

Особенности:

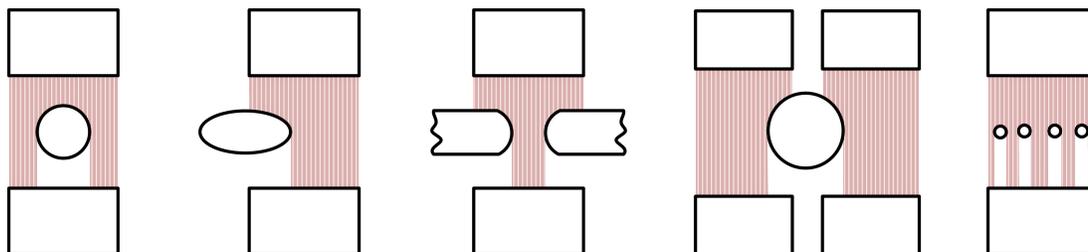
- Высокая разрешающая способность (до 0,1 мкм)
- Быстродействие 1 кГц
- Высокая помехоустойчивость
- Работа с широким спектром поверхностей
- Два программируемых NPN-выхода
- Цифровой (RS-485/232, CAN) и аналоговый (4–20 мА, 0–20 мА, 0–10 В) интерфейсы
- Прочный металлический корпус
- Напряжение питания от 5 до 32 В

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

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

В датчиках **LSten** используется принцип измерения тени от объекта. Излучатель создает световой луч, которым облучается контролируемый объект. Приемное устройство регистрирует затенение луча по получаемому изображению. Микропроцессор производит вычисление координат границ «свет-тень» и в зависимости от настроек выдает нужный размер объекта.

1.1. Типовые примеры использования



2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАТЧИКОВ LSten

Таблица 2.1 – Основные параметры и характеристики датчиков

Наименование параметров и характеристик	Значение
Диапазон измерений, мм	от 2 до 100
Предел относительной погрешности, приведённой к диапазону измерений, %: – для цифрового интерфейса – для аналогового интерфейса	0,15 0,25
Интерфейс цифровой ¹	RS485 или RS232, два дискретных программируемых выхода с открытым коллектором ²
Диапазон изменения выходного сигнала аналогового интерфейса ¹	4 – 20 мА, 0 – 20 мА или 0 – 10 В
Вход синхронизации	логический уровень 2 – 5 В, срабатывание по переднему фронту
Напряжение питания, В	5, 12, 24
Диапазон рабочих температур, °С	+10 ... +35
Диапазон предельных рабочих температур, °С	–20 ... +60
Время выхода на рабочий режим, мин	5
Время непрерывной работы	не ограничено

2.1. Требования надёжности

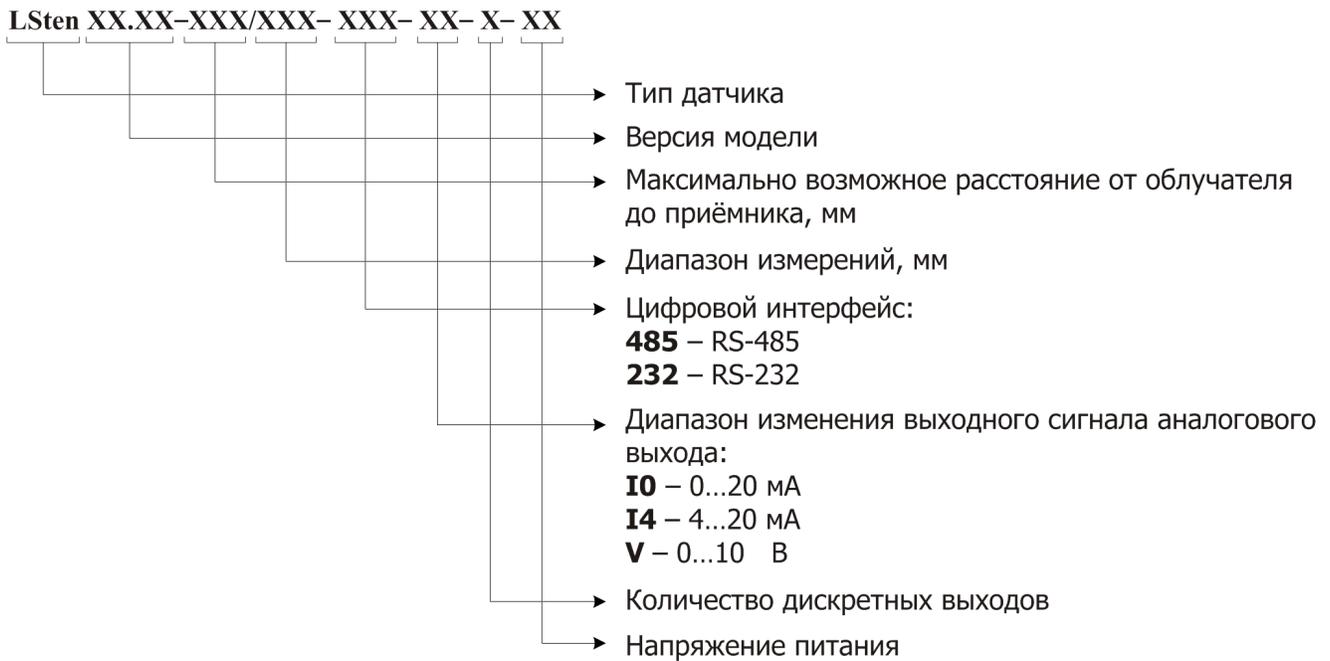
Вероятность безотказной работы датчиков за время работы 2000 часов составляет не менее 0,95.

Средний срок службы – не менее пяти лет.

¹ По требованию заказчика датчик может быть дополнен преобразователем интерфейса CAN.

² 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.

3. ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ЗАКАЗА



Пример условного обозначения:

LSten-1.0-150/7,9-485-I4-2-12

Расшифровка	
Микрометр оптический LSten	
Максимально возможное расстояние от облучателя до приёмника, мм	150
Диапазон измерений (ширина луча), мм	7,9
Цифровой интерфейс	RS-485
Диапазон изменения аналогового сигнала, мА	4...20
Количество дискретных выходов	2
Напряжение питания, В	12

4. ПОДКЛЮЧЕНИЕ ДАТЧИКОВ

Таблица 4.1 – Распайка проводов для подключения датчика

Цвет провода	Название выхода	Контакты DB9F
красный 	Питание	–
фиолетовый 	Дискретный выход 1	–
жёлтый 	Дискретный выход 2	–
оранжевый 	Аналоговый выход по току	–
серый 	Аналоговый выход по напряжению	–
коричневый 	Вход внешней синхронизации	–
зелёный 	RS-485 B (DATA –)	–
	Вход RS232	3
синий 	RS-485 A (DATA +)	–
	Выход RS232	2
чёрный 	Общий	–

