

ПРИЗМА

научно-производственное предприятие



Лазерные триангуляционные датчики LS5

Техническое описание

620085 г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, стр. 205, оф. 319

тел.: +7 (343) 268-45-72

<http://www.prizmasensors.ru>

e-mail: prizma_sensors@inbox.ru

2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2	8.10. Аналоговый выход	24
1. Общие сведения	3	8.11. Параметры дискретных выходов	26
1.1. Типовые примеры использования	4	8.12. Последовательность обработки результата.....	27
2. Меры безопасности	5	8.13. Выдача результатов измерений, синхронизация, защёлкивание	28
2.1. Лазерная безопасность	5	8.14. Защёлкивание с пересчетом границ аналогового и дискретных выходов.....	29
3. Технические характеристики	6	9. Описание Протокола обмена по последовательному интерфейсу	33
4. Конструктивные характеристики	7	9.1. Общие сведения	33
5. Информация для заказа	12	9.2. Перечень команд для работы по последовательному интерфейсу	33
6. Указания по установке датчиков	15	9.3. Настройка параметров датчиков.....	35
7. Подключение датчиков	15	9.4. Примеры сеансов связи с датчиком по последовательному интерфейсу	40
8. Параметры датчиков и термины, требующие разъяснений	19	9.5. Пример использования аналогового и дискретных выходов.....	40
8.1. Сетевой адрес.....	19	10. Описание интерфейса Ethernet	42
8.2. Датчик включен/выключен. Состояние датчика при включении питания	19	10.1. Формат пакета данных.....	42
8.3. Формат байта.....	20	11. Гарантии изготовителя	44
8.4. Период измерения датчика и период выдачи данных	20	12. Техническое обслуживание и ремонт	45
8.5. Максимальное время экспозиции, приоритет частоты измерения и приоритет чувствительности	20	12.1. Общие сведения	45
8.6. Допустимое время отсутствия сигнала.....	21	12.2. Поверка датчиков	45
8.7. Предварительная фильтрация данных.....	22	12.3. Ремонт датчика.....	45
8.8. Тип предварительного результата	23		
8.9. Интерпретация выдаваемого результата .	24		

Особенности:

- **Высокая разрешающая способность (до 0,1 мкм)**
- **Частота измерений 1000 Гц**
- **Высокая помехоустойчивость**
- **Работа с широким спектром поверхностей**
- **Два программируемых NPN-выхода**
- **Цифровой (RS-485/232, Ethernet, CAN) и аналоговый (4–20 мА, 0–20 мА, 0–10 В) интерфейсы**
- **Прочный металлический корпус**
- **Напряжение питания от 5 до 36 В**



1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

LS5 – оптический датчик положения со встроенной микропроцессорной системой управления. **LS5** позволяет с высокой точностью измерять расстояние до контролируемого объекта без механического контакта с ним. Идеально подходит для промышленных систем контроля геометрических параметров, и параметров, рассчитываемых на их основе.

В датчиках **LS5** используется принцип триангуляции (см. рисунок 1.1). Лазерный излучатель создает световую метку на поверхности объекта. Изображение световой метки проецируется на линейный КМОП-фотоприемник. При изменении расстояния от датчика до объекта происходит перемещение изображения световой метки в плоскости фотоприемника. Микропроцессор производит вычисление координат изображения. По координатам изображения точки определяется расстояние до объекта. В процессе измерений производится динамический контроль мощности отраженного света и подавление фоновых засветок.

Лазерные датчики LS5 зарегистрированы в Государственном реестре средств измерений РФ под номером 41773-09.

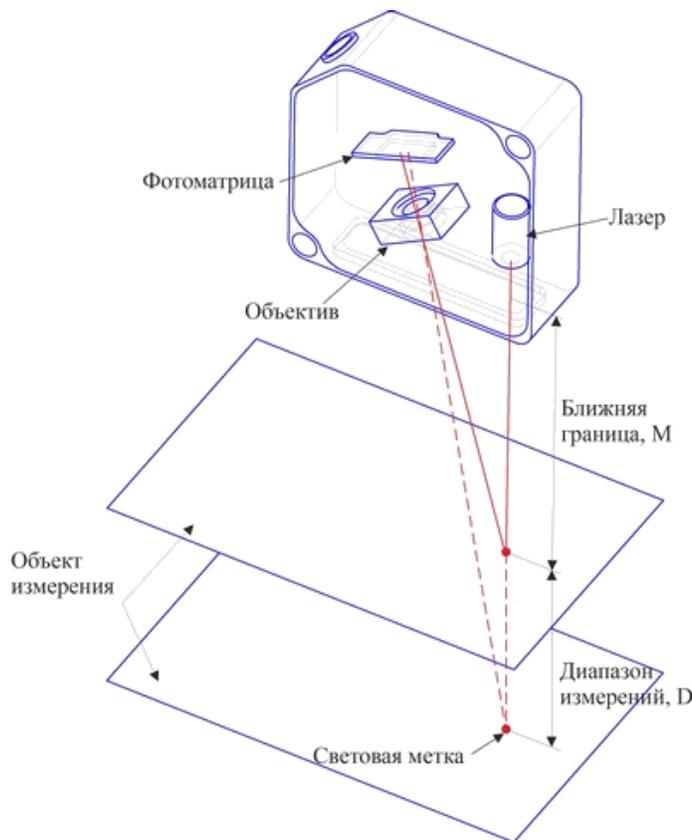
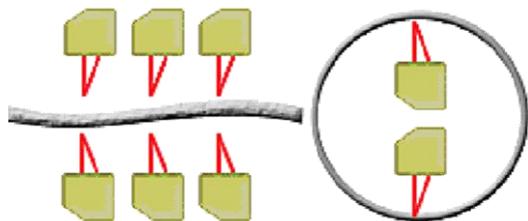
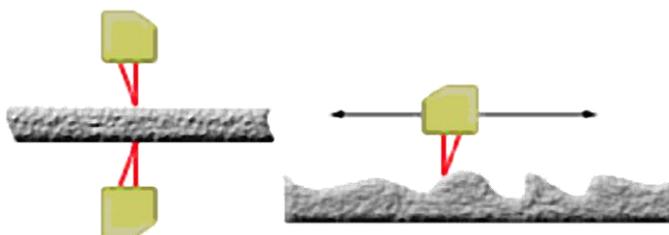


Рисунок 1.1 – Устройство и принцип работы датчика LS5

1.1. Типовые примеры использования



Измерение непрямолинейности и диаметра



Измерение толщины и профиля продукции

Измерение биений тел вращения – датчики закрепляются на расстоянии 10-100 мм и производят измерение расстояния до тела вращения в течение целого оборота. Используя цифровую обработку замеров, вычисляется величина биения как наибольшая по каждому датчику разность максимального и минимального измеренных им расстояний.

Измерение внутренних диаметров труб – датчики перемещаются по рельсе внутри трубы и производят замеры расстояний до ее внутренних стенок и до точки начала измерений по ходу перемещения. Используя цифровую обработку замеров, определяется динамика измерения внутреннего диаметра трубы в продольных сечениях, соответствующих положению датчиков.

Измерение расстояния до объекта.

Регистрация количества продукции, числа посетителей. Ключевая часть подобных систем – алгоритм обработки производимых замеров.

На базе лазерных датчиков LS5 могут быть построены системы автоматического управления различными процессами (правка изделий, прокат листовых материалов и др.). Ознакомиться с подобными установками можно на сайте <http://www.prizmasensors.ru>

2. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

При эксплуатации, техническом обслуживании и поверке необходимо соблюдать требования ГОСТ 12.3.019-80, «Правил эксплуатации электроустановок потребителей», «Правил охраны труда при эксплуатации электроустановок потребителей» и ГОСТ IEC 60825-1–2013.

К работе с датчиками допускаются инженерно-технические работники, прошедшие специальное обучение и изучившие настоящее техническое описание.

Любые подключения к датчику и работы по его техническому обслуживанию производить только при отключенном питании прибора.

2.1. Лазерная безопасность

В датчике LS5 используется полупроводниковый лазер с непрерывным излучением максимальной мощностью 500 мВт, который, согласно ГОСТ IEC 60825-1–2013, соответствует классу лазерной опасности 3В.



ВНИМАНИЕ! При работе с датчиками на расстоянии от них менее 2 метров необходимо избегать попадания прямого или зеркального лазерного излучения в глаза.

Каждый датчик имеет на корпусе следующую маркировку в соответствии с ГОСТ IEC 60825-1–2013 (см. рисунок 2.1):

- знак лазерной опасности;
- пояснительный знак с надписью:

ЛАЗЕРНАЯ АПЕРТУРА

- пояснительный знак с надписью:

ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

ИЗБЕГАТЬ ОБЛУЧЕНИЯ ГЛАЗ

ЛАЗЕРНОЕ ИЗДЕЛИЕ КЛАССА 3В

с указанием длины волны и максимальной мощности излучения применяемого лазера, наименования ГОСТ IEC 60825-1–2013, а также информацией об изготовителе.



Рисунок 2.1 – Пример маркировки на корпусе датчика класса опасности 3В

При работе с датчиком класса лазерной опасности 3В запрещается:

- направлять лазерный луч на людей;
- смотреть на лазерный луч через оптические инструменты.

При работе с датчиком класса лазерной опасности 3В рекомендуется использовать защитные очки.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Таблица 3.1 – Основные параметры и характеристики датчиков

Наименование параметров и характеристик	Значение
Диапазон измерений D, мм	от 2 до 2000 ¹
Дискретность в зависимости от диапазона измерений, мм:	0,01 % от D
– до 10 мм включ.	0,0001
– св. 10 до 100 »	0,001
– » 100 » 1000 »	0,01
– более 1000 мм	0,1
Предел относительной погрешности, приведенной к диапазону измерений, %:	
- для цифрового интерфейса	±0,15 ²
- для аналогового интерфейса	±0,25
Интерфейс цифровой ³	RS-232, или RS-485, или RS-485 и Ethernet 10/100, два дискретных программируемых выхода с открытым коллектором (ОК) ⁴
Диапазон изменения выходного сигнала аналогового интерфейса	4 – 20 мА, 0 – 20 мА или 0 – 10 В
Вход синхронизации	логический уровень 2 – 5 В, срабатывание по переднему фронту
Номинальное постоянное напряжение питания, В	5 – 36
Потребляемая мощность, не более, Вт	4
Диапазон рабочих температур, °С	+10 ... +35
Диапазон предельных рабочих температур, °С	-20 ... +60
Время непрерывной работы	не ограничено
Вероятность безотказной работы датчика за время работы 2000 часов, не менее	0,95
Средний срок службы, не менее, лет	5
<p><input checked="" type="checkbox"/> Примечания:</p> <p>¹ Выполняется по требованию заказчика.</p> <p>² Например, для датчика с диапазоном 5 мм погрешность цифрового интерфейса будет равна 5мм · 0,0015 = 0,0075 мм.</p> <p>³ По требованию заказчика датчик может быть дополнен преобразователем интерфейса CAN.</p> <p>⁴ Наличие программируемых выходов с открытым коллектором позволяет на базе одного датчика создать систему, выдающую сигналы управления на исполнительные механизмы. Программирование осуществляется с помощью программного обеспечения, поставляемого с датчиком.</p>	

Таблица 3.2 – Характеристики лазерного диода датчика LS5

Наименование параметров и характеристик	Значение
Тип лазера	полупроводниковый
Длина волны излучения, нм	400 – 660
Выходная мощность, не более, мВт	500
Режим генерации излучения	непрерывный
Расходимость пучка по уровню e^{-2}	от 25° до 61°
Класс лазерной опасности (согласно ГОСТ IEC 60825-1-2013)	3В
Сопутствующие опасные и вредные факторы	прямое и диффузно отраженное лазерное излучение

4. КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Конструктивные параметры датчика приведены в таблице 4.1 и на рисунках 4.1 – 4.5. По требованию заказчика датчики с корпусом типа А могут быть оснащены охлаждающим кожухом (см. рисунок 4.6) или кожухом терморегуляции (см. рисунок 4.7).

Таблица 4.1 – Конструктивные параметры датчика

Тип корпуса	Наименование показателя	
	Габаритные размеры, мм	Масса, не более, г
А (см. рисунок 4.1)	60×60×20	150
А2 (см. рисунок 4.2)	75×60×20	200
В (см. рисунок 4.3)	84×34×20	150
С (см. рисунок 4.4)	118×50×25	240
Д (см. рисунок 4.5)	180×50×25	300
Е	по требованию заказчика	
<p> Примечания:</p> <ol style="list-style-type: none"> По требованию заказчика датчики с корпусом типа А или В могут быть выполнены в полностью герметичном исполнении (степень защиты IP67). Корпус А2 применяется только для датчиков с интерфейсом Ethernet. 		

