



Научно-производственное
предприятие **СЕНСОП**

Реализация протокола Modbus в устройствах СЕНС

РУКОВОДСТВО ПРОГРАММИСТА

Содержание

1 Общие сведения.....	4
2 Представление типов данных в регистрах Modbus	5
3 Общая структура карты регистров Modbus	6
4 Выполнение команд калибровки	7
5 Работа с регистрами отображения	7
Приложение А. Карта регистров ПМП-118-Modbus	8
Приложение Б. Карта регистров ПМП-201-Modbus	12

1 Общие сведения

Настоящее руководство программиста содержит карты регистров, описание и особенности реализации протокола Modbus в устройствах СЕНС (далее по тексту - устройства).

В настоящем руководстве все численные значения указаны в десятичной системе счисления, если не указан префикс «0x». Префикс «0x» указывает на шестнадцатеричную систему счисления.

Обозначения и сокращения используемые в настоящем руководстве:

УО - условное обозначение;

LSB (least significant bit) - младший значащий разряд;

MSB (most significant bit) - старший значащий разряд;

8N1 - режим передачи данных без контроля чётности, с одним стоповым битом и 8-ю битами данных;

8N2 - режим передачи данных без контроля чётности, с двумя стоповыми битами и 8-ю битами данных;

8O2 - режим передачи данных с контролем по нечету, с двумя стоповыми битами и 8-ю битами данных;

8E2 - режим передачи данных с контролем по чёту, с двумя стоповыми битами и 8-ю битами данных.

Взаимодействие с устройствами осуществляется посредством последовательного интерфейса RS-485 по протоколу Modbus RTU (далее по тексту - протокол). Реализация протокола выполнена в соответствии со спецификацией «Modbus Application Protocol Specification v1.1b». Поддерживаемые команды протокола приведены в таблице 1.

Таблица 1. Поддерживаемые команды

Код команды	Описание
03 (0x03)	Чтение значений из нескольких регистров хранения. Используется для получения значений измеряемых и настроечных параметров.
04 (0x04)	Чтение значений из нескольких регистров ввода. В устройствах карта регистров ввода идентична карте регистров хранения.
06 (0x06)	Запись значения в один регистр хранения. Используется для изменения настроечных параметров и выполнения команд калибровки.
08 (0x08)	Диагностика связи с устройством по интерфейсу RS485.
16 (0x10)	Запись значений в несколько регистров хранения. Команда аналогична команде 06, но запись производится сразу в несколько регистров.
17 (0x11)	Чтение идентификатора устройства. Идентификатор представляет собой строку в кодировке ASCII.

Параметры связи устройств, устанавливаемые по умолчанию на предприятии-изготовителе:

- скорость передачи данных – 19200 кбит/с;
- режим передачи данных – 8N1;
- адрес в сети Modbus – 1.

2 Представление типов данных в регистрах Modbus

Поддерживаемые типы данных приведены в таблице 2. Таблица 2

Таблица 2. Поддерживаемые типы данных

Тип данных	Описание	Размерность (байт)	Корректное значение	Ошибочное значение
int16	целый знаковый тип	2	-32767..+32767	-32768
float32	32-битный тип для хранения значений с плавающей запятой	4	согласно стандарту IEEE Std 754-2008, при ошибочном измерении все 4 байта принимают значение 0xFF (0xFFFFFFFF)	

Представление типов данных в регистрах Modbus приведено в таблице 3.

Таблица 3. Представление типов данных в регистрах Modbus

Тип	Пример	Представление в регистрах Modbus	
int16	0x16C1 (5825)	Адрес регистра: 1	
		старший байт (B1)	младший байт (B2)
		MSB 0x16	0xC1 LSB
float32 ¹	0x4634D480 (11573,125)	Адрес регистра: 1002	
		старший байт (B3)	младший байт (B4)
		0xD4	0x80 LSB
		Адрес регистра: 1003	
		старший байт (B1)	младший байт (B2)
		MSB 0x46	0x34

¹ В некоторых устройствах используется обработка данных типа float32 пониженной точности. В таких устройствах байт B4 при корректных значениях всегда равен нулю, а в случае ошибки измерения - 0xFF. При записи байт B4 отбрасывается и не учитывается. Таким образом, возможна незначительная потеря точности при записи/чтении значений float32 в устройствах такого типа. Рекомендуется учитывать эту особенность при побайтовой проверке данных.