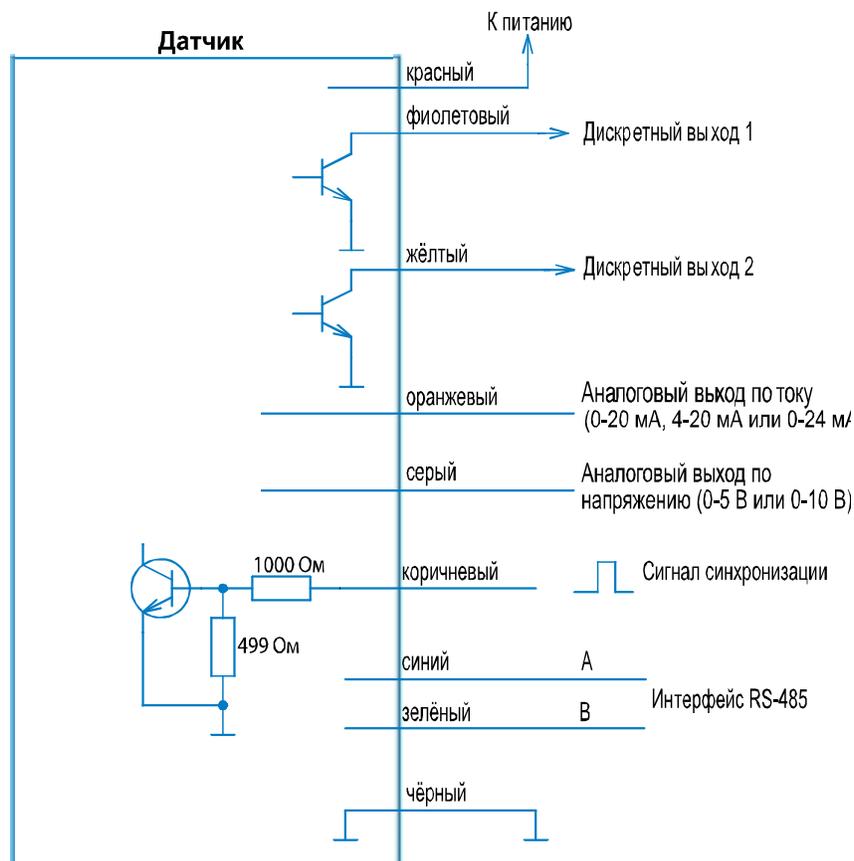


Рисунок 4.1 – Подключение датчика с интерфейсом RS-485

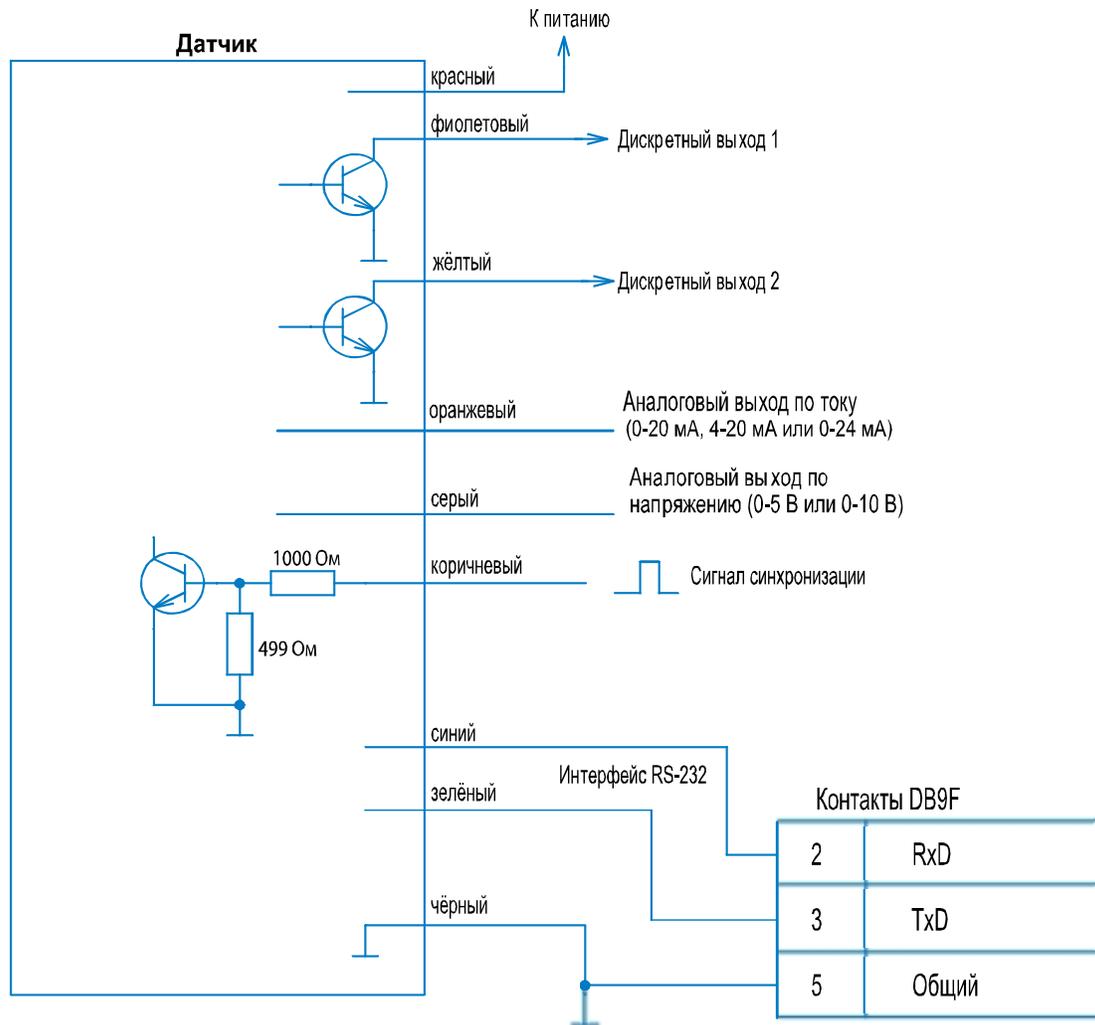


Рисунок 4.2 – Подключение датчика с интерфейсом RS-232

5. УКАЗАНИЯ ПО УСТАНОВКЕ ДАТЧИКОВ

Установка датчика на рабочее место производится таким образом, чтобы контролируемый объект располагался в зоне рабочего диапазона датчика.

При первой установке датчика на рабочее место или при изменении освещения со стороны объектива приёмника обязательно надо настроить датчик, иначе его показания будут ошибочными.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ УСТАНОВЛИВАТЬ ДАТЧИКИ В МЕСТАХ ВОЗМОЖНОЙ КОНДЕНСАЦИИ ВЛАГИ НА ОПТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ДАТЧИКОВ И В МЕСТАХ ПОПАДАНИЯ ПРЯМЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЛУЧЕЙ ИЛИ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В АПЕРТУРУ ПРИЕМНОГО ОБЪЕКТИВА.

6. ТЕРМИНЫ, ТРЕБУЮЩИЕ РАЗЪЯСНЕНИЙ

6.1. Сетевой адрес

Сетевой адрес – адрес, по которому производится обмен информации с датчиком по последовательному интерфейсу. При подключении нескольких датчиков в единую сеть, каждый из них должен иметь уникальный адрес. Начальное значение адреса, установленное на предприятии-изготовителе – 01.

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

Определить то, что датчик включен¹, можно по наличию красного свечения окошка передатчика. При этом устройство находится в режиме постоянного измерения (в соответствии с настройками – см. раздел 7), 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 приёмника (нет красного свечения) и не производятся измерения. Датчик только прослушивает сеть на наличие команд. При выключении дискретные выходы сбрасываются в ноль, а аналоговый выход остаётся 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).

Таким образом, параметр «Состояние датчика при включении питания» задаёт, будет включен или выключен датчик при подаче питания. Это удобно при отсутствии подключения по цифровому интерфейсу, так как не требует включения командой от управляющего устройства.

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 **LSten** имеют некоторые специфические настройки, которые на устаревшем оборудовании могут не позволить нормально общаться с датчиками по последовательному интерфейсу. К таким параметрам относятся настройки последовательного интерфейса (бодрейт, формат байта) и «Включение/выключение выдачи результатов в потоке сразу после включения питания»². Для этого случая предусмотрен режим ожидания при включении питания датчика. В этом режиме происходит следующее:

- при включении питания сразу загорается излучатель передатчика³;

¹ Начиная с этого места, далее понятия «включение» и «включение питания» будут иметь разный смысл. Если будет говориться именно о включении питания, то так и будет написано.

² См. раздел 8.2.

³ При этом можно также следить за дискретными выходами, включение/выключение которых происходит синхронно с включением/выключением облучателя.

- в течение 2 секунд датчик инициализируется (внутренние настройки, чтение параметров из энергонезависимой памяти);
- датчик настраивает последовательный интерфейс на упрощённый 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 «Формат байта при работе с последовательным интерфейсом» и «Скорость последовательного интерфейса», и выключить поток¹);
- загорается излучатель, датчик настраивается в соответствии с сохранёнными параметрами;
- через 0,5 секунды после последнего включения облучателя датчик переходит в рабочий режим.

6.3. Аналоговый выход включен/выключен

Если датчик включен, то можно запретить обновление состояния его аналогового выхода установкой соответствующего параметра в ноль. В этом случае аналоговый выход будет «выключен». Аналогично при установке параметра в единицу аналоговый выход будет «включен» и его состояние станет изменяться согласно измерениям датчика.

6.4. Формат байта

Формат байта при работе по последовательному протоколу задает наличие контроля чётности/нечётности, количество стоп-битов. Количество бит для передачи всегда равно восьми (+1 стоп-бит +1 бит чётности/нечётности (если делается контроль) + 1 (или 2) стоп-бит, т. е. всего 10 (или 11, или 12) бит).

6.5. Период измерения датчика и период выдачи данных

Период измерения датчика, t – временной интервал между соседними измерениями (см. рис. 7.1). Новый результат измерения записывается наместо старого в оперативной памяти.

Минимальное значение t – 1 мс. Дискретность задания t – 0,1 мс.

Константа, задающая период выдачи данных при потоковом режиме, n . При запущенном потоке данные поступают на выход датчика с периодом $T=n \times t$ (см. рис. 7.1). При запущенном потоке время T будет определяться временем передачи данных по последовательному интерфейсу. Поэтому быстродействие 1 кГц при включенном потоке возможно только при скорости 460800 бод и выше.

