

Акционерное общество “Альбатрос”

Утвержден
УНКР.468157.113-106 РО-ЛУ

ОКП 42 1715

Блоки сопряжения с датчиком БСД5

Руководство оператора
УНКР.468157.113-106 РО

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ	2
2 ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНДИКАЦИИ БЛОКА	3
3 РЕЖИМ ИНДИКАЦИИ ДАННЫХ	5
4 РЕЖИМ ПРОСМОТРА И ИЗМЕНЕНИЯ НАСТРОЕК.....	7
5 СВЯЗЬ БЛОКА С ЭВМ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ	18
5.1 Общие сведения	18
5.2 Сообщения протокола MODBUS RTU	18
5.3 Поддерживаемые блоком функции протокола Modbus	20
5.4 Ответ при ошибочной ситуации	24
5.5 Регистры блока	25
6 ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА ВЫЧИСЛЕНИЯ МАССЫ ПРОДУКТА	33
7 ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА КОРРЕКЦИИ УРОВНЕЙ	38
8 ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ “БСД5. ГРАДУИРОВОЧНАЯ ТАБЛИЦА”	38

1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящее руководство оператора содержит сведения о версии 1.06 программного обеспечения (ПО) блоков сопряжения с датчиком БСД5А и БСД5Н (далее “блок”) и предназначено для обучения обслуживающего персонала работе с блоком и его программированию.

Документ содержит также сведения о протоколе связи блока с удаленным компьютером верхнего уровня (далее “ЭВМ”), принципах построения потоков данных между блоком и ЭВМ и информацию для разработки ПО ЭВМ, работающей с блоком.

Кроме настоящего руководства необходимо изучить документ “Блоки сопряжения с датчиком БСД5. Руководство по эксплуатации” УНКР.468157.113 РЭ.

Термины и определения, используемые в руководстве, выделены в месте их первого появления или толкования *курсивом*.

В содержание данного документа могут быть внесены изменения без предварительного уведомления.

В связи с постоянно проводимыми работами по совершенствованию конструкции, допускаются незначительные отличия параметров, не ухудшающие характеристики блока.

Материал, представленный в настоящем документе, можно копировать и распространять при соблюдении следующих условий:

- весь текст должен быть скопирован целиком, без каких бы то ни было изменений и сокращений;
- все копии должны содержать ссылку на авторские права АО “Альбатрос”;
- настоящий материал нельзя распространять в коммерческих целях (с целью извлечения прибыли).

БСД5 является товарным знаком АО “Альбатрос”.

© 2013...2022 АО “Альбатрос”. Все права защищены.

2 ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНДИКАЦИИ БЛОКА

Блок имеет два режима индикации:

- режим индикации данных;
- режим просмотра и изменения настроек.

В режиме индикации данных блок осуществляет опрос подключенного к нему первичного преобразователя (далее “ПП”, один ПП для исполнения БСД5А и от одного до четырёх ПП для исполнения БСД5Н), производит вычисление и индикацию измеряемых параметров, а также формирует сигналы токовых выходов и управления ключами.

В режиме просмотра и изменения настроек блок продолжает выполнять те же функции и, параллельно, обеспечивает возможность настройки и тестирования.

ПО блока обеспечивает работу с различными типами ПП в любой конфигурации. Поддерживаемые блоком БСД5А типы ПП и их краткие характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1

Тип ПП	Измеряемые параметры	Количество поплавков (датчиков температуры)	Тип чувствительного элемента
ДУУ2М-01	уровень, уровень раздела сред	1	жесткий
ДУУ2М-02	уровень, уровень раздела сред, температура	1 (1)	жесткий
ДУУ2М-03	уровень, до двух уровней раздела сред	2	жесткий
ДУУ2М-04	уровень, до двух уровней раздела сред, температура	2 (1)	жесткий
ДУУ2М-05	уровень, уровень раздела сред, давление	1	жесткий
ДУУ2М-06	уровень, уровень раздела сред, давление, температура	1 (1)	жесткий
ДУУ2М-07	уровень, до двух уровней раздела сред, давление	2	жесткий
ДУУ2М-08	уровень, до двух уровней раздела сред, давление, температура	2 (1)	жесткий
ДУУ2М-10	уровень, уровень раздела сред, температура	1 (1)	гибкий
ДУУ2М-12	уровень, до двух уровней раздела сред, температура	2 (1)	гибкий
ДУУ2М-14	уровень, до трех уровней раздела сред, температура	3 (1)	гибкий
ДУУ2М-16	уровень, до четырех уровней раздела сред, температура	4 (1)	гибкий
ДУУ6	уровень, температура, давление газовой подушки, гидростатическое давление	1 (6)	жесткий

Продолжение таблицы 1

Тип ПП	Измеряемые параметры	Количество поплавков (датчиков температуры)	Тип чувствительного элемента
ДУУ6-1	уровень, уровень раздела сред, температура, давление газовой подушки, гидростатическое давление	2 (6)	жесткий
ДТМ2	температура	(от 1 до 16)	гибкий
ДП1	плотность, температура	(1)	гибкий
ДУУ10-02	уровень, уровень раздела сред, температура	1 (1)	жесткий
ДУУ10-04	уровень, до двух уровней раздела сред, температура	2 (1)	жесткий
ДУУ10-06	уровень, уровень раздела сред, давление, температура	1 (1)	жесткий
ДУУ10-08	уровень, до двух уровней раздела сред, давление, температура	2 (1)	жесткий
ДУУ10-10	уровень, уровень раздела сред, температура	1 (1)	гибкий
ДУУ10-12	уровень, до двух уровней раздела сред, температура	2 (1)	гибкий
ДУУ10-14	уровень, до трех уровней раздела сред, температура	3 (1)	гибкий
ДТМ3-02	температура	(от 1 до 8)	полужесткий
ДТМ3-10	температура	(от 1 до 16)	гибкий

Поддерживаемые блоком БСД5Н типы ПП производства АО “Альбатрос” и их краткие характеристики приведены в таблице 2.

Таблица 2

Тип ПП	Измеряемые параметры	Количество поплавков (датчиков температуры)	Тип чувствительного элемента
ДУУ10-02	уровень, уровень раздела сред, температура	1 (1)	жесткий
ДУУ10-04	уровень, до двух уровней раздела сред, температура	2 (1)	жесткий
ДУУ10-06	уровень, уровень раздела сред, давление, температура	1 (1)	жесткий
ДУУ10-08	уровень, до двух уровней раздела сред, давление, температура	2 (1)	жесткий
ДУУ10-10	уровень, уровень раздела сред, температура	1 (1)	гибкий

Продолжение таблицы 2

Тип ПП	Измеряемые параметры	Количество поплавков (датчиков температуры)	Тип чувствительного элемента
ДУУ10-12	уровень, до двух уровней раздела сред, температура	2 (1)	гибкий
ДУУ10-14	уровень, до трех уровней раздела сред, температура	3 (1)	гибкий
ДТМ3-02	температура	(от 1 до 8)	полужесткий
ДТМ3-10	температура	(от 1 до 16)	гибкий
Альбатрос р20	давление	–	–
ДУУ11-02 (к)	уровень, температура, объём	1 (16)	жесткий
ДУУ11-02 (с/д)	высота слоя продукта, уровень раздела сред, температура продукта, объём слоя продукта, объём ниже продукта	2 (16)	жесткий
ДУУ11-04 (к)	уровень, уровень раздела сред, температура, общий объём, объём ниже продукта	2 (16)	жесткий
ДУУ11-04 (д)	уровень, уровень раздела сред, уровень донного поплавка, температура, общий объём, объём ниже продукта	3 (16)	жесткий
ДУУ11-10 (к)	уровень, температура, объём	1 (16)	гибкий
ДУУ11-10 (с/д)	высота слоя продукта, уровень раздела сред, температура продукта, объём слоя продукта, объём ниже продукта	2 (16)	гибкий
ДУУ11-12 (к)	уровень, уровень раздела сред, температура, общий объём, объём ниже продукта	2 (16)	гибкий
ДУУ11-12 (д)	уровень, уровень раздела сред, уровень донного поплавка, температура, общий объём, объём ниже продукта	3 (16)	гибкий
АТР-02 (к)	уровень, температура, объём, плотность, масса	1 (16)	жесткий
АТР-02 (с/д)	высота слоя продукта, уровень раздела сред, температура продукта, объём слоя продукта, объём ниже продукта, плотность продукта, масса продукта	2 (16)	жесткий

Продолжение таблицы 2

Тип ПП	Измеряемые параметры	Количество поплавков (датчиков температуры)	Тип чувствительного элемента
АТР-04 (к)	уровень, уровень раздела сред, температура, общий объём, объём ниже продукта, плотность, масса	2 (16)	жесткий
АТР-10 (к)	уровень, температура, объём, плотность, масса	1 (16)	гибкий
АТР-10 (с/д)	высота слоя продукта, уровень раздела сред, температура продукта, объём слоя продукта, объём ниже продукта, плотность продукта, масса продукта	2 (16)	гибкий
АТР-12 (к)	уровень, уровень раздела сред, температура, общий объём, объём ниже продукта, плотность, масса	2 (16)	гибкий
РДУЗ	уровень, объём, дальность, температура, ток запаса	(1)	–
УТР1	уровень, объём, дальность, температура, ток запаса	(1)	–
Примечание – Для ПП ДУУ11 и АТР в первом столбце таблицы после обозначения типа ПП в скобках указан режим работы ПП: к – работа от крыши, с/д – работа в режиме “слой/дно”, д – работа от дна.			

На передней панели блока расположены два пятиразрядных семисегментных индикатора (далее “индикаторы”), образующие двухстрочный десятиразрядный дисплей, на который в процессе работы выводится необходимая информация.

Под дисплеем находятся две клавиши: красная (далее “левая”) и зеленая (далее “правая”). При работе с дисплеем используются два варианта нажатия клавиш:

– *короткое нажатие на клавишу* заключается в кратковременном (не более двух секунд) нажатии на клавишу, при этом реакция наступает в момент отпускания клавиши;

– *длинное нажатие на клавишу* заключается в продолжительном (не менее двух секунд) нажатии на клавишу до момента появления реакции, после чего клавиша может быть отпущена.

Также на передней панели блока расположены пять единичных светодиодных индикатора, которые имеют следующее назначение:

- “RUN” – мигает при нормальном функционировании блока;
- “SEN” – мигает при обмене информацией блока и ПП;
- “Ключ 1” – служит для индикации замкнутого состояния ключа 1;
- “Ключ 2” – служит для индикации замкнутого состояния ключа 2;
- “RS-485” – мигает при обмене информацией блока и ЭВМ верхнего

уровня.

Внимание! При первом подключении ПП к блоку необходимо ввести параметры настройки ПП.

3 РЕЖИМ ИНДИКАЦИИ ДАННЫХ

3.1 Режим индикации данных начинается с экрана пользователя, далее следует группа базовых данных блока (не зависящая от исполнения) и группы данных подключенных ПП.

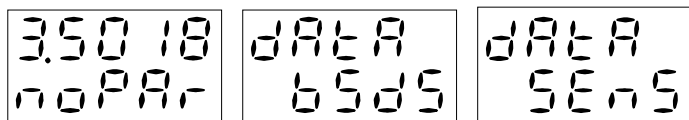
На экран пользователя выводятся значения каналов измерений, указанных в настройках экрана (см. ниже).

В группу данных подключенного ПП входят значения доступных каналов измерений ПП, а также информация о типе ПП. В зависимости от исполнения блока, данных групп может быть одна (для БСД5А) или четыре (для БСД5Н).

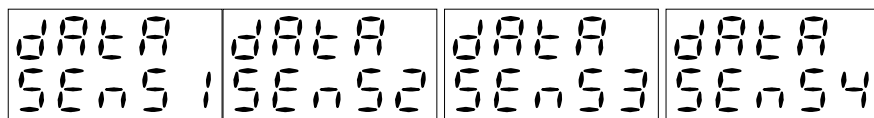
Если блок получает сигнал отказа канала измерений в подключенном ПП, по данному каналу будет выводиться сообщение "Error", а данные других каналов измерений будут выводиться в мигающем режиме.

Перебор групп осуществляется с помощью кратковременного нажатия левой клавиши блока, а вход в режим просмотра – нажатием правой клавиши.

Ниже приведены пример экрана пользователя и экраны выбора групп данных.



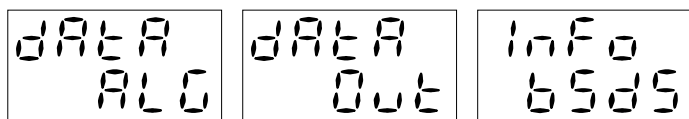
или



3.2 Группа базовых данных (не зависящая от исполнения блока), в свою очередь, разбита на три подгруппы:

- данные алгоритма;
- данные выходных каналов блока;
- информация о блоке.

Экраны выбора подгрупп приведены ниже.

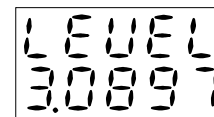


Перебор подгрупп осуществляется с помощью кратковременного нажатия левой клавиши блока, вход в режим просмотра – нажатием правой

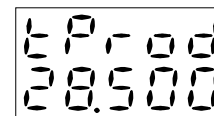
клавиши, выход из режима выбора подгрупп – длительным нажатием левой клавиши.

3.2.1 Экраны подгруппы данных алгоритма приведены ниже.

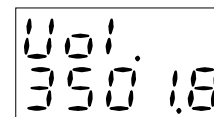
Экран отображения уровня продукта, м.



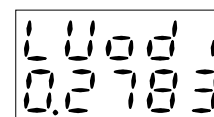
Экран отображения температуры продукта, °C.



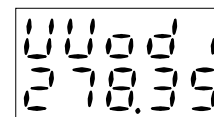
Экран отображения общего объема (с учётом подтоварной воды), м³.



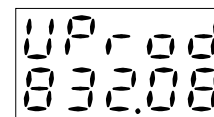
Экран отображения уровня подтоварной воды, м.



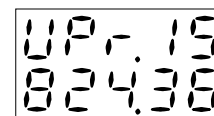
Экран отображения фактического объема подтоварной воды, м³.



Экран отображения фактического объема продукта, м³.



Экран отображения объема продукта, приведённого к 15 °C, м³ (объём, в зависимости от параметра настройки алгоритма, может быть приведён к 15 или 20 °C).



Экран отображения фактической плотности продукта, кг/м³.

Экран отображения плотности продукта, приведённой к 15 °С, кг/м³ (плотность, в зависимости от параметра настройки алгоритма, может быть приведена к 15 или 20 °С).

Экран отображения рассчитанной массы брутто продукта, т.

Экран отображения рассчитанной массы нетто продукта, т.

Экран отображения минимального уровня продукта, при котором возможен автоматический расчёт плотности, м.

Экран отображения температуры подтоварной воды, °С.

3.2.2 Экраны подгруппы данных выходных каналов приведены ниже.

Экран отображения состояния ключей блока (в данном примере первый ключ замкнут, а второй разомкнут).

За данным экраном следуют четыре экрана с состоянием токовых выходов блока.

Пример экрана, отображающего состояние четвёртого токового выхода, % от диапазона.

3.2.3 Экраны подгруппы информации о блоке приведены ниже.

Экран отображения исполнения блока (в данном примере это БСД5А).

Экран отображения версии ПО блока.

Экран отображения контрольной суммы ПО блока.

Экран отображения числа и месяца создания ПО блока.

Экран отображения года создания ПО блока.

3.2.4 Выход из режима просмотра (во всех представленных выше подгруппах) осуществляется длительным нажатием левой клавиши.

3.3 Экраны группы данных подключенного ПП зависят от доступных каналов измерений в подключенном ПП и могут представлять следующие параметры:

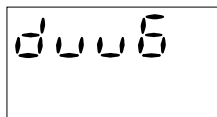
- уровень;
- давление;

- плотность;
- температура.

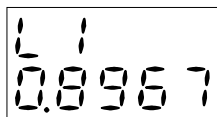
Если в ПП присутствует канал измерения уровня, блок дополнительно рассчитывает по нему объём.

Примеры экранов второй группы приведены ниже.

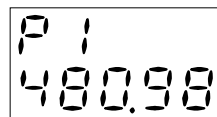
Экран отображения типа подключенного ПП (в данном примере к блоку подключен ДУУ6)



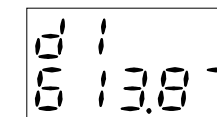
Пример экрана отображения данных первого канала измерения уровня продукта, м.



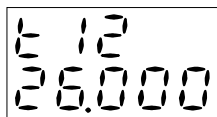
Пример экрана отображения данных первого канала измерения давления, кПа.



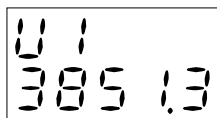
Пример экрана отображения данных первого канала измерения плотности, кг/м³.



Пример экрана отображения данных двенадцатого канала измерения температуры, °C.



Пример экрана отображения рассчитанного объёма по первому каналу измерения уровня, м³.



3.4 Выход из режима просмотра данных осуществляется длительным нажатием левой клавиши.

3.5 При подключении к БСД5Н ПП сторонних производителей, блок будет считывать данные каналов измерений с помощью третьей команды HART протокола версии 5 (чтение до 4-х предопределённых переменных). О доступных командах конфигурации ПП с протоколом HART см. п. 4.13 данного документа.

4 РЕЖИМ ПРОСМОТРА И ИЗМЕНЕНИЯ НАСТРОЕК

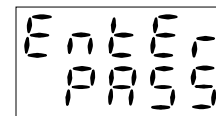
4.1 Режим просмотра и изменения настроек предоставляет пользователю возможность просмотра и оперативного изменения в диалоговом режиме значений параметров настроек блока.

Символьные позиции экрана, доступные для корректировки, указываются курсором. Курсор представляется в виде мигания позиции, на которую он указывает, с периодом, примерно равным одной секунде. Курсор может указывать на отдельный символ, строку символов или на разделительную точку.

Верхняя строка в экранах настроек содержит название параметра, нижняя – его текущее значение.

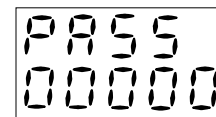
Вход в режим просмотра и изменения настроек осуществляется длительным нажатием правой клавиши при нахождении в режиме индикации групп данных (см. п. 3.1). Если в группе настроек (CFG SECur) был задан пароль, отличный от нуля, то прибор предложит ввести пароль для входа в режим просмотра и изменения настроек. Выход из режима просмотра и изменения настроек осуществляется длительным нажатием любой клавиши или по истечении времени, заданного в группе настроек (CFG SECur).

