинства типов для обозначения времени, когда данная архивная запись была сформирована.

Структура временной метки записи данных архива:

смещение	данные	размер
0	зарезервировано (0)	3
3	минута (упакованный BCD)	1
4	час (упакованный BCD)	1
5	Бит 0...5: день (упакованный BCD) Бит 6...7: не используется	1
6	Бит 0...4: месяц (упакованный BCD) Бит 5...7: не используется	1
7	номер года (год-1972)	1

Если дата/время временной метки не равны дате/времени из соответствующего дескриптора файла, они могут относиться к предыдущему циклу заполнения файла (когда дескриптор файла был другой). Данная запись может быть интерпретирована прикладной программой как «устаревшая» (данные не воспринимаются).

П1.1.3.2. Время работы прибора в определенном состоянии.

В некоторые архивы записывается время нахождения прибора в том или ином состоянии за интервал архивации (минуту, час, сутки).

В частности, в архив может заноситься время работы (наработки) за данный период времени, а также время наличия разного вида нештатных и аварийных ситуаций.

Время хранится в виде целого 16-разрядного числа без знака. Дискретность времени составляет 2 секунды. Например, число 1234 (десятичное) означает 2468 секунд.

Архивирование времени работы реализовано в прошивках начиная с версии **4.1**.

П1.2. Структура архива нештатных событий.

4096 байт flash-памяти отводится под архив нештатных событий. Адрес начала архива указан [здесь](#). Архив содержит информацию о последних 256 нештатных событиях; каждое новое нештатное событие затирает самое старое.

П1.2.1. Формат записи архива нештатных событий.

Размер записи архива нештатных событий: 16 байт

Формат записи архива нештатных событий:

смещение	данные	размер
0	тип нештатного события	1
1	минуты (упакованный BCD)	1
2	час (упакованный BCD)	1
3	Бит 0...5: день (упакованный BCD) Бит 6...7: не используется	1
4	Бит 0...4: месяц (упакованный BCD) Бит 5...7: не используется	1
5	номер года (год-1972)	1
6	Доп. информация, зависящая от типа нештатного события	7
13	зарезервировано (0)	2
15	КС (дополнение суммы байт до 0ffh)	1

Возможны следующие типы нештатных событий:

Тип нештатного события	Описание
0	Включение или перезагрузка прибора
4	Корректировка времени

П1.2.1.1. Событие ‘включение или перезагрузка прибора’.

Данное событие заносится в архив нештатных событий при каждом включении или перезагрузке прибора. В качестве времени нештатного события указывается время включения (загрузки) прибора. Также доп. информация:

смещение	данные		размер
6	Время выключения прибора (последнее время запоминания текущих значений)	минуты	1
7		час	1
8		день (бит 0...5)	1
9		месяц (бит 0...4)	1
10		номер года (год-1972)	1
11	Код причины перезагрузки		1
12	зарезервировано (0)		1

Коды причины перезагрузки:

0	подача питания на выключенный прибор (включение)
1	нестабильность напряжения питания
2	аппаратный перезапуск (RESET)
3	программный перезапуск
4	ошибка конфигурации процессора
5	низкое напряжение "+12В" (ALARM)
6	перезапуск по сторожевому таймеру (зависание)
100	нераспознанная причина

П1.2.1.2. Событие ‘корректировка времени’.

Данное событие заносится в архив нештатных событий при установке времени в приборе соответствующей [командой](#). Запись содержит доп. информацию – новую дату и время:

смещение	данные		размер
6	Новая дата и время	минуты	1
7		час	1
8		день (бит 0...5)	1
9		месяц (бит 0...4)	1
10		номер года (год-1972)	1
11	зарезервировано (0)		2

П1.3. Прочие данные в адресном пространстве.

В адресном пространстве архивной памяти содержится некоторая информация о приборе, различные значения и параметры, которые не включены в [структуру архива](#).