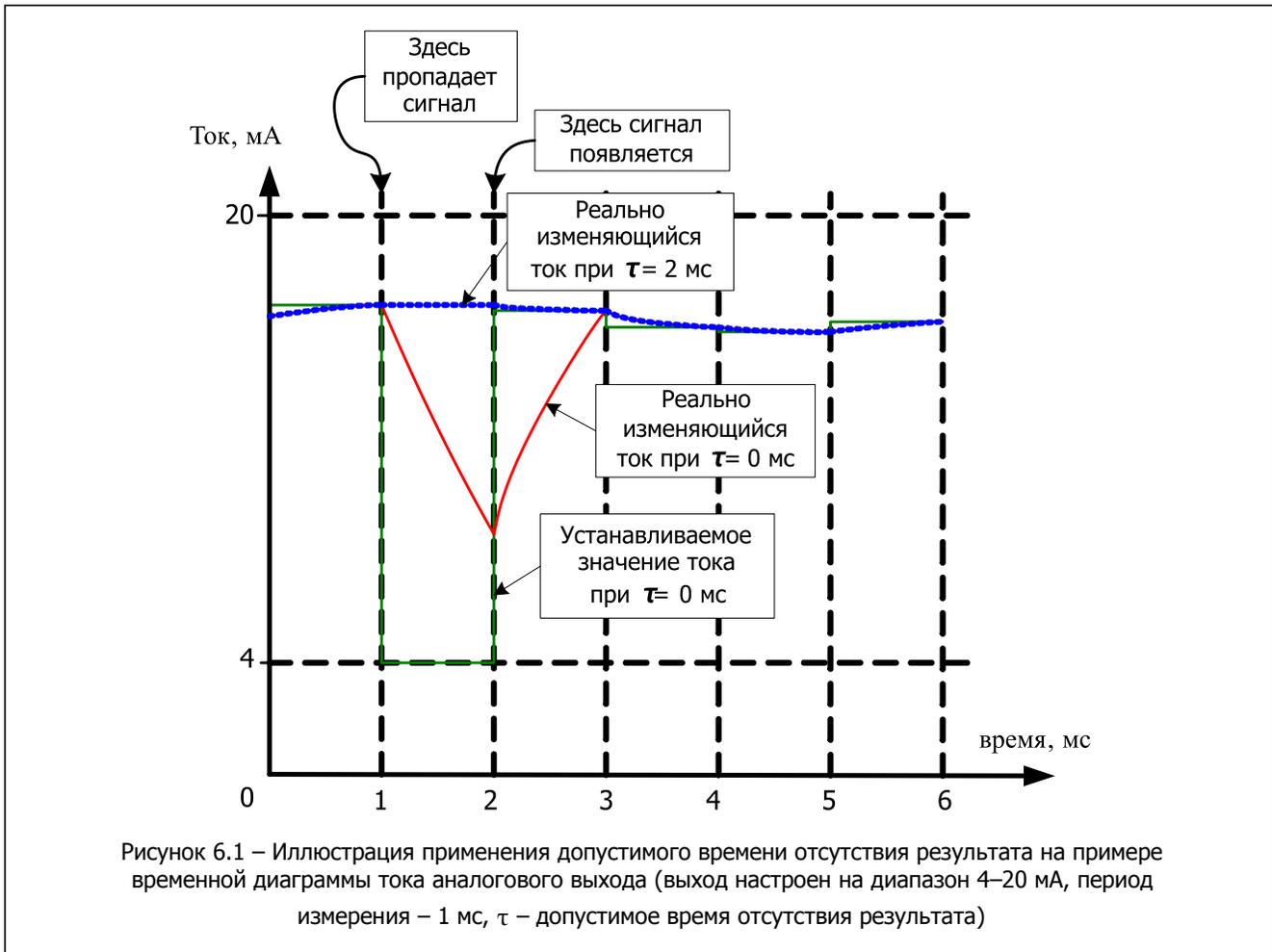
6.6. Допустимое время отсутствия сигнала

Отсутствие сигнала – состояние датчика, когда не удалось получить результат при измерении (нет объекта в поле измерения (не обнаружено ни одной границы) или обнаружена только одна граница вместо двух)). Отсутствие сигнала может возникать при использовании ненастроенного датчика или в плохих условиях (запылённость, конденсация влаги на стёклах прибора).

Допустимое время отсутствия сигнала, τ – время, в течение которого при отсутствии сигнала результат остаётся равным последнему измеренному нормальному значению.

¹ Как написано в разделе 8, датчик останавливает выдачу в поток, если получает любую хотя бы одну корректную байтовую посылку.

Конфигурирование параметра τ позволяет избежать регистрации случайных отсутствий сигнала при невозможности достичь хороших условий измерения. Полезность такого метода иллюстрирует рис. 6.1. Дискретность задания параметра τ – 1 мс, минимальное значение τ – 0.



6.7. Предварительная фильтрация данных

Тип предварительной фильтрации данных задаёт тип фильтра: скользящее усреднение или медианный фильтр. На рис. 6.2 наглядно показаны особенности обоих фильтров.

Как известно, фильтр скользящего среднего является линейным фильтром и действует подобно фильтру низких частот.

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, задаёт степень сглаживания выдаваемого датчиком сигнала.

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



6.8. 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 6.1 математически выражает связь между показаниями аналогового выхода, показаниями датчика и параметрами «**верхняя граница аналогового выхода**» и «**нижняя граница аналогового выхода**».

$$A = \begin{cases} A_{\min} + (A_{\max} - A_{\min}) \cdot \frac{K - K_n}{K_v - K_n}, & \text{если} \begin{cases} K_n \leq K \leq K_v, \\ K_n \leq K_v, \end{cases} \\ A_{\min}, & \text{если} \begin{cases} K < K_n \text{ или } K > K_v, \\ K_n \leq K_v, \\ \text{или} \\ K < K_v \text{ или } K > K_n, \\ K_v \leq K_n, \end{cases} \end{cases} \quad (6.1)$$

где A – показание аналогового выхода;

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

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

K – показание датчика в коде 0...50000 или 0...9999¹;

K_n – нижняя граница аналогового выхода (в коде 0...50000 или 0...9999);

K_v – верхняя граница аналогового выхода (в коде 0...50000 или 0...9999).

Значения нижней и верхней границ могут быть только в диапазоне 0 ÷ 50000. В случаях переключения на измерение количества границ, выдаваемый код начинает выдаваться в диапазоне 0 ÷ 9999. При этом формула 6.1 так же остаётся в силе; нужно только правильно установить нижнюю и верхнюю границы аналогового выхода.

Для индикации состояния «Отсутствие сигнала» на аналоговом выходе применяется установка тока или напряжения в минимально возможное положение.

Рис. 6.3 наглядно описывает принцип масштабирования аналогового выхода в соответствии с формулой 6.1. Следует также сказать, что формула 6.1 выражает возможность инвертирования аналогового выхода – когда $K_v < K_n$. Также возможно равенство нижнего и верхнего порогов аналогового выхода (хотя на практике это трудно применить).

¹ См. раздел 8.1.

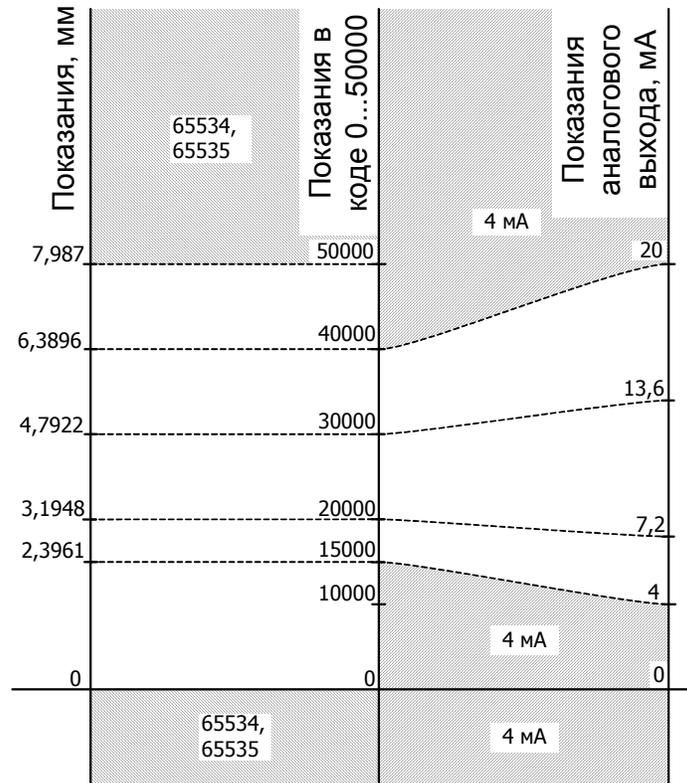


Рисунок 6.3 – Иллюстрация масштабирования аналогового выхода для датчика с диапазоном 7,987 мм. В данном примере рассматривается токовый выход 4–20 мА, верхняя граница аналогового выхода равна 40000, нижняя граница – 15000

Ещё один пример работы с аналоговым выходом описан в разделе 5)8.8.3.