Пример экрана с предложением ввести пароль.



После нажатия правой кнопки прибор перейдет в режим ввода пароля. После трех неудачных попыток ввода пароля прибор перейдет в режим отображения данных.

Пример экрана ввода пароля.



4.2 Выбор позиции для корректировки (передвижение курсора по экрану) осуществляется коротким нажатием правой клавиши.

4.3 Изменение содержимого выбранной позиции осуществляется коротким нажатием левой клавиши, если курсор указывает на изменяемый параметр (установлен в позиции в пределах нижней строки).

Если курсор указывает на табличный параметр, то выбор его нового значения осуществляется перебором возможных вариантов из предлагаемого ряда.

Если курсор указывает на цифру числа, то возможные варианты для выбора представляют собой цифры от нуля до девяти, а также знак “минус”. Выбор знака “минус” возможен только в крайней левой позиции строки.

Если курсор указывает на разделительную точку, то короткое нажатие левой клавиши приводит к ее смещению на один десятичный разряд вправо, что позволяет задавать разрядность целой и дробной частей чисел с плавающей точкой.

4.4 Запись значения параметра настройки с экрана в энергонезависимую память блока осуществляется длинным нажатием левой клавиши. Факт завершения записи обозначается пропаданием курсора с экрана, при этом на экран выводится записанное значение. Курсор вновь выводится на экран коротким нажатием правой клавиши.

4.5 Переход к следующему экрану просмотра и изменения настроек осуществляется коротким нажатием левой клавиши.

4.6 Выход из режима редактирования выбранного параметра возможен по длинному нажатию левой клавиши (с одновременным сохранением изменённого параметра), либо по одновременному короткому нажатию клавиш (без сохранения внесённых изменений).

4.7 Режим просмотра и изменения настроек блока разбит на функциональные группы.

БСД5А содержит семь групп.

В первую группу входят экраны настроек сети Modbus (CFG rS485).

Вторая группа (настройки выходов – CFG Out) разбита на три подгруппы настроек токовых выходов, ключей и экрана пользователя.

Третья группа – настройки алгоритма вычисления массы (CFG ALG).

Четвёртая группа – редактирование градуировочной таблицы (Edit table).

Пятая группа – редактирование калибровочной таблицы (Edit CALib).

Шестая группа – параметры доступа к настройкам (CFG SECur).

Седьмая группа – настройки ПП с протоколом ‘Альбатрос’ (CFG Sens).

Ниже приведены экраны выбора группы настроек для БСД5А.

CFG rS485	CFG Out	CFG ALG	Edit TABLE
Edit CALib	CFG SECur	CFG SENS	

БСД5Н содержит четырнадцать групп.

Группы с первой по четвертую аналогичны группам БСД5А.

Группы с пятой по восьмую предназначены для редактирования калибровочных таблиц.

Девятая группа – параметры доступа к настройкам (CFG SECur).

Группы с десятой по тринадцатую – настройки ПП с интерфейсом HART и адресами с 1 по 4 соответственно. Данные группы содержат по 32 значения начального смещения соответствующего канала измерения ПП.

Четырнадцатая группа (конфигурация HART – CFG Hart) предназначена для поиска доступных ПП в сети HART и позволяет, в минимальном объёме, произвести их конфигурацию.

Ниже приведены экраны выбора группы настроек для БСД5Н.

CFG rS485	CFG Out	CFG ALG	Edit TABLE
Edit CAL 1	Edit CAL 2	Edit CAL 3	Edit CAL 4
CFG SECur	CFG SENS 1	CFG SENS 2	CFG SENS 3
CFG SENS 4	CFG HART		

Перебор групп осуществляется с помощью кратковременного нажатия левой клавиши блока, а вход в режим просмотра – нажатием правой клавиши.

4.8 Экраны первой группы настроек (конфигурация сети Modbus – CFG rS485) с кратким пояснением приведены ниже.

Экран просмотра и редактирования адреса блока в сети Modbus (возможные значения от 1 до 247).

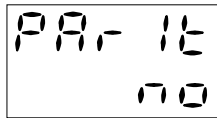
Adr
001

Экран просмотра и редактирования скорости обмена в сети Modbus (возможные значения: 4800, 9600, 14400, 28800, 57600, 115200), бит/с.

SPEED
9600

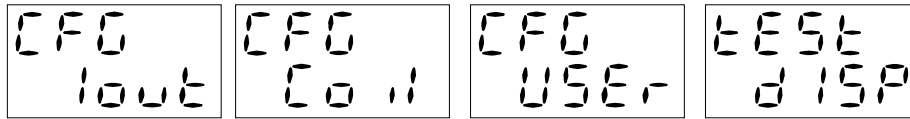
Примечание – Из-за нехватки знакомест на индикаторе значение скорости обмена 115200 бит/с индицируется как “11520”.

Экран просмотра и редактирования контроля паритета в сети Modbus (возможные значения: нет контроля (no), четность (EVEN), нечётность (Odd)).



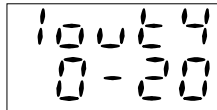
4.9 Экраны второй группы (CFG Out) предлагают выбрать одну из четырёх возможных подгрупп: конфигурация токовых выходов (CFG Iout), конфигурация ключей (CFG Coil), конфигурация экрана пользователя (CFG USEr) и тестирование индикаторов дисплея (tEST dISP).

Экраны данной группы приведены ниже.

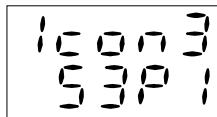


4.9.1 Экраны подгруппы конфигурации токовых выходов (CFG Iout) с краткими комментариями приведены ниже.

Пример экрана просмотра и редактирования параметра настройки – диапазон токового выхода (возможные значения: 0-5, 0-20 и 4-20). В данном примере диапазон 4-го токового выхода равен от 0 до 20 мА.



Пример экрана просмотра и редактирования привязки токового выхода к каналу измерения. Возможные обозначения привязываемых каналов измерения указаны в таблице 3. В данном примере 3-ий токовый выход привязан к 1-му каналу измерения давления ПП с адресом 3.



Пример экрана просмотра и редактирования задания 0 % шкалы токового выхода, параметр задаётся в единицах измерения привязанного канала измерения (в данном примере 0 % шкалы 2-го токового выхода соответствует нулю).

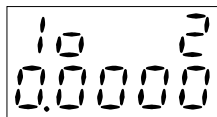


Таблица 3

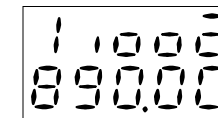
Обозначение канала измерения	Пояснения
no	Нет привязки
LEUEL	Уровень продукта (данные алгоритма)

Продолжение таблицы 3

Обозначение канала измерения	Пояснения
Uol.	Общий объём (данные алгоритма)
UProd	Фактический объём продукта (данные алгоритма)
UPr.15 или UPr.20	Приведённый объём продукта (данные алгоритма, температура приведения определяется настройками алгоритма)
dProd	Фактическая плотность продукта (данные алгоритма)
dPr.15 или dPr.20	Приведённая плотность продукта (данные алгоритма, температура приведения определяется настройками алгоритма)
Bruto	Масса брутто продукта (данные алгоритма)
nEtto	Масса нетто продукта (данные алгоритма)
tProd	Средняя температура продукта (данные алгоритма)
LUodi	Уровень подтоварной воды (данные алгоритма)
UUodi	Объём подтоварной воды (данные алгоритма)
txx	Термометр с порядковым номером xx
Lxx	Канал измерения уровня с порядковым номером xx
Uxx	Объём продукта, рассчитанный по показаниям канала измерения уровня с порядковым номером xx
dxx	Канал измерения плотности с порядковым номером xx
Pxx	Канал измерения давления с порядковым номером xx

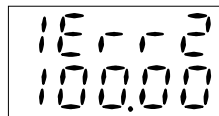
Примечание – В БСД5Н перед типом канала указывается адрес HART ПП, например, S4t16 – 16-ый термометр ПП с адресом 4.

Пример экрана просмотра и редактирования задания 100 % шкалы токового выхода, параметр задаётся в единицах измерения привязанного канала измерения (в данном примере 100 % шкалы 2-го токового выхода соответствует 890,00).

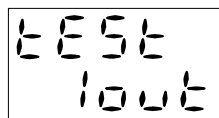


Пример экрана просмотра и редактирования уровня диагностики (сигнал, который должен быть на выходе в случае отказа привязанного канала измерений) токового выхода, параметр задаётся в процентах от

диапазона токового выхода (в данном примере уровень диагностики 2-го токового выхода соответствует 100 % диапазона).



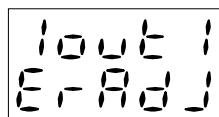
Экран входа в режим тестирования токовых выходов.



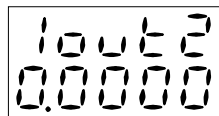
Внимание! Для тестирования доступны только непривязанные токовые выходы.

Примеры экранов, доступных при тестировании токовых выходов, с кратким описанием, приведены ниже.

Пример экрана, сообщающего, что тестирование данного токового выхода невозможно, так как он привязан к каналу измерений.



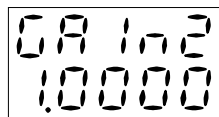
Пример экрана просмотра и редактирования задания токового выхода, ток задаётся в **миллиамперах**.



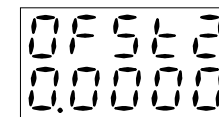
Внимание! При длительном нажатии правой клавиши (на этом экране) блок перейдёт в режим калибровки токовых выходов.

Примеры экранов режима калибровки токовых выходов приведены ниже.

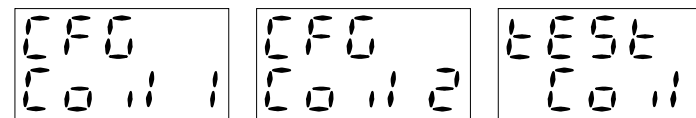
Пример экрана просмотра и редактирования коэффициента усиления второго токового выхода (в данном примере коэффициент усиления равен 1,0). Возможные значения коэффициента усиления от 0 до 1,0 (значение по умолчанию 1,0).



Пример экрана просмотра и редактирования смещения второго токового выхода (в данном примере смещение равно 0). Возможные значения смещения токового выхода от минус 10,0 до 10,0 мА.

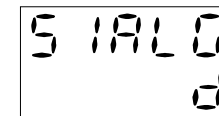


4.9.2 Экраны подгруппы конфигурации ключей (CFG Coil) предлагают выбрать для конфигурирования один из ключей (CFG Coil1 или CFG Coil2) и войти в режим тестирования ключей (tEst Coil). Экраны данной подгруппы приведены ниже.

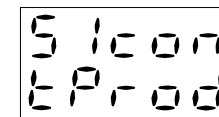


Экраны конфигурирования и тестирования ключа с краткими комментариями приведены ниже.

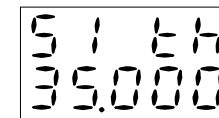
Пример экрана просмотра и редактирования алгоритма работы ключа (в данном примере алгоритм работы 1-го ключа – прямой, т.е. при превышении порога срабатывания ключ замкнётся). Возможные значения d (direct) – прямой закон, u (undirect) – обратный закон.



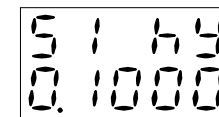
Пример экрана просмотра и редактирования привязки ключа. Возможные обозначения привязываемых каналов измерения указаны в таблице 3. В данном примере первый ключ привязан к температуре продукта (параметр данных алгоритма).



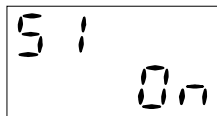
Пример экрана просмотра и редактирования порога срабатывания ключа (задаётся в единицах измерения привязанного параметра). В данном примере порог срабатывания первого ключа равен 35,0.



Пример экрана просмотра и редактирования гистерезиса ключа (задаётся в единицах измерения привязанного параметра). В данном примере гистерезис первого ключа равен 0,1.



Пример экрана просмотра и редактирования состояния ключа при тестировании (в данном примере первый ключ замкнут).



Поясним логику работы ключей.

Если параметр привязки ключа соответствует значению “нет привязки”, то логика работы ключа следующая:

- при включении блока, начальное состояние непривязанного ключа определяется состоянием параметра настройки “алгоритм работы ключа”, причем “прямому алгоритму” соответствует разомкнутое состояние ключа, а “обратному алгоритму” соответствует замкнутое состояние ключа;

- дальнейшее изменение состояния непривязанного ключа возможно только по командам от оператора (режим тестирования ключей) или от ЭВМ верхнего уровня.

Если ключ привязан к какому-либо параметру, то логика работы ключа следующая:

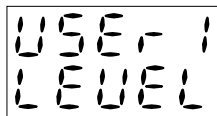
- если значение параметра привязки ключа становится больше или равно значению порога срабатывания, ключ переходит в активное состояние. Активное состояние ключа определяется алгоритмом работы, при прямом алгоритме активное состояние ключа “замкнут”, а при обратном – “разомкнут”;

- изменение на пассивное состояние произойдет после того, как значение привязанного параметра станет меньше разности значений порога срабатывания и гистерезиса;

- если значение привязанного параметра недостоверно (например, отказ канала измерений ПП), ключ переходит в активное состояние.

4.9.3 Экраны подгруппы конфигурации экрана пользователя (CFG USEr) предлагают выбрать для первой и второй строки экрана параметр, который будет отображаться в данном экране.

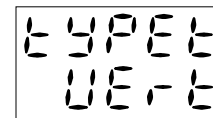
Пример экрана привязки первой строки экрана пользователя к уровню продукта (параметр из данных алгоритма). Возможные обозначения привязываемых каналов измерения указаны в таблице 3.



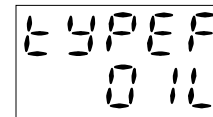
4.9.4 При выборе пункта меню тестирование индикаторов дисплея (tEst dISP) начнутся поочередно загораться сегменты индикаторов. Выход из данного режима по нажатию любой кнопки.

4.10 Экраны третьей группы настройки алгоритма (CFG ALG) с кратким пояснением приведены ниже.

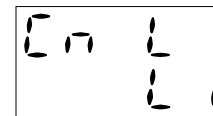
Экран просмотра и редактирования типа резервуара. Возможные значения: вертикальный (Vert), горизонтальный (Hor). В данном примере тип резервуара – вертикальный.



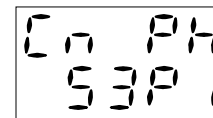
Экран просмотра и редактирования типа продукта. Возможные значения: нефть (OIL), бензин (Petr), реактивное топливо (Jet), мазут (FUEL). В данном примере тип продукта – нефть.



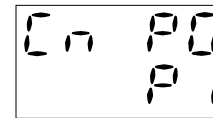
Экран просмотра и редактирования привязки уровня продукта (возможные значения – вводится вручную (AdJ), либо один из каналов измерения уровня ПП (см. таблицу 3)). В данном примере за уровень продукта будет приниматься результат 1-го канала измерения уровня ПП (блок БСД5А). Выбор канала измерений осуществляется последовательным перебором (кратковременное нажатие левой клавиши) доступных каналов.



Экран просмотра и редактирования привязки давления гидростатического столба (возможные значения: нет привязки (no), вводится вручную (PHAdJ), либо один из каналов измерения давления ПП (см. таблицу 3)). В данном примере за давление гидростатического столба будет приниматься результат 1-го канала измерения давления ПП с адресом номер 3. Выбор канала измерений осуществляется последовательным перебором (кратковременное нажатие левой клавиши) доступных каналов.

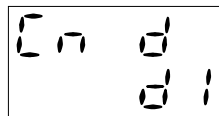


Экран просмотра и редактирования привязки давления газовой подушки (возможные значения: нет привязки (no), вводится вручную (PGAdJ), либо один из каналов измерения давления ПП (см. таблицу 3)). В данном примере за давление газовой подушки будет приниматься результат 1-го канала измерения давления ПП (блок БСД5А). Выбор канала измерений осуществляется последовательным перебором (кратковременное нажатие левой клавиши) доступных каналов.

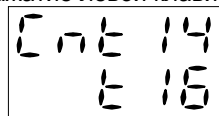


Экран просмотра и редактирования привязки плотности (возможные значения: нет привязки (no), вводится вручную (AdJ), либо один из каналов измерения плотности ПП (см. таблицу 3)). В данном примере за плотность

продукта будет приниматься результат 1-го канала измерения плотности ПП (блок БСД5А). Выбор канала измерений осуществляется последовательным перебором (кратковременное нажатие левой клавиши) доступных каналов.

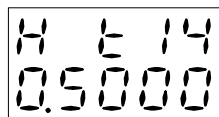


Пример экрана просмотра и редактирования привязки термометра. В данном примере к 14 точке привязан термометр 16-го канала измерения температуры ПП (блок БСД5А). Возможные значения: нет привязки (no), вводится вручную (AdJ), либо один из каналов измерения температуры ПП (см. таблицу 3). Выбор канала измерений осуществляется последовательным перебором (кратковременное нажатие левой клавиши) доступных каналов.

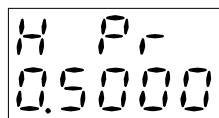


Важно: привязка термометров должна осуществляться, исходя из их высоты подвеса, последовательно сверху вниз.

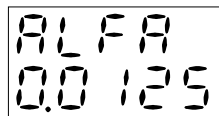
Пример экрана просмотра и редактирования высоты подвеса термометра, м. В данном примере высота подвеса термометра (привязанного к 14 точке) составляет 0,5 м.



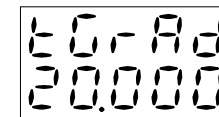
Экран просмотра и редактирования высоты установки ПП гидростатического давления (м). В данном примере ПП установлен на высоте 0,5 м.



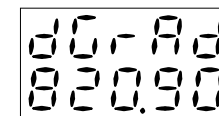
Экран просмотра и редактирования коэффициента линейного расширения резервуара, как правило, принимается равным 0,0000125 1/°C, а вводится умноженным на 1000.



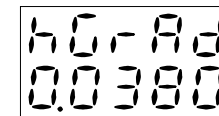
Экран просмотра и редактирования температуры продукта при градуировке резервуара, как правило, 20 °C.



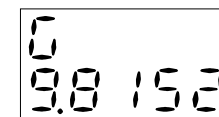
Экран просмотра и редактирования плотности продукта при наладке системы, кг/м³.