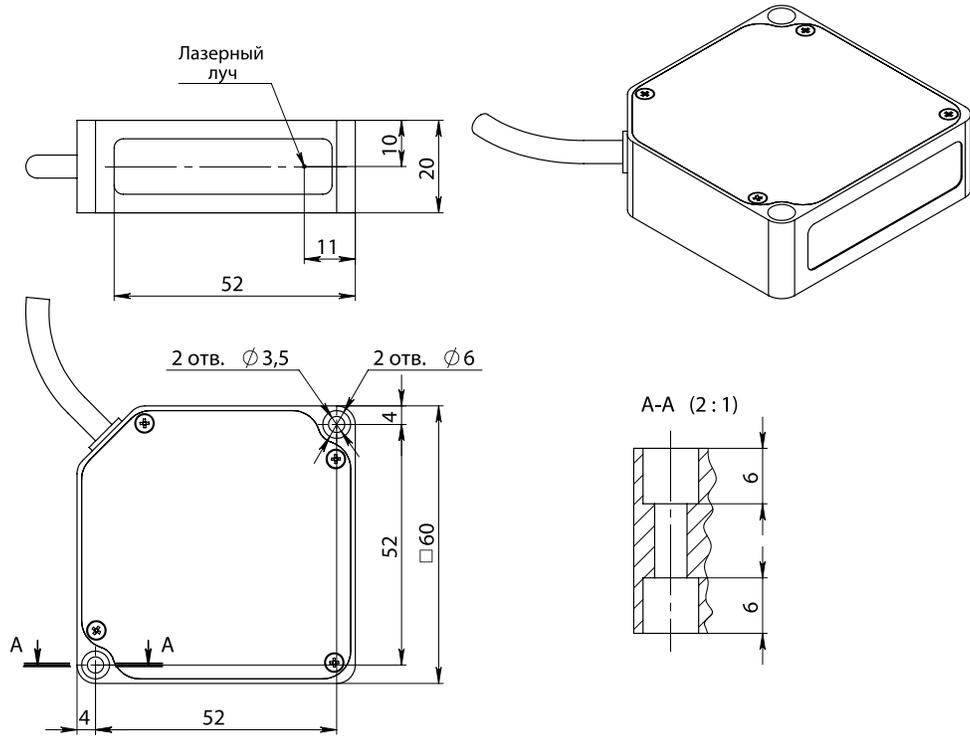


Рисунок 4.1 – Исполнение корпуса типа А

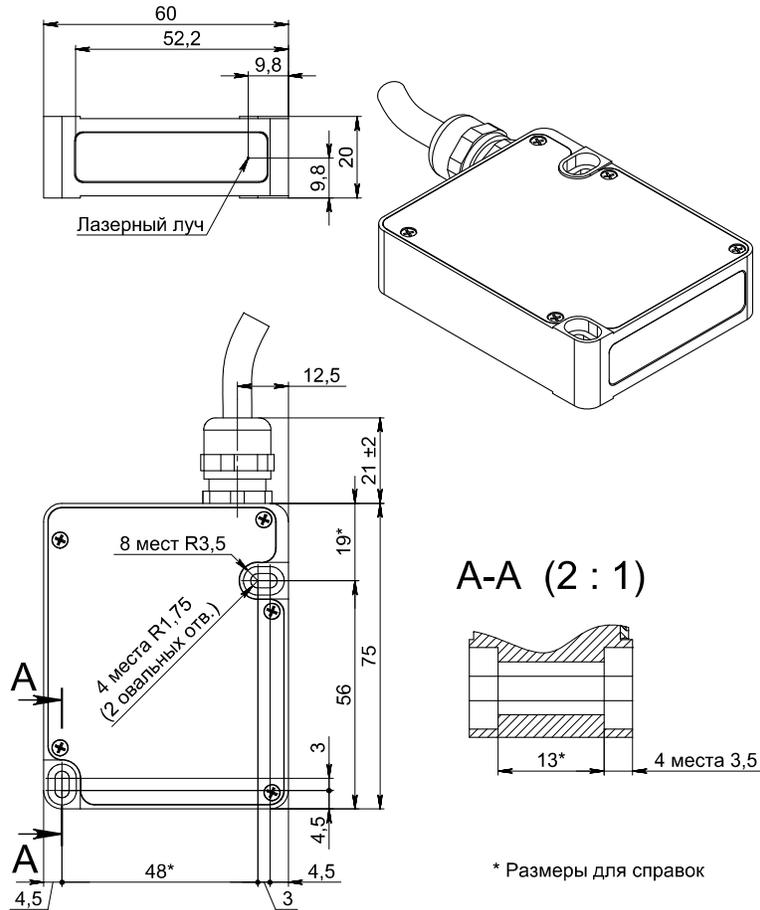


Рисунок 4.2 – Исполнение корпуса типа А2

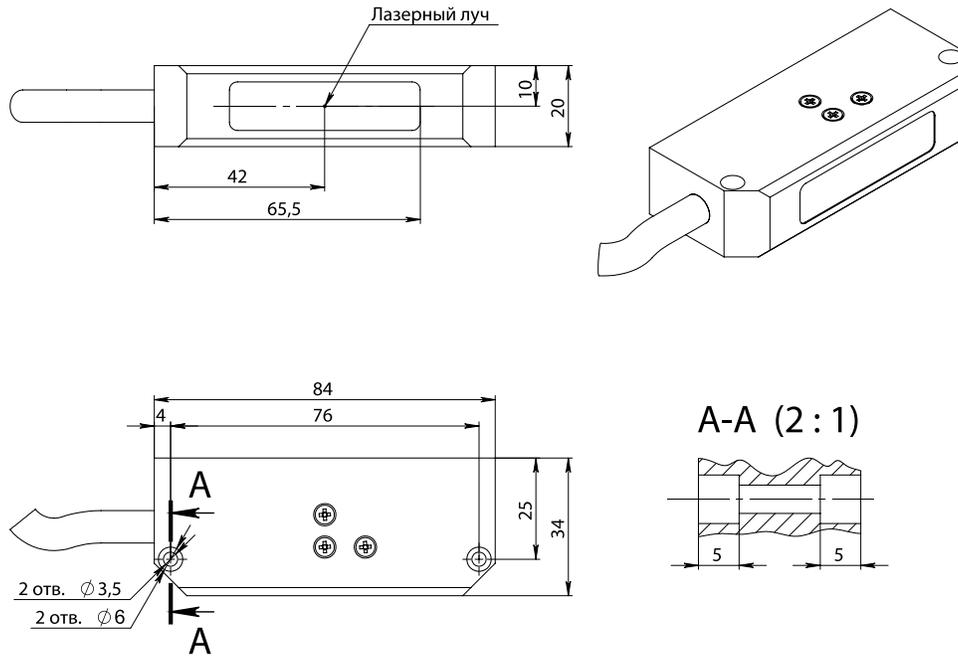


Рисунок 4.3 – Исполнение корпуса типа В

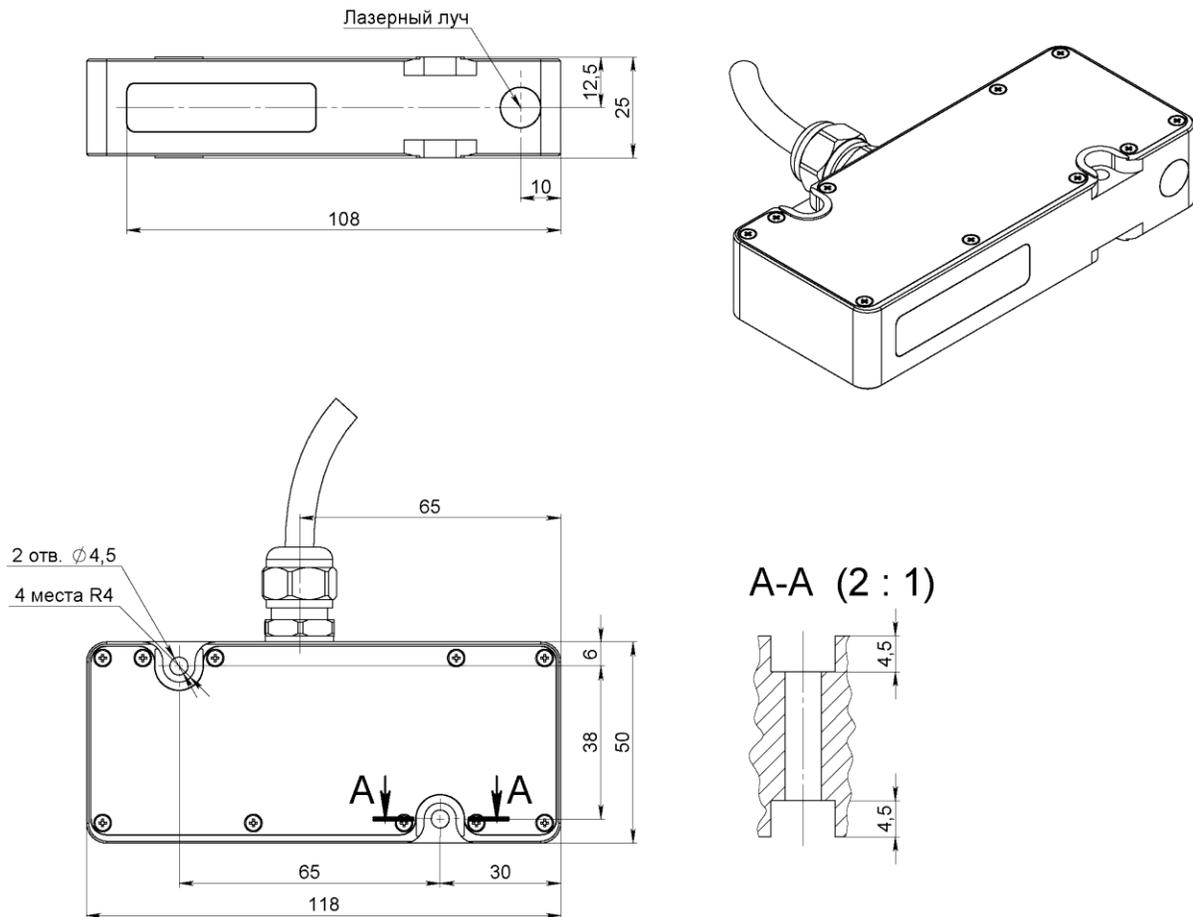


Рисунок 4.4 – Исполнение корпуса типа С

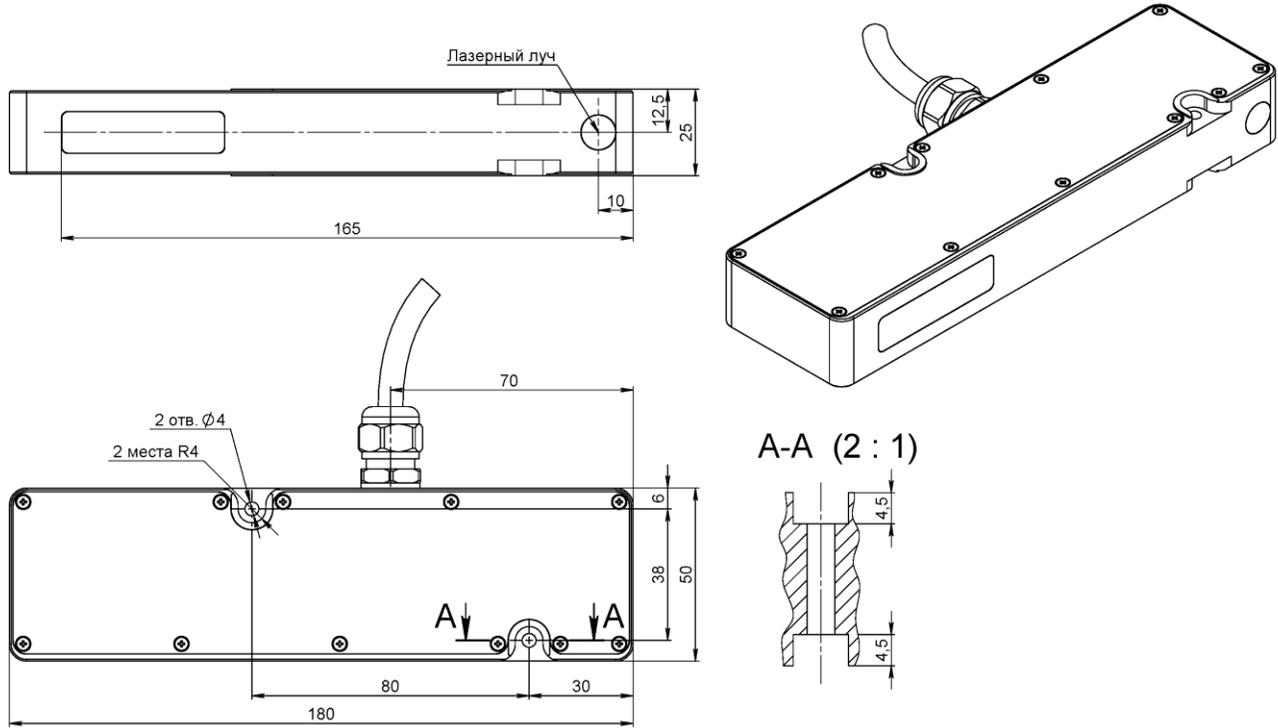


Рисунок 4.5 – Исполнение корпуса типа D

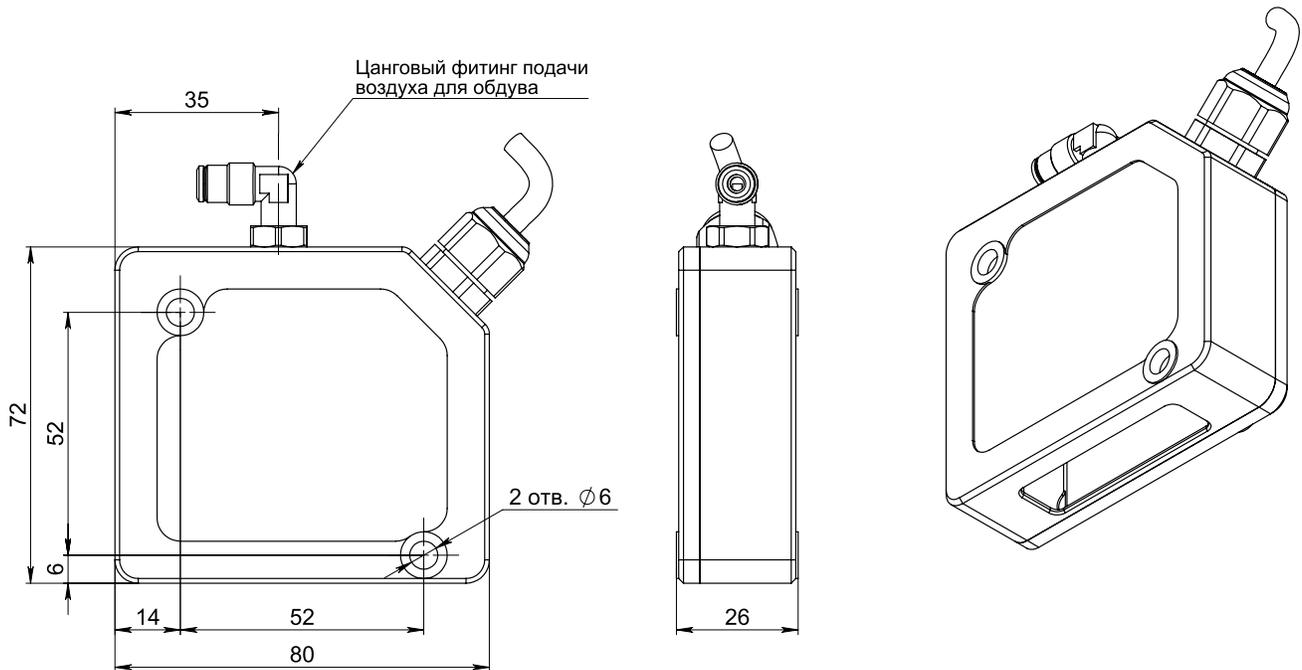


Рисунок 4.6 – Охлаждающий кожух для корпуса типа A

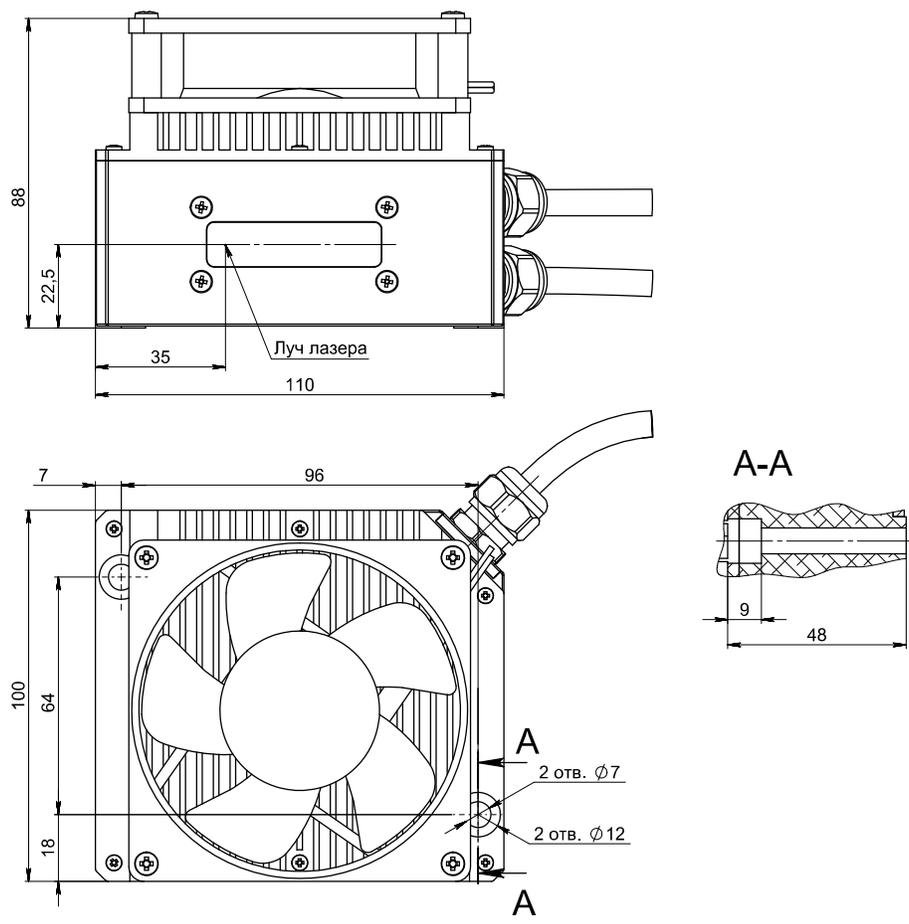


Рисунок 4.7 – Кожух терморегуляции для корпуса типа А

5. ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ЗАКАЗА

При заказе следует придерживаться следующего условного обозначения:

LS5-XX/XX-XXX-XX-X-XX-X ТУ 443130-001-72884111-2009



Пример условного обозначения:

LS5-100/200-485/E-I4-2-12-A ТУ 443130-001-72884111-2009

Расшифровка:	
датчик лазерный LS5	
ближняя граница, мм	100
диапазон измерений, мм	200
цифровой интерфейс	RS-485 и Ethernet
диапазон измерения выходного сигнала аналогового выхода, мА	4 ... 20
количество дискретных выходов, шт	2
напряжение питания, В	12
размеры корпуса	60×60×20

При заказе датчика следует руководствоваться таблицей 5.1

Таблица 5.1 – Перечень обычно применяемых датчиков (стандартные диапазоны)

Модель LS5-	Ближняя граница, мм	Диапазон измерений, мм	Дискретность, мм	Погрешность, не более, мм	Размер светового пятна ¹ , мкм	Тип корпуса
0,5/5	0,5	5	0,0001	±0,0075	75	A, A2, B
2/6	2	6	0,0001	±0,009	77	
0,5/10	0,5	10	0,001	±0,015	78	
5/10	5	10	0,001	±0,015	84	
2/15	2	15	0,001	±0,023	83	
20/15	20	15	0,001	±0,023	108	
0,5/20	0,5	20	0,001	±0,03	84	
5/20	5	20	0,001	±0,03	90	
10/20	10	20	0,001	±0,03	97	
30/20	30	20	0,001	±0,03	130	
2/25	2	25	0,001	±0,038	90	
5/30	5	30	0,001	±0,045	97	
10/30	10	30	0,001	±0,045	105	
30/30	30	30	0,001	±0,045	135	
10/40	10	40	0,001	±0,06	110	
30/40	30	40	0,001	±0,06	145	
40/40	40	40	0,001	±0,06	165	
20/50	20	50	0,001	±0,075	135	
40/50	40	50	0,001	±0,075	175	
10/60	10	60	0,001	±0,09	130	
40/60	40	60	0,001	±0,09	185	
40/70	40	70	0,001	±0,11	195	
20/80	20	80	0,001	±0,12	165	
50/80	50	80	0,001	±0,12	225	
20/100	20	100	0,01	±0,15	185	
30/100	30	100	0,01	±0,15	205	
50/100	50	100	0,01	±0,15	250	
80/100	80	100	0,01	±0,15	320	
30/120	30	120	0,01	±0,18	225	
50/120	50	120	0,01	±0,18	270	
30/140	30	140	0,01	±0,21	250	
60/150	60	150	0,01	±0,23	330	
90/150	90	150	0,01	±0,23	410	
30/160	30	160	0,01	±0,24	270	
60/170	60	170	0,01	±0,26	360	
30/180	30	180	0,01	±0,27	300	
60/190	60	190	0,01	±0,29	380	
30/200	30	200	0,01	±0,3	320	
100/200	100	200	0,01	±0,3	500	
60/210	60	210	0,01	±0,32	410	

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ЗАКАЗА

Модель LS5-	Ближняя граница, мм	Диапазон измерений, мм	Дискретность, мм	Погрешность, не более, мм	Размер светового пятна ¹ , мкм	Тип корпуса
60/230	60	230	0,01	±0,35	440	A, A2, B
60/250	60	250	0,01	±0,38	460	
60/270	60	270	0,01	±0,41	490	
110/300	110	300	0,01	±0,45	670	A, A2,C
500/300	500	300	0,01	±0,45	1600	A, A2,C, D
70/320	70	320	0,01	±0,5	590	A, A2,C
70/350	70	350	0,01	±0,6	630	
110/350	110	350	0,01	±0,53	740	
70/400	70	400	0,01	±0,7	700	
110/400	110	400	0,01	±0,65	810	
200/400	200	400	0,01	±0,6	1000	A, A2,C, D
500/400	500	400	0,01	±0,55	1700	C, D
70/450	70	450	0,01	±0,9	770	A, A2,C
110/450	110	450	0,01	±0,68	880	A, A2,C, D
300/450	300	450	0,01	±0,63	1200	
600/450	600	450	0,01	±0,6	1900	C, D
110/500	110	500	0,1	±0,8	1000	A, A2,C, D
600/500	600	500	0,1	±0,75	1900	C, D
120/600	120	600	0,1	±1	1100	A, A2,C, D
300/600	300	600	0,1	±0,9	1500	C, D
700/600	700	600	0,1	±0,8	2300	
150/700	150	700	0,1	±1,1	1300	
300/700	300	700	0,1	±0,9	1600	
700/700	700	700	0,1	±1	2500	
170/800	170	800	0,1	±1,2	1500	
300/800	300	800	0,1	±1,1	1700	
700/800	700	800	0,1	±1,1	2700	
180/900 *	180	900	0,1	±1,35	1600	
300/900 *	300	900	0,1	±1,2	1800	
700/900 *	700	900	0,1	±1,2	3000	
250/1000 *	250	1000	1	±1,5	1800	
300/1000	300	1000	1	±1,5	2000	
700/1000 *	700	1000	1	±1,4	3300	

 Примечания:

¹ Указан средний размер пятна в центре диапазона измерения. Размер может быть скорректирован по требованию заказчика.

6. УКАЗАНИЯ ПО УСТАНОВКЕ ДАТЧИКОВ

Установка датчика в используемое оборудование производится таким образом, чтобы контролируемый объект располагался в зоне рабочего диапазона датчика. Кроме того, в области прохождения падающего на объект и отраженного от него излучения не должны находиться посторонние предметы.

Датчик класса лазерной опасности 3В рекомендуется устанавливать так, чтобы лазерный луч располагался выше или ниже уровня глаз.

При контроле объектов сложной формы и текстуры необходимо минимизировать попадание зеркальной составляющей отраженного излучения в объектив датчика.

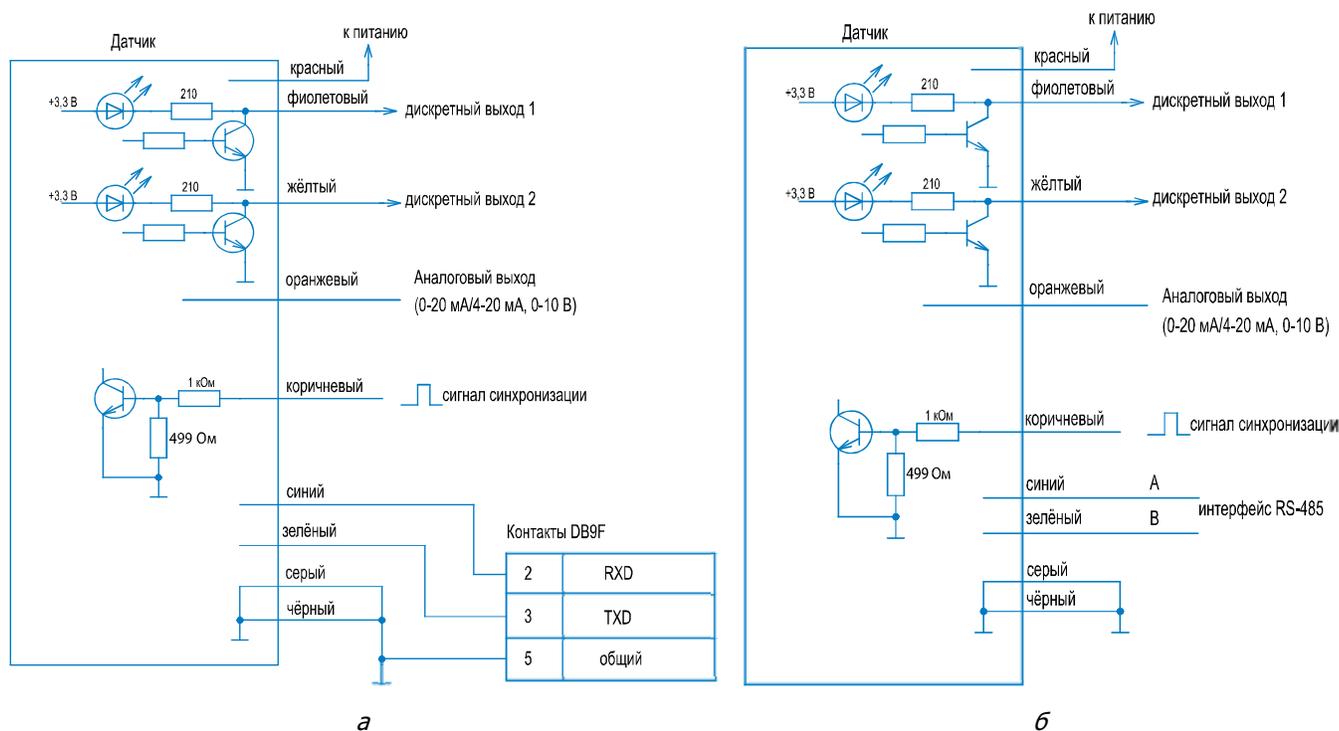
Не устанавливайте датчик в местах возможной конденсации влаги на оптических поверхностях датчиков и в местах попадания прямых солнечных лучей или искусственного освещения в апертуру приемного объектива. Это может привести к ошибкам в измерениях.

7. ПОДКЛЮЧЕНИЕ ДАТЧИКОВ

Подключение датчиков с цифровыми интерфейсами RS-232, RS-485 производится согласно таблице 7.1 и рисунку 7.1.

Таблица 7.1 – Типовая распайка проводов для подключения датчика с цифровыми интерфейсами RS-232, RS-485

Цвет провода	Название выхода	Контакты DB9F
красный	Питание «+»	–
синий	RS-485 A	–
	Выход RS-232	2
зеленый	RS-485 B	–
	Вход RS-232	3
оранжевый	аналоговый выход	–
фиолетовый	дискретный выход 1 (OK1)	–
желтый	дискретный выход 2 (OK2)	–
коричневый	вход внешней синхронизации	–
серый черный	корпус	5



а – Подключение датчика с интерфейсом RS-232; б – Подключение датчика с интерфейсом RS-485

Рисунок 7.1 – Варианты типового подключения датчика

При использовании токовой петли в качестве аналогового выхода, во избежание выхода из строя встроенного генератора тока в датчике, необходимо правильно рассчитать минимальное сопротивление нагрузки R_H :

$$R_H > \frac{I_{MAX} \cdot U_{ПИТ} - 0,125 \text{ Вт}}{I_{MAX}^2},$$

где I_{MAX} - максимальный ток (20 или 24 мА);

$U_{ПИТ}$ - напряжение питания, подаваемое на генератор тока (обычно совпадает с напряжением питания датчика).

Так, для интерфейса 0...20 мА сопротивление нагрузки должно быть:

при $U_{ПИТ} = 12 \text{ В}$ – больше 288 Ом;

при $U_{ПИТ} = 15 \text{ В}$ – больше 438 Ом;

при $U_{ПИТ} = 24 \text{ В}$ – больше 888 Ом;

при $U_{ПИТ} = 36 \text{ В}$ – больше 1488 Ом.

Если сопротивление приёмника токовой петли меньше рассчитанного, то нужно добавить последовательно в цепь резистор с сопротивлением $R_H - R_{П}$,

где R_H – рассчитанное минимальное сопротивление;

$R_{П}$ – входное сопротивление приёмника.

При использовании цифрового интерфейса RS-485 выводы датчика RS-485 A и RS-485 B следует подключить к соответствующим выводам адаптера или преобразователя интерфейсов, например, USB/RS-485 ООО «НПП «Призма» (см. рисунки 7.2, 7.3)

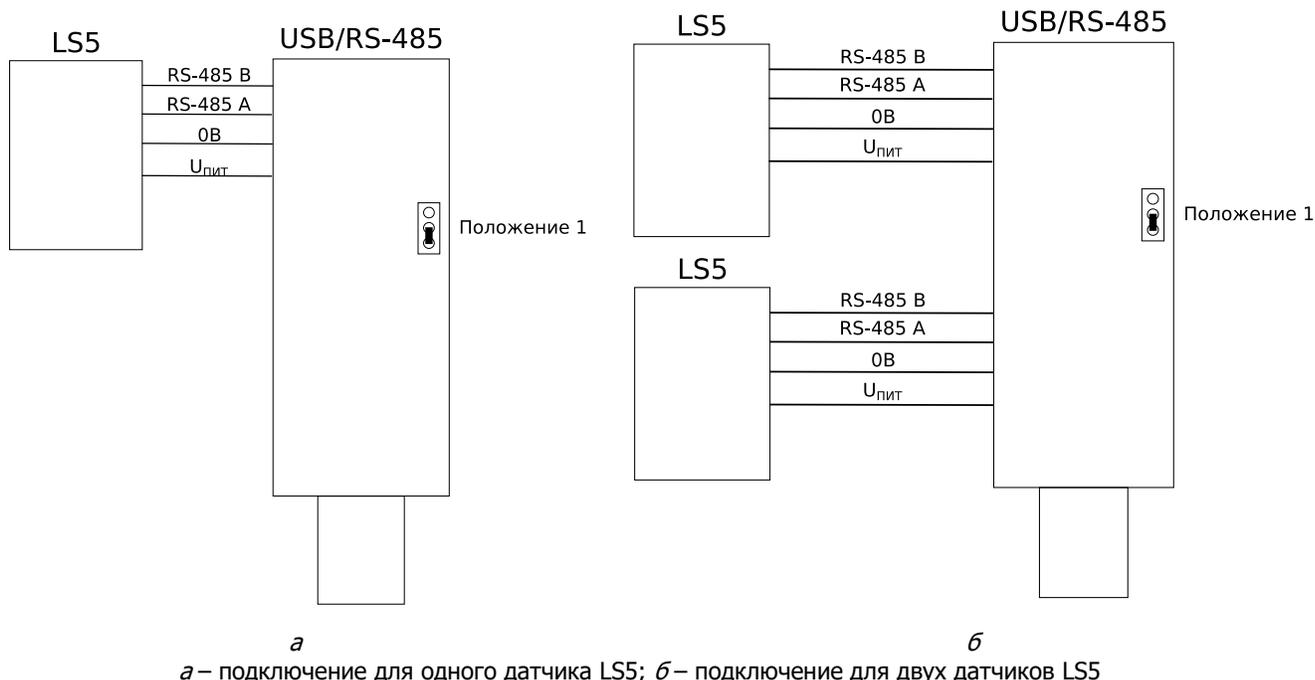


Рисунок 7.2 – Подключение лазерных датчиков LS5 к преобразователю USB/RS-485 (питание датчиков от USB, с преобразованием 5 В → 12 В, т. е. $U_{\text{ПИТ}} = 12 \text{ В}$)

При подключении датчиков LS5 к преобразователю интерфейсов USB/RS-485 ООО «НПП «Призма» выводы датчика «ПИТАНИЕ +» и «ПИТАНИЕ –» следует соединить с выводами разъема преобразователя « $U_{\text{ПИТ}}$ » и «0 В» соответственно (см. рисунки 7.2, 7.3). Если переключка преобразователя интерфейсов находится в положении 1, то питание датчиков осуществляется внутренним напряжением преобразователя интерфейсов, равным 12 В (см. рисунок 7.3).