Далее приведен перечень таких данных для архивного блока «Днепр-7». Для измерительных блоков с функцией архива некоторые из этих данных могут отсутствовать.

адрес	данные	размер
16 (10h)	Номер последней записи архива нештатных событий	1
17 (11h)	Версия прошивки (major version)	1
18 (12h)	Подверсия прошивки (minor version)	1
19 (13h)	Буква версии (0= нет буквы, 1= 'a', 2='b', ...)	1
20 (14h)	Контрольная сумма прошивки (flash-памяти программы)	4
24 (18h)	Количество измерительных каналов	1
25 (19h)	Номер (адрес) прибора в сети Modbus	1
26 (1ah)	Зарезервировано	2
28 (1ch)	Серийный номер прибора	3
31 (1fh)	КС серийного номера (дополнение суммы байт до 0ffh)	1
32 (20h)	Адрес архива нештатных событий	4
64 (40h)	Счетчик изменений дескрипторов файлов минутного архива	1
65 (41h)	КС счетчика по адресу 40h	1
66 (42h)	Счетчик изменений дескрипторов файлов часового и суточного архивов	1
67 (43h)	КС счетчика по адресу 42h	1

Приложение 2. Особенности реализации Modbus RTU.

1. Отличия от стандарта.

Протокол обмена, реализованный в приборах «Днепр-7», совместим со стандартным протоколом Modbus RTU в том смысле, что приборы «Днепр-7» могут бесконфликтно работать в сети Modbus RTU. Однако, структура большей части пакетов не соответствует спецификации Modbus RTU.

В частности, в Modbus RTU запросы с кодами **03h** (чтение группы регистров) и **10h** имеют определенную внутреннюю структуру и предназначены для считывания и записи 16-разрядных «регистров». В протоколе «Днепр-7» запросы с этими кодами предназначены для чтения и записи различных структур данных, не приведенных к концепции «регистров».

Исключение составляют [несколько регистров](#) с данными о текущем расходе, обращение к которым полностью соответствует Modbus RTU.

2. Коды ошибок Modbus.

Коды ошибок при ответе на запросы [чтения](#) и [записи](#) могут принимать следующие значения:

- 1 – неизвестный код запроса (функции)
- 2 – неизвестный код данных
- 3 – ошибка в поле данных запроса
- 6 – прибор занят и не может ответить на запрос

3. Тайм-ауты передачи данных в разных режимах.

Окончание передачи пакета данных в протоколе Modbus задается паузой (интервалом тишины) некоторой длительности. По стандарту Modbus RTU, длительность паузы задается как длительность передачи 3.5 символов (байт). В приборах «Днепр-7» установлены отличные от стандартных паузы, величины которых сведены в таблицу:

Режим связи	Длительность интервала тишины, мсек
600 бит/с (RS-232, RS-485)	100
1200 бит/с (RS-232, RS-485)	50
2400 бит/с (RS-232, RS-485)	25
4800 бит/с (RS-232, RS-485)	20
9600 бит/с (RS-232, RS-485)	15
19200 бит/с (RS-232, RS-485)	10
57600 бит/с (RS-232, RS-485)	10
9600 бит/с (GSM)	0/5000

4. Широковещательные запросы.

В отличие от стандарта Modbus, в приборах «Днепр-7» нет режима широковещательных запросов (с нулевым полем адреса). Адрес “0” ничем не выделяется среди прочих адресов.

5. Флаг ускоренного обмена.

Протокол Modbus требует, чтобы конец пакета передаваемых данных определялся по отсутствию передачи данных в течение некоторого времени. Установка флага ускоренного обмена в [заголовке архива](#) при помощи [команды записи настроек](#) позволяет ускорить обмен данными за счет того, что прибор не выжидает этих пауз; сколько байт следует принять, определяет исходя из типа запроса (запрос чтения 8 байт, запрос записи N+9 байт).

Функция ускоренного обмена реализована только в архивном блоке и не реализована в измерительных блоках.