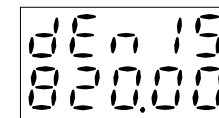
Экран просмотра и редактирования величины погружения поплавка (смещения уровня) при наладке системы, м.



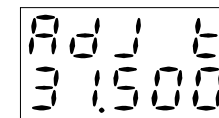
Экран просмотра и редактирования значения ускорения свободного падения, м/с².



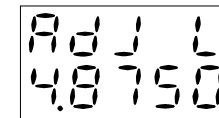
Экран просмотра и редактирования плотности продукта (измеренной в лаборатории и приведённой к 15 °C), кг/м³.



Экран просмотра и редактирования температуры продукта (измеренной внешним термометром), °C.



Экран просмотра и редактирования уровня продукта (измеренного рулеткой), м.



Экран просмотра и редактирования давления гидростатического столба (измеренного внешним ПП давления), кПа.

Экран просмотра и редактирования давления газовой подушки (измеренного внешним ПП давления), кПа.

Экран просмотра и редактирования привязки канала измерения уровня подтоварной воды (возможные значения: нет привязки (no), вводится вручную (Adj), либо один из каналов измерения уровня ПП (см. таблицу 3)). В данном примере за уровень подтоварной воды будет приниматься результат 2-го канала измерения уровня первого ПП (блок БСД5Н). Выбор канала измерений осуществляется последовательным перебором (кратковременное нажатие левой клавиши) доступных каналов.

Экран просмотра и редактирования уровня подтоварной воды (измеренного внешним ПП), м.

Экран просмотра и редактирования массы понтона, т. Если понтон отсутствует, то данный параметр должен быть равен нулю.

Экран просмотра и редактирования плотности продукта при градуировке резервуара, кг/м³.

Экран просмотра и редактирования текущей плотности подтоварной воды, кг/м³.

Экран просмотра и редактирования плотности поплавок, используемого для измерений уровня подтоварной воды, кг/м³.

Экран просмотра и редактирования высоты погружаемой части поплавка, используемого для измерений уровня подтоварной воды, мм.

Экран просмотра и редактирования режима исключения объема подтоварной воды из объема продукта (no – исключение не производится, YES – объем подтоварной воды исключается из объема продукта).

Экран просмотра и редактирования массовой доли воды в составе продукта, %.

Экран просмотра и редактирования массовой доли хлорных солей в составе продукта, %.

Экран просмотра и редактирования массовой доли механических примесей в составе продукта, %.

Экран просмотра и редактирования абсолютной погрешности измерения давления гидростатического столба, Па.

Экран просмотра и редактирования абсолютной погрешности измерения давления газовой подушки, Па.

Экран просмотра и редактирования абсолютной погрешности измерения уровня продукта, м.

Экран просмотра и редактирования абсолютной погрешности измерения температуры продукта, °C.

Экран просмотра и редактирования относительной погрешности составления градуировочной таблицы резервуара, %.

Экран просмотра и редактирования абсолютной погрешности измерения плотности продукта, кг/м³.

Экран просмотра и редактирования высоты подвеса плотмера ДП1, м.

Экран просмотра и редактирования длины чувствительного элемента плотмера ДП1, м.

Экран просмотра и редактирования коэффициента формы резервуара.

Экран просмотра и редактирования максимальной емкости резервуара (возможные значения: "<120" – менее 120 т, ">120" – от 120 т и более).

Экран просмотра и выбора температуры приведения (возможные значения "15C" – 15 °C и "20C" – 20 °C).

4.11 Экраны четвертой группы – это градуировочная таблица резервуара.

При просмотре на верхнюю строку индикатора выводится уровень, а на нижнюю – объём, соответствующий этому уровню. Значения уровней должны вводиться по возрастанию.

Прокрутка элементов таблицы по возрастанию осуществляется левой клавишей, а по убыванию – правой. При длинном нажатии левой клавиши производится ускоренная прокрутка по возрастанию.

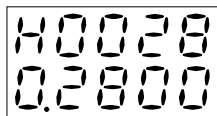
Вход в режим редактирования выбранной точки градуировочной таблицы осуществляется длинным нажатием правой клавиши.

Выход из режима редактирования осуществляется одновременным нажатием клавиш.

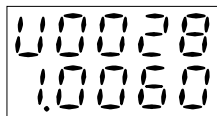
Примеры экранов градуировочной таблицы приведены ниже.

Пример экрана просмотра градуировочной таблицы. В данном примере в выбранной точке таблицы уровень равен 1,86 м, а объём 74,31 м³.

Пример экрана редактирования уровня в градуировочной таблице. В данном примере в выбранной точке №28 таблицы редактируется уровень равный 0,28 м.



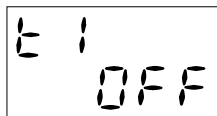
Пример экрана редактирования объема в градуировочной таблице. В данном примере в выбранной точке №28 таблицы редактируется объем равный 1,006 м³.



4.12 Экраны редактирования корректировочных таблиц уровней зависят от исполнения. БСД5А содержит одну корректировочную таблицу, а БСД5Н – четыре.

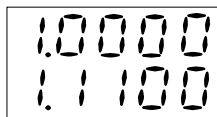
В начале таблицы находится флаг включения/выключения корректировки уровня по этой таблице.

Пример экрана включения/выключения корректировки. Возможные значения OFF/On (Выключено/включено).

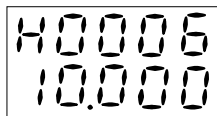


Примеры экранов корректировочной таблицы приведен ниже. Таблицы корректировки содержат строки из пары значений: показания уровнемера без коррекции (H - Height) и показания эталонного средства измерения (r - reference).

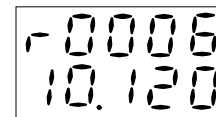
Пример экрана просмотра строки таблицы корректировки. В данном примере показания уровнемера равны 1,0 м, а эталонного средства измерения 1,11 м.



Пример экрана редактирования значения уровнемера. В данном примере в выбранной точке №6 таблицы редактируется уровень равный 10,0 м.



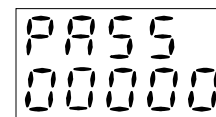
Пример экрана редактирования эталонного значения. В данном примере в выбранной точке №6 таблицы редактируется значение равное 10,12 м.



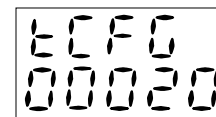
Корректировочные таблицы предназначены для корректировки показаний уровнемера по эталонному средству измерения. Подробно алгоритм корректировки описан в разделе 7.

4.13 Экран БСД5А шестой группы и экран БСД5Н девятой группы содержат параметры доступа к настройкам прибора.

Пример экрана просмотра и редактирования цифрового пароля. Пароль может содержать число в диапазоне от 0 до 65535. Нулевое значение означает отсутствие пароля. При установленном пароле, отличным от 0, закрывается доступ к изменению настроек с ЭВМ верхнего уровня.

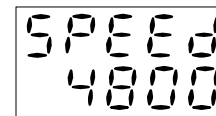


Пример экрана просмотра и редактирования времени индикации и возможности изменения настроек. Диапазон значений от 10 до 120 с.

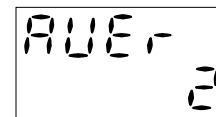


4.14 Экран БСД5А седьмой группы и экраны БСД5Н групп с десятой по тринадцатую содержат настройки ПП. Примеры экранов просмотра и настройки ПП приведены ниже.

Экран просмотра и редактирования скорости связи с ПП (возможные значения: 1200, 2400, 4800 бит/с).



Экран просмотра и редактирования числа усреднений. Возможные значения: нет (no), 2, 4, 8, 16, 32, 64.



Экран просмотра и редактирования базы установки ПП (высоты резервуара, вводится в метрах). В данном примере база установки ПП равна 12,683 м.

Экран просмотра и редактирования эффективной длины ПП (используется в ПП ДУУ2М исполнения 1), вводится в метрах. В данном примере эффективная длина ПП равна 9,780 м.

Экран просмотра и редактирования скорости звука в ПП (используется в ПП ДУУ2М исполнения 0), вводится в м/с. В данном примере скорость звука равна 528,35 м/с.

Пример экрана просмотра и редактирования поправки (смещения) канала измерения.

Для исполнения блока БСД5А данная поправка отвечает за смещение уровня и вводится в мм.

Для исполнения блока БСД5Н поправка вводится в единицах измерения соответствующего канала и действительна для любого типа канала измерения.

В данном примере (для БСД5А) поправка 4-го канала измерения уровня составила 19 мм.

Экран просмотра и редактирования коэффициента изменения скорости звука от температуры, вводится умноженным на 1000. В данном примере коэффициент изменения скорости звука от температуры равен 0,000145 1/°C.

Пример экрана просмотра и редактирования смещения магнитной системы, паспортный параметр, мм. В данном примере смещение магнитной системы во 2-ом канале измерения уровня равно 35 мм.

Пример экрана просмотра и редактирования высоты погружаемой части поплавка, паспортный параметр, мм. В данном примере высота погружаемой части поплавка во 2-ом канале измерения уровня равна 50 мм.

Пример экрана просмотра и редактирования плотности поплавка, паспортное значение, кг/м³. В данном примере плотность поплавка во 2-ом канале измерения уровня равна 451,0 кг/м³.

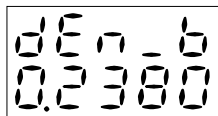
Экран просмотра и редактирования высоты установочного фланца, паспортное значение, мм. В данном примере высота установочного фланца равна 150 мм.

Экран просмотра и редактирования смещения ячейки давления относительно конца ПП, паспортное значение, мм. В данном примере смещение равно 58 мм.

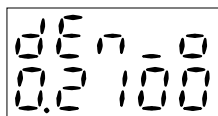
Пример экрана просмотра и редактирования веса бита АЦП канала измерения давления, паспортное значение. В данном примере вес бита АЦП во 2-ом канале измерения давления (для ДУУ6 – давление гидростатического столба) равен 1,8 кПа/бит.

Пример экрана просмотра и редактирования смещения канала измерения давления, паспортное значение. В данном примере смещение во 2-ом канале измерения давления (для ДУУ6 – давление гидростатического столба) равно 1,0 кПа.

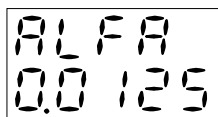
Пример экрана просмотра и редактирования веса бита АЦП канала измерения плотности, паспортное значение, (кг/м³)/бит. В данном примере вес бита АЦП канала измерения плотности равен 0,238 (кг/м³)/бит.



Пример экрана просмотра и редактирования смещения канала измерения плотности, паспортное значение, кг/м³. В данном примере смещение канала измерения плотности равно 0,21 кг/м³.

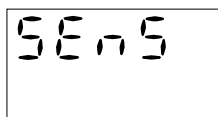


Экран просмотра и редактирования коэффициента линейного расширения штанги ПП, принимается равным 0,0000125 1/°C, а вводится умноженным на 1000.



4.15 Экраны БСД5Н тринадцатой группы – конфигурация сети HART (CFG Hart) служат для инициализации ПП в сети.

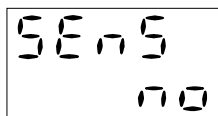
При выборе данной группы блок выведет следующее сообщение



и начнёт поиск подключенных ПП (начиная с адреса 0).

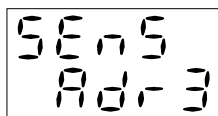
Внимание! Поиск занимает несколько секунд, пожалуйста, не торопитесь.

Если к блоку не подключены ПП, будет выведено следующее сообщение,

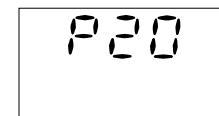


и дальнейшая работа в данной группе экранов будет невозможна.

При обнаружении ПП на экран будет выведено следующее сообщение,



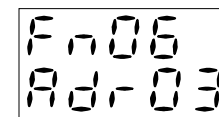
означающее, что в сети обнаружен ПП с адресом 3, нажав правую клавишу вы узнаете его тип, например:



Внимание! В текстовом виде тип ПП представляется только для изделий АО “Альбатрос”. Тип ПП стороннего производителя будет представлен в HEX формате.

Для поиска, следующего ПП нажмите левую клавишу, не забывайте о том, что на поиск устройств необходимо время.

Убедившись, что выбран интересующий вас ПП, нажмите правую клавишу – на экран будет выведено сообщение, предлагающее изменить адрес устройства.



Вход в режим редактирования адреса осуществляется нажатием правой клавиши. Допустимые значения адреса устройства от 0 до 15.

Внимание! Учтите, что блок считывает данные каналов измерений устройств с адресами с нулевого по четвёртый.

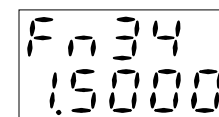
Блок, кроме смены адреса, позволяет произвести минимальную конфигурацию устройства. Перебор доступных команд конфигурирования осуществляется нажатием левой клавиши. Список доступных команд приведён ниже:

- изменить адрес (функция 6 – **Fn6**);
- изменить постоянную усреднения (функция 34 – **Fn34**);
- изменить число преамбул в ответе ПП (функция 59 – **Fn59**).

Дополнительно, для ПП ДУУ10, ДУУ11 и АТР реализованы следующие функции:

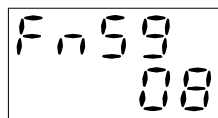
- 130...132 (**Fn130..Fn132**), данные функции позволяют ввести смещения уровней;
- 137 и 138 (**Fn137 и Fn138**), данные функции позволяют ввести значения плотности, привязанные к 0 % и 100 % шкалы (используются в АТР);
- 139 (**Fn139**), данная функция позволяет ввести массу, привязанную к 100 % шкалы (используется в АТР).

Пример экрана редактирования постоянной усреднения, с. Диапазон допустимых значений постоянной усреднения от 0,0 до 120,0 с. В данном примере постоянная усреднения равна 1,5 с.

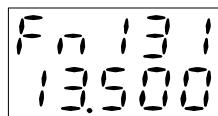


Пример экрана редактирования числа преамбул в ответе. Данный параметр указывает, какое количество байт синхронизации будет передано.

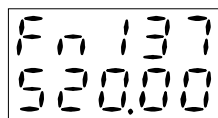
Диапазон допустимых значений числа преамбул от 3 до 14. В данном примере число преамбул (байт синхронизации) в ответе равно 8.



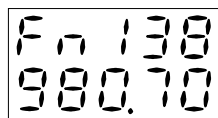
Пример экрана редактирования смещения уровня по второму поплавку уровнемера ДУУ10, мм. Диапазон допустимых значений смещения уровня от минус 1000,0 до 25000,0. В данном примере смещение второго поплавка равно 13,5 мм.



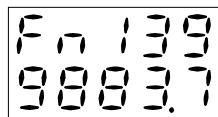
Пример экрана редактирования значения плотности, принимаемой за 0 % шкалы ПП АТР, кг/м³. Диапазон допустимых значений плотности от 0 до 1500,0 кг/м³. В данном примере 0 % шкалы соответствует плотность равная 520,00 кг/м³.



Пример экрана редактирования значения плотности, принимаемой за 100 % шкалы ПП АТР, кг/м³. Диапазон допустимых значений плотности от 0 до 1500,0 кг/м³. В данном примере 100 % шкалы соответствует плотность равная 980,70 кг/м³.



Пример экрана редактирования значения массы, принимаемой за 100 % шкалы ПП АТР, т. Диапазон допустимых значений массы от 0 до 99999 т. В данном примере 100 % процентам шкалы соответствует масса равная 9883,7 т.



5 СВЯЗЬ БЛОКА С ЭВМ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ

5.1 Общие сведения

Блок может обмениваться данными с ЭВМ по интерфейсу RS-485. Линия связи блока с ЭВМ трехпроводная (сигналы DATA+, DATA- и GND).

Связь блока с ЭВМ разрешена во всех режимах его работы.

Блок обменивается информацией с ЭВМ в формате протокола Modbus RTU, разработанного фирмой Schneider Automation для поддержки своих контроллеров серии Modicon, и ставшим фактическим мировым стандартом. Данный протокол определяет структуру сообщений, с помощью которых обмениваются различные приборы, соединенные в сеть на основе этого протокола, описывает процедуры запроса информации, получения ответа, а также обработки возникающих ошибок.

В данном разделе приводятся сведения, содержащиеся в описании протокола Modbus RTU, и необходимые для изучения принципов построения обмена блока и ЭВМ.

Связь блока с ЭВМ осуществляется по технологии “ведущий-ведомый”, при этом ЭВМ является *ведущим устройством*, а блок – *ведомым*.

Ведущий всегда начинает процедуру передачи (*запрос*). Блок, получив запрос, анализирует его и формирует *ответ* или выполняет действия, указанные в запросе.

Одновременно с одним ведущим могут быть связаны несколько блоков, каждый из которых имеет свой собственный *адрес ведомого*. При этом связь с ЭВМ осуществляется по общей линии связи.

Адрес ведомого устанавливается в режиме просмотра и изменения настроек блока с помощью параметра настройки “адрес блока в сети”.

Ведущий может адресовать индивидуальный блок, посылая в запросе его адрес, или проводить *широковещательный запрос*, одновременно адресуя все приборы в сети.

Ведомые возвращают ответ для запросов, которые адресуют их индивидуально. При широковещательном запросе ни один из ведомых не отвечает ведущему.

Одновременно с ведущим может быть связано не более 32 блоков (без наличия повторителей в сети, образованной блоками и ЭВМ), что обусловлено нагрузочной способностью выходных интерфейсных схем блока.

5.2 Сообщения протокола MODBUS RTU

5.2.1 Структура сообщений

Сообщение протокола Modbus – это информация, передаваемая от ведущего ведомому (запрос) или принимаемая ведущим от ведомого (ответ).

Структура запроса ведущего состоит из следующих полей:

- *адрес ведомого* (один байт, для рассматриваемого блока возможные адреса лежат в диапазоне от 0 до 247, причем нулевое значение адреса назначено для широковещательного запроса и не может быть использовано в качестве индивидуального адреса ведомого);

- *код функции* (один байт) – задает для адресуемого ведомого вид действий, которые должен выполнить ведомый;

- после кода функции в запросе может следовать *поле данных* (несколько байт), содержащее дополнительную информацию, необходимую ведомому для выполнения заданной в запросе функции;

- последним в запросе следует двухбайтное *поле кода проверки ошибок*, позволяющее отследить ведомому целостность (отсутствие ошибок) принятого запроса.