3 Общая структура карты регистров Modbus

Общая структура карты регистров хранения и ввода приведена в таблице 4. Карты регистров устройств занимают адресное пространство с 0 по 65535 используют указанную структуру, если не оговорено иное. Регистры, адреса которых не указаны в карте устройства, считаются зарезервированными. При чтении зарезервированных регистров возвращается значение 0xFFFF.

Таблица 4. Общая структура карты регистров хранения и ввода

Адрес	Описание параметра	Тип данных
0	Зарезервировано	-
1-33	Изменяемые параметры	int16
34-999	Настраиваемые параметры	int16
1000-1999	Изменяемые параметры	float32
2000-2999	Настраиваемые параметры, таблицы	float32
3000	Запись значения N запускает выполнение команды калибровки CAL N; При чтении возвращается результат выполнения команды калибровки: 0 – отказ в выполнении; 85 – идёт выполнение; 90 – выполнено; 99 – команды калибровки не выполнялись с момента включения устройства.	float32
3002	Калибровочный параметр 1	float32
3004	Калибровочный параметр 2	float32
3006	Калибровочный параметр 3	float32
3008	Калибровочный параметр 4	float32
3010	Калибровочный параметр 5	float32
3012	Калибровочный параметр 6	float32
3014	Калибровочный параметр 7	float32
3016	Калибровочный параметр 8	float32
3018	Калибровочный параметр 9	float32
3020	Калибровочный параметр 10	float32
3022	Калибровочный параметр 11	float32
3024	Калибровочный параметр 12	float32
3026	Калибровочный параметр 13	float32
3028	Калибровочный параметр 14	float32
3030	Калибровочный параметр 15	float32
4000-4124	Регистры отображения (п. 5)	-
5000-5124	Таблица адресов регистров отображения (п. 5)	int16
3032-32767	Зарезервировано	-
32768-65535	Градуировочная таблица	float32

4 Выполнение команд калибровки

Регистры хранения с адресами с 3000 по 3031 служат для реализации механизма выполнения команд калибровки.

Запись значения N (float32) в регистры 3000-3001 запускает выполнение команды калибровки CAL N. Результат выполнения команды калибровки (float32) хранится в тех же самых регистрах (3000-3001). Возможные значения результатов выполнения приведены в таблице 4.

Если команда калибровки использует калибровочные параметры, необходимо предварительно их занести в регистры 3002-3031.

Если команды калибровки с номером N не существует, результат выполнения команды равен 0 (отказ в выполнении).

5 Работа с регистрами отображения

В устройствах поддерживается возможность редактирования определенной области (4000-4124) карты регистров. Регистры такой области называются регистрами отображения.

Регистры отображения позволяют сформировать необходимый пользователю набор регистров в одной цельной области памяти. Такая организация регистров приведёт к упрощению процедуры опроса и настройки устройства, т.к. позволит считывать или записывать необходимые параметры одной посылкой Modbus RTU.

Параметры хранящиеся в регистрах отображения определяются таблицей адресов регистров отображения (5000-5124). Каждому регистру отображения соответствует свой регистр из таблицы адресов (регистру 4000 соответствует регистр 5000, регистру 4001 регистр 5001 и т.д.).

Пример использования регистров отображения приведен на рисунке 1. Например, для того, чтобы по адресу 4000 располагалось значение температуры (int16), необходимо по адресу 5000 записать адрес регистра температуры 2.

Для отображения параметров с типом данных float32 требуется отображать сразу 2 регистра. Например, для отображения массы 1008-1009 (float32) в регистры 4001-4002, необходимо записать в регистры 5001 и 5002 значения 1008 и 1009 соответственно.

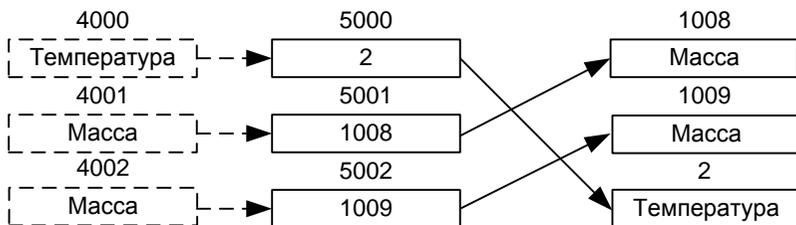


Рисунок 1. Пример использования регистров отображения

Приложение А. Карта регистров ПМП-118-Modbus

Карта регистров хранения (ввода) ПМП-118-Modbus приведена в таблице А.1. Устройство ПМП-118-Modbus использует тип данных float32 пониженной точности (см. примечание 1 в п. 2).