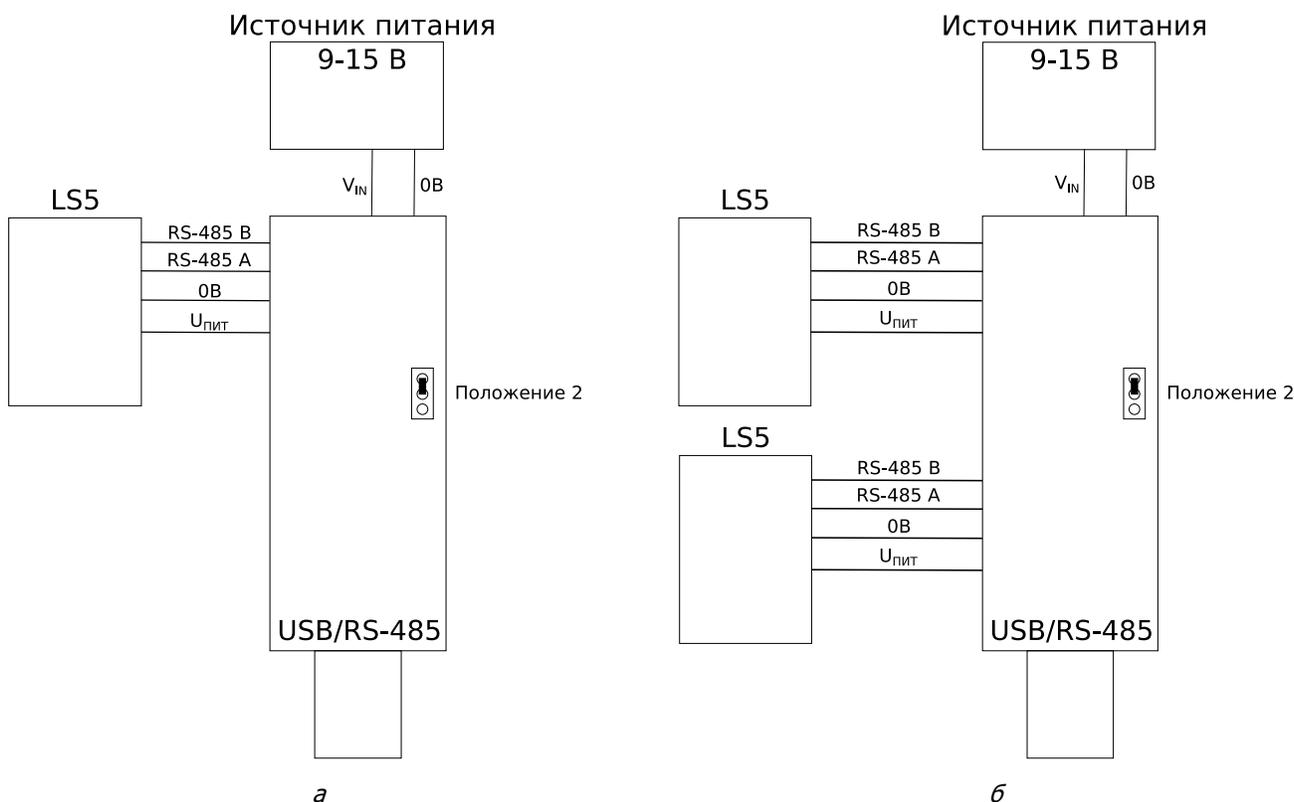


Рисунок 7.3 – Подключение лазерных датчиков LS5 к преобразователю USB/RS-485 (питание датчиков осуществляется от внешнего источника напряжением $V_{\text{ИН}}$)

При подключении датчиков LS5 по схеме, приведенной на рисунке 7.3, питание датчиков LS5 будет осуществляться от внешнего источника напряжением V_{IN} , переключатель преобразователя интерфейсов при этом находится в положении 2.

Подключение к оборудованию датчика с цифровым интерфейсом Ethernet производится согласно таблице 7.2 и рисунку 7.4.

Таблица 7.2 – Типовая распылка проводов для подключения датчика с интерфейсом Ethernet

Цвет провода	Название выхода	Контакты RJ-45
белый	Питание «+»	–
коричневый	Питание «-»	–
красно-синий	RS-485 A	–
	Выход RS-232	
серо-розовый	RS-485 B	–
	Вход RS-232	
черный	аналоговый выход	–
серый	Ethernet TX+	1
розовый	Ethernet TX-	2
зеленый	Ethernet RX+	3
желтый	Ethernet RX-	6
синий	дискретный выход 1 (OK1)	–
фиолетовый	дискретный выход 2 (OK2)	–
красный	вход внешней синхронизации	–
оплетка	корпус	–

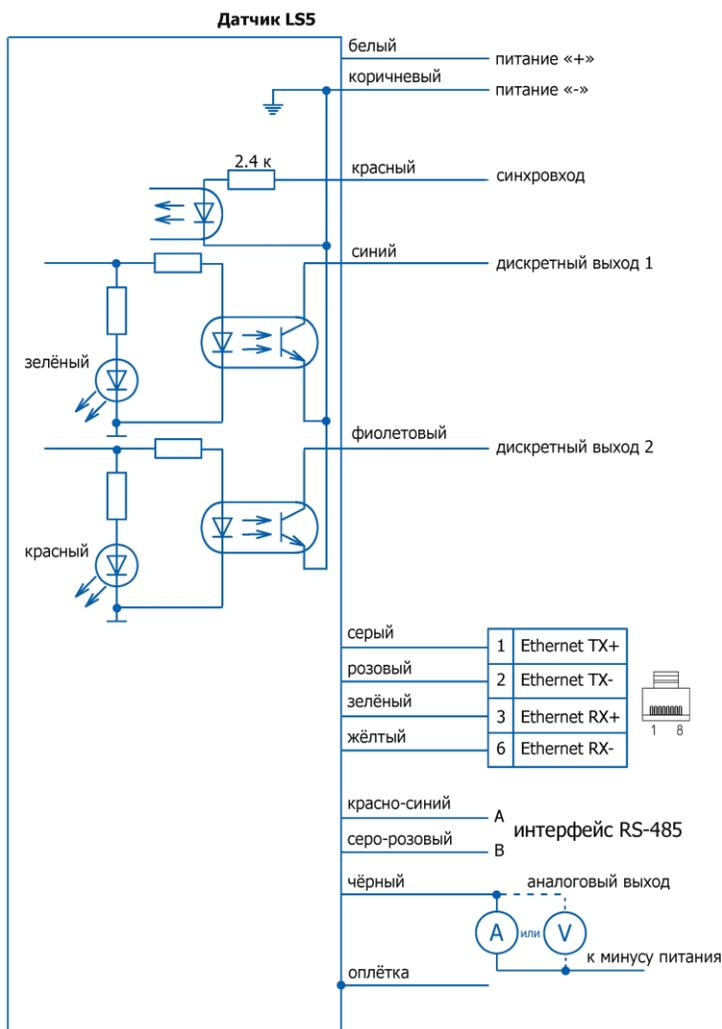


Рисунок 7.4 – Типовое подключение датчика с интерфейсом Ethernet

8. ПАРАМЕТРЫ ДАТЧИКОВ И ТЕРМИНЫ, ТРЕБУЮЩИЕ РАЗЪЯСНЕНИЙ

8.1. Сетевой адрес

Сетевой адрес – адрес, по которому производится обмен информации с датчиком по последовательному интерфейсу. При подключении нескольких датчиков, каждый из них должен иметь уникальный адрес. Начальное значение адреса, установленное на предприятии-изготовителе – 01. Если нужно подать одну команду нескольким датчикам (широковещательный запрос), то используется сетевой адрес 00. Сетевой адрес хранится в ячейке памяти датчика с адресом 01 (см. таблицу 9.2).

8.2. Датчик включен/выключен. Состояние датчика при включении питания

Определить то, что датчик включен¹, можно по наличию красного свечения лазера в окошке. При этом устройство находится в режиме постоянного измерения (в соответствии с настройками), т. е. происходит обновление дискретных выходов, обновление состояния аналогового выхода (если он есть и также включен) и выдача результатов в потоке по последовательному интерфейсу (если запущен поток). Во включенном состоянии датчик также всегда прослушивает сеть на наличие команд.

Если датчик выключить (не отключением питания, а командой), то устройство перейдет в энергосберегающий режим, при котором не происходит облучения измеряемого объекта (нет красного свечения) и не производятся измерения. Датчик только прослушивает сеть на наличие команд. При выключении дискретные выходы сбрасываются в ноль, а аналоговый выход остается в состоянии, соответствующем последнему измерению (если датчик вообще сделал хоть одно измерение), или состоянии отсутствия результата (минимальное значение тока или напряжения – например, для настройки 4–20 мА это 4 мА).

Выключение устройства также продлевает срок его службы, поскольку не расходуется ресурс светоизлучающего компонента. Однако для проведения точных измерений необходимо обязательное прогревание устройства после включения, что не всегда можно сделать при частых включениях/выключениях.

Кроме того, датчики LS5 новых версий (начиная с версии LS5.6.0, версию можно узнать при идентификации) имеют некоторые специфические настройки, которые на устаревшем оборудовании могут не позволить корректно производить обмен информацией с датчиком по последовательному интерфейсу. К таким параметрам относятся настройки последовательного интерфейса (скорость связи, формат байта)². Для этого случая предусмотрен режим ожидания при включении питания датчика. Переход в данный режим происходит, если в энергонезависимой памяти записано значение бодрейта более 115200 бод. В этом режиме происходит следующее:

- при включении питания сразу загорается лазер;
- в течение 4 секунд датчик инициализируется (внутренние настройки, чтение параметров из энергонезависимой памяти);
- датчик настраивает последовательный интерфейс на упрощенный режим (скорость 19200 бод, без паритета, 8 бит, 1 стоп-бит), излучатель выключается;
- в течение 5 секунд датчик ожидает прихода каких-либо команд (именно в этот момент можно изменить параметры «Скорость последовательного интерфейса» и «Формат байта»);

¹ Начиная с этого места, понятия «включение» и «включение питания» будут иметь разный смысл. Если будет подразумеваться включение питания, то так и будет указано.

² См. таблицу 9.2.

- загорается излучатель, датчик настраивается в соответствии с сохраненными параметрами;
- через 0,5 секунды после последнего включения облучателя датчик переходит в рабочий режим.

Параметр «Датчик включен/выключен при подаче питания» хранится в памяти датчика и доступен для изменения по адресу 02 (см. таблицу 9.2).

8.3. Формат байта

Формат байта при работе по последовательному протоколу задает наличие контроля четности/нечетности, количество стоп-битов. Этот параметр хранится в памяти датчика и доступен для изменения по адресу 04 (см. таблицу 9.2).

8.4. Период измерения датчика и период выдачи данных

Период измерения датчика, t – временной интервал между соседними измерениями (см. рисунок 8.1).

Константа, задающая период выдачи данных при потоковом режиме, n – число прореживания результатов в потоке данных. При запущенном потоке данные поступают на выход датчика с периодом $T=n \times t$ (см. рисунок 8.1). Следует учитывать, что время передачи данных ограничивается заданной скоростью последовательного интерфейса. Например, получить быстродействие 1 кГц при включенном потоке с 8-битным форматом данных без контроля четности и паритета возможно только при скорости 115200 бод и выше. (Расчет: пакет данных при запущенном потоке содержит 7 байтов (см. таблицу 9.1); для передачи одного байта требуется 10 бит (старт-бит, 8 бит данных, стоп-бит); $7 \cdot 10 \cdot 1 / 115200 = 0,61$ мс; скорости 57600 бод уже не хватит для 1 кГц: $7 \cdot 10 \cdot 1 / 57600 = 1,2$ мс.)

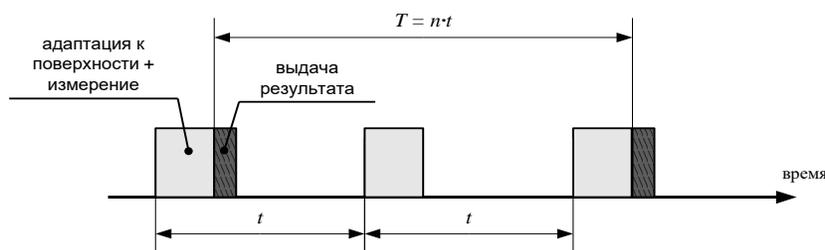


Рисунок 8.1 – Период измерения и константа, задающая период выдачи данных для случая $n=2$

Указанные два параметра хранятся в памяти датчика и доступны для изменения (см. таблицу 9.2).

8.5. Максимальное время экспозиции, приоритет частоты измерения и приоритет чувствительности¹

Как для любых приборов с применением фоточувствительных элементов, для датчиков LS5 справедливо применять термин времени экспозиции (засвечивания фотоприемника). Для обнаружения сигнала от объекта, находящегося на достаточном удалении от датчика и слабо отражающего свет, потребуется большее время экспозиции, нежели для обнаружения близкого и светлого объекта, т. е. чем больше время экспозиции, тем чувствительней датчик. При работе датчик автоматически подстраивает время экспозиции для получения наибольшего отношения сигнал/шум.

Очевидно, увеличение времени экспозиции уменьшает быстродействие датчика. Поэтому при-

¹ Доступно в датчиках с версией прошивки «LS5.7.0» и выше.

ходится выбирать компромисс между нужной частотой измерения и чувствительностью LS5. Для этого время экспозиции ограничивается некоторым максимальным временем экспозиции, задаваемым в явном виде в качестве параметра.