Структура ответа ведомого состоит из следующих полей:

- адрес ведомого, повторяющий адрес, выданный в запросе (один байт);

– код функции (один байт) – при нормальном ответе ведомого представляет собой перетрансляцию кода функции, принятого ведомым в запросе. В случае возникновения ошибочной ситуации код функции модифицируется для индикации факта возникновения ошибки;

– после кода функции в ответе выдается поле данных (несколько байт), содержащее при нормальном ответе информацию, запрошенную ведущим соответствующей функцией. В случае возникновения ошибочной ситуации в поле данных передается код ошибки;

– последним в ответе следует двухбайтное поле кода проверки ошибок, позволяющее отследить ведущему целостность принятого ответа.

5.2.2 Описание режима RTU

В стандартном протоколе Modbus используется два режима передачи:

– режим передачи ASCII (American Standard Code for Information Interchange – американский стандартный код для обмена информацией);

– режим передачи RTU (Remote Terminal Unit – удаленное терминальное оборудование).

Блок использует режим передачи RTU, поэтому далее рассматриваются принципы осуществления передачи в этом режиме.

При использовании режима RTU каждый байт сообщения содержит две четырехбитные шестнадцатеричные цифры. Каждое сообщение должно передаваться в виде непрерывного потока.

Режим обмена информацией полудуплексный асинхронный. Формат символа:

– при наличии контроля паритета: один старт-бит, восемь информационных бит (две шестнадцатеричные цифры), бит контроля паритета (по четности или по нечетности), два стоп-бита;

– при отсутствии контроля паритета: один старт-бит, восемь информационных бит (две шестнадцатеричные цифры), два стоп-бита.

Информационные биты передаются, начиная с младшего.

Скорость передачи данных и вид контроля паритета при работе с интерфейсом задаются в режиме просмотра и изменения настроек прибора.

Каждое сообщение, передаваемое в протоколе Modbus, помещается в кадр, который имеет определенные начальную и конечную точки. Это позволяет приборам установить начало сообщения, декодировать адрес ведомого и определить, какой из приборов адресуется (или все приборы при широковещательном запросе), а также знать, когда сообщение завершается.

Перед началом сообщения в режиме RTU должна быть пауза длительностью не менее 4Т, где Т – время передачи одного символа. Первый принимаемый после паузы символ является адресом ведомого.

Блоки непрерывно отслеживают приемные линии, включая интервалы паузы. Когда будет принято первое поле сообщения (адрес ведомого), блок проверяет, не является ли данный адрес установленным для него.

После передачи последнего символа в сообщении опять следует интервал паузы с временем не менее 4Т. По окончании этой паузы может быть начато новое сообщение.

Кадр сообщения должен передаваться непрерывным потоком. Если во время передачи кадра между символами возникает пауза длительностью более 2Т, принимающий блок считает, что сообщение окончено и начинает его обработку. Это приведет к возникновению ошибки контрольной суммы,

так как поле кода проверки ошибок, рассчитанное блоком, будет не совпадать с принятым в сообщении.

Поле данных в сообщении содержит шестнадцатеричные числа в диапазоне от 0 до 0FFH. Поле данных, посылаемое в запросе ведущего, содержит дополнительную информацию, которая используется ведомым для того, чтобы выполнить действия, заданные кодом функции. Например, это могут быть адреса регистров или ключей, число управляемых функцией регистров и данные записи этих регистров.

Если при приеме сообщения не произошло ошибки, поле данных ответа содержит данные, запрошенные ведущим. При возникновении ошибки поле данных содержит код ошибки, по которому ведущий может принять решение о дальнейших действиях.

В некоторых сообщениях поле данных может отсутствовать (иметь нулевую длину). Например, если ведущий выдает запрос с кодом функции 07 (чтение статуса блока), никакой дополнительной информации ведомому не требуется (поле кода функции однозначно задает действие, выполняемое по этому запросу ведомым).

Поле кода проверки ошибок в режиме RTU содержит двухбайтный код проверки ошибок. Этот код является результатом вычисления циклического избыточного кода или CRC-кода (CRC – Cyclical Redundancy Check) для всех байт сообщения. Вначале в сообщении передается младший байт CRC-кода, затем старший (то есть, старший байт CRC-кода является последним байтом сообщения).

5.2.3 Методы проверки ошибок

При работе с протоколом Modbus RTU используются два метода проверки ошибок. Для каждого передаваемого символа может быть установлен контроль паритета (по четности или по нечетности). Для всего сообщения применяется контроль с помощью CRC-кода. Оба вида контроля генерируются ведущим и помещаются в сообщение до начала его передачи. Во время приема ведомый проверяет каждый принятый символ и все сообщение целиком.

Рассмотрим вначале контроль паритета.

Пользователь может настроить блок на выполнение проверки четности, проверки нечетности или отсутствие контроля паритета.

При задании наличия контроля паритета (по четности или нечетности) в каждом байте передаваемых данных будет подсчитываться количество единиц. Бит паритета будет устанавливаться в 0 или 1 в зависимости от того, четное или нечетное число единичных бит присутствует в байте данных.

Например, пусть байт данных содержит следующие биты:

1100 0101

Общее число единичных бит в данном байте равно четырем. Если используется контроль по четности, бит паритета будет иметь нулевое значение, оставляя общее число единичных бит в байте четным (четыре). Если используется контроль по нечетности, бит паритета будет установлен в единицу, делая общее число единичных бит нечетным (пять).

При передаче сообщения бит паритета рассчитывается для каждого байта сообщения. Принимающий блок также подсчитывает число единичных бит в принимаемом байте (формирует бит паритета) и фиксирует ошибку при несовпадении принятого бита паритета с рассчитанным.

Необходимо, чтобы все приборы, объединяющиеся в сеть, были настроены на использование одного и того же метода контроля паритета.

Контроль паритета может отследить только те ошибки, при которых одновременно искажается нечетное число бит. Например, если установлен контроль по нечетности и при приеме два бита принимают нулевое значение в байте, который изначально содержал три единичных бита, общее число единичных бит все еще остается нечетным, и бит паритета не изменяется (ошибка передачи не обнаруживается).

Если задано отсутствие контроля паритета, бит паритета не передается и контроль паритета не производится.

Для всего сообщения выполняется контроль ошибок на основе CRC-кода. Данный метод контроля не зависит от выбранного контроля паритета.

CRC-код является шестнадцатитбитным двоичным числом, формируемым ведущим и передаваемым в конце сообщения. Ведомый прибор самостоятельно рассчитывает CRC-код и сравнивает полученное значение с принятым в сообщении. При несовпадении CRC-кодов фиксируется ошибка.

Расчет CRC-кода производится по следующему алгоритму:

1) Вычисление CRC-кода начинается с загрузки во все разряды 16-битного регистра (CRC-регистр) единиц (0FFFFH).

2) Выполняется операция "Исключающее ИЛИ" первого байта сообщения (адреса ведомого) с младшим байтом CRC-регистра и результат помещается в младший байт CRC-регистра.

3) Производится сдвиг CRC-регистра на один бит вправо (в сторону младшего бита) - при этом в старший бит регистра вдвигается ноль.

4) Осуществляется проверка выдвинутого из регистра бита:

- если данный бит равен 0, повторяется шаг 3 (следующий сдвиг CRC-регистра);

- если выдвинутый бит равен 1, производится операция "Исключающее ИЛИ" содержимого CRC-регистра с полиномиальным значением 0A001H (101000000000001B).

5) Производится повтор шагов 3 и 4 до выполнения восьми сдвигов CRC-регистра. Когда сдвиги будут сделаны, полная обработка первого байта сообщения будет завершена.

6) Выполняется повтор шагов 2...5 для следующего байта сообщения, до тех пор, пока все байты сообщения не будут обработаны. Окончательное содержание CRC-регистра является CRC-кодом.

7) В конце сообщения сначала передается младший байт CRC-кода, затем старший.

5.2.4 Условие тайм-аута

Как было отмечено выше, начало сообщения определяется по паузе длительностью не менее 4Т, конец сообщения детектируется при наличии паузы между символами длительностью более 2Т.

Если ведомый обнаруживает паузу между символами более 2Т, он начинает обработку сообщения. При успешном завершении обработки сообщения и выполнения предписанных кодом функции действий, ведомый выдает ведущему ответ.

После выдачи сообщения (запроса) ведущий должен ожидать ответа. Выдача ответа ведомым начинается не ранее, чем через промежуток времени, равный 2Т (время на обнаружение ведомым конца сообщения и начало его обработки). Кроме того, ведомый должен начать выдачу ответа через интервал времени длительностью не более 4Т. Если через это время ведущий не получает первого байта ответа, он считает, что произошел тайм-аут и

фиксирует ошибку.

Условие тайм-аута фиксируется ведущим в следующих ситуациях:

- установлены различные значения скоростей передачи данных в ведомом и ведущем;

- установлены различные значения контроля паритета в ведомом и ведущем;

- ведомый обнаружил в принятом символе ошибку паритета;

- ведущий выдает сообщение с адресом несуществующего ведомого;

- ведомый обнаружил несовпадение принятого и рассчитанного CRC-кодов;

- ведомый не начал выдачу ответа спустя время 4Т.

При работе ведомый будет переключать свои выходные интерфейсные схемы на передачу только при успешной обработке принятого сообщения и готовности выдать ответ, но не ранее, чем спустя время 2Т после приема последнего байта сообщения.

5.3 Поддерживаемые блоком функции протокола Modbus

Список поддерживаемых блоком функций протокола Modbus представлен в таблице 4 (коды функций представлены в виде десятичных чисел). Далее в разделе подробно рассматриваются структуры запросов, ответов и действия, выполняемые блоком для каждой функции.

Таблица 4

Код функции	Название функции
01	Чтение состояния ключей
03	Чтение регистров настройки
04	Чтение регистров данных
05	Управление одиночным ключом
07	Чтение статуса блока
08	Диагностика линии связи
15	Групповое управление ключами
16	Запись регистров настройки

5.3.1 Функция 01 – чтение состояния ключей блока

Данная функция позволяет считать состояние изолированных ключей, имеющихся в составе блока. Широковещательный запрос не поддерживается.

Структура запроса

Запрос определяет начальный адрес считываемых ключей и число ключей, состояние которых будет считано.

Пример запроса для ведомого с адресом 17:

Имя поля	Пример (HEX)
Адрес ведомого	11
Код функции	01
Старший байт адреса начального ключа	00
Младший байт адреса начального ключа	00
Старший байт количества читаемых ключей	00
Младший байт количества читаемых ключей	02
Младший байт CRC-кода	BF
Старший байт CRC-кода	5B

Так как в составе блока имеется только два ключа, адрес начального ключа и старший байт количества читаемых ключей всегда должны иметь нулевые значения. Младший байт количества читаемых ключей должен иметь значение "2" (по числу ключей, имеющихся в составе блока). При несовпадении полей адреса начального ключа и количества читаемых ключей с указанными значениями блок будет генерировать ответ ошибочной ситуации.

Структура ответа

Состояние ключей блока возвращается в одном байте данных, в котором каждый бит индицирует текущее состояние ключа. При этом нулевой бит соответствует ключу номер один, первый бит соответствует ключу номер два.

Единичное состояние бита соответствует замкнутому состоянию ключа, нулевой бит определяет разомкнутый ключ. Остальные биты байта данных (биты 2...7) всегда имеют нулевые значения.

Пример ответа для ведомого с адресом 17:

Имя поля	Пример (HEX)
Адрес ведомого	11
Код функции	01
Счетчик байт данных	01
Текущее состояние ключей	02
Младший байт CRC-кода	D4
Старший байт CRC-кода	89

В данном примере в качестве текущего состояния ключей возвращается байт с шестнадцатеричным значением 02H или, в двоичной форме, 00000010. Таким образом, второй ключ находится в замкнутом состоянии, первый ключ – в разомкнутом.

5.3.2 Функция 03 – чтение регистров настройки блока

Данная функция позволяет читать содержимое регистров настройки блока. Широковещательный запрос не поддерживается.

Структура запроса

Запрос определяет начальный адрес регистра настройки и число регистров, содержимое которых будет считано, которое может принимать значения от двух до 124. Регистры настройки адресуются с нулевого адреса. Значения адреса начального регистра и количества читаемых регистров должны находиться в диапазоне допустимых значений в соответствии с таблицами 10, 13...17, иначе прибор будет генерировать ответ ошибочной ситуации.

Пример запроса для ведомого с адресом 18:

Имя поля	Пример (HEX)
Адрес ведомого	12
Код функции	03
Старший байт адреса начального регистра	00
Младший байт адреса начального регистра	00
Старший байт количества читаемых регистров	00
Младший байт количества читаемых регистров	02
Младший байт CRC-кода	C6
Старший байт CRC-кода	A8

В приведенном примере запрашивается выдача содержимого двух регистров настройки, начиная с адреса 0000H.

Структура ответа

Содержимое каждого регистра настройки в ответе выдается в виде двух байт. Вначале выдается содержимое старшего байта регистра, затем – содержимое младшего байта.

Пример ответа для ведомого с адресом 18:

Имя поля	Пример (HEX)
Адрес ведомого	12
Код функции	03
Счетчик байт	04
Старший байт регистра настроек с адресом 0000H	00
Младший байт регистра настроек с адресом 0000H	01
Старший байт регистра настроек с адресом 0001H	00
Младший байт регистра настроек с адресом 0001H	01
Младший байт CRC-кода	48
Старший байт CRC-кода	F2

В данном примере содержимое регистра 0000H равно 0001H, регистр 0001H также содержит значение 0001H.

Внимание: так как в блоке все данные имеют размер 4 байта, адрес регистра и число считываемых регистров должны быть чётными. В противном случае блок выдаст сообщение о ошибке "Неверный адрес данных".

5.3.3 Функция 04 – чтение регистров данных блока

Данная функция позволяет читать содержимое регистров данных. Широковещательный запрос не поддерживается.

Структура запроса

Запрос определяет начальный адрес регистра данных и число регистров, содержимое которых будет считано, которое может принимать значения от двух до 124. Регистры данных адресуются с нулевого адреса. Значения адреса начального регистра и количества читаемых регистров должны находиться в диапазоне допустимых значений в соответствии с таблицами 6 и 7, иначе прибор будет генерировать ответ ошибочной ситуации.

Пример запроса для ведомого с адресом 1:

Имя поля	Пример (HEX)
Адрес ведомого	01
Код функции	04
Старший байт адреса начального регистра	00
Младший байт адреса начального регистра	00
Старший байт количества читаемых регистров	00
Младший байт количества читаемых регистров	02
Младший байт CRC-кода	71
Старший байт CRC-кода	CB

В приведенном примере запрашивается выдача содержимого двух регистров данных, начиная с адреса 0000H.

Структура ответа

Содержимое каждого регистра данных в ответе выдается в виде двух байт. Вначале выдается содержимое старшего байта регистра, затем – содержимое младшего байта.

Пример ответа для ведомого с адресом 1:

Имя поля	Пример (HEX)
Адрес ведомого	01
Код функции	04
Счетчик байт данных	04
Старший байт данных регистра с адресом 0	00
Младший байт данных регистра с адресом 0	07
Старший байт данных регистра с адресом 1	00
Младший байт данных регистра с адресом 1	00
Младший байт CRC-кода	4A
Старший байт CRC-кода	45

В данном примере содержимое регистра 0000H равно 0007H, регистр 0001H содержит значение 0000H.

Внимание: так как в блоке все данные имеют размер 4 байта адрес регистра и число считываемых регистров должны быть чётными. В противном случае блок выдаст сообщение о ошибке "Неверный адрес данных".

5.3.4 Функция 05 – управление одиночным ключом

Данная функция позволяет установить один из изолированных ключей, имеющих в составе блока, в замкнутое или разомкнутое состояние. При широковещательном запросе функция управляет соответствующим ключом во всех подключенных к ведущему блоках.

Структура запроса

Запрос определяет номер управляемого ключа (нумерация ключей ведется с нуля) и состояние, в которое должен перейти ключ. Новое состояние ключа задается содержимым поля данных. При этом для замыкания ключа в поле данных должно быть передано значение FF00H, а для размыкания – 0000H. Все другие значения поля данных являются неправильными и будут приводить к генерации ведомым ответа ошибочной ситуации.

Пример запроса для ведомого с адресом 17:

Имя поля	Пример (HEX)
Адрес ведомого	11
Код функции	05
Старший байт номера ключа	00
Младший байт номера ключа	01
Старший байт данных управления ключом	FF
Младший байт данных управления ключом	00
Младший байт CRC-кода	DF
Старший байт CRC-кода	6A

В данном примере запрос устанавливает ключ номер два в замкнутое состояние.

Так как в составе блока имеется только два ключа, номер ключа может принимать значения ноль или единица. При несовпадении поля номера ключа с указанными значениями блок будет генерировать ответ ошибочной ситуации.

Ключ блока устанавливается в состояние, указанное в запросе, сразу же после завершения обработки сообщения. Дальнейшее состояние ключа зависит от его параметров настройки:

- если ключ не привязан к какому-либо каналу измерений, он остается в состоянии, заданном данной функцией, до получения следующего запроса на управление ключом;

- если ключ привязан к каналу измерений, программное обеспечение блока будет устанавливать ключ в необходимое состояние в соответствии с логикой работы ключа.

Структура ответа

Нормальный ответ представляет собой эхо запроса и возвращается после установки требуемого ключа в заданное состояние.

Пример ответа для ведомого с адресом 17:

Имя поля	Пример (HEX)
Адрес ведомого	11
Код функции	05
Старший байт номера ключа	00
Младший байт номера ключа	01
Старший байт данных управления ключом	FF
Младший байт данных управления ключом	00
Младший байт CRC-кода	DF
Старший байт CRC-кода	6A

5.3.5 Функция 07 – чтение статуса блока

Функция считывает значение *статуса блока* – байта, содержащего информацию о блоке и прохождении начальных тестов после включения питания. Широковещательный запрос не поддерживается.

Структура запроса

В запросе отсутствует поле данных. Пример запроса для ведомого с адресом 1:

Имя поля	Пример (HEX)
Адрес ведомого	01
Код функции	07
Младший байт CRC-кода	41
Старший байт CRC-кода	E2

Структура ответа

Нормальный ответ содержит байт статуса блока.