Таблица А.1. Карта регистров хранения

Адрес	Описание параметра	УО	Единицы измерения	Тип данных
1	Уровень жидкости	h	мм	int16
2	Температура жидкости	t°	0.01°C	int16
3	Процентное заполнение объема резервуара	%	0.01%	int16
4	Объем жидкости	U	10 дм ³	int16
5	Масса продукта	G	10 кг	int16
6	Плотность	r	0.1кг/м ³	int16
10	Температура паровой фазы	t ⁻	0.01°C	int16
11	Масса паровой фазы	G ⁻	10 кг	int16
12	Масса жидкой фазы	G ₋	10 кг	int16
35	Адрес преобразователя в сети Modbus	AA	-	int16
36	Скорость передачи данных по RS485: 0 - 1200 кбит/с; 5 - 19200 кбит/с; 1 - 2400 кбит/с; 6 - 38400 кбит/с; 2 - 4800 кбит/с; 7 - 56000 кбит/с; 3 - 9600 кбит/с; 8 - 57600 кбит/с; 4 - 14400 кбит/с; 9 - 115200 кбит/с.	rS	-	int16
37	Режим передачи данных по RS485: 0 - 8N1; 2 - 8O2; 1 - 8N2; 3 - 8E2.	rP	-	int16
38	Протокол обмена данными по RS485: 0 - автоматическое определение протокола; 1 - протокол Modbus RTU; 2 - протокол СЕНС.	SP	-	int16
1000	Уровень жидкости	h	м	float32
1002	Температура жидкости	t°	°C	float32
1004	Процентное заполнение объема резервуара	%	%	float32
1006	Объем жидкости	U	м ³	float32
1008	Масса продукта	G	т	float32
1010	Плотность	r	г/см ³	float32
1018	Температура паровой фазы	t ⁻	°C	float32
1020	Масса паровой фазы	G ⁻	т	float32
1022	Масса жидкой фазы	G ₋	т	float32
2000	Нижняя контрольная калибровочная точка уровня	h ₋	м	float32
2002	Верхняя контрольная калибровочная точка уровня	h ⁻	м	float32

Продолжение таблицы А.1

Адрес	Описание параметра	УО	Единицы измерения	Тип данных
2004	Глубина погружения поплавка уровня	d1	м	float32
2006	Отступ от дна резервуара	d0	м	float32
2008	Способ расчёта объёма жидкости: 0 - hEiG (по формуле для вертикального резервуара); 1 - ovAL (по формуле для горизонтального цилиндрического резервуара с плоскими днищами); 2 - tAbL (по градуировочной таблице резервуара); 3 - ov.EL (по формуле для горизонтального цилиндрического резервуара с эллиптически днищами).	Gr	-	float32
2010	Высота (диаметр) резервуара	H	м	float32
2012	Объём резервуара	U	м ³	float32
2014	Количество точек в градуировочной таблице	-	штук	float32
2022	Коэффициент объёмного расширения	Lo	10 ⁻³ /°C	float32
2024	Исходная плотность	ro	г/см ³	float32
2026	Температура, соответствующая исходной плотности	to	°C	float32
2030	Массовая доля пропана	Pr	%	float32
2040	Порог обнуления показаний уровня	d7	м	float32
2050	Массовая доля бутана	Pb	%	float32
2064	Скорость передачи данных по RS485: 0 - 1200 бод; 5 - 19200 бод; 1 - 2400 бод; 6 - 38400 бод; 2 - 4800 бод; 7 - 56000 бод; 3 - 9600 бод; 8 - 57600 бод; 4 - 14400 бод; 9 - 115200 бод.	rS	-	float32
2066	Режим передачи данных по RS485: 0 - 8N1; 2 - 8O2; 1 - 8N2; 3 - 8E2.	rP	-	float32
2068	Адрес устройства в сети Modbus	AA	-	float32
2072	Протокол обмена данными по RS485: 0 - автоматическое определение протокола; 1 - протокол Modbus RTU; 2 - протокол СЕНС.	SP	-	float32
2384	Количество калибровочных точек	-	штук	float32
2414	Количество датчиков температуры	-	штук	float32
2416	Код ошибки	Er	-	int16
2418	Адрес преобразователя в линии СЕНС	Ad	-	int16