6.9. Параметры дискретных выходов

Датчики **LSten** 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.

Значение дискретного выхода – это состояния «0» (выходной транзистор¹ закрыт) или «1» (выходной транзистор открыт).

Первый и второй перепад дискретного выход² – два значения (в коде 0...50000 или 0...9999³), при «проскакивании» которых дискретный выход меняет свое состояние.

¹ См. рис. 4.1 и 4.2.

² См. параметры «Первый перепад первого дискретного выхода», «Второй перепад первого дискретного выхода», «Первый перепад второго дискретного выхода» и «Второй перепад второго дискретного выхода» в табл. 8.2

³ См. раздел 8.1.

Начальное значение дискретного выхода – значение («0» или «1»), которое он будет принимать при результатах ниже уровня первого 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 как бы инвертируется. Математически описать состояние дискретного выхода можно с помощью формулы 6.2 (см. также рис. 6.4 и 8.1).

$$OK = \begin{cases} not(N), & \text{если } K_{OK1} \leq K \leq K_{OK2}, \\ N, & \text{если } K < K_{OK1} \text{ или } K > K_{OK2} \end{cases} \quad (6.2)$$

где OK – состояние дискретного выхода;

K – показание датчика в коде 0...50000 или 0...9999³;

K_{OK1} – значение первого перепада (в коде 0...50000 или 0...9999);

K_{OK2} – значение второго перепада (в коде 0...50000 или 0...9999);

N – **Начальное значение дискретного выхода**;

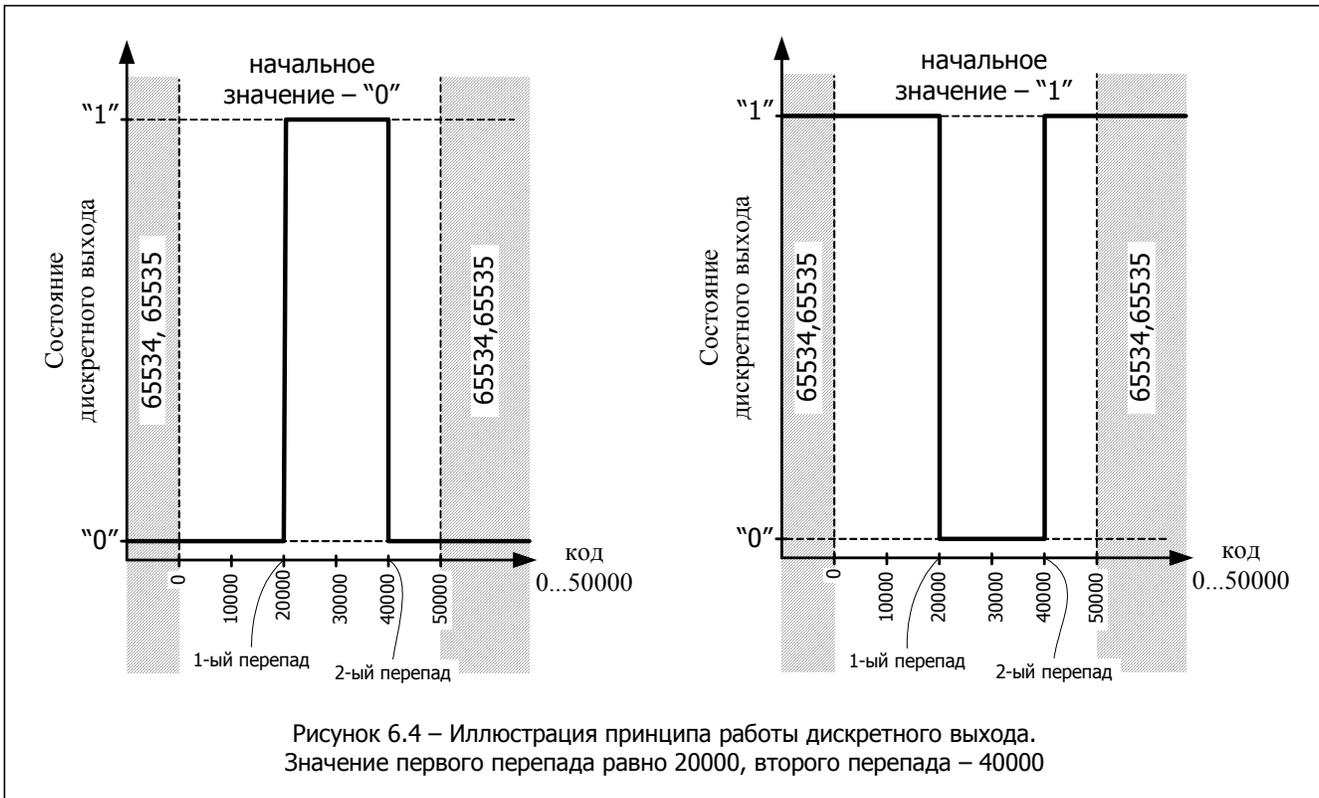
not – оператор инверсии (противоположное значение).

Значения первого и второго перепадов могут быть только в диапазоне 0 ÷ 50000. В случаях, когда происходит измерение количества границ, выдаваемый код имеет диапазон 0 ÷ 9999, соответственно нужно устанавливать и значения перепадов.

Первый перепад дискретного выхода должен быть меньше (или равен) второго перепада того же выхода. В противном случае работа дискретного выхода будет некорректной.

Для случаев пропадания сигнала (когда код результата становится равным 65535¹) формула 6.2 также остаётся справедливой.

¹ Не для случая, когда происходит измерение количества границ.



6.10. Способы измерения: направление сканирования, тип объекта и вычисление результата

Для вычисления размеров объекта в датчиках **LSten** используются принцип определения положения границы «свет–тень». Такая граница создаётся в проекционной плоскости фотоприёмника благодаря заграживанию света контролируемым объектом. Датчики способны настраиваться на измерение следующих геометрических характеристик объекта:

- ширина щели;
- ширина штыря;
- положение штыря;
- положение щели;
- положение границы «свет–тень»;
- среднее положение двух границ «свет–тень»;
- ширина между двумя границами «свет–тень»;
- количество границ «свет–тень».

На рис. 6.5 показано, какие объекты подразумеваются под понятиями «щель», «штырь» и «полубесконечный объект». Поскольку контролируемый объект может заводиться в поле зрения датчика с разных сторон, то возникает необходимость настраивать и этот параметр. В связи с этим вводится понятие «направление сканирования». Поэтому в модификациях параметра «Тип объекта» указывается: «последние» или «первые» по направлению сканирования (см. табл. 8.2). Направление сканирования указывается на корпусе устройства стрелкой.

Для вычисления ширины объекта вычисляется разность между положениями двух границ от двух его краёв. Для вычисления положения объекта вычисляется среднее арифметическое двух значений от двух границ. На рис. 6.5 и в табл. 6.1 подробно указаны действия датчика при вычислении размеров объекта в зависимости от настроек.