Пример ответа для ведомого с адресом 1:

Имя поля	Пример (HEX)
Адрес ведомого	01
Код функции	07
Статус прибора	1F
Младший байт CRC-кода	63
Старший байт CRC-кода	F8

5.3.6 Функция 08 – диагностика линии связи

Данная функция предназначена для проведения различных тестов связи между ведущим и ведомым и имеет ряд подфункций. Поддерживается только одна из подфункций, позволяющая вернуть ведущему данные, переданные в запросе. Широковещательный запрос не поддерживается.

Структура запроса

Запрос кроме поля кода функции содержит поле кода подфункции.

Пример запроса для ведомого с адресом 17:

Имя поля	Пример (HEX)
Адрес ведомого	11
Код функции	08
Старший байт кода подфункции	00
Младший байт кода подфункции	00
Старший байт данных	FA
Младший байт данных	C4
Младший байт CRC-кода	A1
Старший байт CRC-кода	A8

Структура ответа

Нормальный ответ является полным повтором запроса. Пример ответа для ведомого с адресом 17:

Имя поля	Пример (HEX)
Адрес ведомого	11
Код функции	08
Старший байт кода подфункции	00
Младший байт кода подфункции	00
Старший байт данных	FA
Младший байт данных	C4
Младший байт CRC-кода	A1
Старший байт CRC-кода	A8

При несовпадении кода подфункции с нулевым блок будет генерировать ответ ошибочной ситуации.

5.3.7 Функция 15 (0FH) – групповое управление ключами

Данная функция позволяет установить ключи, имеющиеся в составе блока, в замкнутое или разомкнутое состояние. При широковещательном запросе функция управляет ключами во всех подключенных к ведущему блоках.

Структура запроса

Запрос определяет начальный номер управляемых ключей (должен быть всегда равен нулю), число ключей (должно быть всегда равно двум) и состояния, в которые должны перейти ключи. Новые состояния ключей задаются содержимым поля данных. При этом бит 0 соответствует ключу номер 1, бит 1 соответствует ключу номер 2. Значения битов со второго по седьмой не учитываются.

Единичное состояние бита замыкает, нулевое размыкает соответствующий ключ.

Если номер начального номера ключа не равен нулю и/или количество ключей в запросе не равно двум блок будет генерировать ответ ошибочной ситуации.

Пример запроса для ведомого с адресом 17:

Имя поля	Пример (HEX)
Адрес ведомого	11
Код функции	0F
Старший байт начального номера ключа	00
Младший байт начального номера ключа	00
Старший байт количества ключей	00
Младший байт количества ключей	02
Счетчик байт	01
Данные управления ключами	01
Младший байт CRC-кода	1E
Старший байт CRC-кода	5B

В данном примере запрос замыкает первый ключ и размыкает второй ключ блока.

Ключи блока устанавливаются в состояние, указанное в запросе, сразу же после завершения обработки сообщения. Дальнейшее состояние ключей зависит от их параметров настройки:

- если ключ не привязан к какому-либо каналу измерений, он остается в состоянии, заданном данной функцией, до получения следующего запроса на управление ключом;
- если ключ привязан к каналу измерений, программное обеспечение блока будет устанавливать ключ в необходимое состояние в соответствии с логикой работы ключа.

Структура ответа

Нормальный ответ состоит из начального адреса и количества изменённых элементов.

Пример ответа для ведомого с адресом 17:

Имя поля	Пример (HEX)
Адрес ведомого	11
Код функции	0F
Старший байт начального номера ключа	00
Младший байт начального номера ключа	00
Старший байт количества ключей	00
Младший байт количества ключей	02
Младший байт CRC-кода	D6
Старший байт CRC-кода	9A

5.3.8 Функция 16 (10H) – запись регистров настройки блока

Данная функция позволяет записать значения регистров настройки блока. При широковещательном запросе функция устанавливает содержимое соответствующих регистров настройки во всех подключенных к ведущему блоках.

Структура запроса

Запрос определяет начальный адрес регистра настройки и число записываемых регистров, которое не может превышать значения 123. Далее в поле данных передаются записываемые в регистры данные (два байта на регистр). Регистры настройки адресуются с нулевого адреса.

Пример запроса для ведомого с адресом 1:

Имя поля	Пример (HEX)
Адрес ведомого	01
Код функции	10
Старший байт адреса начального регистра	00
Младший байт адреса начального регистра	00
Старший байт количества записываемых регистров	00
Младший байт количества записываемых регистров	02
Счетчик байт данных	04
Старший байт данных регистра 0000H	00
Младший байт данных регистра 0000H	01
Старший байт данных регистра 0001H	00
Младший байт данных регистра 0001H	01
Младший байт CRC-кода	63
Старший байт CRC-кода	AF

В приведенном примере записываются два регистра настройки, начиная с адреса 0000H. Для обоих регистров записывается значение 0001H. Интерпретация содержимого регистров настройки подробно рассматривается в следующем разделе.

Блок проверяет запрос на максимально возможное число записываемых регистров (подробно рассматривается в следующем разделе) и при его превышении генерирует ответ ошибочной ситуации.

Структура ответа

Нормальный ответ состоит из начального адреса и количества изменённых регистров.

Пример ответа для ведомого с адресом 1:

Имя поля	Пример (HEX)
Адрес ведомого	01
Код функции	10
Старший байт адреса начального регистра	00
Младший байт адреса начального регистра	00
Старший байт количества записываемых регистров	00
Младший байт количества записываемых регистров	02
Младший байт CRC-кода	41
Старший байт CRC-кода	C8

Важно после генерирования запроса быть уверенным в правильности его исполнения и знать состояние блока. Проверкой может служить чтение записанного массива с помощью функции Modbus с номером три.

Внимание: так как в блоке все данные имеют размер 4 байта, адрес регистра и число считываемых регистров должны быть чётными. В противном случае блок выдаст сообщение об ошибке “Неверный адрес данных”.

5.4 Ответ при ошибочной ситуации

За исключением широковещательного запроса, когда ведущий посылает ведомым запрос, он ожидает от ведомого получение нормального ответа. После получения ведомым запроса может произойти одно из четырех следующих событий:

- если ведомый принял запрос без ошибок и может его обработать, он возвращает нормальный ответ;
- если ведомый не принял запрос из-за ошибок связи, он не возвращает ответ. Программа ведущего будет фиксировать условие тайм-аута;
- если ведомый принял запрос, но обнаружил ошибки связи (неверный паритет, CRC-код и т.п.), он не возвращает ответ. Программа ведущего будет фиксировать условие тайм-аута;
- если ведомый принял запрос без ошибок связи, но не может обработать его (например, запрошен несуществующий регистр блока), ведомый будет возвращать ответ ошибочной ситуации, по которому ведущий может понять природу возникновения ошибки.

Два поля в ответе ошибочной ситуации имеют отличия от полей нормального ответа:

- поле кода функции;
- поле данных.

В случае нормального ответа ведомый повторяет код функции, принятой в запросе. Все коды функций имеют нулевой старший значащий бит

(их значения меньше 80H). При ответе ошибочной ситуации ведомый устанавливает старший бит кода функции в единицу.

Получив в ответе код функции с установленным в единицу старшим битом, ведущий распознает ответ ошибочной ситуации и может узнать причину возникновения ошибки, анализируя поле данных ответа.

В случае нормального ответа ведомый возвращает в поле данных информацию, затребованную функцией запроса. При ответе ошибочной ситуации в поле данных ведомый возвращает *код ошибки*, определяющий, какие условия привели к возникновению ошибки.

Коды ошибок, выдаваемые блоком, представлены в таблице 5.

Таблица 5

Код ошибки	Название	Значение
01	Неверная функция	Код функции, принятый ведомым в запросе, не поддерживается ведомым
02	Неверный адрес данных	Адрес в запросе некорректен для ведомого
03	Неверное значение данных	Значение в поле данных запроса некорректно для ведомого
05	Подтверждение	Принятый запрос начал выполняться ведомым, но для его обработки требуется длительное время

5.5 Регистры блока

5.5.1 Регистры данных блока

Регистры данных блока разбиты на пять групп: данных выходных каналов (результаты вычислений алгоритма, состояния токовых выходов, ключей, а также информация о ПО блока) и данные ПП.

Распределение и формат регистров выходных каналов приведён в таблице 6.

Таблица 6

Адрес начального регистра	Тип	Наименование	Значение или размерность параметра
0000H	Table	Тип прибора	0006H – БСД5А 0007H – БСД5Н
0001H	Table	Служебная информация прибора	Всегда – 0000H
0002H	Table	Зарезервировано	Всегда – 0000H
0003H	Table	Зарезервировано	Всегда – 0000H
0004H	Table	Контрольная сумма ПО прибора	0B135H
0005H	Table	Номер версии ПО прибора 0x0106 (версия 1.06)	ст. байт – версия, мл. байт – редакция (BCD – числа)
0006H	Table	Число и месяц создания версии ПО прибора 0x1003 (10 марта)	ст. байт – число, мл. байт – месяц (BCD – числа)
0007H	Table	Год создания ПО прибора 0x2100 (2021 год)	ст. байт – последние две цифры года (BCD – число), мл. байт – 0

Продолжение таблицы 6

Адрес начального регистра	Тип	Наименование	Значение или размерность параметра
0008H	Bits	Флаги наличия выходных каналов Всегда 0007FFFFH	0 бит – уровень; 1 бит – температура продукта; 2 бит – общий объём; 3 бит – уровень подтоварной воды; 4 бит – объём подтоварной воды; 5 бит – фактический объём продукта; 6 бит – приведённый объём продукта; 7 бит – плотность продукта; 8 бит – приведённая плотность продукта ; 9 бит – масса брутто продукта; 10 бит – масса нетто продукта; 11 бит – минимальный уровень продукта, 12 бит – температура подтоварной воды, 13 бит – 1-ый токовый выход; 14 бит – 2-ой токовый выход; 15 бит – 3-ий токовый выход; 16 бит – 4-ый токовый выход; 17 бит – первый ключ; 18 бит – второй ключ
000AH	Bits	Флаги отказов выходных каналов	То же

Продолжение таблицы 6

Адрес начального регистра	Тип	Наименование	Значение или размерность параметра
000CH	Bits	Флаги достоверности данных выходных каналов	То же
000EH	Float	Уровень продукта	м
0010H	Float	Средняя температура продукта	°C
0012H	Float	Общий объем (с учётом подтоварной воды)	м ³
0014H	Float	Уровень подтоварной воды	м
0016H	Float	Объем подтоварной воды	м ³
0018H	Float	Фактический объем продукта	м ³
001AH	Float	Приведенный объем продукта	м ³
001CH	Float	Фактическая плотность продукта	кг/м ³
001EH	Float	Приведенная плотность продукта	кг/м ³
0020H	Float	Масса брутто продукта	тонны
0022H	Float	Масса нетто продукта	тонны
0024H	Float	Минимальный уровень продукта	м
0026H	Float	Температура подтоварной воды	°C
0028H	Float[4]	Значение токовых выходов	% шкалы
0030H	Bits	Состояние ключей 0 бит – первый ключ; 1 бит – второй ключ; остальные биты не используются.	1 – замкнут; 0 – разомкнут

Данные типа Float имеют прямой формат плавающей точки стандарта IEEE 854-1987 (одиночная точность). Число в прямом формате плавающей точки одиночной точности хранится в четырех байтах (или двух регистрах), при этом в старшем байте начального регистра хранится бит знака и смещенный порядок числа, в младшем байте начального регистра – старший байт нормализованной мантииссы, в старшем байте следующего регистра – средний байт мантииссы, а в младшем байте следующего регистра – младший байт мантииссы. Диапазон возможных значений параметра – от минус $3,39 \cdot 10^{38}$ до $3,39 \cdot 10^{38}$.

Внимание! При подключении к блоку ПП АТР прекращается работа алгоритма вычисления массы и снимаются флаги достоверности данных по соответствующим параметрам (значение регистра 0x000C становится равным 0x0003F800).

Регистры данных ПП лежат с адреса 0200H для первого ПП. Данные следующих ПП расположены со смещением 200H.

Распределение и формат регистров данных ПП приведен в таблице 7.

Таблица 7

Адрес начального регистра	Тип	Наименование	Размерность параметра
0200H	Table	Код типа ПП	
0202H	U16	Версия ПО ПП	
0203H	U16	Подверсия ПО ПП	
0204H	Date	Дата создания ПО ПП	первый байт – день; второй байт – месяц; третий и четвертый байты – год
0206H	U32	Контрольная сумма ПО ПП	
0208H	U32	Серийный номер ПП	
020AH	Bits	Флаги наличия каналов измерений	нулевой бит – первый канал; ... тридцать первый бит – тридцать второй канал
020CH	Bits	Флаги отказов каналов	То же
020EH	Bits	Флаги достоверности данных каналов измерений	То же
0210H	Float[32]	Данные каналов измерений ПП	Определяется ПП, см. таблицу 8

Коды поддерживаемых типов ПП производства АО “Альбатрос” приведены в таблице 8.

Таблица 8

Код ПП	Тип ПП
0010H	ДУУ2М-01-0, ДУУ2М-01А-0
0011H	ДУУ2М-02-0, ДУУ2М-02А-0, ДУУ2М-02Т-0, ДУУ2М-02ТА-0, ДУУ2М-10-0, ДУУ2М-10А-0, ДУУ2М-10Т-0, ДУУ2М-10ТА-0
0012H	ДУУ2М-03-0, ДУУ2М-03А-0
0013H	ДУУ2М-04-0, ДУУ2М-04А-0, ДУУ2М-12-0, ДУУ2М-12А-0
0014H	ДУУ2М-05-0, ДУУ2М-05А-0
0015H	ДУУ2М-06-0, ДУУ2М-06А-0
0016H	ДУУ2М-07-0, ДУУ2М-07А-0
0017H	ДУУ2М-08-0, ДУУ2М-08А-0
0018H	ДУУ2М-01-1, ДУУ2М-01А-1
0019H	ДУУ2М-02-1, ДУУ2М-02А-1, ДУУ2М-02Т-1, ДУУ2М-02ТА-1, ДУУ2М-10-1, ДУУ2М-10А-1, ДУУ2М-10Т-1, ДУУ2М-10ТА-1
001AH	ДУУ2М-03-1, ДУУ2М-03А-1
001BH	ДУУ2М-04-1, ДУУ2М-04А-1, ДУУ2М-12-1, ДУУ2М-12А-1
001CH	ДУУ2М-05-1, ДУУ2М-05А-1
001DH	ДУУ2М-06-1, ДУУ2М-06А-1
001EH	ДУУ2М-07-1, ДУУ2М-07А-1
001FH	ДУУ2М-08-1, ДУУ2М-08А-1
0040H	ДУУ2М-13-0
0041H	ДУУ2М-14-0, ДУУ2М-14А-0

Продолжение таблицы 8

Код ПП	Тип ПП
0042H	ДУУ2М-15-0
0043H	ДУУ2М-16-0, ДУУ2М-16А-0
0048H	ДУУ2М-13-1
0049H	ДУУ2М-14-1, ДУУ2М-14А-1
004AH	ДУУ2М-15-1
004BH	ДУУ2М-16-1, ДУУ2М-16А-1
0030H	ДП1
0050H	ДУУ6
0051H	ДУУ6-1
0090H	ДТМ2-1-1 или ДТМ2-1А-1
0091H	ДТМ2-1-2 или ДТМ2-1А-2
0092H	ДТМ2-1-3 или ДТМ2-1А-3
0093H	ДТМ2-1-4 или ДТМ2-1А-4
0094H	ДТМ2-1-5 или ДТМ2-1А-5
0095H	ДТМ2-1-6 или ДТМ2-1А-6
0096H	ДТМ2-1-7 или ДТМ2-1А-7
0097H	ДТМ2-1-8 или ДТМ2-1А-8
0098H	ДТМ2-1-9 или ДТМ2-1А-9
0099H	ДТМ2-1-10 или ДТМ2-1А-10
009AH	ДТМ2-1-11 или ДТМ2-1А-11
009BH	ДТМ2-1-12 или ДТМ2-1А-12
009CH	ДТМ2-1-13 или ДТМ2-1А-13
009DH	ДТМ2-1-14 или ДТМ2-1А-14
009EH	ДТМ2-1-15 или ДТМ2-1А-15
009FH	ДТМ2-1-16 или ДТМ2-1А-16
00B0H	ДТМ2-0-1 или ДТМ2-0А-1
00B1H	ДТМ2-0-2 или ДТМ2-0А-2
00B2H	ДТМ2-0-3 или ДТМ2-0А-3
00B3H	ДТМ2-0-4 или ДТМ2-0А-4
00B4H	ДТМ2-0-5 или ДТМ2-0А-5
00B5H	ДТМ2-0-6 или ДТМ2-0А-6
00B6H	ДТМ2-0-7 или ДТМ2-0А-7
00B7H	ДТМ2-0-8 или ДТМ2-0А-8
00B8H	ДТМ2-0-9 или ДТМ2-0А-9
00B9H	ДТМ2-0-10 или ДТМ2-0А-10
00BAH	ДТМ2-0-11 или ДТМ2-0А-11
00BBH	ДТМ2-0-12 или ДТМ2-0А-12
00BCH	ДТМ2-0-13 или ДТМ2-0А-13
00BDH	ДТМ2-0-14 или ДТМ2-0А-14
00BEH	ДТМ2-0-15 или ДТМ2-0А-15
00BFH	ДТМ2-0-16 или ДТМ2-0А-16
0071H	ДУУ10-02 или ДУУ10-10
0073H	ДУУ10-04 или ДУУ10-12
0075H	ДУУ10-06
0077H	ДУУ10-08
007BH	ДУУ10-14
00C0H...	ДТМ3 (от 1 до 16 каналов измерений температуры)
00CFH	

Продолжение таблицы 8

Код ПП	Тип ПП
60AFE310H	ДУУ10 (интерфейс HART)
60AFE311H	ДТМ3 (интерфейс HART)
60AFE381H	ДУУ11
60AFE382H	АТР
00006FCFH	p20

В таблице 9 приведены порядок следования каналов измерений и их размерность для датчиков производства АО "Альбатрос" с интерфейсом HART.