Продолжение таблицы А.1

Адрес	Описание параметра	УО	Единицы измерения	Тип данных
2420	Версия программы контроллера	Pn	-	int16
2500	Высота установки 1-ого датчика температуры	1.ht	м	float32
2502	Высота установки 2-ого датчика температуры	2.ht	м	float32
2504	Высота установки 3-ого датчика температуры	3.ht	м	float32
2506	Высота установки 4-ого датчика температуры	4.ht	м	float32
2508	Высота установки 5-ого датчика температуры	5.ht	м	float32
2510	Высота установки 6-ого датчика температуры	6.ht	м	float32
2512	Высота установки 7-ого датчика температуры	7.ht	м	float32
2514	Высота установки 8-ого датчика температуры	8.ht	м	float32
2600	Температура 1-ого датчика температуры	1.°C	°C	float32
2602	Температура 2-ого датчика температуры	2.°C	°C	float32
2604	Температура 3-ого датчика температуры	3.°C	°C	float32
2606	Температура 4-ого датчика температуры	4.°C	°C	float32
2608	Температура 5-ого датчика температуры	5.°C	°C	float32
2610	Температура 6-ого датчика температуры	6.°C	°C	float32
2612	Температура 7-ого датчика температуры	7.°C	°C	float32
2614	Температура 8-ого датчика температуры	8.°C	°C	float32
3000	Запись значения N запускает выполнение команды калибровки CAL N; При чтении возвращается результат выполнения команды калибровки: 0 – отказ в выполнении; 85 – идет выполнение; 90 – выполнено; 99 – команды калибровки не выполнялись с момента включения преобразователя.	-	-	float32
4000	Регистр отображения №1	-	-	-
***	***	-	-	-
4124	Регистр отображения №125	-	-	-
5000	Адрес для регистра отображения №1	-	-	int16
***	***	-	-	int16
5124	Адрес для регистра отображения №125	-	-	int16
32768	Количество точек в градуировочной таблице	-	штук	float32
32770	Начальная высота градуировки	-	м	float32
32772	Шаг градуировки по уровню	-	м	float32
32774	Высота (диаметр) резервуара	-	м	float32
32776	Объём резервуара	-	м ³	float32
32778	Объём в 1-й точке градуировки	-	м ³	float32

Продолжение таблицы А.1

Адрес	Описание параметра	УО	Единицы измерения	Тип данных
32780	Объём во 2-й точке градуировки	-	м ³	float32
***	***	-	м ³	float32
38780	Объём в 3001-й точке градуировки	-	м ³	float32

Приложение Б. Карта регистров ПМП-201-Modbus

Карта регистров хранения (ввода) ПМП-201-Modbus приведена в таблице Б.1.

Таблица Б.1. Карта регистров хранения

Адрес	Описание параметра	УО	Единицы измерения	Тип данных
1	Уровень жидкости	h	мм	int16
2	Температура жидкости	t°	0.01°C	int16
3	Процентное заполнение объема резервуара	%	0.01%	int16
4	Объем жидкости	U	10 дм ³	int16
5	Масса продукта	G	10 кг	int16
6	Плотность	r	0.1кг/м ³	int16
7	Объем основного продукта	U1	10 дм ³	int16
8	Уровень раздела сред	h2	мм	int16
10	Температура паровой фазы	t ⁻	0.01°C	int16
11	Масса паровой фазы	G ⁻	10 кг	int16
12	Масса жидкой фазы	G ₋	10 кг	int16
35	Адрес преобразователя в сети Modbus	AA	-	int16
36	Скорость передачи данных по RS485: 0 - 1200 кбит/с; 5 - 19200 кбит/с; 1 - 2400 кбит/с; 6 - 38400 кбит/с; 2 - 4800 кбит/с; 7 - 56000 кбит/с; 3 - 9600 кбит/с; 8 - 57600 кбит/с; 4 - 14400 кбит/с; 9 - 115200 кбит/с.	rS	-	int16
37	Режим передачи данных по RS485: 0 - 8N1; 2 - 8O2; 1 - 8N2; 3 - 8E2.	rP	-	int16
38	Протокол обмена данными по RS485: 0 - автоматическое определение протокола; 1 - протокол Modbus RTU; 2 - протокол СЕНС.	SP	-	int16
1000	Уровень жидкости	h	м	float32
1002	Температура жидкости	t°	°C	float32
1004	Процентное заполнение объема резервуара	%	%	float32
1006	Объем жидкости	U	м ³	float32
1008	Масса продукта	G	т	float32
1010	Плотность	r	г/см ³	float32
1012	Объем основного продукта	U1	м ³	float32
1014	Уровень раздела сред	h2	м	float32
1018	Температура паровой фазы	t ⁻	°C	float32
1020	Масса паровой фазы	G ⁻	т	float32
1022	Масса жидкой фазы	G ₋	т	float32
1030	Температура контроллера преобразователя	-	°C	float32