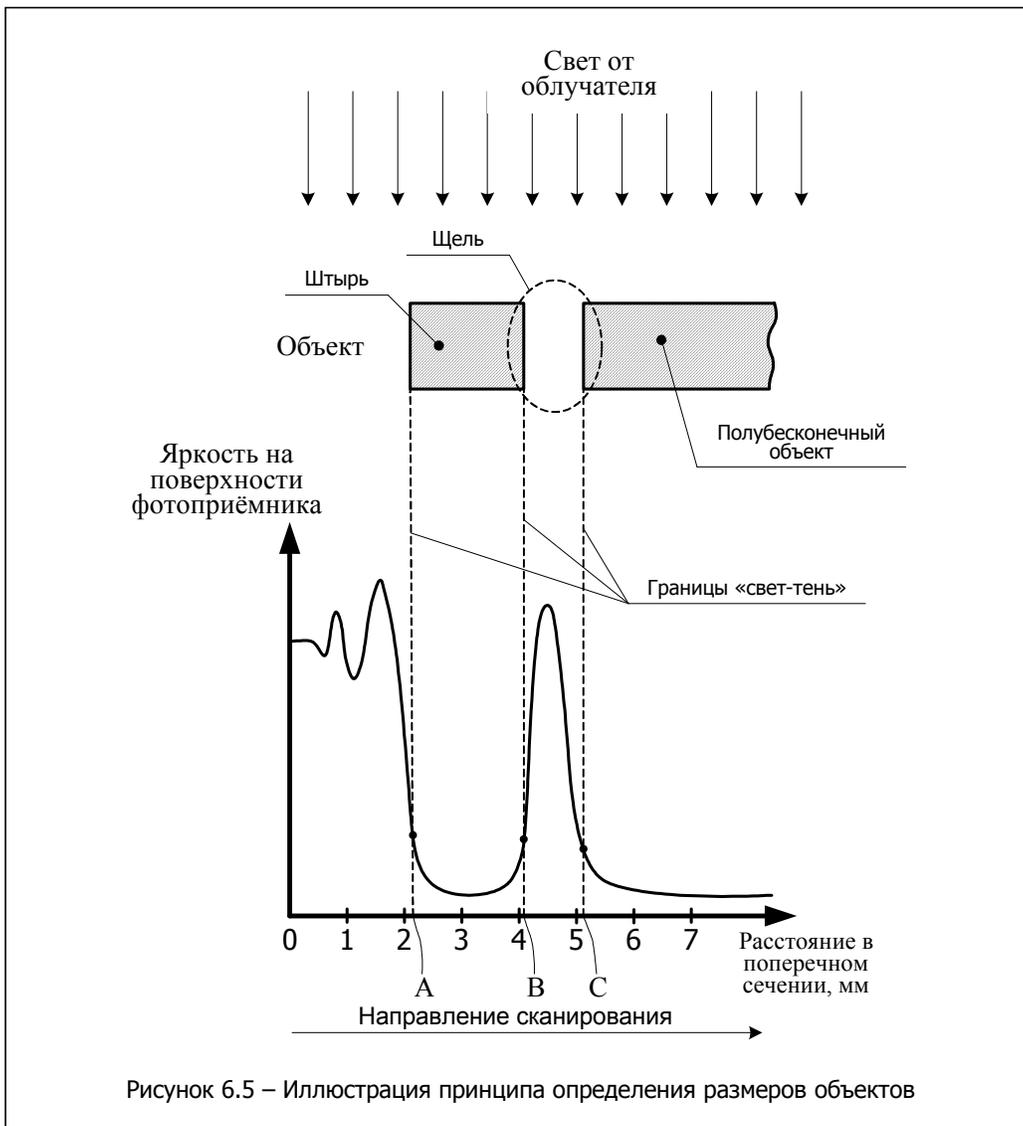


Таблица 6.1 – Различные методы вычислений, применяемые датчиком в зависимости от его настроек (на примере, изображённом на рис. 6.5) (см. также табл. 8.2)

Параметр «Способ вычисления результата»	Параметр «Тип объекта»	Получаемый результат
0	0	$\frac{B+C}{2}$
0	1	$\frac{B+C}{2}$
0	2	$\frac{A+B}{2}$
0	3	$\frac{A+B}{2}$
0	4	$\frac{A+B}{2}$
0	5	$\frac{B+C}{2}$

Параметр «Способ вычисления результата»	Параметр «Тип объекта»	Получаемый результат
X	6	A
X	7	C
X	8	3
1	0	$C - B$
1	1	$C - B$
1	2	$B - A$
1	3	$B - A$
1	4	$B - A$
1	5	$C - B$
X	6	A
X	7	C
X	8	3

Примечание: X – означает, что значение параметра не играет роли в данном случае

6.11. Коррекция выводимого результата

В некоторых случаях при съёме данных с датчика может потребоваться постоянная коррекция результата (плюс–минус некая константа). Для этого имеются параметры «Коррекция выводимого результата» и «Знак для значения коррекции выводимого результата» (см. табл. 8.2). Коррекция выражается в коде 0...50000 и, в зависимости от знака, прибавляется или вычитается из результата. Если результирующее значение окажется меньше нуля, то оно приводится к нулевому значению, по максимуму результирующее значение ограничивается только разрядностью параметра (результат + 65535). Так как для кода 0...50000 имеются зарезервированные значения (65535 – «вне диапазона» и 65534 – «результат ещё не получен»), для границы аналогового выхода, а также перепадов дискретных выходов максимальным можно задать только значение 50000, то «Коррекцию выводимого результата» не рекомендуется задавать больше 50000.

6.12. Настройка датчика

В датчиках **LSten** используются принцип измерения яркости светового сигнала, поэтому приёмный блок устройства очень чувствителен к изменениям световой обстановки в поле его зрения. И поскольку на рабочем месте, где устанавливается датчик, не всегда удаётся сохранить одинаковый уровень освещённости, то датчикам необходима адаптация к окружающей обстановке. Для этого применяется команда настройки (см. табл. 8.1).

После получения данной команды датчик переходит в режим настройки, длящийся около 1 секунды. Визуально это можно определить по кратковременному пропаданию света облучателя. Во время настройки датчик сохраняет необходимые характеристики в энергонезависимую память. После проведения всей процедуры устройство продолжит прерванную работу.

Для сохранения требуемой документированной точности измерений настройку необходимо делать, примерно, после каждых 10 часов работы во включенном состоянии (обязательно дав при этом прогреться устройству, если оно было выключено, в течение 20 минут). Очевидно, что при установке датчика на новое рабочее место тоже необходимо делать настройку.

7. РЕЖИМЫ РАБОТЫ

Для всех датчиков справедливо следующее: один цикл измерения – одно значение результата.

Обычный порядок работы датчика **LSten** во включенном состоянии:

- 1) фиксация фотоприёмником световой картины (сигнала) в поле его зрения;
- 2) обработка сигнала (измерение) с запоминанием результата в буфере хранения;
- 3) ожидание окончания заданного времени одного цикла измерения (ожидание сигнала от таймера или внешнего синхросигнала);
- 4) выдача результата (если включен поток данных¹);
- 5) обновление состояния аналогового и дискретных выходов.

Кроме описанного обычного режима работы поддерживаются ещё «защёлкивания» (мгновенные измерения с фиксацией результата) и последующим считыванием по команде «считать результат из защёлки». Мгновенность заключается в том, что при поступлении команды защёлкивания датчик прекращает все действия и начинает новый цикл измерения; после измерения результат сохраняется как в обычный буфер хранения, так и буфер защёлки.

Защёлкивание можно делать с помощью:

- подачи импульса на вход синхронизации;
- подачи команды «защёлкнуть результат»;

Обычный режим удобен для непрерывного контроля показаний датчика. Защёлкивание позволяет делать единичное мгновенное измерение.

7.1. Тактирование (синхронизация)

Датчик **LSten** может тактироваться как внутренним таймером, так и внешними импульсами. При тактировании таймером частота измерений может составлять от 0,00023 Гц до **1 кГц**. При внешнем тактировании частота измерений может быть не более **1 кГц**². Срабатывание от внешних импульсов происходит по переднему фронту (перепад из «0» в «1»).

Обновление результатов на аналоговом выходе и на выводах с открытым коллектором производится с периодом, равным периоду измерений (а не периоду выдачи результатов в потоке).

Таким образом, контролировать показания датчика можно следующими способами:

- считыванием результатов в «потоке»¹;

¹ Подробней в разделе 8.