Таблица 9

Код ПП	Тип датчика	Исполнение	Каналы измерений	Единицы измерения
60AFE310H	ДУУ10	2	1 – Уровень	мм
		10	2 – Температура	°C
		4	1 – Уровень (L1)	мм
		12	2 – Уровень (L2)	мм
			3 – Температура	°C
		6	1 – Уровень (L1)	мм
			2 – Температура	°C
		8	3 – Давление	мбар
			1 – Уровень (L1)	мм
			2 – Уровень (L2)	мм
14	3 – Давление	мбар		
	4 – Температура	°C		
	1 – Уровень (L1)	мм		
	2 – Уровень (L2)	мм		
60AFE311H	ДТМ3	02	1...8 – Температура	°C
		10	1...16 – Температура	
60AFE381H	ДУУ11	02 (к)	1 – Уровень	мм
		10 (к)		
		02 (с/д)	3...18 – Температура 1	°C
			...Температура 16	
			19 – Средняя температура	
			1 – Уровень 1 (высота слоя продукта)	
		04 (к)	2 – Уровень 2	мм
		10 (с/д)		
12 (к)	4 – Объем 2	°C		
	5...20 – Температура 1			
00C0H...	00CFH	...Температура 16	°C	
		21 – Средняя температура (температура продукта)		

Продолжение таблицы 9

Код ПП	Тип датчика	Исполнение	Каналы измерений	Единицы измерения
60AFE381H	ДУУ11	04 (д)	1 – Уровень 1	мм
		12 (д)	2 – Уровень 2 3 – Уровень дна 4 – Объем 1 5 – Объем 2 6...21 – Температура 1 ...Температура 16 22 – Средняя температура	мм мм м ³ м ³ °С
60AFE382H	АТР	02 (к)	1 – Уровень	мм
		10 (к)	2 – Плотность 3 – Масса 4 – Объем 5...20 – Температура 1 ...Температура 16 21 – Средняя температура	кг/м ³ т м ³ °С °С
		02 (с/д)	1 – Уровень 1 (высота слоя продукта)	мм
		10 (с/д)	2 – Уровень 2	мм
		04 (к)	3 – Плотность (плотность продукта)	кг/м ³
		12 (к)	4 – Масса (масса продукта) 5 – Объем 1 (объем продукта) 6 – Объем 2 7...22 – Температура 1 ...Температура 16 23 – Средняя температура (температура продукта)	т м ³ м ³ °С °С
00006FCFH	p20	Все	1 – Давление 2 – Температура	параметр настройки °С
60AFE4C9H	РДУЗ	Все	1 – Уровень 2 – Объем 3 – Дальность 4 – Температура 5 – Ток запаса	мм м ³ мм °С мА
60AFE504	УТР1	Все	1 – Уровень 2 – Объем 3 – Дальность 4 – Температура 5 – Ток запаса	мм м ³ мм °С мА

В таблице 10 приведены порядок следования каналов измерений и их размерность для датчиков ДУУ6 и ДУУ6-1 производства АО “Альбатрос” с интерфейсом “Альбатрос”.

Таблица 10

Тип датчика	Каналы измерений	Единицы измерения
ДУУ6	1 - Уровень 1	м
	2 - Давление газовой подушки	кПа
	3 - Гидростатическое давление	кПа
	4 - Температура в первой точке ЧЭ в месте установки верхней ЯИД	°С
	5 - Температура во второй точке ЧЭ	°С
	6 - Температура в третьей точке ЧЭ	°С
	7 - Температура в четвертой точке ЧЭ	°С
	8 - Температура в пятой точке ЧЭ в месте установки нижней ЯИД	°С
	9 - Температура внутри корпуса датчика в месте установки пьезоэлемента	°С
	10 - Средняя температура продукта	°С
	11 - Плотность продукта	кг/м ³
	12 - Объем продукта	м ³
ДУУ6-1	1 - Уровень 1	м
	2 - Уровень 2	м
	3 - Давление газовой подушки	кПа
	4 - Гидростатическое давление	кПа
	5 - Температура в первой точке ЧЭ в месте установки верхней ЯИД	°С
	6 - Температура во второй точке ЧЭ	°С
	7 - Температура в третьей точке ЧЭ	°С
	8 - Температура в четвертой точке ЧЭ	°С
	9 - Температура в пятой точке ЧЭ в месте установки нижней ЯИД	°С
	10 - Температура внутри корпуса датчика в месте установки пьезоэлемента	°С
	11 - Средняя температура продукта	°С
	12 - Плотность продукта	кг/м ³
	13 - Объем продукта	м ³

5.5.2 Регистры настройки блока

Блок имеет девять групп регистров настроек. Распределение и формат регистров настроек первой группы приведены в таблице 11.

Таблица 11

Адрес начального регистра	Тип параметра	Описание параметра
0000H	Table[4]	Диапазоны токовых выходов с первого по четвертый: 0 – 0...5 мА; 1 – 0...20 мА; 2 – 4...20 мА
0008H	Table[4]	Указатель на параметр, привязанный к соответствующему токовому выходу (смотри таблицу 12)

Продолжение таблицы 11

Адрес начального регистра	Тип параметра	Описание параметра
0010H	Float[4]	0 % шкалы параметра, привязанного к соответствующему токовому выходу (единицы измерения привязанного параметра)
0018H	Float[4]	100 % шкалы параметра, привязанного к соответствующему токовому выходу (единицы измерения привязанного параметра)
0020H	Float[4]	Уровень диагностики токового выхода (устанавливается при отказе привязанного канала, процент шкалы токового выхода)
0028H	Table[2]	Алгоритм работы соответствующего ключа: 0 – прямой; 1 – обратный
002CH	Table[2]	Указатель на параметр, привязанный к соответствующему ключу (смотри таблицу 12)
0030H	Float[2]	Значение порога срабатывания соответствующего ключа (единицы измерения привязанного параметра)
0034H	Float[2]	Значение гистерезиса срабатывания соответствующего ключа (единицы измерения привязанного параметра)
0038H	Table	Тип резервуара: 0 – вертикальный; 1 – горизонтальный
003AH	Table	Тип продукта: 0 – нефть; 1 – бензин; 2 – реактивное топливо; 3 – мазут
003CH	Table	Указатель на канал измерения уровня (смотри таблицу 12)
003EH	Table	Указатель на канал измерения гидростатического давления (смотри таблицу 12)
0040H	Table	Указатель на канал измерения давления газовой подушки (смотри таблицу 12)
0042H	Table	Указатель на канал измерения плотности (смотри таблицу 12)
0044H	Table[16]	Указатели на термометры (смотри таблицу 12). Термометры должны подключаться сверху вниз.
0064H	Float[16]	Высоты установки термометров, м
0084H	Float	Высота установки ПП гидростатического давления, м

Продолжение таблицы 11

Адрес начального регистра	Тип параметра	Описание параметра
0086H	Float	Коэффициент линейного расширения резервуара (обычно равен 0,0000125 1/°C)
0088H	Float	Температура, при которой была проведена градуировка резервуара, °C
008AH	Float	Плотность продукта при наладке системы измерения массы, кг/м ³
008CH	Float	Величина погружения поплавка, при настройке системы измерения массы, м (используется, если уровень измеряется поплавковым уровнемером, без компенсации глубины погружения поплавка)
008EH	Float	Ускорение свободного падения (для Москвы 9,8152 м/с ²)
0090H	Float	Лабораторная плотность продукта, кг/м ³
0092H	Float	Задаваемая вручную температура продукта, °C
0094H	Float	Задаваемый вручную уровень продукта, м
0096H	Float	Задаваемое вручную давление гидростатического столба, кПа
0098H	Float	Задаваемое вручную давление газовой подушки, кПа
009AH	Float	Задаваемый вручную уровень подтоварной воды, м
009CH	Float	Масса понтона, т
009EH	Float	Плотность продукта при градуировке резервуара, кг/м ³
00A0H	Tablet	Указатель на канал измерения уровня подтоварной воды (смотри таблицу 12)
00A2H	Float	Текущая плотность подтоварной воды, кг/м ³
00A4H	Float	Плотность поплавка канала измерения уровня подтоварной воды, кг/м ³
00A6H	Float	Высота погружаемой части поплавка канала измерения уровня подтоварной воды, м
00A8H	Float	Массовая доля воды в продукте, %
00AAH	Float	Массовая доля хлорных солей, %
00ACH	Float	Массовая доля механических примесей в продукте, %
00AEH	Table	Флаг исключения подтоварной воды при расчёте фактического объёма продукта: 0 – подтоварная вода входит в фактический объём продукта; 1 – подтоварная вода не входит в фактический объём продукта
00B0H	Float	Абсолютная погрешность измерения давления гидростатического столба, Па

Продолжение таблицы 11

Адрес начального регистра	Тип параметра	Описание параметра
00B2H	Float	Абсолютная погрешность измерения давления газовой подушки, Па
00B4H	Float	Абсолютная погрешность измерения уровня продукта, м
00B6H	Float	Абсолютная погрешность измерения температуры продукта, °C
00B8H	Float	Относительная погрешность составления градуировочной таблицы резервуара, %
00BAH	Float	Абсолютная погрешность измерения плотности продукта, кг/м ³
00BCH	Float	Высота подвеса плотномера ДП1, м
00BEH	Float	Длина чувствительного элемента плотномера ДП1, м
00C0H	Float	Кэффициент формы резервуара
00C2H	Table	Ёмкость резервуара: 0 – от 120 т и более; 1 – менее 120 т
00C4H	Table	Температура приведения: 0 – 15 °C; 1 – 20 °C

Указатель на привязываемый параметр представляет собой структуру, состоящую из четырёх элементов.

Возможные значения элементов структуры указателя показаны в таблице 12.

Таблица 12

Номер байта	Описание параметра	Возможные значения
Старший байт (byte[3])	Тип канала измерения	0 – тип канала не определён; 1 – канал измерения уровня; 2 – канал вычисления объёма; 3 – канал измерения давления; 4 – канал измерения плотности; 5 – канал измерения температуры; 6 – канал вычисления массы
Третий байт (byte[2])	Единицы измерения. Если единицы измерения указателя и данных канала измерения не совпадают - производится преобразование данных	0, 250, 251, 252 – единица измерений не определена 45 – м (метры); 48 – см (сантиметры); 49 – мм (миллиметры); 60 – г (граммы); 61 – кг (килограммы); 41 – л (литры); 43 – м ³ (метры кубические); 7 – бар (бары); 8 – мбар (миллибары); 9 – г/см ² (грамм силы); 10 – кг/ см ² (килограмм силы); 11 – Па (паскалы); 12 – кПа (килопаскалы); 237 – МПа (мегапаскалы); 32 - °C (градусы Цельсия); 33 - °F (градусы Фаренгейта); 35 - К (Кельвины); 91 – г/см ³ ; 92 – кг/м ³ ; 95 – г/мм ³ ; 97 – кг/л; 39 – мА (миллиамперы); 57 - % (проценты)

Продолжение таблицы 12

Номер байта	Описание параметра	Возможные значения
Второй байт (byte[1])	Область данных, к которой принадлежит указываемый канал измерения	0 – нет каналов измерений (канал не подключен); 1 – область данных сторонних приборов (параметры настройки алгоритма); 2 – область данных алгоритма; 3 – область данных первого ПП; 4 – область данных второго ПП; 5 – область данных третьего ПП; 6 – область данных четвертого ПП
Младший байт (byte[0])	Порядковый номер канала измерения	От 0 до 31 (см. таблицу 12)

В таблице 13 приведены соответствия порядковых номеров каналов измерений.

Таблица 13

Область данных	Возможные значения	Описание канала измерений
Пустая область (второй байт = 0)	От 0 до 31	Канал измерения отсутствует (используется в тех случаях, когда не требуется привязка к каналу измерения)
Данные сторонних приборов (второй байт = 1)	0	Плотность продукта, измеренная в лаборатории и приведённая к 15 °С или 20 °С, кг/м ³
	1	Средняя температура продукта, °С
	2	Уровень продукта, м
	3	Давление гидростатического столба, Па
	4	Давление газовой подушки, Па
	5	Уровень подтоварной воды, м

Продолжение таблицы 13

Область данных	Возможные значения	Описание канала измерений
Данные алгоритма (второй байт = 2)	0	Уровень продукта, м
	1	Средняя температура продукта, °С
	2	Общий объём, м ³
	3	Уровень подтоварной воды, м
	4	Объём подтоварной воды, м ³
	5	Фактический объём продукта, м ³
	6	Приведённый объём продукта, м ³
	7	Фактическая плотность продукта, кг/м ³
	8	Приведённая плотность продукта, кг/м ³
	9	Масса брутто продукта, т
10	Масса нетто продукта, т	
Данные ПП (второй байт = 3, 4, 5 или 6)	От 0 до 31	Зависит от типа подключенного ПП

Следующая группа формально не является параметрами настройки, а служит для дистанционного изменения состояний токовых выходов блока (эти данные не сохраняются в энергонезависимой памяти).

Распределение и формат второй группы регистров настройки (дистанционное изменение состояний токовых выходов) представлено в таблице 14.

Таблица 14

Адрес начального регистра	Тип параметра	Описание параметра
0100H	Float[4]	Задание значения токового выхода, мА

Внимание: для дистанционного изменения значения токового выхода данный выход не должен быть привязан к измеряемому параметру.

Третья, четвертая, пятая и шестая группы регистров настроек относятся к настройкам подключенных ПП. В БСД5А четвертая, пятая и шестая группы не используются.

Распределение и формат регистров настроек третьей группы приведены в таблице 15 (для БСД5А).

Таблица 15

Адрес начального регистра	Тип параметра	Описание параметра
0200H	Table	Скорость обмена с ПП: 0 – 1200 бит/с; 1 – 2400 бит/с; 2 – 4800 бит/с

Продолжение таблицы 15

Адрес начального регистра	Тип параметра	Описание параметра
0202H	Table	Число усреднений измеряемых параметров: 0 – нет усреднения; 1 – усреднение по двум измерениям; 2 – усреднение по четырём измерениям; 3 – усреднение по восьми измерениям; 4 – усреднение по шестнадцати измерениям; 5 – усреднение по тридцати двум измерениям; 6 – усреднение по шестидесяти четырём измерениям
0204H	Float	Высота резервуара, м
0206H	Float	Эффективная длина ПП, м
0208H	Float	Скорость звука в ПП, м/с
020AH	Float[4]	Поправки уровней по поплавкам, м
0212H	Float	Температурный коэффициент скорости звука ПП, 1/°C
0214H	Float[2]	Смещения магнитных систем поплавков, м
0218H	Float[2]	Высоты погружаемой части поплавков, м
021CH	Float[2]	Плотности поплавков, кг/м ³
0220H	Float	Высота установочного фланца, м
0222H	Float	Смещение ячейки давления относительно конца ПП, м
0224H	Float[2]	Вес бита АЦП канала измерения давления, кПа/бит. Для ДУУ6: первый канал – давление газовой подушки, второй канал – давление гидростатического столба
0228H	Float[2]	Начальное смещение канала измерения давления, кПа. Для ДУУ6: первый канал – давление газовой подушки, второй канал – давление гидростатического столба
022CH	Float	Вес бита АЦП канала измерения плотности, (кг/м ³)/бит
022EH	Float	Начальное смещение канала измерения плотности, кг/м ³
0230H	Float	Коэффициент линейного расширения ПП, 1/°C

Внимание: для уровнемеров ДУУ10 (интерфейс АО “Альбатрос”) по ModBus доступны только следующие настройки – скорость обмена и число усреднений. Изменение остальных настроек (уровень, соответствующий 4 мА, уровень, соответствующий 20 мА, и смещения поплавков) возможно только с клавиатуры блока, причём данные настройки хранятся не в блоке, а в самом уровнемере.

В БСД5Н у подключенных ПП имеется по одной настройке (начальное смещение) для каждого канала измерения. Регистры настроек ПП с адресами 0 или 1 начинаются с 0200H, а настройки следующих ПП идут со смещением 200H.

Распределение и формат регистров настройки ПП (для БСД5Н) представлено в таблице 16.

Таблица 16

Адрес начального регистра	Тип параметра	Описание параметра
0200H	Float[32]	Начальное смещение (единицы измерения ПП)

Седьмая и восьмая группы регистров настроек содержат значения точечной функции градуировочной таблицы резервуара. При этом седьмая группа содержит регистры таблицы уровней, а восьмая – регистры таблицы объёма. Формат параметров в таблицах – FLOAT. Размер таблиц – 3000 точек (6000 регистров) каждая.

Распределение и формат регистров настроек седьмой и восьмой групп приведены в таблицах 17 и 18 соответственно.

Таблица 17

Адрес начального регистра	Тип параметра	Описание параметра
1000H	Float	Значение уровня нулевой точки градуировочной таблицы, м
1002H	Float	Значение уровня первой точки градуировочной таблицы, м
от 1004H до 276EH	Float	Значения уровней точек от второй до две тысячи девятьсот девяносто девятой, м

Таблица 18

Адрес начального регистра	Тип параметра	Описание параметра
3000H	Float	Значение объёма нулевой точки градуировочной таблицы, м ³
3002H	Float	Значение объёма первой точки градуировочной таблицы, м ³
от 3004H до 476EH	Float	Значения объёма точек от второй до две тысячи девятьсот девяносто девятой, м ³

Девятая группа регистров настроек содержат значения таблиц корректировки уровней.

Распределение и формат регистров настроек девятой группы приведены в таблице 19.

Таблица 19

Адрес начального регистра	Тип параметра	Описание параметра
5000H	Table	Включение корректировки таблицы 1: 0 – корректировка выключена; 1 – корректировка включена
5002H	Float	Таблица 1, уровень, измеренный уровнемером, строка 1
5004H	Float	Таблица 1, уровень, измеренный эталонным средством измерения, строка 1
...		
518EH	Float	Таблица 1, уровень, измеренный уровнемером, строка 100
5190H	Float	Таблица 1, уровень, измеренный эталонным средством измерения, строка 100
5200H	Table	Включение корректировки таблицы 2: 0 – корректировка выключена; 1 – корректировка включена
5202H	Float	Таблица 2, уровень, измеренный уровнемером, строка 1
5204H	Float	Таблица 2, уровень, измеренный эталонным средством измерения, строка 1
...		
538EH	Float	Таблица 2, уровень, измеренный уровнемером, строка 100
5390H	Float	Таблица 2, уровень, измеренный эталонным средством измерения, строка 100
5400H	Table	Включение корректировки таблицы 3: 0 – корректировка выключена; 1 – корректировка включена
5402H	Float	Таблица 3, уровень, измеренный уровнемером, строка 1
5404H	Float	Таблица 3, уровень, измеренный эталонным средством измерения, строка 1
...		
558EH	Float	Таблица 3, уровень, измеренный уровнемером, строка 100
5590H	Float	Таблица 3, уровень, измеренный эталонным средством измерения, строка 100

Продолжение таблицы 19

Адрес начального регистра	Тип параметра	Описание параметра
5600H	Table	Включение корректировки таблицы 4: 0 – корректировка выключена; 1 – корректировка включена
5602H	Float	Таблица 4, уровень, измеренный уровнемером, строка 1
5604H	Float	Таблица 4, уровень, измеренный эталонным средством измерения, строка 1
...		
578EH	Float	Таблица 4, уровень, измеренный уровнемером, строка 100
5790H	Float	Таблица 4, уровень, измеренный эталонным средством измерения, строка 100

6 ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА ВЫЧИСЛЕНИЯ МАССЫ ПРОДУКТА

Вычисление массы продукта в резервуаре проводится по косвенному методу, основанному на методе статических измерений с измерениями плотности при помощи преобразователя плотности (например, плотномера ДП1), или с помощью ввода значения лабораторной пробы плотности, или по гидростатическому принципу (при наличии канала измерения гидростатического давления) и выполняется по описанному ниже алгоритму.