Настройка датчика по умолчанию оптимальна для большинства задач измерения. Однако для более тонкой настройки датчики имеют возможность установки либо приоритета частоты измерения, либо приоритета чувствительности. При задании приоритета частоты датчик автоматически настраивается таким образом, чтобы обеспечивать заданную частоту измерения (устанавливается параметром «Период измерения датчика»), чувствительность (время экспозиции) в данном случае оказывается второстепенным фактором. При задании приоритета чувствительности датчик старается обеспечить лучшую чувствительность, ограничиваясь только максимальным временем экспозиции и пренебрегая заданным периодом измерения, и только при хорошем уровне сигнала датчик начинает работать на заданной частоте.

Параметры «Максимальное время экспозиции» и «Приоритет частоты измерения/чувствительности» хранятся в памяти датчика (см. таблицу 9.2) и доступны для изменения.

8.6. Допустимое время отсутствия сигнала

Отсутствие сигнала – состояние датчика, при котором не удалось получить результат при измерении. Отсутствие сигнала можно считать нормальным, если нет объекта в поле измерения. Во всех же других случаях отсутствие сигнала является ошибкой эксплуатации и в большинстве своем исправляется. К таким случаям относится следующее:

- 1) происходит затенение в области отражения сигнала (следует расположить датчик так, чтобы отраженный от объекта сигнал беспрепятственно попадал в объектив);
- 2) измеряется слишком темный (слабо отражающий свет) или зеркальный объект. Это можно поправить, задав большее максимальное время экспозиции, но в ущерб быстродействию;
- 3) датчик используется в плохих условиях (запыленность, конденсация влаги на стеклах прибора). В таких ситуациях надо периодически протирать стекло датчика и следить за чистотой рабочего пространства.

Допустимое время отсутствия сигнала, τ – время, в течение которого при отсутствии сигнала результат остается равным последнему измеренному значению в диапазоне. Конфигурирование параметра τ позволяет избежать регистрации случайных отсутствий сигнала при невозможности достичь хороших условий измерения. Преимущества такого метода иллюстрирует рисунок 8.2. Этот параметр хранится в памяти датчика (см. таблицу 9.2) и доступен для изменения.

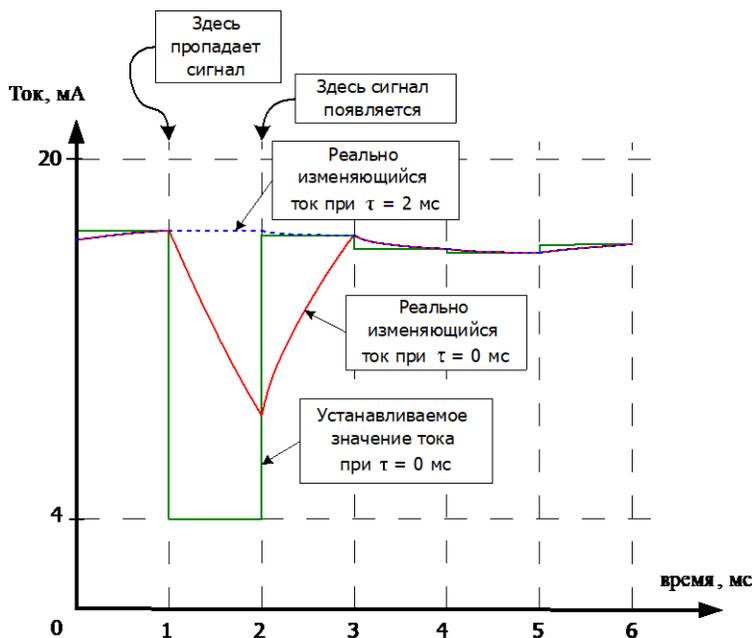


Рисунок 8.2 – Применение допустимого времени отсутствия результата на примере временной диаграммы тока аналогового выхода (выход настроен на диапазон 4–20 мА, период измерения – 1 мс, τ – допустимое время отсутствия результата)

8.7. Предварительная фильтрация данных

Для повышения точности показаний датчика используется фильтрация данных.

Параметр «**Тип предварительной фильтрации данных**» задает тип фильтра: скользящее усреднение или медианный фильтр. На рисунке 8.3 наглядно показаны особенности обоих фильтров.

Фильтр скользящего среднего является линейным фильтром и действует подобно фильтру низких частот.

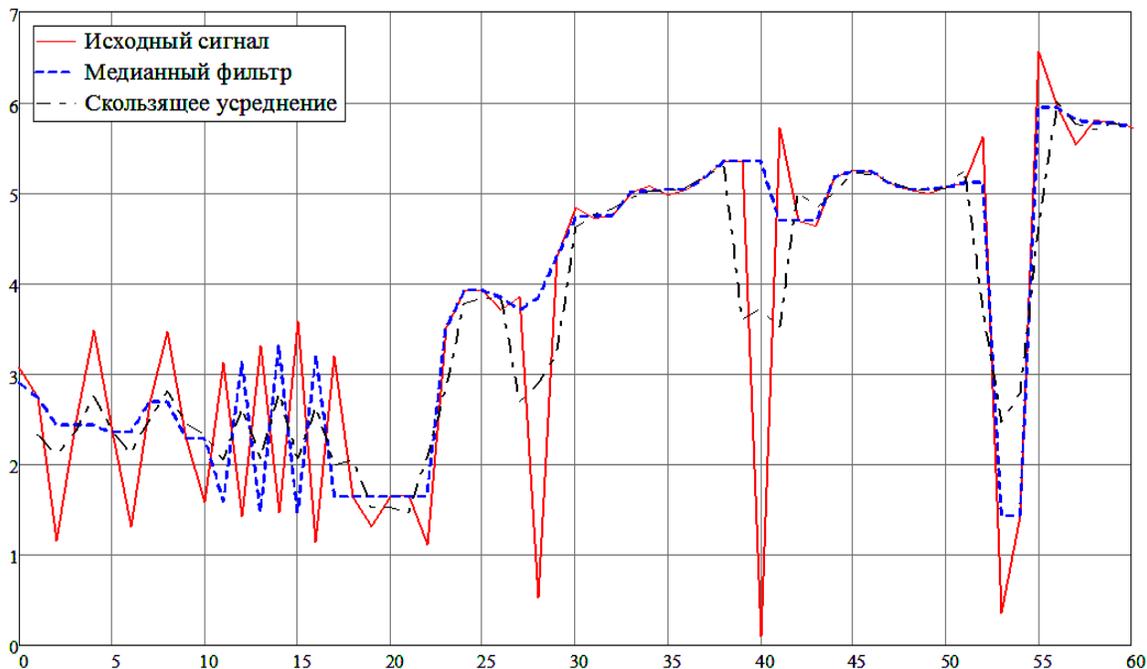


Рисунок 8.3 – Фильтрация массива данных фильтром скользящего среднего (окно $k=5$) и медианным фильтром (окно $m=5$)

Медианный фильтр при оптимально выбранной апертуре может сохранять без искажений резкие границы объектов, эффективно подавляя некоррелированные или слабо коррелированные помехи и малоразмерные детали. Это свойство позволяет применять медианную фильтрацию для устранения аномальных значений в массивах данных, уменьшения выбросов и импульсных помех. Медианный фильтр не изменяет ступенчатые функции. Этот фильтр является нелинейным и подавляет белый и Гауссовый шум менее эффективно, чем линейные фильтры. Слабая эффективность фильтра наблюдается также при фильтрации флуктуационного шума.

Количество точек усреднения, k – параметр для фильтра скользящего среднего, задает степень сглаживания выдаваемого датчиком сигнала.

Количество точек медианного фильтра, m – окно (апертура) медианного фильтра, задает уровень фильтрации.

Эти параметры хранятся в памяти датчика (см. таблицу 9.2) и доступны для изменения.

8.8. Тип предварительного результата¹

Параметр «Тип предварительного результата» переключает возможность выдачи результата либо в чистом виде (расстояние от начала диапазона), либо в виде производной расстояния (см. рисунок 8.4).

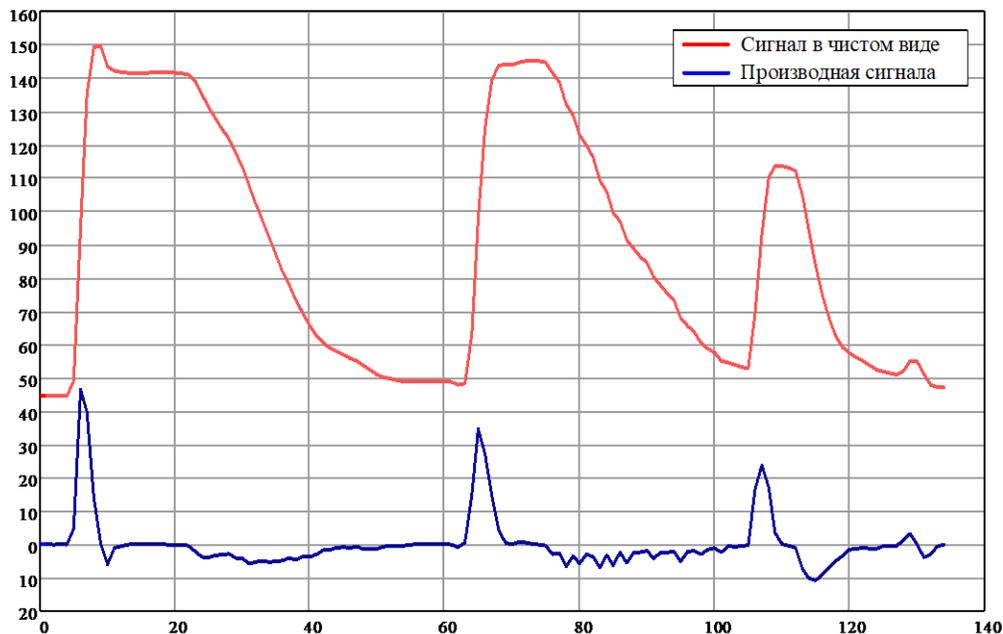


Рисунок 8.4 – Выдача датчиком результатов в чистом виде и в виде производной

Данный тип обработки результата является первичным, т. е. полученный на данном этапе результат подлежит дальнейшей обработке в соответствии с заданным допустимым временем отсутствия сигнала, фильтрации (см. п. 8.7), а уже потом выдается по цифровому и аналоговому интерфейсу и на дискретные выходы.

Под производной подразумевается разность текущего и предыдущего результата. Производную удобно использовать, например, для управления дискретными выходами в качестве синхронизирующих сигналов.

Выбор типа предварительного результата осуществляется в ячейке памяти датчика с адресом 0E. По умолчанию в датчике установлен режим выдачи «В чистом виде» (см. таблицу 9.2).

¹ Этот параметр применяется в датчиках, начиная с версии LS5.8.0.

8.9. Интерпретация выдаваемого результата

Через цифровой интерфейс результат измерения датчика выдается в виде кода в диапазоне от 0 до 50000. Код 0...50000 также используется при работе с некоторыми параметрами датчика, касающимися выдаваемого результата. В зависимости от установленного параметра «Тип предварительного результата», код 0...50000 нужно интерпретировать по-разному:

- 1) если параметр «Тип предварительного результата» равен 0x00 (результат выдается в чистом виде).

Числу 0 соответствует начальная точка диапазона, числу 50000 – конечная. Для расчета фактического значения дальности относительно начальной точки диапазона нужно использовать формулу (8.1):

$$\text{дальность} = \text{диапазон} \cdot \frac{\text{код}}{50000}, \quad (8.1)$$

где *код* – результат, выдаваемый датчиком;

- 2) если параметр «Тип предварительного результата» равен 0x01 (результат выдается в виде производной расстояния).

Числу 0 соответствует минимальное значение производной, числу 50000 – максимальное значение производной, а числу 25000 – нулевое значение производной. Для расчета фактического значения производной расстояния нужно использовать следующую формулу:

$$\text{производная дальности} = \text{диапазон} \cdot \frac{\text{код} - 25000}{50000}, \quad (8.2)$$

где *код* – результат, выдаваемый датчиком.

Код результата передается пятью байтами ASCII-кода, т. е. от '00000' до '50000' (подробнее см. п. 9).

Кроме диапазона 0...50000 еще используются два специальных значения:

65534 – для указания на то, что датчик не сделал еще ни одного измерения и выдавать пока нечего;

65535 – для указания на то, что сигнал отсутствует.

8.10. Аналоговый выход

Диапазон аналогового выхода, определяемый нижней и верхней границами, задает диапазон показаний датчика, в пределах которого сигнал на аналоговом выходе меняется от минимума до максимума. Формула 8.3 математически выражает связь между показаниями аналогового выхода, показаниями датчика и параметрами «**Верхняя граница аналогового выхода**» и «**Нижняя граница аналогового выхода**».

$$A = \begin{cases} A_{\min} + (A_{\max} - A_{\min}) \cdot \frac{K - K_n}{K_v - K_n}, & \text{если } \begin{cases} K_n \leq K \leq K_v, \\ K_n < K_v \end{cases} \text{ или } \begin{cases} K_v \leq K \leq K_n, \\ K_v < K_n \end{cases} \\ A_{\min}, & \text{если } \begin{cases} K \leq K_n, \\ K_n < K_v \end{cases} \text{ или } \begin{cases} K \leq K_v, \\ K_v < K_n \end{cases} \text{ или } K_v = K_n \\ A_{\max}, & \text{если } \begin{cases} K \geq K_v, \\ K_n < K_v \end{cases} \text{ или } \begin{cases} K \geq K_n, \\ K_v < K_n \end{cases} \end{cases} \quad (8.3)$$

где A – показание аналогового выхода;

A_{\min} – минимально возможное показание на аналоговом выходе (например, для токового выхода 4–20 мА это 4 мА);

A_{\max} – максимально возможное показание на аналоговом выходе (например, для токового выхода 4–20 мА это 20 мА);

K – показание датчика в коде 0...50000;

K_n – нижняя граница аналогового выхода (в коде 0...50000);

K_v – верхняя граница аналогового выхода (в коде 0...50000).

Значения нижней и верхней границ могут быть только в диапазоне 0÷50000. Имеется возможность инвертирования аналогового выхода (когда $K_v < K_n$). Для индикации состояния «Отсутствие сигнала» на аналоговом выходе применяется установка в крайнее положение в зависимости от последнего измеренного значения.

Рисунок 8.5 наглядно описывает принцип масштабирования аналогового выхода. Еще один пример работы с аналоговым выходом проиллюстрирован в п. 9.5.