Продолжение таблицы Б.1

Адрес	Описание параметра	УО	Единицы измерения	Тип данных
1050	Плотность, приведенная к заданной температуре (регистр 2062)	-	г/см ³	float32
1052	Плотность, приведенная к температуре 15 °С	-	г/см ³	float32
2000	Нижняя контрольная калибровочная точка уровня	h ₋	м	float32
2002	Верхняя контрольная калибровочная точка уровня	h ⁻	м	float32
2004	Глубина погружения поплавка уровня	d1	м	float32
2006	Отступ от дна резервуара	d0	м	float32
2008	Способ расчёта объёма жидкости: 0 - hEiG (по формуле для вертикального резервуара); 1 - ovAL (по формуле для горизонтального цилиндрического резервуара с плоскими днищами); 2 - tAbL (по градуировочной таблице резервуара); 3 - ov.EL (по формуле для горизонтального цилиндрического резервуара с эллиптическими днищами).	Gr	-	float32
2010	Высота (диаметр) резервуара	H	м	float32
2012	Объём резервуара	U	м ³	float32
2014	Количество точек в градуировочной таблице	-	штук	float32
2018	Нижняя контрольная точка плотности	r ₋	г/см ³	float32
2020	Верхняя контрольная точка плотности	r ⁻	г/см ³	float32
2022	Коэффициент объёмного расширения	Lo	10 ⁻³ /°С	float32
2024	Исходная плотность	ro	г/см ³	float32
2026	Температура, соответствующая исходной плотности	to	°С	float32
2028	Глубина погружения поплавка раздела сред	d2	м	float32
2030	Массовая доля пропана	Pr	%	float32
2036	Нижний порог отключения измерения плотности	d3	м	float32
2038	Порог обнуления показаний уровня раздела сред	d6	м	float32
2040	Порог обнуления показаний уровня	d7	м	float32
2042	Разница высот установки магнитов поплавков уровня и раздела сред	d8	м	float32
2050	Массовая доля н-бутана	Pb	%	float32
2052	Верхний порог отключения измерения плотности	d9	м	float32

Продолжение таблицы Б.1

Адрес	Описание параметра	УО	Единицы измерения	Тип данных
2054	Массовая доля и-бутана	Pi	%	float32
2056	Относительная погрешность измерения массы	δG	%	float32
2058	Абсолютная погрешность измерения массы	dG	т	float32
2060	Относительная погрешность градуировочной таблицы	δt	%	float32
2062	Температура приведения плотности	-	°C	float32
2064	Скорость передачи данных по RS485: 0 - 1200 бод; 5 - 19200 бод; 1 - 2400 бод; 6 - 38400 бод; 2 - 4800 бод; 7 - 56000 бод; 3 - 9600 бод; 8 - 57600 бод; 4 - 14400 бод; 9 - 115200 бод.	rS	-	float32
2066	Режим передачи данных по RS485: 0 - 8N1; 2 - 8O2; 1 - 8N2; 3 - 8E2.	rP	-	float32
2068	Адрес преобразователя в сети Modbus	AA	-	float32
2072	Протокол обмена данными по RS485: 0 - автоматическое определение протокола; 1 - протокол Modbus RTU; 2 - протокол СЕНС.	SP	-	float32
2086	Постоянная времени демпфирования сигнала	dt	с	float32
2092	Температура при измерении плотности	tr	°C	float32
2096	Длина звукопровода	Lc	м	float32
2098	Относительное отклонение длины звукопровода	δ	%	float32
2146	Алгоритм работы ПМП-201-ARM: 129 - обычный; 131 - уменьшенный верхний неизмеряемый уровень.	-	-	float32
2384	Количество калибровочных точек	-	штук	float32
2386	Относительное положение нижней контрольной калибровочной точки уровня	C1	-	float32
2388	Относительное положение верхней контрольной калибровочной точки уровня	C2	-	float32
2390	Текущая длина звукопровода	-	м	float32
2392	Контрольное расстояние соответствующее $r_{\underline{}}$	d4	-	float32
2394	Контрольное расстояние соответствующее $r_{\overline{}}$	d5	-	float32
2396	Параметр настройки коэффициента усиления измерительного тракта	-	-	float32