Внимание! При подключении к блоку ПП АТР прекращается работа алгоритма вычисления массы и снимаются флаги достоверности данных по соответствующим параметрам. Это связано с тем, что АТР является сертифицированным средством измерений и самостоятельно проводит измерения и температурную коррекцию уровней, а также осуществляет расчет объема, плотности и массы продукта.

При работе блока БСД5А с ПП ДУУ2М и ДУУ10 объем вычисляется по результатам измерений уровня, а в качестве значения плотности используется плотность продукта, измеренная в лабораторных условиях по аттестованной методике измерений плотности и приведенная к температуре 15 °С или 20 °С (вводится в качестве параметра настройки блока).

При работе блока БСД5А с ПП ДУУ6 объем вычисляется по результатам измерений уровня, а плотность вычисляется через гидростатическое давление столба продукта.

При работе блока БСД5А с плотномерами ДП1 объем вычисляется по результатам измерений уровня, например, с помощью рулетки измерительной (вводится в качестве параметра настройки блока) с использованием градуировочной таблицы резервуара, а плотность измеряется плотномером ДП1.

Перед выполнением вычислений должны быть введены значения следующих параметров программирования:

- тип резервуара (горизонтальный или вертикальный);
- масса продукта в резервуаре (до 120 т, от 120 т и более);
- тип продукта (нефть, бензин, реактивное топливо, мазут);

- привязка канала измерения уровня (возможные значения: параметр настройки, канал измерения подключенного к блоку ПП);
- привязка канала измерения уровня раздела сред (подтоварной воды, возможные значения: отсутствует, параметр настройки, канал измерения подключенного к блоку ПП);
- привязка канала измерения давления гидростатического столба (возможные значения: отсутствует, параметр настройки, канал измерения подключенного к блоку ПП);
- привязка канала измерения давления газовой подушки (возможные значения: отсутствует, параметр настройки, канал измерения подключенного к блоку ПП);
- привязка канала измерения плотности продукта (возможные значения: отсутствует, параметр настройки, канал измерения подключенного к блоку ПП);
- привязки каналов измерения температуры (реализована поддержка от 1 до 16 каналов измерения температуры, возможные значения для каждой привязки канала измерения температуры: отсутствует, параметр настройки, канал измерения подключенного к блоку ПП);
- Н_{1...Н₁₆} – высоты установки термометров, м (термометры нумеруются сверху вниз);
- Н_{ГС} – высота установки датчика гидростатического столба, м (используется, если в качестве канала измерения гидростатического давления выбран ПП);
- α_Р – коэффициент линейного расширения материала резервуара, 1/°С;
- t_{ГР} – температура стенки резервуара при градуировке, °С, вводится по свидетельству о поверке резервуара;
- ρ_{КАЛ} – плотность продукта при наладке системы, кг/м³;
- Н_{КАЛ} – высота погружения поплавка при наладке системы, м, рассчитывается для ПП ДУУ2М, ДУУ10 и ДУУ11 по следующей формуле

$$H_{КАЛ} = H_{П} \cdot \frac{\rho_{П}}{\rho_{КАЛ}}, \quad (1)$$

- где Н_П – высота поплавка, м (приведена в документе “Поплавки. Руководство по выбору” УНКР.400751.001 РЭС);
- ρ_П – плотность поплавка, кг/м³ (паспортное значение ПП);
- ρ_{КАЛ} – плотность продукта при наладке системы, кг/м³ (параметр настройки).
- Для остальных ПП, измеряющих уровень (ДУУ6 и уровнемеры сторонних производителей), значение параметра Н_{КАЛ} должно быть равно нулю);
- g – ускорение свободного падения, м/с², для географического региона, в котором расположен резервуар (например, для г. Москва g = 9,81523 м/с²);
 - ρ_{ПРИВЕД} – плотность продукта, измеренная в лабораторных условиях по аттестованной методике измерений и приведенная к температуре t_{ПРИВЕД}, см. далее), кг/м³;
 - t_{ПР} – температура продукта, °С, измеренная сторонними приборами и введенная вручную (используется, если в качестве привязки хотя бы одного из каналов измерений температуры выбран параметр

- настройки, при этом значение данного параметра используется и в качестве значения температуры подтоварной воды t_{ПВ});
- Н – уровень продукта, м, измеренный сторонним прибором и введенный вручную (используется, если в качестве канала измерения уровня выбран параметр настройки);
- Р_{ГС} – давление гидростатического столба продукта, кПа, измеренное сторонним прибором и введенное вручную (используется, если в качестве канала измерения гидростатического давления выбран параметр настройки);
- Р_{ГП} – давление газовой подушки, кПа, измеренное сторонним прибором и введенное вручную (используется, если в качестве канала измерения давления газовой подушки выбран параметр настройки);
- Н_{ПВ} – уровень подтоварной воды, м, измеренный сторонним прибором и введенный вручную (используется, если в качестве канала измерения уровня подтоварной воды выбран параметр настройки);
- М_П – масса понтона, т (используется при работе алгоритма с резервуаром, имеющим понтон, для других типов резервуаров значение данного параметра настройки должно быть равно нулю);
- ρ_{ГР} – плотность продукта при градуировке резервуара, кг/м³ (используется при работе алгоритма с резервуаром, имеющим понтон);
- флаг учёта уровня подтоварной воды (если значение данного параметра отлично от нуля, объём продукта рассчитывается как разность объёмов, соответствующих уровню продукта и уровню подтоварной воды);
- ρ_{ПВ} – плотность подтоварной воды, измеренная сторонним прибором, кг/м³;
- ρ_{П2} – плотность поплавка, используемого для измерений уровня подтоварной воды, кг/м³;
- h_{П2} – высота погружаемой части поплавка, используемого для измерений уровня подтоварной воды, м;
- ΔР_{ГС} – абсолютная погрешность измерений давления гидростатического столба, Па;
- ΔР_{ГП} – абсолютная погрешность измерений давления газовой подушки, Па;
- ΔН – абсолютная погрешность измерений уровня продукта, м;
- Δρ – абсолютная погрешность измерений плотности, кг/м³ (используется, если в качестве канала измерений плотности выбран ДП1);
- ΔТ – абсолютная погрешность измерений температуры, °С;
- Н_{ДП1} – высота подвеса плотномера ДП1, м (используется, если в качестве канала измерений плотности выбран ДП1);
- L_{ЧЭДП1} – длина ЧЭ плотномера ДП1, м (используется, если в качестве канала измерений плотности выбран ДП1);
- W_{МВ} – массовая доля воды в продукте, %;
- W_{ХС} – массовая доля хлористых солей в продукте, %;
- W_{МП} – массовая доля механических примесей в продукте, %;
- градуировочная таблица меры резервуара (зависимость объема от высоты наполнения), вводится по свидетельству о поверке резервуара;
- δК – значение относительной погрешности составления градуировочной таблицы объема резервуара, %;
- К_Ф – коэффициент формы резервуара, принимается равным единице для вертикальных резервуаров, для остальных типов резервуаров рассчитывается по формуле

$$K_{\phi} = \frac{\Delta V_{20} \cdot H}{V_{20}}, \quad (2)$$

где Н – измеряемый уровень наполнения, мм;
 ΔV_{20} – объем продукта, приходящийся на 1 мм высоты наполнения меры вместимости на измеряемом уровне наполнения, м³/мм;
 V_{20} – объем продукта в мере вместимости на измеряемом уровне наполнения, м³.

$t_{\text{ПРИВЕД}}$ – температура приведения (15 °С или 20 °С) – температура, для которой пересчитываются (приводятся) значения объема, плотности и массы.

Алгоритм вычислений, реализованный в блоке, выполняется в следующей последовательности:

1) Рассчитывается минимальный уровень продукта $H_{\text{МИН}}$, м, при котором возможно автоматическое измерение плотности продукта с требуемыми метрологическими характеристиками (ниже данного уровня алгоритм будет использовать в расчете массы значение плотности $\rho_{\text{ПРИВЕД}}$, заданное в качестве параметра настройки).

Если в качестве канала измерений плотности выбран плотномер ДП1 или параметр настройки, $H_{\text{МИН}}$ рассчитывается по следующей формуле

$$H_{\text{МИН}} = \frac{K_{\phi} \cdot \Delta H \cdot 100}{\sqrt{\left(\frac{\delta M}{1,1}\right)^2 - \delta K^2 - 2 \cdot (\beta \cdot \Delta T \cdot 100)^2 - \delta N^2 - \left(\frac{\Delta \rho}{\rho_{\text{КАЛ}}}\right)^2}}, \quad (3)$$

где δM – пределы относительной основной погрешности измерений массы брутто продукта, %, при косвенном методе статических измерений ($\delta M=0,65$ % для резервуаров с массой продукта до 120 т и $\delta M=0,5$ % для резервуаров с массой продукта от 120 т и более);

$\beta = 0,0013$ 1/°С – коэффициент объемного расширения продукта для нижнего предела диапазона плотности контролируемой среды согласно ГОСТ Р 8.595;

$\delta N = 0,05$ % – предел допускаемой относительной погрешности устройства обработки информации.

Если в качестве канала измерений плотности выбран плотномер ДП1, рассчитывается минимальный уровень контролируемой плотномером ДП1 среды $H_{\text{МИН1}}$, м, с учетом его высоты подвеса по формуле

$$H_{\text{МИН1}} = H_{\text{ДП1}} - L_{\text{ЧЭДП1}} + H_{\text{МИНДП}}, \quad (4)$$

где $H_{\text{МИНДП}}$ – минимальный уровень контролируемой среды относительно нижнего конца ЧЭ плотномером, м.

Далее полученное значение $H_{\text{МИН1}}$ сравнивается со значением $H_{\text{МИН}}$, рассчитанным по формуле (3). При этом, если выполняется условие $H_{\text{МИН1}} > H_{\text{МИН}}$, то значение $H_{\text{МИН}}$ принимается равным значению $H_{\text{МИН1}}$.

Если для расчета плотности используются ПП, измеряющие давление, то расчет значения $H_{\text{МИН}}$ проводится по следующей формуле

$$H_{\text{МИН}} = \sqrt{\frac{(K_{\phi} \cdot \Delta H \cdot 100)^2 + 1,21 \cdot \left[\left(\frac{(\Delta P_{\text{ГС}} + \Delta P_{\text{ПП}}) \cdot 100}{\rho_{\text{КАЛ}} \cdot g} \right)^2 + (\Delta H \cdot 100)^2 \right]}{\left(\frac{\delta M}{1,1} \right)^2 - \delta K^2 - 2 \cdot (\beta \cdot \Delta T \cdot 100)^2 - \delta N^2}}, \quad (5)$$

2) Рассчитывается истинное значение уровня продукта $H_{\text{ПР}}$, м, с учетом погружения поплавка

$$H_{\text{ПР}} = H + H_{\text{КАЛ}} \cdot \frac{\rho_{\text{КАЛ}} - \rho_{\text{ПР}}}{\rho_{\text{ПР}}}, \quad (6)$$

где Н – значение измеренного уровня на входе алгоритма, м (в зависимости от привязки канала измерения уровня – измеренное ПП или значение параметра настройки);

$H_{\text{КАЛ}}$ – высота погружения поплавка при наладке системы, м (параметр настройки, для непоплавок уровней должна быть равна нулю);

$\rho_{\text{КАЛ}}$ – плотность продукта при наладке системы, кг/м³ (параметр настройки);

$\rho_{\text{ПР}}$ – фактическая плотность продукта, кг/м³ (результат предыдущего измерения или вычисления плотности, при первом расчете значение $\rho_{\text{ПР}}$ принимается равным $\rho_{\text{КАЛ}}$).

3) Если указан канал измерения уровня подтоварной воды, рассчитывается истинное значение её уровня $H_{\text{ПВ}}$, м, с учетом погружения поплавка

$$H_{\text{ПВ}} = H_{\text{П2}} + h_{\text{П2}} \cdot \frac{\rho_{\text{П2}} - \rho_{\text{ПР}}}{\rho_{\text{ПВ}} - \rho_{\text{ПР}}}, \quad (7)$$

где $H_{\text{П2}}$ – значение измеренного уровня подтоварной воды на входе алгоритма, м;

$h_{\text{П2}}$ – высота погружаемой части поплавка измерения уровня подтоварной воды, м (параметр настройки, для непоплавок уровней должна быть равна нулю);

$\rho_{\text{П2}}$ – плотность поплавка измерения уровня подтоварной воды, кг/м³ (параметр настройки);

$\rho_{\text{ПВ}}$ – плотность подтоварной воды, кг/м³ (параметр настройки).

4) Вычисляется средняя температура продукта $t_{\text{ПР}}$, °С. При этом на основании измеренного $H_{\text{ПР}}$ и высот установки термометров $H_1 \dots H_{16}$ определяется число термометров, погруженных в продукт более, чем на 0,02 м, п. Вычисления температуры продукта пропускаются (алгоритм переходит к шагу 5)) если:

– погруженным в продукт оказывается лишь один термометр (его показания принимаются за $t_{\text{ПР}}$);

– в продукте не оказалось ни одного термометра (за значение $t_{\text{ПР}}$ принимается измерение последнего (самого нижнего) термометра);

– в качестве привязки хотя бы одного канала измерений температуры задан параметр настройки (для $t_{ПР}$ в алгоритме используется значение соответствующего параметра настройки).

Если для всех привязок каналов измерения температуры заданы значения “отсутствует”, алгоритм будет выдавать диагностическое сообщение о невозможности расчета массы.

По градуировочной таблице резервуара находятся объемы $V_{t(i)}$, m^3 , соответствующие высотам установок термометров, погруженных в продукт

$$V_{t(i)} = V_i + \frac{(V_{i+1} - V_i) \cdot (H_{t(i)} - H_i)}{H_{i+1} - H_i}, \quad (8)$$

где $H_{t(i)}$ – высота установки i -го термометра, погруженного в продукт, м;
 H_i – ближайший снизу, относительно $H_{t(i)}$, уровень градуировочной таблицы, м;
 H_{i+1} – ближайший сверху, относительно $H_{t(i)}$, уровень градуировочной таблицы, м;
 V_i – объем, соответствующий H_i , m^3 ;
 V_{i+1} – объем, соответствующий H_{i+1} , m^3 .

Используя рассчитанные объемы продукта $V_{t(i)}$, вычисляется средняя температура продукта $t_{ПР}$, $^{\circ}C$

$$t_{ПР} = \frac{t_n V_{t_n} + t_1 \cdot (V_{ПР} - V_{t_1}) + \sum_{i=2}^n 0,5 \cdot (t_{i-1} + t_i) \cdot (V_{t(i-1)} - V_{t(i)})}{V_{ПР}}, \quad (9)$$

где $V_{ПР}$ – объем, соответствующий измеренному уровню продукта, m^3 (вычисляется по формуле (8), при этом $H_{t(i)}=H_{ПР}$);
 V_{t_n} – объем, соответствующий высоте установки нижнего термометра, m^3 ;
 V_{t_1} – объем, соответствующий высоте установки первого погруженного в продукт термометра, m^3 ;
 t_i – значение температуры, измеренное i -ым термометром.

5) Если значение параметра программирования “флаг учёта уровня подтоварной воды” отлично от нуля, вычисляется средняя температура подтоварной воды $t_{ПВ}$, $^{\circ}C$, в противном случае алгоритм переходит к шагу 7). При этом на основании измеренного $H_{ПВ}$ и высот установки термометров $H_1 \dots H_6$ определяется число термометров m , погруженных в подтоварную воду более, чем на 0,02 м. Вычисления температуры подтоварной воды пропускаются (алгоритм переходит к шагу 6)) если:

- погруженным в подтоварную воду оказывается лишь один термометр (его показания принимаются за $t_{ПВ}$);
- в подтоварной воде не оказалось ни одного термометра (за значение $t_{ПВ}$ принимается измерение последнего (самого нижнего) термометра);
- в качестве привязки хотя бы одного канала измерений температуры задан параметр настройки (при этом $t_{ПВ}=t_{ПР}$, и в алгоритме используется значение соответствующего параметра настройки).

Если для всех привязок каналов измерений температуры заданы значения “отсутствует”, алгоритм будет выдавать диагностическое сообщение о невозможности расчета массы.

По градуировочной таблице резервуара находятся объемы $V_{t(i)B}$, m^3 , соответствующие высотам установок термометров, погруженных в подтоварную воду

$$V_{t(i)B} = V_{iB} + \frac{(V_{(i+1)B} - V_{iB}) \cdot (H_{t(i)B} - H_{iB})}{H_{(i+1)B} - H_{iB}}, \quad (10)$$

где $H_{t(i)B}$ – высота установки i -го термометра, погруженного в подтоварную воду, м;
 H_{iB} – ближайший снизу, относительно $H_{t(i)B}$, уровень градуировочной таблицы, м;
 $H_{(i+1)B}$ – ближайший сверху, относительно $H_{t(i)B}$, уровень градуировочной таблицы, м;
 V_{iB} – объем, соответствующий H_{iB} , m^3 ;
 $V_{(i+1)B}$ – объем, соответствующий $H_{(i+1)B}$, m^3 .