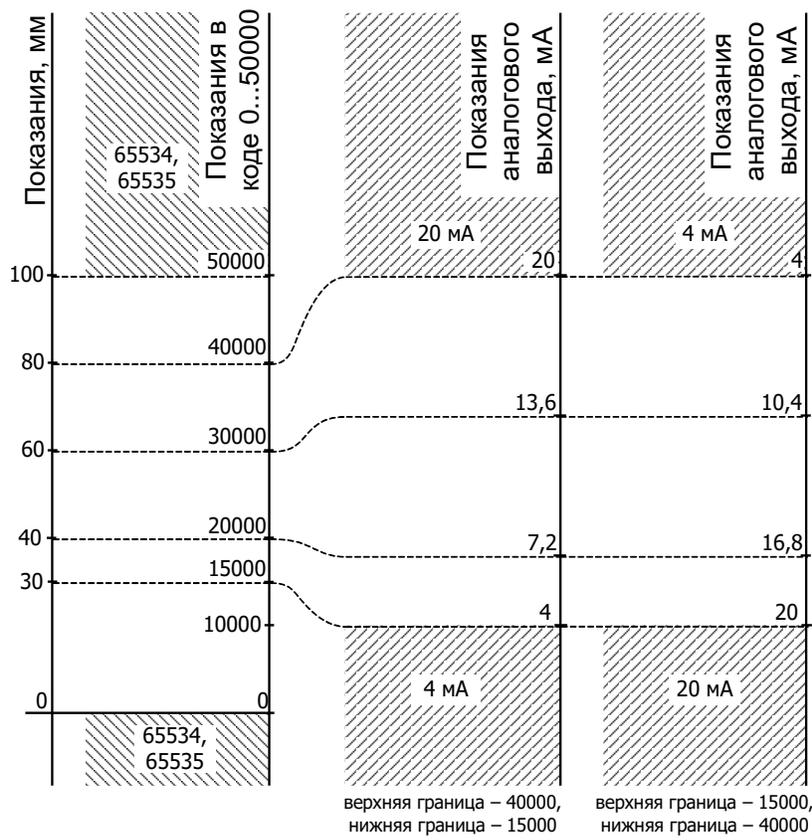


Рисунок 8.5– Масштабирование аналогового выхода для датчика с диапазоном 100 мм. В данном примере рассматривается токовый выход 4–20 мА.

Аналоговый выход можно включить или выключить, управляя соответствующим параметром (см. таблицу 9.2). Если аналоговый выход выключен, то его значение остается таким, каким было при последнем измерении до выключения выхода.

Параметр «Фиксируемый диапазон аналогового выхода» используется только при защелкивании (см. п. 8.14).

8.11. Параметры дискретных выходов

Датчики LS5 имеют 2 независимых дискретных NPN-выхода (с открытым коллектором), которые могут использоваться для управления внешними устройствами. Каждый из выходов имеет начальное значение и диапазон, в пределах которого выход меняет свое значение. Диапазон задается путем настройки первого и второго перепада.

Первый и второй перепад дискретного выхода¹ – два значения (в коде 0...50000), при «проскакивании» которых дискретный выход меняет свое состояние.

Начальное значение дискретного выхода – значение («0» или «1»), которое он будет принимать при результатах ниже уровня первого перепада или выше уровня второго перепада. При результатах, значения которых находятся между первым и вторым уровнями перепадов, дискретный выход принимает уровень, противоположный его «начальному значению дискретного выхода». Таким образом, при изменении начального значения дискретного выхода на противоположное характеристика переключения дискретного выхода инвертируется. Математически описать состояние дискретного выхода можно с помощью формулы 8.4 (см. также рисунок 8.6):

¹ См. параметры «Первый перепад первого дискретного выхода», «Второй перепад первого дискретного выхода», «Первый перепад второго дискретного выхода» и «Второй перепад второго дискретного выхода» в таблице 9.2

$$OK = \begin{cases} not(N), & \text{если } K_{OK1} \leq K \leq K_{OK2}, \\ N, & \text{если } K < K_{OK1} \text{ или } K > K_{OK2}, \end{cases} \quad (8.4)$$

- где OK – состояние дискретного выхода;
- K – показание датчика в коде 0...50000;
- K_{OK1} – значение первого перепада (в коде 0...50000);
- K_{OK2} – значение второго перепада (в коде 0...50000);
- N – начальное значение дискретного выхода;
- not – оператор инверсии (противоположное значение).

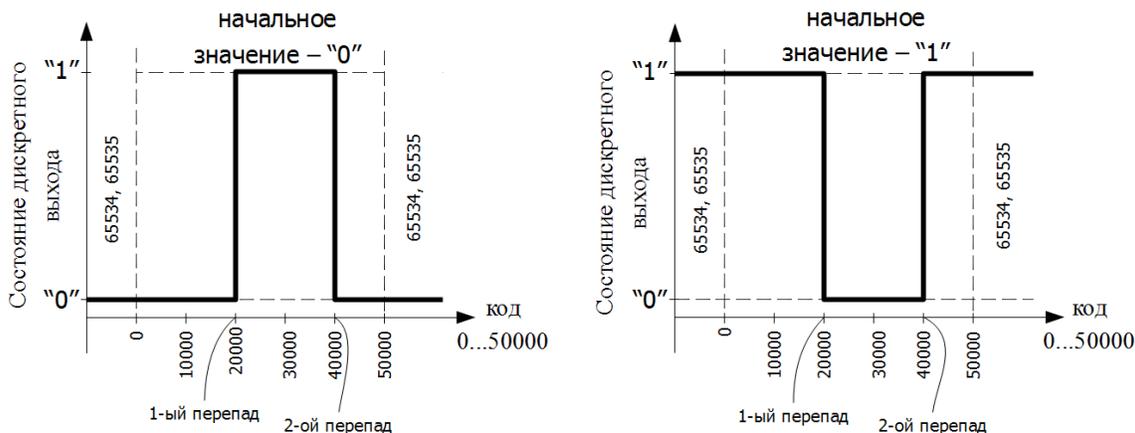


Рисунок 8.6 – Принцип работы дискретного выхода со значением первого перепада 20000, второго перепада – 40000.

Значения первого и второго перепадов могут быть только в диапазоне 0÷50000. Первый перепад дискретного выхода должен быть меньше (или равен) второму перепаду того же выхода. В противном случае работа дискретного выхода будет некорректной. Для случаев пропадания сигнала (когда код результата становится равным 65535) формула 8.4 также остается справедливой.

Параметр «Фиксируемый диапазон дискретных выходов» используется только при защелкивании (см. п. 8.14).

8.12. Последовательность обработки результата

Функциональная схема на рисунке 8.7 показывает последовательность применения в датчике фильтров и параметров для обработки результата измерения.

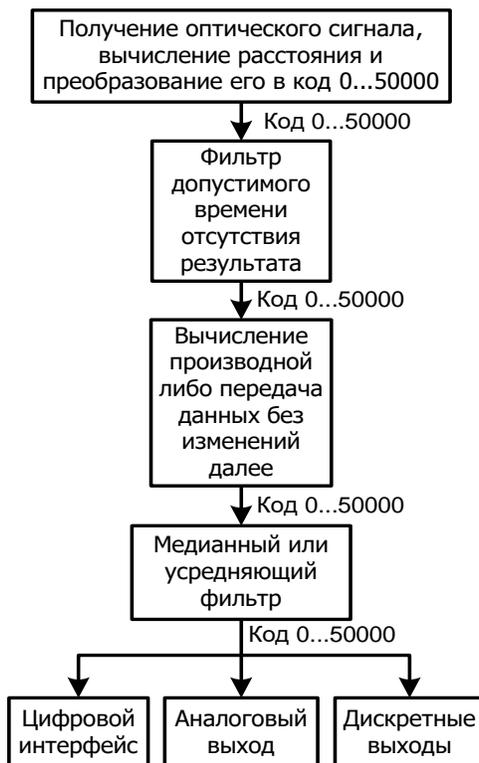


Рисунок 8.7 – Функциональная схема последовательности предварительной обработки результата измерения



Примечание: после каждого цикла измерения происходит сохранение результата в оперативной памяти, при следующем измерении старый результат затирается новым.

8.13. Выдача результатов измерений, синхронизация, защёлкивание

В датчиках LS5 предусмотрены следующие способы выдачи результатов измерений:

- непрерывно в потоке, после однократного запроса (см. команды «Запуск потока результатов» и «Остановить поток» в таблице 9.1);
- запросом однократной выдачи текущего результата (см. команду «Считать последний полученный результат» в таблице 9.1). Текущий результат обновляется с каждым циклом измерений;
- запросом однократной выдачи защелкнутого результата (последовательностью команд «Защелкнуть результат» и «Считать результат из защелки» (см. таблицу 9.1));
- отдельным потоком данных по интерфейсу Ethernet (помимо штатного интерфейса), при наличии такового (см. параметр «Автопоток UDP-данных» в таблице 9.2 и главу 10);
- через аналоговый выход;
- косвенным способом – перепадами логических уровней на выводах с открытым коллектором (см. рисунок 9.1).

Параметр «Синхронизация» определяет способ синхронизации измерений:

- внутренним таймером (в соответствии с заданным периодом измерений);
- сигналом, поступающим на вход внешней синхронизации (тактированием).

При синхронизации внутренним таймером датчик проводит измерения в соответствии с установленным параметром «Период измерения датчика» (см. п. 8.4).

При синхронизации по внешнему сигналу датчик проводит измерения по нарастающему фронту сигнала на входе синхронизации. При частоте тактирования, превышающей заявленную частоту измерений, датчик будет «пропускать» такты.

Параметр «Синхронизация» хранится в памяти датчика и доступен для изменения по адресу 1E (см. таблицу 9.2).

Вход синхронизации также может выполнять функцию защёлкивания (дублирование команды «Защелкнуть результат» (см. таблицу 9.1)). Для этого параметр «Защёлкивание» должен быть больше 0 при любом допустимом значении параметра «Синхронизация». Процесс измерения с последующим защёлкиванием будет запускаться нарастающим фронтом сигнала на входе синхронизации, независимо от того, какие операции выполнялись до этого в датчике.



Рассмотрим неоднозначную ситуацию, когда:

- параметр «Синхронизация» равен 1 (тактирование по входу внешней синхронизации);
- параметр «Защёлкивание» не равен 0;
- включен поток данных.

В этом случае каждый синхроимпульс будет запускать единственное измерение с последующим защёлкиванием, выдачи данных в потоке не будет, а результат можно будет считать только командами «Считать результат из защелки» или «Считать последний полученный результат».

Если при тех же условиях параметр «Синхронизация» равен 0, то синхросигнал будет так же запускать измерение с защёлкиванием, причём этот процесс будет в приоритете над процессами, управляемыми внутренним таймером. Кроме того, будет происходить выдача данных в потоке, управляемая внутренним таймером, но при этом возможны задержки или разрывы пакетов данных (сигнал защёлкивания прерывает все процессы и запускает новое измерение).



Если требуется получать данные в потоке с тактированием по входу синхронизации, то параметр «Защёлкивание» должен быть равен 0. В данном случае защёлкивание можно производить только подачей команды «Защелкнуть результат» по цифровому интерфейсу (см. таблицу 9.1).

8.14. Защёлкивание с пересчетом границ аналогового и дискретных выходов

Начиная с версии «LS5.9.0», в датчиках появилась возможность автоматического пересчета границ аналогового и дискретных выходов.

Применение автоматического пересчета позволяет отказаться от компьютера или других микропроцессорных устройств в ходе эксплуатации автоматизированных систем управления совместно с датчиками LS5. Пересчитанные значения границ того или иного параметра, в зависимости от значения параметра «Защёлкивание», могут быть автоматически записаны в энергонезависимую память, что также исключает необходимость подавать датчику команду «Записать во FLASH» с помощью сторонних устройств.

Для автоматического пересчета границ аналогового и дискретных выходов датчик должен получить сигнал по синхровходу либо команду «Защелкнуть результат». Предварительно должны быть настроены параметры: «Защёлкивание» (установить нужное значение от 02 до 09), «Фиксируемый диапазон аналогового выхода» или «Фиксируемый диапазон дискретных выходов» (см. таблицу 9.2).

Для пересчета значений расстояния в код датчика от 0 до 50000 следует воспользоваться фор-

мулой:

$$\text{код} = \frac{\text{дальность}}{\text{диапазон}} \cdot 50000, \quad (8.5)$$

где *дальность* – значение расстояния, которое нужно представить в коде датчика от 0 до 50000, мм;

диапазон – диапазон измерений датчика, мм.

Пересчет границ фиксируемого диапазона аналогового или дискретного выхода производится по следующим формулам:

$$G_{\min} = \begin{cases} \text{int} \left(K - \frac{D}{2} \right), & \text{если } 0 \leq \text{int} \left(K - \frac{D}{2} \right) \leq 50000 \\ \text{или} \\ 0, & \text{если } \text{int} \left(K - \frac{D}{2} \right) < 0 \\ \text{или} \\ 50000, & \text{если } \text{int} \left(K - \frac{D}{2} \right) > 50000 \end{cases}, \quad (8.6)$$

$$G_{\max} = \begin{cases} \text{int} \left(K + \frac{D}{2} \right), & \text{если } 0 \leq \text{int} \left(K + \frac{D}{2} \right) \leq 50000 \\ \text{или} \\ 0, & \text{если } \text{int} \left(K + \frac{D}{2} \right) < 0 \\ \text{или} \\ 50000, & \text{если } \text{int} \left(K + \frac{D}{2} \right) > 50000 \end{cases}, \quad (8.7)$$

где G_{\min} и G_{\max} – соответственно нижняя и верхняя границы требуемого параметра;

K – результат измерения при защелкивании (в коде 0...50000);

D – «Фиксируемый диапазон аналогового выхода» или «Фиксируемый диапазон дискретных выходов» (в коде 0...50000);

int – оператор математического округления до ближайшего целого.

Приведем пример настройки автоматической системы позиционирования сварочной головки на базе датчика LS5 (см. рисунок 8.8).

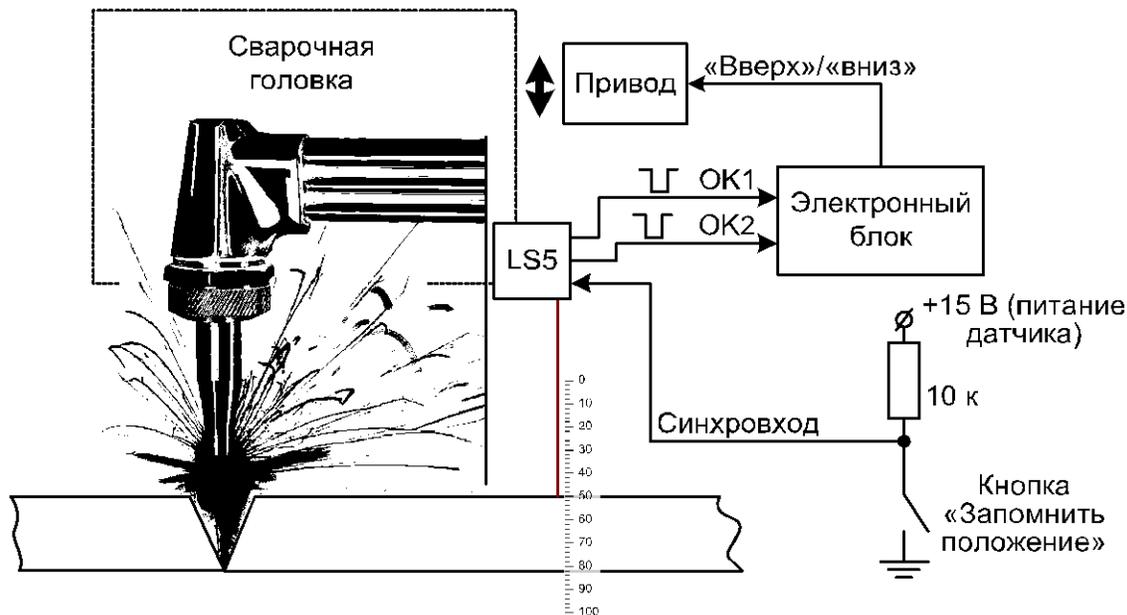


Рисунок 8.8 – Функциональная схема работы автоматической системы позиционирования сварочной головки

Имеется установка, в которой необходимо при перемещении вдоль сварного шва поддерживать высоту сварочной головки над объектом в заданном диапазоне расстояний (к примеру, ± 10 мм). Горелка может вертикально позиционироваться с помощью привода. Как автоматизировать этот процесс, используя минимум схемотехники? Достаточно прикрепить к горелке лазерный датчик LS5 с диапазоном 100 мм таким образом, чтобы плоскость со свариваемыми объектами находилась примерно в середине его рабочего диапазона. К синхровходу датчика подключается кнопка с подтяжкой на «плюс» питания. Дискретные выходы с открытым коллектором «OK1» и «OK2» совместно с простейшим логическим электронным блоком подают команды «Вверх», «Вниз», «В диапазоне» или «Вне диапазона».