Продолжение таблицы Б.1

Адрес	Описание параметра	УО	Единицы измерения	Тип данных
2398	Параметр температурной зависимости коэффициента усиления измерительного тракта	-	-	float32
2400	Температура начала термокоррекции звукопровода	-	°C	float32
2402	Установка режима госроверки	-	-	float32
2404	Код, соответствующий глубине погружения поплавка плотности	-	-	float32
2408	Параметр настройки исходного коэффициента усиления измерительного тракта при температуре 20°C	-	-	float32
2410	Параметр температурной зависимости звукопровода	-	-	float32
2412	Коэффициент подстройки при проходе длины звукопровода	-	-	float32
2414	Количество датчиков температуры	-	штук	float32
2416	Код ошибки	Er	-	int16
2418	Адрес преобразователя в линии СЕНС	Ad	-	int16
2420	Версия программы контроллера	Pn	-	int16
2422	Версия программы контроллера	Pn	-	int16
2500	Высота установки 1-ого датчика температуры	1.ht	м	float32
2502	Высота установки 2-ого датчика температуры	2.ht	м	float32
2504	Высота установки 3-ого датчика температуры	3.ht	м	float32
2506	Высота установки 4-ого датчика температуры	4.ht	м	float32
2508	Высота установки 5-ого датчика температуры	5.ht	м	float32
2510	Высота установки 6-ого датчика температуры	6.ht	м	float32
2512	Высота установки 7-ого датчика температуры	7.ht	м	float32
2514	Высота установки 8-ого датчика температуры	8.ht	м	float32
2600	Температура 1-ого датчика температуры	1.°C	°C	float32
2602	Температура 2-ого датчика температуры	2.°C	°C	float32
2604	Температура 3-ого датчика температуры	3.°C	°C	float32
2606	Температура 4-ого датчика температуры	4.°C	°C	float32
2608	Температура 5-ого датчика температуры	5.°C	°C	float32
2610	Температура 6-ого датчика температуры	6.°C	°C	float32
2612	Температура 7-ого датчика температуры	7.°C	°C	float32
2614	Температура 8-ого датчика температуры	8.°C	°C	float32

Продолжение таблицы Б.1

Адрес	Описание параметра	УО	Единицы измерения	Тип данных
3000	Запись значения N запускает выполнение команды калибровки CAL N; При чтении возвращается результат выполнения команды калибровки: 0 – отказ в выполнении; 85 – идёт выполнение; 90 – выполнено; 99 – команды калибровки не выполнялись с момента включения преобразователя.	-	-	float32
4000	Регистр отображения №1	-	-	-
***	***	-	-	-
4124	Регистр отображения №125	-	-	-
5000	Адрес для регистра отображения №1	-	-	int16
***	***	-	-	int16
5124	Адрес для регистра отображения №125	-	-	int16
32768	Количество точек в градуировочной таблице	-	штук	float32
32770	Начальная высота градуировки	-	м	float32
32772	Шаг градуировки по уровню	-	м	float32
32774	Высота (диаметр) резервуара	-	м	float32
32776	Объём резервуара	-	м ³	float32
32778	Объём в 1-й точке градуировки	-	м ³	float32
32780	Объём во 2-й точке градуировки	-	м ³	float32
***	***	-	м ³	float32
35810	Объём в 1516-й точке градуировки	-	м ³	float32

ООО НПП «СЕНСОР»
РОССИЯ, 442965, г. Заречный Пензенской области, а/я 737.
тел./факс (841-2) 65-21-00, (841-2) 65-21-55

Изм. 20.01.2015