Используя рассчитанные объемы продукта $V_{t(i)B}$, вычисляется средняя температура подтоварной воды $t_{ПВ}$, $^{\circ}C$

$$t_{ПВ} = \frac{t_m V_{t_mB} + t_{1B} \cdot (V_{ПВ} - V_{t_{1B}}) + \sum_{i=2}^m 0,5 \cdot (t_{(i-1)B} + t_{iB}) \cdot (V_{t_{(i-1)B}} - V_{t_{iB}})}{V_{ПВ}}, \quad (11)$$

где $V_{ПВ}$ – объем, соответствующий измеренному уровню подтоварной воды, m^3 (вычисляется по формуле (8), при этом $H_{t(i)}=H_{ПВ}$);
 V_{t_mB} – объем, соответствующий высоте установки нижнего термометра, погруженного в подтоварную воду, m^3 ;
 $V_{t_{1B}}$ – объем, соответствующий высоте установки первого погруженного в подтоварную воду термометра, m^3 ;
 t_{iB} – значение температуры, измеренное i -ым термометром.

6) Проводится вычисление фактического объема подтоварной воды $V_{ФПВ}$, m^3 , по следующей формуле

$$V_{ФПВ} = V_{ПВ} \cdot [1 + k_T \cdot \alpha_P \cdot (t_{ПВ} - t_{ГР})], \quad (12)$$

где $V_{ПВ}$ – объём, соответствующий уровню подтоварной воды и вычисленный по формуле (8);
 k_T – коэффициент типа меры вместимости (равен 2 для вертикальных резервуаров и 3 для горизонтальных резервуаров);
 α_P – коэффициент линейного расширения материала резервуара, $1/^{\circ}C$ (параметр настройки);
 $t_{ГР}$ – температура стенки резервуара при градуировке, $^{\circ}C$ (параметр настройки).

7) Проводится вычисление фактического объема продукта $V_{Ф}$, m^3 , по следующей формуле

$$V_{Ф} = V_{ОБЩИЙ} - V_{ФПВ}, \quad (13)$$

где $V_{\text{общий}}$ – объём, соответствующий уровню продукта и вычисленный по формуле

$$V_{\text{общий}} = V_{\text{ПР}} \cdot [1 + k_T \cdot \alpha_P \cdot (t_{\text{ПР}} - t_{\text{ГР}})] \quad (14)$$

Если значение параметра программирования “флаг учёта уровня подтоварной воды” равно нулю, то значение $V_{\text{ФВ}}$ в формуле (13) также принимается равным нулю.

8) Вычисляется поправка на изменение объема продукта ΔV , м³, вытесненного понтоном, в зависимости от плотности продукта

$$\Delta V = \frac{M_{\text{П}} \cdot 10^3}{\rho_{\text{ПР}}} - \frac{M_{\text{П}} \cdot 10^3}{\rho_{\text{ГР}}}, \quad (15)$$

где $M_{\text{П}}$ – масса понтона, т (параметр настройки, для резервуаров без понтона значение данного параметра настройки должно быть равно нулю);

$\rho_{\text{ПР}}$ – плотность продукта, кг/м³ (результат предыдущего измерения или вычисления плотности, при первом расчете значение $\rho_{\text{ПР}}$ принимается равным $\rho_{\text{ГР}}$);

$\rho_{\text{ГР}}$ – плотность продукта при градуировке резервуара, кг/м³ (параметр настройки).

9) Рассчитывается объём продукта с учетом поправки на изменение объема продукта от понтона $V_{\text{ФСК}}$, м³

$$V_{\text{ФСК}} = V_{\text{Ф}} + \Delta V \quad (16)$$

10) Рассчитывается объём продукта, приведенный к 15 °С

$$V_{\text{ПРИВЕД}} = V_{\text{ФСК}} \cdot \beta_t, \quad (17)$$

где β_t – коэффициент объемного расширения продукта, учитывающий влияние температуры на объём продукта, определяется для температуры $t_{\text{ПРИВЕД}}$ по Р 50.2.076-2010.

11) Анализируется значение параметра программирования “привязка канала измерения плотности”. Если он имеет значение “отсутствует”, алгоритм переходит на анализ возможности вычисления плотности по гидростатическому давлению, если параметр имеет значение “параметр настройки”, в качестве значения плотности принимается значение параметра программирования ρ_{15} (алгоритм переходит к шагу 13)), иначе для вычисления массы используется значение плотности, измеренное ПП, подключенным к блоку, канал измерения которого указан в значении данного параметра программирования.

При анализе возможности вычисления плотности по гидростатическому давлению алгоритм проверяет значение параметра программирования “канал измерения давления гидростатического столба”. Если он имеет значение “отсутствует”, алгоритм выдает диагностическое сообщение о невозможности расчета массы, если параметр имеет значение “параметр настройки”, в качестве значения гидростатического давления принимается значение параметра программирования $P_{\text{ГС}}$, иначе для вычисления плотности используется значение давления, измеренное ПП, подключенным к блоку, канал измерения которого указан в значении данного параметра

программирования.

Плотность продукта $\rho_{\text{ПР}}$, кг/м³, вычисляется по следующей формуле

$$\rho_{\text{ПР}} = \frac{10^3 \cdot (P_{\text{ГС}} - P_{\text{ГП}})}{g \cdot (H_{\text{ПР}} - H_{\text{ГС}})}, \quad (18)$$

где $P_{\text{ГС}}$ – давление гидростатического столба продукта, кПа;

$P_{\text{ГП}}$ – давление газовой подушки, кПа;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$H_{\text{ПР}}$ – уровень продукта, м;

$H_{\text{ГС}}$ – высота установки датчика гидростатического столба, м.

При расчете плотности в формуле (18) значение давления газовой подушки $P_{\text{ГП}}$ зависит от значения параметра программирования “привязка канала измерения давления газовой подушки”. Если он имеет значение “отсутствует”, в формуле (18) $P_{\text{ГП}}=0$, если параметр имеет значение “параметр настройки”, в качестве значения давления принимается значение параметра программирования $P_{\text{ГП}}$, иначе для вычисления плотности используется значение давления, измеренное ПП, подключенным к блоку, канал измерения которого указан в значении данного параметра программирования.

12) Рассчитывается плотность продукта, приведенная к температуре 15 °С, ρ_{15} , кг/м³, по формуле

$$\rho_{\text{ПРИВЕД}} = \frac{\rho_{\text{ПР}}}{\beta_t}, \quad (19)$$

13) Вычисляется масса брутто продукта M , т, по формуле

$$M = \rho_{\text{ПРИВЕД}} \cdot V_{\text{ПРИВЕД}} \cdot 10^{-3} \quad (20)$$

14) Вычисляется масса нетто продукта $M_{\text{Н}}$, т, по формуле

$$M_{\text{Н}} = M - M_{\text{Б}}, \quad (21)$$

где $M_{\text{Б}}$ – масса балласта, т, вычисляемая по формуле

$$M_{\text{Б}} = M \cdot \frac{W_{\text{МВ}} + W_{\text{ХС}} + W_{\text{МП}}}{100}, \quad (22)$$

где $W_{\text{МВ}}$ – массовая доля воды в продукте, % (параметр настройки);

$W_{\text{ХС}}$ – массовая доля хлористых солей в продукте, % (параметр настройки);

$W_{\text{МП}}$ – массовая доля механических примесей в продукте, % (параметр настройки).

7 ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА КОРРЕКЦИИ УРОВНЕЙ

Таблицы корректировки содержат пары значений: показания уровнемера без коррекции ($H_{и}$) и показания эталонного средства измерения ($H_{э}$). В алгоритме коррекции применен метод кусочно-линейной интерполяции. За пределами таблицы проводится экстраполяция по двум последним точкам таблицы. Если таблица обнулена, то коррекция не производится. Если точка одна, то уровень корректируется на величину $H_{э} - H_{и}$. Таблица корректировки уровней содержит 100 строк из пары значений $H_{и}$ и $H_{э}$. В пределах таблицы алгоритм выполняется по формуле

$$H_{к} = H_{э} + \frac{(H_{э_{i+1}} - H_{э_i}) \cdot (H - H_{и_i})}{H_{и_{i+1}} - H_{и_i}}, \quad (23)$$

где H – текущий измеренный уровень;
 $H_{и}$ – показания уровнемера без коррекции из таблицы;
 $H_{э}$ – показания эталонного средства измерения из таблицы;
 $H_{к}$ – скорректированное значение уровня.

При выходе из режима редактирования и, если корректировка включена, таблица сортируется по возрастанию $H_{и}$. Строки с одинаковыми значениями $H_{и}$ удаляются из таблицы. Сортировка производится таким образом, чтобы в начале таблицы не было нулевых значений $H_{и}$. Следует иметь в виду, что сортируется вся таблица, то есть, и те значения, которые не подвергались изменениям в текущем сеансе редактирования. Корректировке подвергаются уровни, измеренные первым поплавком.

8 ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ “БСД5. ГРАДУИРОВочная ТАБЛИЦА”

В комплект поставки включается программа для компьютера “БСД5. Градуировочная таблица”, позволяющая упростить процедуру редактирования и ввода градуировочной таблицы резервуара в блок.

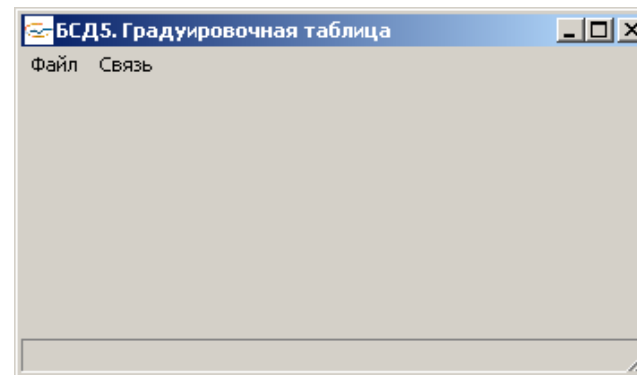
Программа позволяет прочитать из памяти блока действующую градуировочную таблицу и сохранить ее на жёстком диске компьютера в виде текстового файла в формате “Обычный текст” (по терминологии Microsoft Office Word).

Программа позволяет прочитать из текстового файла на жёстком диске компьютера градуировочную таблицу и записать ее в энергонезависимую память блока.

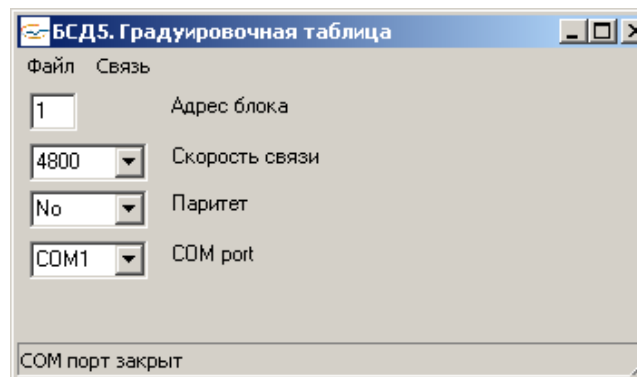
Перед запуском программы необходимо подключить блок к компьютеру посредством USB кабеля, либо конвертера интерфейса RS-485 в один из свободных коммутационных интерфейсов компьютера и произвести настройку соединения блока с компьютером в соответствии с руководством по эксплуатации УНКР.468157.113 РЭ.

Исполняемый файл для запуска программы – BSD5_GradTable.exe.

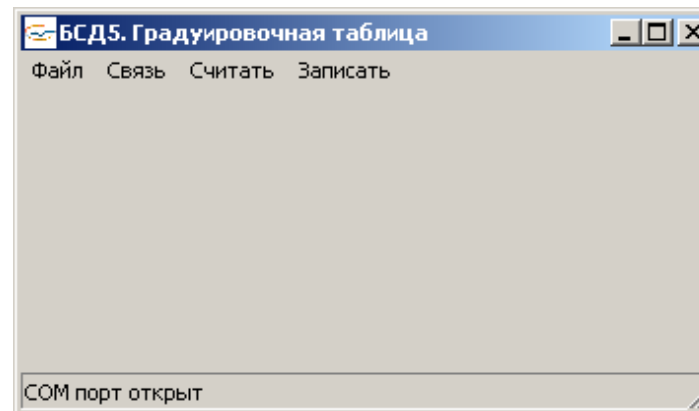
Рабочее окно программы после запуска выглядит следующим образом:



После запуска программы необходимо настроить соединение с блоком. Для этого выберите в меню “Связь” пункт “Выбрать порт”. Окно программы примет следующий вид:

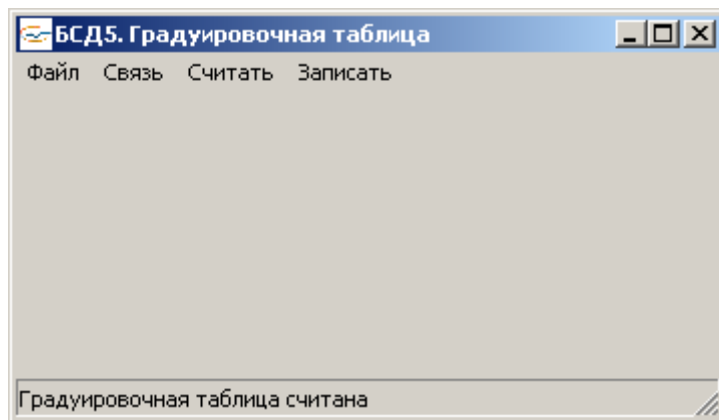


Задайте “Адрес блока”, “Скорость связи”, “Паритет” согласно настройкам блока. Укажите COM порт, к которому подключен блок, и, в меню “Связь”, выберите пункт “Открыть порт”. При удачном открытии порта окно программы будет иметь следующий вид:

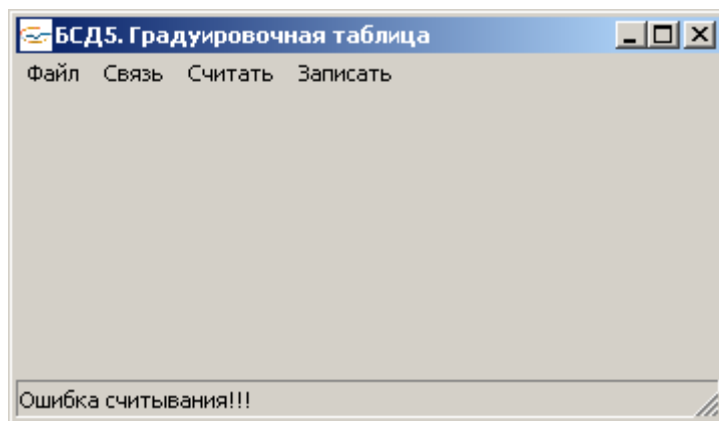


Как видно из приведённого выше рисунка, после открытия порта появилось ещё два пункта меню “Считать” (считать градуировочную таблицу из блока) и “Записать” (записать градуировочную таблицу в блок). Нажатие левой кнопки “мыши” на поле “Считать” инициирует старт процесса чтения таблицы из памяти блока в память компьютера.

Процесс чтения отображается в строке состояния внизу рабочего окна:



В случае возникновения ошибок при чтении рабочее окно примет вид:



Меню “Файл” рабочего окна содержит стандартные варианты для выбора: “Открыть” и “Сохранить”.

Операция “Сохранить” позволяет записать прочитанную из памяти блока таблицу в виде текстового файла на диск компьютера. Имя и расширение файла могут быть выбраны пользователем произвольными.

Операция “Открыть” позволяет прочитать таблицу из файла в память компьютера для последующей записи в память блока.

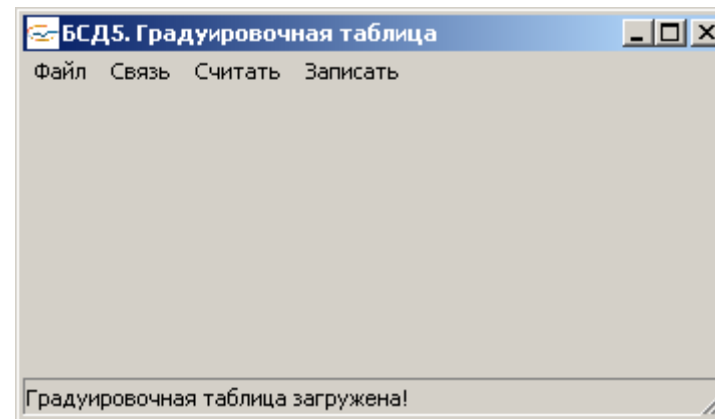
Блок поставляется с предустановленным вариантом градуировочной таблицы. Работу с таблицей рекомендуется начинать с получения её шаблона путем считывания предустановленного варианта из памяти блока и сохранения его в виде файла на диске компьютера по приведенной выше

методике. После этого полученный шаблон редактируется в соответствии с требованиями пользователя.

Файл с градуировочной таблицей может быть отредактирован на компьютере в любом доступном текстовом редакторе (например, WordPad, Microsoft Word), позволяющем сохранить его на диск в текстовом формате (*.txt). Файл должен содержать два столбца цифр, разделённых символами табуляции. Левый столбец должен содержать значения уровня точечной функции градуировочной таблицы в метрах, правый столбец должен содержать соответствующие им значения объёма точечной функции градуировочной таблицы в метрах кубических. Значения уровня и объёма могут иметь дробную часть, в качестве разделителя целой и дробной частей допускается использовать точку или запятую. При сохранении файла градуировочной таблицы в качестве разделителя целой и дробной частей используется точка. Общее количество вводимых (редактируемых) точек функции (строк файла) должно быть равно 3000. Если требуемый размер таблицы менее 3000 точек – вводимые точки должны располагаться последовательно, начиная с первой строки, а оставшиеся точки (до 3000) должны содержать произвольные значения в заданном формате.

Нажатие левой кнопки “мыши” на поле “Записать” инициирует старт процесса записи таблицы из памяти компьютера в энергонезависимую память блока. По окончании записи производится проверка на совпадение таблицы в памяти компьютера и таблицы в памяти блока.

Если проверка завершена успешно, рабочее окно примет вид:



Фирма-изготовитель постоянно работает над созданием более совершенных версий программного обеспечения, имеющих расширенные функциональные возможности. Получить информацию о наличии новых версий ПО и их особенностях Вы можете, обратившись на фирму-изготовитель.

В руководстве оператора приняты следующие сокращения:

- АО – акционерное общество;
- АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
- БСД – блок сопряжения с датчиком;
- ДП – плотномер жидкости;
- ДТМ – датчик температуры многоточечный;
- ДУУ – датчик уровня ультразвуковой;
- ПП – первичный преобразователь;
- ПО – программное обеспечение;
- ЭВМ – электронная вычислительная машина;
- ЧЭ – чувствительный элемент;
- ЯИД – ячейка для измерений давления.