По формуле (8.5) параметр «Фиксируемый диапазон дискретных выходов» для датчика с диапазоном измерения 100 мм и допустимым отклонением высоты ± 10 мм (т. е. в размахе 20 мм) должен равняться $\frac{20 \text{ мм}}{100 \text{ мм}} \cdot 50000 = 10000$.

Предположим, что при подаче команды «Защелкнуть результат» датчик сохранил код 25000.

Тогда нижняя граница фиксируемого диапазона дискретных выходов G_{\min} по формуле (8.6):

$$G_{\min} = 25000 - \frac{10000}{2} = 20000 = 4E20(\text{HEX}), \text{ а верхняя граница } G_{\max} \text{ по формуле (8.7):}$$

$$G_{\min} = 25000 + \frac{10000}{2} = 30000 = 7530(\text{HEX}).$$

Диаграмма работы дискретных выходов должна выглядеть так:

Дискретный выход «ОК1»: начальное значение – «1», нижняя граница – специально рассчитывается, верхняя граница – 50000.

Дискретный выход «ОК2»: начальное значение – «1», нижняя граница – 0, верхняя граница – специально рассчитывается.

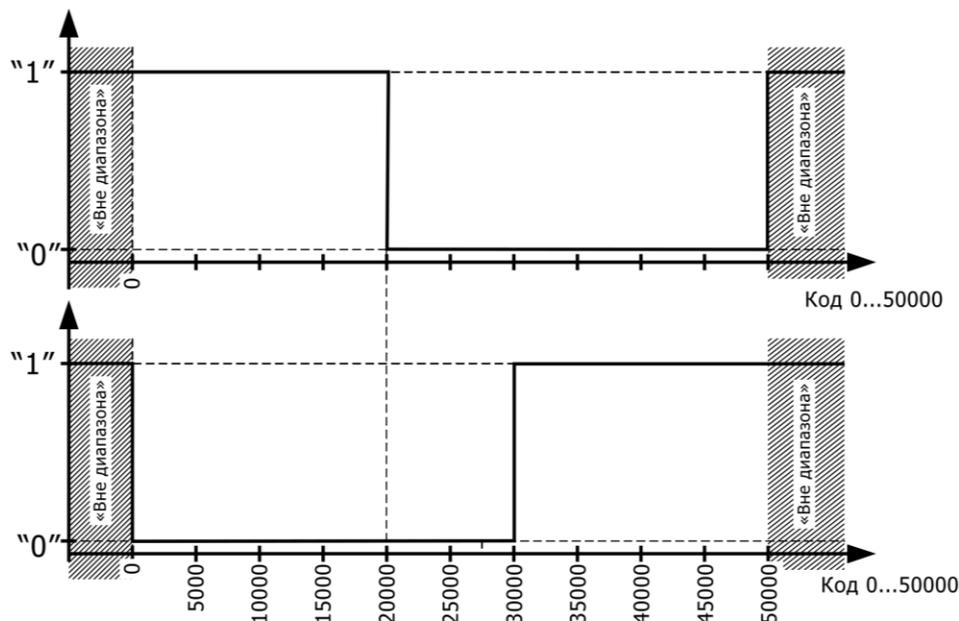


Рисунок 8.9 – Диаграммы работы дискретных выходов для управления приводом

Требуется использовать оба дискретных выхода, а также желательно, чтобы настройки датчика сохранялись после выключения питания, поэтому параметр «Защелкивание» целесообразно задать равным «09» (см. таблицу 9.2).

Для запоминания уровня слежения следует переместить сварочную головку на нужную высоту и нажать кнопку. При этом датчик будет пересчитывать нижнюю границу 1-го дискретного выхода и верхнюю границу 2-го дискретного выхода.

Таким образом, достаточно один раз на компьютере установить параметры датчика, а в дальнейшем пользоваться только кнопкой для задания уровня слежения.

Для проектирования подобных автоматизированных систем управления можно использовать и аналоговый выход.

9. ОПИСАНИЕ ПРОТОКОЛА ОБМЕНА ПО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМУ ИНТЕРФЕЙСУ

9.1. Общие сведения

В зависимости от модификации датчика используется интерфейс RS-232 или RS-485. Со стороны программного обеспечения обмен по обоим интерфейсам происходит совершенно одинаково. Отличия существуют только на физическом уровне.

При обмене данными по последовательному интерфейсу применяется принцип «запрос-ответ», т. е. после отправки датчику команды тот, в свою очередь, должен выдать ответ. Все данные по последовательному интерфейсу передаются в формате ASCII. Датчик имеет свой сетевой адрес (от 1 до 255), используемый при обращении именно к этому датчику. Для обращения ко всем датчикам в сети используются широковещательные команды, отправляемые по адресу 0. На широковещательные запросы ответ не предусмотрен.

По желанию заказчика для связи с датчиком может использоваться протокол Modbus RTU (подробно см. «Датчик LS5. Протокол обмена данными на основе Modbus RTU v.1.1b»).

9.2. Перечень команд для работы по последовательному интерфейсу

Каждая команда-запрос начинается с символа «#» (код 0x23) и двух символов, соответствующих сетевому адресу датчика, и заканчивается символом <cr> (код 0x0D). Ответный пакет начинается с символа «!» (код 0x21) и заканчивается символом <cr> (код 0x0D). Исключения составляют идентификация (в ответном пакете применяется не символ «!», а символ «%»), выдача в поток (в ответ на запуск потока бесконечно выдаются пакеты с результатами) и случаи широковещательных запросов (на широковещательные запросы датчик не отвечает).

Поток данных применяется для устранения необходимости отправки запроса для считывания каждого измеренного значения. Это значительно повышает скорость обмена по последовательному интерфейсу и практически позволяет считывать 1000 результатов в секунду на скорости 230400 бод.

В датчиках по умолчанию установлен режим «автоток UDP-данных». Это значит, что при включении питания датчик автоматически выдает результаты измерения. Отключить режим возможно, послав команду # [AA] W7000 <cr>, где [AA] – сетевой адрес датчика (см. таблицу 9.1).

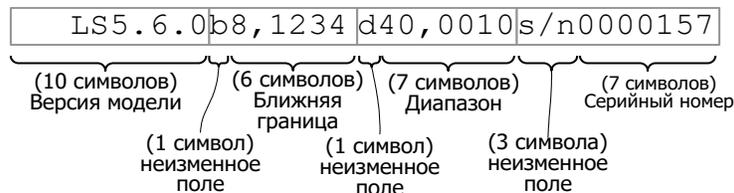
Для остановки потока можно применять команду # [AA] SB <cr>, если необходимо также получить ответное подтверждение. Кроме того, датчик останавливает выдачу в поток, если получает любую хотя бы один корректный байт.

В таблице 9.1 указан весь перечень команд, применяемых для работы с датчиками LS5.

Таблица 9.1 – Перечень команд

Название команды	Формат запроса	Формат ответа
Идентификация	# [AA] ID<cr>	% [AA] [35 байтов]<cr>
Чтение параметра	# [AA] Raa<cr> aa – адрес параметра в HEX	! [AA] Raadd<cr>
Запись параметра	# [AA] Waadd<cr> ¹ aa – адрес параметра в HEX dd – значение параметра в HEX	! [AA] Waadd<cr> ²
Запись параметров в энергонезависимую память (Записать во FLASH)	# [AA] FL<cr> ¹	! [AA] FL<cr> ²
Включить датчик	# [AA] ON<cr> ¹	! [AA] ON<cr> ²
Выключить датчик	# [AA] OF<cr> ¹	! [AA] OF<cr> ²
Защелкнуть результат	# [AA] FX<cr> ¹	! [AA] FX<cr> ²
Запуск потока результатов	# [AA] ST<cr>	Поток результатов в формате: ! [5 байтов результата]<cr>
Остановить поток	# [AA] SB<cr> ¹	! [AA] SB<cr> ²
Считать результат из защелки	# [AA] FR<cr>	! [AA] FR [5 байтов результата]<cr>
Считать последний полученный результат	# [AA] LR<cr>	! [AA] LR [5 байтов результата]<cr>
Восстановление параметров по умолчанию	# [AA] DF<cr> ¹	! [AA] DF<cr> ²
<p>☑ Примечания:</p> <p>¹ Поддерживается широковещательный запрос (посылка команды по адресу 0).</p> <p>² В случае широковещательного запроса ответа нет</p>		

Отдельно следует сказать об идентификации датчика. Как указано в таблице 9.1, в ответ на запрос идентификации приходит поле из 35 ASCII-символов. Это поле имеет в свою очередь свои строго фиксированные поля в 10, 7, 8 и 10 символов. Рассмотрим конкретный пример:



В данном случае можно узнать версию прибора (LS5.6.0), ближнюю границу (8,1234 мм), диапазон (40,001 мм) и серийный номер (157).

Как видно, целые и дробные числа в идентификационном поле записываются в строковом виде. Для получения конкретного числового значения можно воспользоваться стандартными функциями (при написании программного обеспечения для компьютера) преобразования строковых переменных в переменную с плавающей точкой (при этом следует учитывать, что в качестве десятичного разделителя используется запятая).

Значение диапазона используется непосредственно при преобразовании кода 0...50000 в значение в миллиметрах. Управляющее устройство, общающееся с одним или несколькими датчика-

ми, может автоматически соотнести серийный номер датчика и его диапазон, что облегчает процесс замены датчиков с разными диапазонами.

9.3. Настройка параметров датчиков

Каждый параметр имеет свой адрес в памяти датчика. Чтение параметра производится командой # [AA]Raa<cr>, запись – командой # [AA]waadd<cr>. Запись параметров производится в оперативную память датчика. Это означает, что при следующем включении датчика параметры примут старые значения. Для сохранения параметров в энергонезависимой памяти для последующей автоматической установки при каждом включении необходимо после записи подать команду # [AA]FL<cr>.

В таблице 9.2 приведены все сведения о значении параметров и их адресации.

Таблица 9.2 – Настройка параметров датчиков

Наименование параметра	Принимаемые значения	Значение по умолчанию (HEX)	Адрес параметра (HEX)
Сетевой адрес	01-FF	01	01
Датчик включен/выключен при подаче питания	00 – выключен 01 – включен	01	02
Аналоговый выход включить, выключить	00 – выключен 01 – включен	01	03
Формат байта при работе с последовательными протоколами	00 – паритета нет, 1 стоп-бит; 01 – контроль четности, 1 стоп-бит; 02 – контроль нечетности, 1 стоп-бит; 03 – паритета нет, 2 стоп-бита; 04 – контроль четности, 2 стоп-бита; 05 – контроль нечетности, 2 стоп-бита.	00	04
Скорость последовательного интерфейса	01 – 9600 бод; 02 – 19200 бод; 03 – 38400 бод; 04 – 57600 бод; 05 – 115200 бод; 06 – 230400 бод ² ; 07 – 460800 бод ² ; 08 – 921600 бод ² .	05	05
Период измерения датчика (дискрет – 0,1 мс, минимальное значение – 0,1 мс), t : t = (значение параметра)×0,1 [мс]. Например: для t = 1 мс параметр равен 000A; для t = 5,2 мс параметр равен 0034.	Для самого параметра: 0001-FFFF	(соответствует 10 мс)	

Наименование параметра	Принимаемые значения	Значение по умолчанию (HEX)	Адрес параметра (HEX)
младший байт старший байт	00-FF 00-FF	64 00	06 07
Константа, задающая период выдачи данных при потоковом режиме (T), $n=T/t$, где t – период измерения датчика, T – период выдачи результатов датчиком.	01 - FF ¹	01	08
Допустимое время отсутствия сигнала (дискретность – 1 мс), τ [мс]: $\tau = (\text{значение параметра}) \cdot 1$ [мс]. Например: для $\tau = 0$ мс параметр равен 0000; для $\tau = 10$ мс параметр равен 000A. младший байт старший байт	Для самого параметра: 0000-FFFF 00-FF 00-FF	(соответствует 10 мс) 0A 00	 09 0A
Тип предварительной фильтрации данных	00 – усреднение по n значениям; 01 – медианная фильтрация	00	0B
Количество точек усреднения, k	01-FF (от 1 до 255)	01	0C
Количество точек медианного фильтра, m (должно быть нечетным: $m = 2h + 1$, где $h = 0, 1, \dots, 24$)	01, 03, 05, ..., 31	05	0D
Тип предварительного результата	00 – в чистом виде; 01 – производная сигнала (разность текущего и предыдущего результата)	00	0E
Нижняя граница аналогового выхода: младший байт старший байт	00-FF 00-C3	00 00	11 12
Верхняя граница аналогового выхода: младший байт старший байт	00-FF 00-C3	50 C3	13 14
Настройка дискретных выходов	XX, где первая цифра отвечает за первый выход, вторая – за второй. 0 – дискретный выход выключен; 1 – дискретный выход включен (начальное значение – 0); 2 – дискретный выход включен (начальное значение – 1); Пример: 12 – 1-й выход включен, с начальным значением «0», 2-й выход включен с начальным значением «1».	12	15

Наименование параметра	Принимаемые значения	Значение по умолчанию (HEX)	Адрес параметра (HEX)
Первый перепад первого дискретного выхода: младший байт старший байт	00-FF 00-C3	00 00	16 17
Второй перепад первого дискретного выхода: младший байт старший байт	00-FF 00-C3	50 C3	18 19
Первый перепад второго дискретного выхода: младший байт старший байт	00-FF 00-C3	00 00	1A 1B
Второй перепад второго дискретного выхода: младший байт старший байт	00-FF 00-C3	50 C3	1C 1D
Синхронизация	00 – по таймеру 01 – по входу внешней синхронизации	00	1E
Защелкивание	00 – выключено; 01 – включено, только с записью в защелку; 02 – включено, кроме записи в защелку производится пересчет границ аналогового выхода (с учетом параметра «Фиксируемый диапазон аналогового выхода»); 03 – то же, что для значения 02, только значения границ аналогового выхода еще записываются в ПЗУ; 04 – включено, кроме записи в защелку производится пересчет границ 1-го дискретного выхода (с учетом параметра «Фиксируемый диапазон дискретных выходов»); 05 – то же, что для значения 04, только значения границ 1-го дискретного выхода еще записываются в ПЗУ; 06 – включено, кроме записи в защелку производится пересчет границ 2-го дискретного выхода (с учетом параметра «Фиксируемый диапазон дискретных выходов»); 07 – то же, что для значения 06, только значения границ 2-го дискретного выхода еще записываются в ПЗУ; 08 – включено, кроме записи в защелку производится пересчет нижней границы 1-го и верхней границы 2-го дискретных выходов (с учетом параметра	01	1F