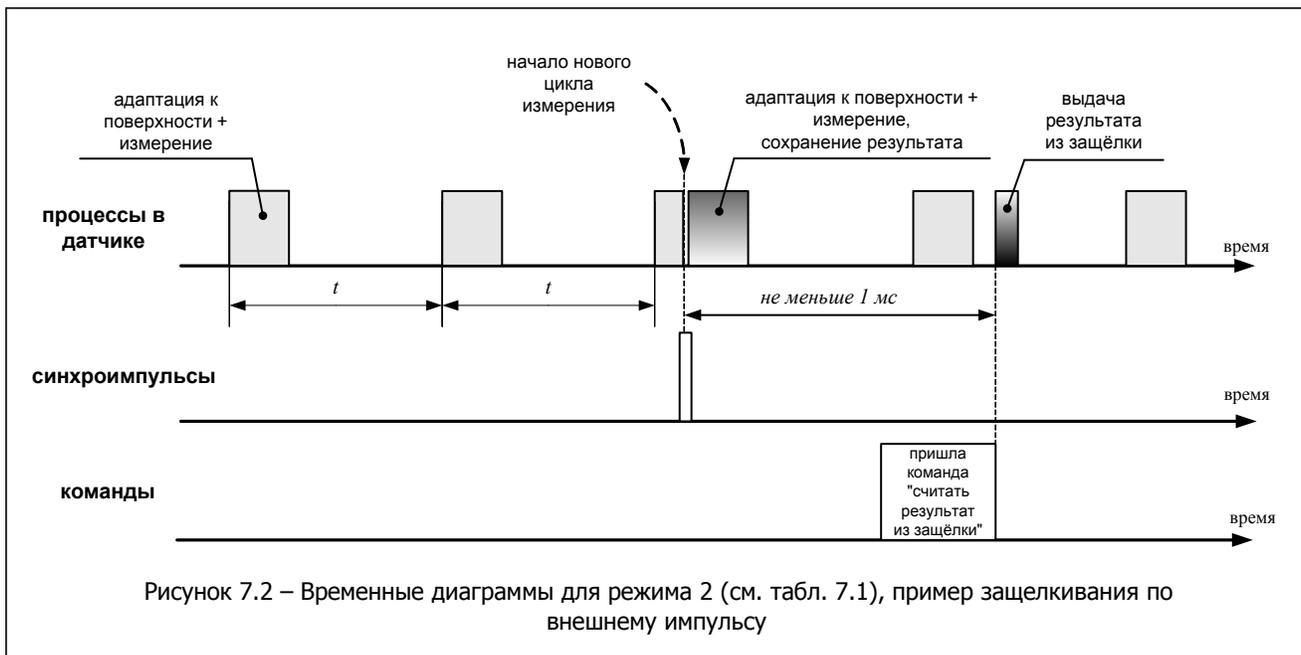
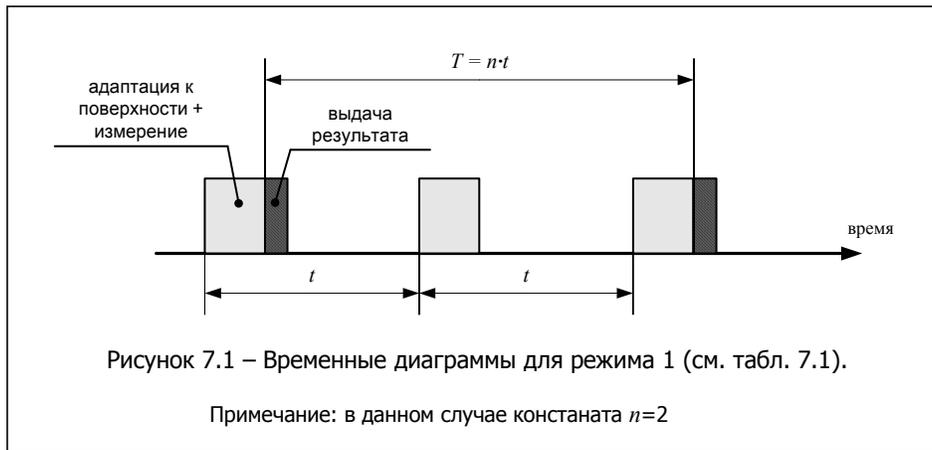
² При превышении частоты внешнего тактирования:

- в режимах 1 и 2 (см. табл. 7.1) - датчик либо перестаёт выдавать результаты, либо выдаёт один и тот же результат. При установке частоты, ниже максимально возможной, эффект пропадает;
- в режимах 3 и 4 (см. табл. 7.1) - датчик работает на максимальной скорости, но при этом измерения происходят не периодически, а по мере выполнения операции «адаптация + измерение». Выдача в поток результатов тоже не будет синхронна с внешними синхроимпульсами.

- считыванием результата по команде «считать последний полученный результат»;
- считыванием результата из защёлки (после защёлкивания);
- измерением тока или напряжения на аналоговом выходе (см. раздел 6.6.8 и рис. 8.1);
- косвенным способом – слежением за перепадами логических уровней на выводах с открытым коллектором (см. раздел 6.6.9 и рис. 8.1).

Одновременность измерения несколькими датчиками можно обеспечить тактированием синхрои импульсами или защёлкиванием по глобальной команде «защёлкнуть результат» (см. табл. 8.1).

В таблице 7.1 указаны все возможные режимы работы датчика LSten, а на рис. 7.1 – 7.4 наглядно описаны временные характеристики. Задание режимов работы осуществляется с помощью команд, описанных в разделе 8.



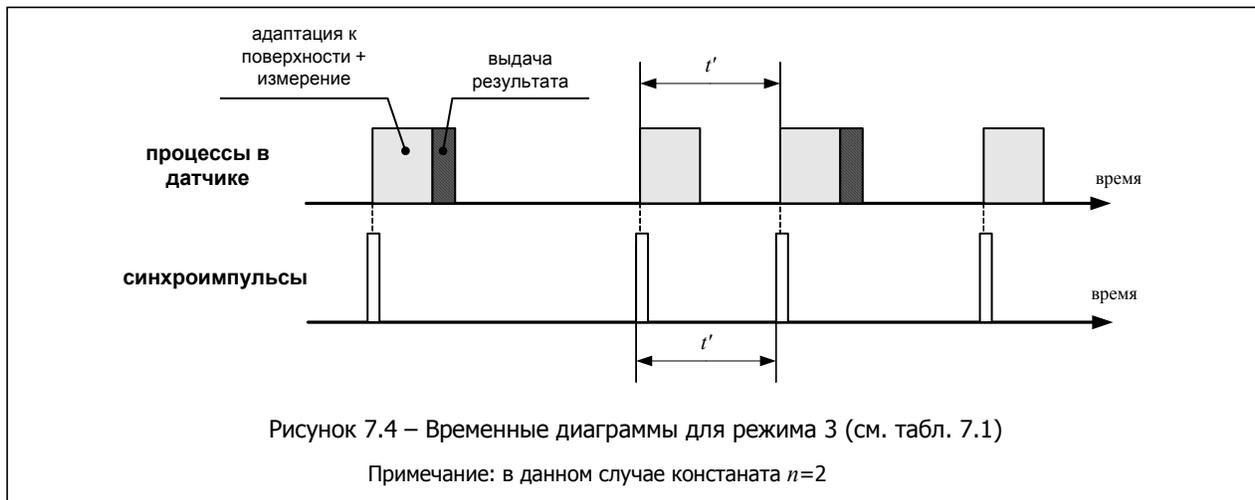
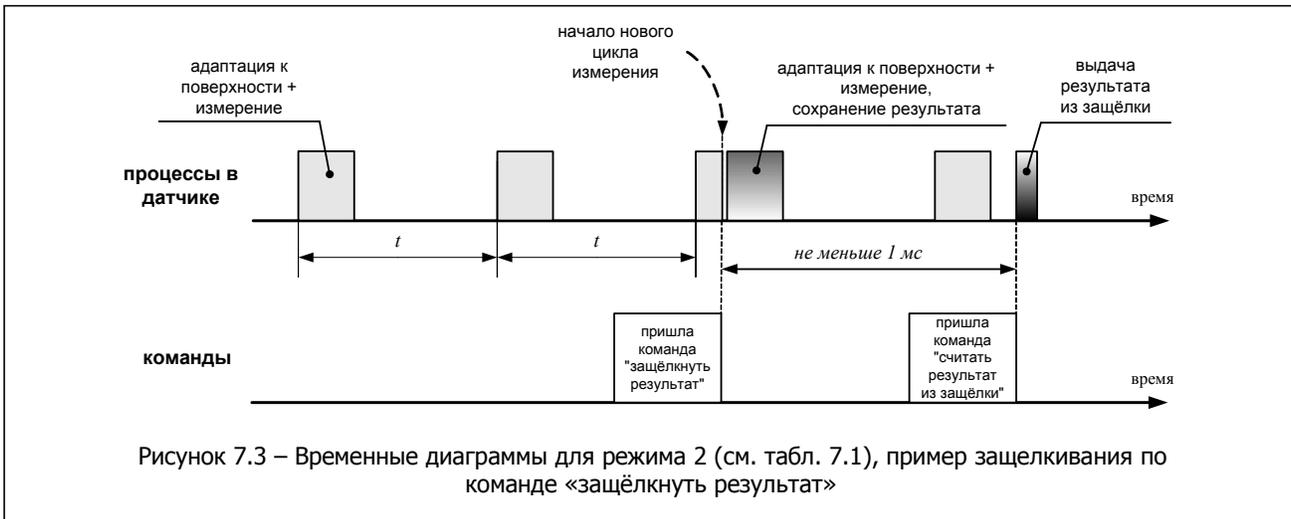


Таблица 7.1 – Режимы работы и их совместимость

Режим	Измерение ¹		Выдача в поток		Защёлкивание одного результата ²	
	с тактированием по		с тактированием по		синхроимпульсу	по команде «защёлкнуть результат»
	таймеру	синхроимпульсу	таймеру	синхроимпульсу		
1	✓		✓		✓	✓
2	✓				✓	✓
3		✓		✓		✓
4		✓				✓

Примечания:

- 1) после каждого цикла измерения происходит запоминание результата в оперативной памяти, при этом старый результат затирается новым;
- 2) для считывания результата после защёлкивания применяется команда «Считать результат из защёлки» (см. табл. 8.1);
- 3) – тактируется по одному фронту (следует одно за другим, в одном цикле измерения);
- 4) кроме описанных способов считывания можно применять команду «Считать последний полученный результат» (см. табл. 8.1);
- 5) режим синхронизации задаётся параметром «Синхронизация» (см. табл. 8.2);
выдача в поток задаётся параметром «Включение/выключение выдачи результатов в потоке сразу после включения питания» (см. табл. 8.2) и командами «Запуск потока» и «Остановить поток» (см. табл. 8.1).

8. ОПИСАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА

При обмене данными по последовательному интерфейсу применяется принцип «запрос-ответ», т. е. после отправки датчику какого-либо командного пакета тот в свою очередь должен выдать ответный пакет. Пакеты имеют различную длину и состоят из ASCII-символов.

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 – команды, отправляемые по адресу 0.

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 так же 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 некоторые 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.

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 одну корректную байтовую посылку.

В табл. 8.1 указан весь перечень команд, применяемых для работы с датчиками **LSten**.

Таблица 8.1 – Перечень команд

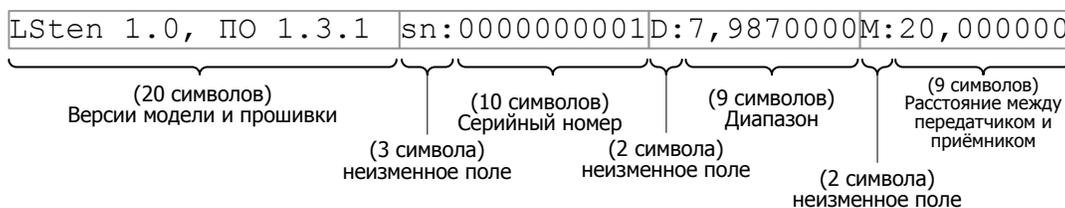
Название команды	Формат запроса	Формат ответа
Идентификация	# [AA] ID<cr>, AA – сетевой адрес в HEX	% [AA] [55 байт]<cr>
Чтение параметра	# [AA] Raa<cr>, aa – адрес параметра в HEX	! [AA] Raadd<cr>
Запись параметра	# [AA] Waadd<cr> ¹ , aa – адрес параметра в HEX, dd – значение параметра в HEX	! [AA] Waadd<cr>, в случае широковещательного запроса ответа нет
Запись параметров в энергонезависимую память	# [AA] FL<cr> ¹	! [AA] FL<cr>, в случае широковещательного запроса ответа нет
Настройка датчика (адаптация к световым характеристикам) с запоминанием в энергонезависимую память. ²	# [AA] SU<cr> ¹	! [AA] SU<cr>, в случае широковещательного запроса ответа нет

Название команды	Формат запроса	Формат ответа
Включить датчик	# [AA] ON<cr> ¹	! [AA] ON<cr>, в случае широковещательного запроса ответа нет
Выключить датчик	# [AA] OF<cr> ¹	! [AA] OF<cr>, в случае широковещательного запроса ответа нет
Защелкивание результата	# [AA] FX<cr> ¹	! [AA] FX<cr>, в случае широковещательного запроса ответа нет
Запуск потока	# [AA] ST<cr>	Поток результатов в формате: ! [5 байт результата]<cr> ³
Остановить поток	# [AA] SB<cr> ¹	! [AA] SB<cr>, в случае широковещательного запроса ответа нет
Считать результат из защелки	# [AA] FR<cr>	! [AA] FR [5 байт результата]<cr> ³
Считать последний полученный результат	# [AA] LR<cr>	! [AA] LR [5 байт результата]<cr> ³
Восстановление параметров по умолчанию	# [AA] DF<cr> ¹	! [AA] DF<cr>, в случае широковещательного запроса ответа нет

Примечания:

- ¹ Поддержка широковещательного запроса (посылка команды по адресу 0).
- ² В данном случае говорится о записи в энергонезависимую память недокументированных параметров, т. е. не тех параметров, которые перечислены в табл. 8.2.
- ³ В случае измерения количества границ поле [5 байт результата] принимает вид N[4 байта результата]. Если результат равен 65534, то поле N[4 байта результата] приобретает вид 65534.

Отдельно следует сказать об идентификации датчика. Как указано в табл. 8.1, в ответ на запрос идентификации приходит поле из 55 ASCII-символов. Это поле имеет в свою очередь свои строго фиксированные поля в 20, 13, 11 и 11 символов. Рассмотрим конкретный пример:



В данном случае можно узнать название модели (LSten 1.0) версию программного обеспечения (1.3.1), серийный номер (1), диапазон (7,987 мм) и расстояние между передатчиком и приёмником (20 мм).

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

8.1. Формат выдаваемого результата

8.1.1. Для случаев, когда параметр «Тип объекта» равен 00, 01, 02, 03, 04, 05, 06 и 07

Через цифровой интерфейс результат измерения датчика выдается в виде кода в диапазоне от 0 до 50000. Числу 0 соответствует начальная точка диапазона, числу 50000 – конечная (соответственно код результата передается пятью байтами ASCII-кода, т. е. от '00000' до '50000'). Для расчета фактического значения размера в соответствии с диапазоном нужно использовать следующую формулу:

$$\text{размер} = \text{диапазон} \cdot \frac{\text{код}}{50000},$$

где *код* - результат, выдаваемый датчиком.

Кроме диапазона 0÷50000 ещё используются два специальных значения:

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

65535 – для указания на то, что сигнал отсутствует¹.

8.1.2. Для случаев измерения количества границ (когда параметр «Тип объекта» равен 08)

Для выдачи количества обнаруженных границ также используется код в диапазоне от 0 до 9999². Для получения фактического значения количества границ нужно использовать следующую формулу:

$$\text{количество границ} = \text{код},$$

где *код* - результат, выдаваемый датчиком.

Кроме диапазона 0 ÷ 9999 в данном случае ещё используются одно специальное значение: 65534 – для указания на то, что датчик не сделал ещё ни одного измерения и выдавать пока нечего.

¹ Подробней см. в разделе 6.

² Физически датчик LSten не может обнаружить количество границ 30. Когда устройство выдаёт слишком большое или неправдоподобное число, то следует снова произвести настройку датчика.

8.2. 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 их автоматической установки при каждом включении, необходимо после записи параметров подать команду # [AA] FL<cr>.

В табл. 8.2 перечислены все параметры, а в табл. 8.3 приведены примеры их настройки.

Таблица 8.2 – 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
Включение/выключение выдачи результатов в потоке сразу после включения питания	00 – выключен 01 – включен	00	04
Синхронизация ¹	00 – по таймеру 01 – по переднему фронту внешнего сигнала	00	05
Формат байта при работе с последовательным интерфейсом	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	06
Скорость последовательного интерфейса	01 – 9600 бод; 02 – 19200 бод; 03 – 38400 бод; 04 – 57600 бод; 05 – 115200 бод; 06 – 230400 бод; 07 – 460800 бод; 08 – 921600 бод.	05	07

Наименование параметра	Принимаемые значения	Значение по умолчанию (HEX)	Адрес параметра (HEX)
Период измерения датчика и заполнения буфера предварительной обработки (дискрет – 0,1 мс, минимальное значение – 1 мс), t : $t = (\text{значение параметра}) \times 0,1$ [мс]. Например: для $t = 1$ мс параметр равен 000A; для $t = 5,2$ мс параметр равен 0034. младший байт старший байт	Для самого параметра: 000A-FFFF 00-FF 00-FF	000A 0A 00	08 09
Константа, задающая период выдачи данных T при потоковом режиме, n : $n = T/t$, где t – период измерения датчика, T – период выдачи результатов датчиком. младший байт старший байт	Для самого параметра: 0001-FFFF 00-FF 00-FF	000A 0A 00	0A 0B
Допустимое время отсутствия сигнала (дискретность - 1 мс), τ [мс]: $\tau = (\text{значение параметра}) * 1$ [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	000A 0A 00	0C 0D
Тип предварительной фильтрации данных	00 – скользящее усреднение по k значениям; 01 – медианная фильтрация с окном m .	00	0E
Количество точек усреднения, k	01-FF	01	0F
Количество точек медианного фильтра, m (должно быть нечётным: $m = 2h + 1$, где $h = 0, 1, \dots, 24$).	01, 03, 05, ..., 31	01	10
Нижняя граница аналогового выхода: младший байт старший байт	Для самого параметра: 0000-С350 00-FF 00-С3	0000 00 00	11 12
Верхняя граница аналогового выхода: младший байт старший байт	Для самого параметра: 0000-С350 00-FF 00-С3	С350 50 С3	13 14