Приложение 3. Форматы элементарных данных.

В этом разделе приведены форматы элементарных данных, используемые в протоколах обмена и структурах данных архива.

- многобайтные числа любых типов передаются, начиная с младшего байта (формат «**little endian**»).
- числа типа **float** представляют собой вещественные числа одинарной точности (32 бит) в стандарте **IEEE-754**.
- Формат «**упакованный BCD**» (binary coded decimal), двоично-десятичный формат. Байт в этом формате представляет число в диапазоне 0...99 так, что в младших четырех битах располагается младшая десятичная цифра в двоичном коде, а в старших четырех битах – старшая десятичная цифра.
- **КС** (контрольная сумма). Простейшая однобайтная контрольная сумма – такое значение, что сумма всех байт блока данных (включая КС) по модулю 256, равна **0ffh**.
- **номер года** представляется однобайтным числом. При этом реальный номер года (от Рождества Христова) рассчитывается путем прибавления к этому числу константы **1972**. Таким образом, год 1972 обозначается числом 0, год 2011 – числом 39 и т.д. Этот формат позволяет обозначать года от 1972 до 2227 включительно.

Приложение 4. Алгоритм расчета CRC-16.

В протоколе **Modbus RTU** в качестве контрольной суммы применяется алгоритм CRC-16. В последние два байта пакета длины N байт записывается результат применения алгоритма к первым (N-2) байтам пакета. Для проверки контрольной суммы можно вычислять CRC от всего пакета в N байт: результат должен быть равен нулю.

Ниже приведена реализация алгоритма на языке «Си».

```
typedef ushort ModbusCrc;// ushort – 2 байта

typedef union {
    ushort w;
    struct{
        uchar hi; // для «big endian». Для «little endian» нужно поменять местами hi и lo
        uchar lo;
    } b;
    uchar bs[2];
} Bytes;

static ModbusCrc modbusCalcCrc(const void *buf, ushort length)
{
    uchar *arr = (uchar *)buf;
    Bytes crc;

    crc.w = 0xffff;

    while(length--){
        char i;
        bool odd;

        crc.b.lo ^= *arr++;
        for(i = 0; i < 8; i++){
            odd = crc.w & 0x01;
            crc.w >>= 1;
            if(odd)
                crc.w ^= 0xa001;
        }
    }

    return (ModbusCrc)crc.w;
}
```

Приложение 5. История изменений документа.

- Версия 5.0. Июль 2011 г.

Базовая версия

- Версия 5.1. Август 2011 г.

В описании заголовка архива добавлено описание масштабного коэффициента [v_scale_ind](#). Раньше это значение было фиксировано и было равно трем. Поддержка этого коэффициента введена в прошивку, начиная с версии **4.1f** и программу для работы с архивом, начиная с версии **4.1e**.

- Версия 5.2. Декабрь 2011 г.

Добавлены описания команд для чтения/записи параметров управления GPRS-модемом. Команды поддерживаются в прошивках, начиная с версии **4.1h**.

- Версия 5.3. Июль 2013 г.

В команду записи настроек (**70c8h**) добавлены флаги включения индикации адреса и скорости и блокировки изменения адреса и скорости.

Добавлена команда чтения настроек (**70c8h**).

Изменения поддерживаются прошивками, начиная с версии **4.1p**.

- Версия 5.4. Май 2015 г.

В реализацию вычисления CRC-16 добавлен комментарий относительно «big endian» и «little endian».

В тексте раздела 2.4.2 исправлен код команды – 00b8h.

Удалены разделы 4 и 5 – протоколы обмена с приборами, серийный выпуск которых не был налажен.

Удалены описания архивных записей этих не выпущенных приборов.

Добавлены оговорки о неполном соответствии спецификации Modbus RTU.

В раздел «Дескрипторы файлов» добавлено описание работы с счетчиками изменения дескрипторов файлов для минимизации трафика.