Наименование параметра	Принимаемые значения	Значение по умолчанию (HEX)	Адрес параметра (HEX)
	«Фиксируемый диапазон дискретных выходов»); 09 – то же, что для значения 08, только значения границ соответствующих дискретных выходов еще записываются в ПЗУ.		
Максимальное время экспозиции ³ , мкс: младший байт старший байт	Для самого параметра: 0001-FFFF 00-FF 00-FF	(9400 мкс) B8 24	20 21
Приоритет частоты измерения/ чувствительности ³	00 – приоритет частоты измерения 01 – приоритет чувствительности	01	22
Фиксируемый диапазон аналогового выхода ⁴ : младший байт старший байт	Для самого параметра: 0001-FFFF 00-FF 00-FF	10 27	23 24
Фиксируемый диапазон дискретных выходов ⁴ : младший байт старший байт	Для самого параметра: 0001-FFFF 00-FF 00-FF	10 27	25 26
IP-адреса датчика ⁵ 0-й байт 1-й байт 2-й байт 3-й байт	0-FF 0-FF 0-FF 0-FF	(192.168.0.3) C0 A8 00 03	50 51 52 53
IP-адреса шлюза ⁵ 0-й байт 1-й байт 2-й байт 3-й байт	0-FF 0-FF 0-FF 0-FF	(192.168.0.1) C0 A8 00 01	54 55 56 57
Маска подсети ⁵ 0-й байт 1-й байт 2-й байт 3-й байт	0-FF 0-FF 0-FF 0-FF	(255.255.255.255) FF FF FF FF	58 59 5A 5B
IP-адрес назначения ⁵ 0-й байт 1-й байт 2-й байт 3-й байт	0-FF 0-FF 0-FF 0-FF	(255.255.255.255) FF FF FF FF	5C 5D 5E 5F

Наименование параметра	Принимаемые значения	Значение по умолчанию (HEX)	Адрес параметра (HEX)
MAC-адрес датчика ⁵			
0-й байт	0-FF	1E	60
1-й байт	0-FF	30	61
2-й байт	0-FF	6C	62
3-й байт	0-FF	A2	63
4-й байт	0-FF	XX	64
5-й байт	0-FF	YY	65
		(где xx – ст. байт, yy – мл. байт серийного номера датчика)	
MAC-адрес назначения ⁵			
0-й байт	0-FF	FF	66
1-й байт	0-FF	FF	67
2-й байт	0-FF	FF	68
3-й байт	0-FF	FF	69
4-й байт	0-FF	FF	6A
5-й байт	0-FF	FF	6B
Номер удаленного порта ⁵	Для самого параметра: 0001-FFFF	(603)	
старший байт	00-FF	02	6C
младший байт	01-FF	5B	6D
Номер порта источника ⁵	Для самого параметра: 0001-FFFF	(5000)	
старший байт	00-FF	13	6E
младший байт	01-FF	88	6F
Автопоток UDP-данных ⁵	00 – выключен 01 – включен	01	70
<p> Примечания:</p> <p>¹ При $n=01$, период выдачи данных равен $T=t$; при $n=FF$ период равен $T=255 \cdot t$.</p> <p>² Доступно в версиях LS5.6.0 и выше (версию можно узнать при идентификации датчика).</p> <p>³ Доступно в версиях LS5.7.0 и выше.</p> <p>⁴ Доступно в версиях LS5.9.0 и выше.</p> <p>⁵ Доступно в версиях LS5.12.x и только в датчиках Ethernet.</p>			

9.4. Примеры сеансов связи с датчиком по последовательному интерфейсу

Описание команды	Тип передачи	Вид в ASCII	Вид в HEX
Включить датчик с адресом 01	запрос	#010N<cr>	0x23 0x30 0x31 0x4F 0x4E 0x0D
	ответ	!010N<cr>	0x21 0x30 0x31 0x4F 0x4E 0x0D
Установить для датчика с адресом 02 медианную фильтрацию	запрос	#02W0B01<cr>	0x23 0x30 0x32 0x57 0x30 0x42 0x30 0x31 0x0D
	ответ	!02W0B01<cr>	0x21 0x30 0x32 0x57 0x30 0x42 0x30 0x31 0x0D

9.5. Пример использования аналогового и дискретных выходов

На рисунке 9.1 приведены временные диаграммы датчика при использовании аналогового и дискретных выходов. В таблице 9.3 для данного случая приводятся параметры датчика и указания по их настройке.

Таблица 9.3 – Параметры датчика с адресом 1 и указания по их настройке (для примера, показанного на рисунке 9.1)

Параметр	Команды настройки (вид в ASCII)
1-ый дискретный выход: включен, начальное значение – 0. 2-ой дискретный выход: включен, начальное значение – 1.	#01W1512<cr>
Первый перепад 1-го дискретного выхода равен 20000 (0x4E20)	#01W1620<cr> #01W174E<cr>
Второй перепад 1-го дискретного выхода равен 40000 (0x9C40)	#01W1840<cr> #01W199C<cr>
Первый перепад 2-го дискретного выхода равен 10000 (0x2710)	#01W1A10<cr> #01W1B27<cr>
Второй перепад 2-го дискретного выхода равен 30000 (0x7530)	#01W1C30<cr> #01W1D75<cr>
Аналоговый выход включен	#01W0301<cr>
Нижняя граница аналогового выхода равна 0 (0x0000)	#01W1100<cr> #01W1200<cr>
Верхняя граница аналогового выхода равна 50000 (0xC350)	#01W1350<cr> #01W14C3<cr>

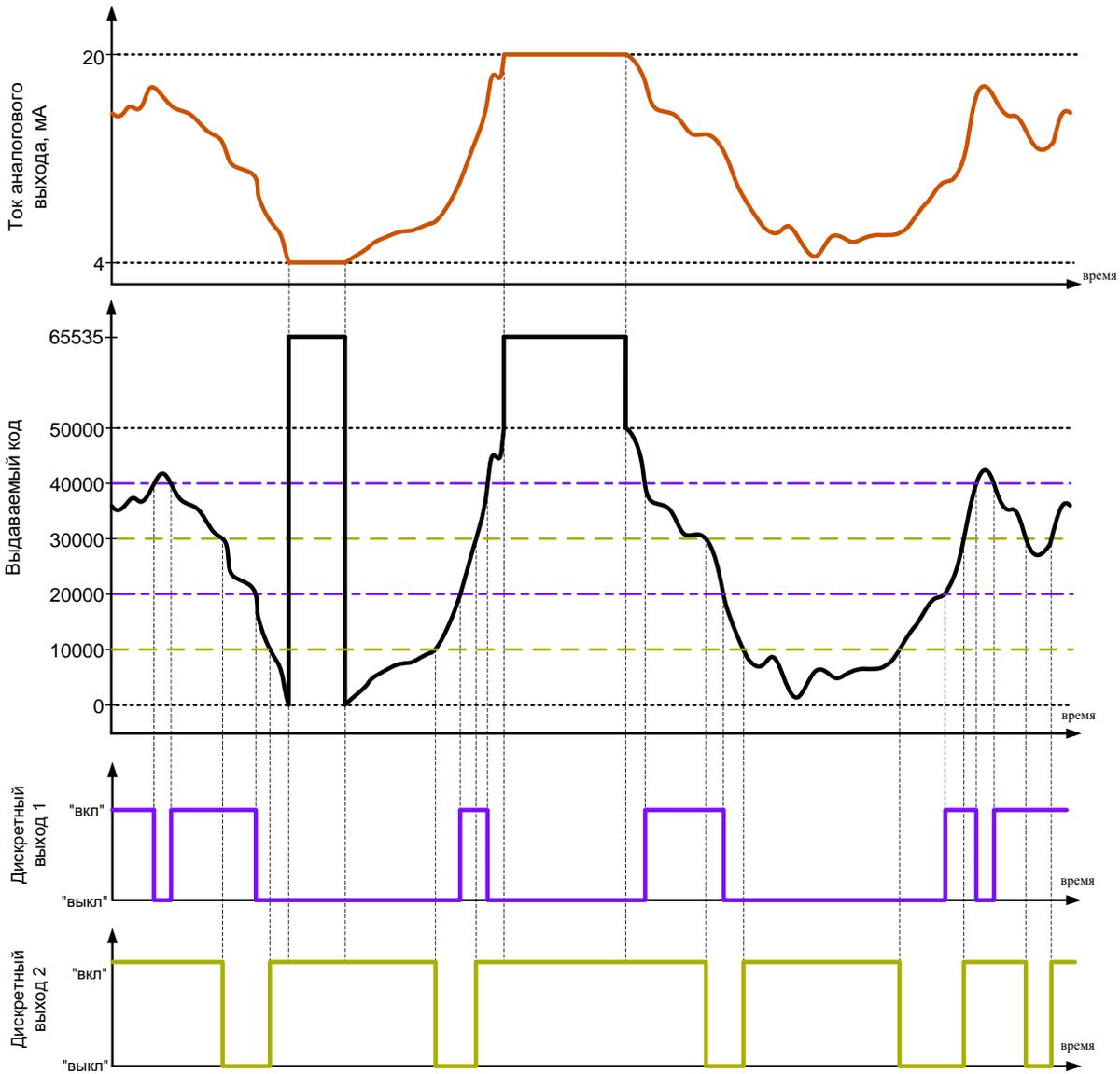


Рисунок 9.1 – Временные диаграммы работы датчика в режиме выдачи «в потоке», с включенными дискретными выходами и включенным аналоговым выходом по току

10. ОПИСАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА ETHERNET

Интерфейс Ethernet используется только для односторонней передачи потока измерений. Поиск датчиков и настройка параметров осуществляется по последовательному интерфейсу. По желанию заказчика для связи с датчиком может использоваться протокол Modbus RTU (подробно см. «Датчик LS5. Протокол обмена данными на основе Modbus RTU v.1.1b»).

Для передачи данных с использованием интерфейса Ethernet сначала производится заполнение внутреннего буфера передачи датчика результатами измерений в соответствии с установленным типом синхронизации и периодом выдачи данных. Размер внутреннего буфера – 168 измерений. После заполнения буфера производится формирование и выдача UDP-пакета с данными. По умолчанию в датчике записаны следующие сетевые настройки:

Параметр	Значение по умолчанию
IP-адрес датчика	192.168.0.3
IP-адрес назначения	255.255.255.255
IP-адрес шлюза	192.168.0.1
Маска подсети	255.255.255.255
MAC-адрес датчика	1E:30:6C:A2:XX:YY (где XX, YY – старший и младший байты серийного номера датчика соответственно)
MAC-адрес назначения	FF:FF:FF:FF:FF:FF
Номер удаленного порта (порта назначения)	603
Номер порта источника (датчика)	5000

10.1. Формат пакета данных

Датчик передает UDP-пакет длиной 512 байтов следующего формата:

Номер байта	Назначение
0	Измерение 1
1	младший байт
2	старший байт
3	Слово состояния для измерения 1
4	Измерение 2
5	младший байт
6	старший байт
7	Слово состояния для измерения 2
...	...
501	Измерение 168
502	младший байт
503	старший байт
504	Слово состояния для измерения 168

Номер байта	Назначение
504	Серийный номер датчика младший байт старший байт
505	
506	Ближняя граница датчика младший байт старший байт
507	
508	Диапазон измерения датчика младший байт старший байт
509	
510	Циклический счетчик номера пакета
511	Контрольная сумма пакета

Результат измерения передается в виде двухбайтного числа в коде от 0 до 4000h. Чтобы получить результат измерения в миллиметрах, следует воспользоваться формулой (10.1):

$$\text{дальность} = \text{диапазон} \cdot \frac{\text{код}}{4000h} \quad (10.1)$$

Слово состояния имеет размерность 1 байт. Состояние бита 0 равно «0», если измерение еще не проводилось. В противном случае передается «1».

Состояние бита 1 всегда равно «1».

Состояние бита 2 равно «0», если получен результат «ВНЕ ДИАПАЗОНА», «1» – в противном случае.

Состояние бита 3 равно «0», если результат соответствует расстоянию в чистом виде, «1» – результат соответствует производной расстояния.

Остальные биты слова состояния зарезервированы и при считывании всегда равны «0».

Циклический счетчик номера пакетов инкрементируется при передаче каждого пакета и используется для контроля потери пакетов при приеме данных.

Контрольная сумма пакета вычисляется как исключающее ИЛИ всех байтов из поля данных UDP-пакета, не считая байта циклического счетчика номера пакета.

11. ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие датчиков техническим условиям и их безотказную работу в течение 24 месяцев с момента приобретения при соблюдении условий эксплуатации, транспортирования, хранения и монтажа.

Время нахождения датчиков на складе в течение 6 месяцев при соблюдении условий хранения в гарантийный срок не включается.

В случае возникновения неисправности датчика при соблюдении требуемых условий эксплуатации, транспортирования и хранения, предприятие-изготовитель обязано безвозмездно устранить неисправности. При этом гарантийный срок продлевается на время, прошедшее со дня подачи рекламации до введения датчика в эксплуатацию.

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право на внесение в конструкцию изменений, не ухудшающих технические характеристики изделия.

Предприятие-изготовитель досрочно снимает с себя гарантийные обязательства при несоблюдении условий эксплуатации, транспортирования, хранения.

12. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ

12.1. Общие сведения

Обслуживание датчика при эксплуатации состоит из технического осмотра датчика, а также проверки его метрологических характеристик.

Технический осмотр датчика проводится обслуживающим персоналом не реже одного раза в месяц и включает в себя выполнение следующих операций:

- очистка корпуса датчика от пыли и грязи;
- обтирание мягкой тканью, смоченной в ректифицированном спирте защитных стекол по мере запыленности;
- проверка качества крепления датчика;
- проверка надежности подключения внешних связей.

Для очистки защитных стекол датчика не следует использовать абразивные чистящие средства, способные привести к царапинам.

Обнаруженные при осмотре недостатки следует немедленно устранять.

При техническом обслуживании необходимо соблюдать меры безопасности, изложенные в п.2 настоящего технического описания.

12.2. Поверка датчиков

Поверку датчика следует проводить периодически один раз в год, а в случае ремонта – непосредственно после ремонта.

Поверку датчика проводить согласно МП 06-233-2009 «ГСИ. Датчики лазерные триангуляционные LS5. Методика поверки».

Сведения о поверке следует занести в таблицу 10.1 п.10 руководства по эксплуатации датчика ЛД.5.001 РЭ.

12.3. Ремонт датчика

Ремонт датчика осуществляется предприятием-изготовителем ООО «НПП Призма»:

623462, г. Каменск-Уральский, п. Мартюш, ул. Ленина 3а, оф. 203;

<http://www.prizmasensors.ru>

e-mail: prizma_sensors@inbox.ru

тел: +7(343)268-45-72