Наименование параметра	Принимаемые значения	Значение по умолчанию (HEX)	Адрес параметра (HEX)
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 – первый выход включен, с начальным значением «0», второй выход включен с начальным значением «1».	00, 01, 02, 10, 11, 12, 20, 21, 22	00	15
Первый перепад первого дискретного выхода: младший байт старший байт	Для самого параметра: 0000–с350	0000	
	00–FF 00–с3	00 00	16 17
Второй перепад первого дискретного выхода: младший байт старший байт	Для самого параметра: 0000–с350	с350	
	00–FF 00–с3	50 с3	18 19
Первый перепад второго дискретного выхода: младший байт старший байт	Для самого параметра: 0000–с350	0000	
	00–FF 00–с3	00 00	1A 1B
Второй перепад второго дискретного выхода: младший байт старший байт	Для самого параметра: 0000–с350	с350	
	00–FF 00–с3	50 с3	1C 1D
Способ вычисления результата при измерении объекта, дающего две границы света (тип операции над значениями А и В, выполняемой для вычисления итогового результата R; А и В – показания на двух границах) ²	00 – $R = (A+B)/2$; 01 – $R = A-B $	01	1E

Наименование параметра	Принимаемые значения	Значение по умолчанию (HEX)	Адрес параметра (HEX)
Тип объекта	00 – щель (первая по направлению сканирования); 01 – щель (последняя по направлению сканирования); 02 – штырь (первый по направлению сканирования); 03 – штырь (последний по направлению сканирования); 04 – не определять тип (считать по первым двум границам по направлению сканирования); 05 – не определять тип (считать по последним двум границам по направлению сканирования); 06 – полубесконечный объект (определяется координата первой границы по направлению сканирования); 07 – полубесконечный объект (определяется координата последней границы по направлению сканирования); 08 – выдавать количество обнаруженных границ.	04	1F
Коррекция выводимого результата:			
младший байт	00–FF	00	20
старший байт	00–FF	00	21
Знак для значения коррекции выводимого результата	00 – плюс; 01 – минус	00	22

Примечания:

¹ При указании типа синхронизации следует руководствоваться таблицей 7.1.

² Параметр принимается во внимание только в случаях, когда параметр «Тип объекта» принимает значения 00, 01, 02, 03, 04 и 05.

Таблица 8.3 – Примеры обмена данными с датчиком

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 скорость обмена 19200 бод	запрос	#02W0502<cr>	0x23 0x30 0x31 0x57 0x30 0x35 0x30 0x32 0x0D
	ответ	!02W0502<cr>	0x21 0x30 0x31 0x57 0x30 0x35 0x30 0x32 0x0D

8.3. Пример работы с датчиком

На рис. 8.1 приведён пример использования дискретных и аналогового выходов. В табл. 8.4 для данного случая приводятся параметры датчика и указания по их настройке.

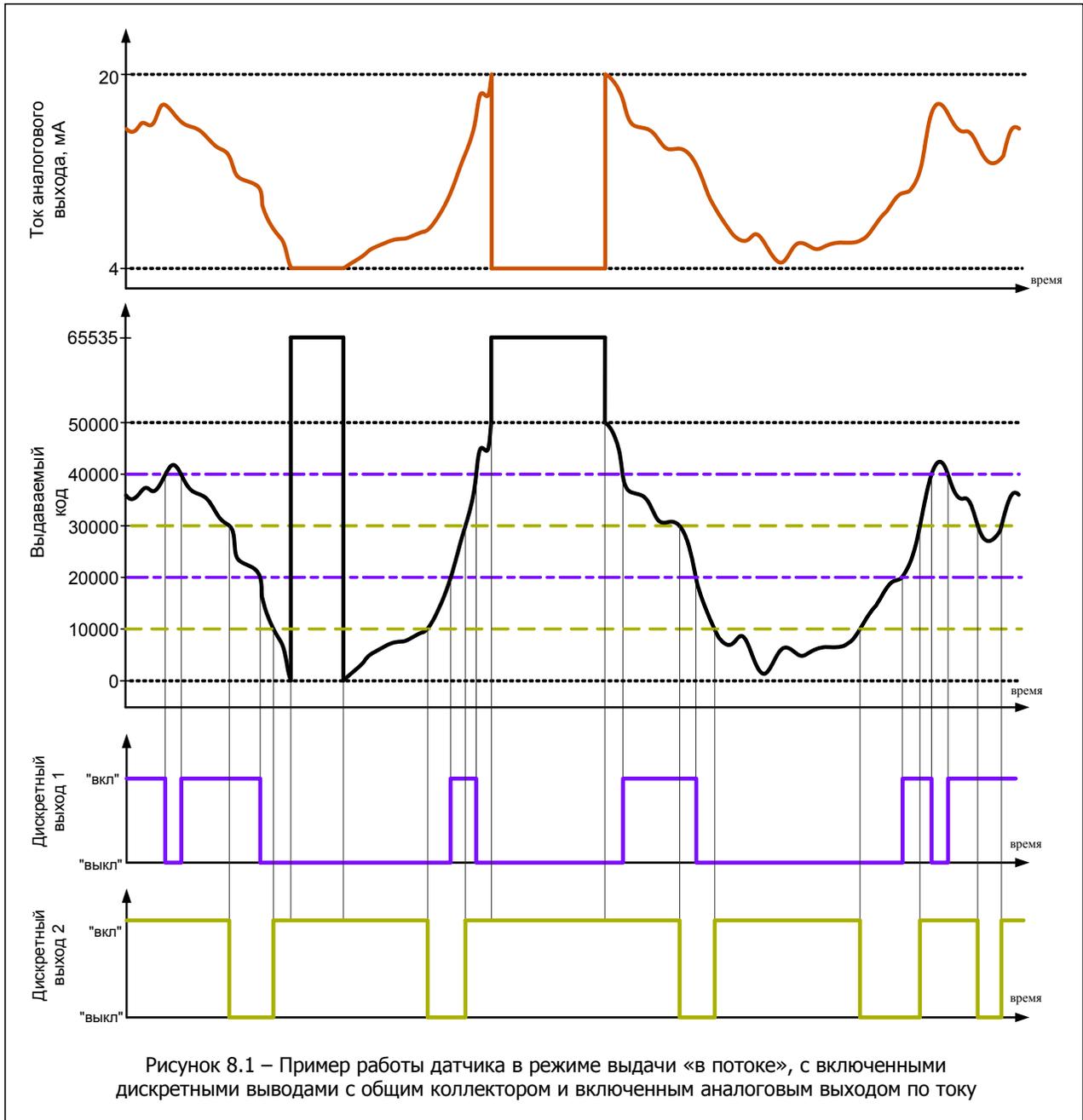


Таблица 8.4 – Параметры датчика и указания по их настройке (для примера, показанного на рис. 8.1)

Параметр	Команды настройки (вид в ASCII) ¹
1-ый дискретный выход: включен, начальное значение – 0. 2-ый 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>
Нижняя граница аналогового выхода равна 0 (0x0000)	#01W1100<cr> #01W1200<cr>
Верхняя граница аналогового выхода равна 50000 (0x7C350)	#01W1350<cr> #01W14C3<cr>
Аналоговый выход включен	#01W0301<cr>
Запись параметров в энергонезависимую память	#01FL<cr>
Включить датчик (если не включен)	#01ON<cr>
Запуск потока	#01ST<cr>

Примечание:

¹ Для примера рассматривается датчик с адресом 1.

9. СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	1
1.1. Типовые примеры использования.....	1
2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАТЧИКОВ LSTEN.....	2
2.1. Требования надёжности.....	2
3. ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ЗАКАЗА.....	3
4. ПОДКЛЮЧЕНИЕ ДАТЧИКОВ.....	4
5. УКАЗАНИЯ ПО УСТАНОВКЕ ДАТЧИКОВ.....	5
6. ТЕРМИНЫ, ТРЕБУЮЩИЕ РАЗЪЯСНЕНИЙ.....	6
6.1. Сетевой адрес.....	6
6.2. Датчик включен/выключен. Состояние датчика при включении питания.....	6
6.3. Аналоговый выход включен/выключен.....	7
6.4. Формат байта.....	7
6.5. Период измерения датчика и период выдачи данных.....	7
6.6. Допустимое время отсутствия сигнала.....	7
6.7. Предварительная фильтрация данных.....	8
6.8. Аналоговый выход.....	9
6.9. Параметры дискретных выходов.....	11
6.10. Способы измерения: направление сканирования, тип объекта и вычисление результата.....	13
6.11. Коррекция выводимого результата.....	15
6.12. Настройка датчика.....	15
7. РЕЖИМЫ РАБОТЫ.....	16
7.1. Тактирование (синхронизация).....	16
8. ОПИСАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА.....	19
8.1. Формат выдаваемого результата.....	21
8.1.1. Для случаев, когда параметр «Тип объекта» равен 00, 01, 02, 03, 04, 05, 06 и 07.....	21
8.1.2. Для случаев измерения количества границ (когда параметр «Тип объекта» равен 08).....	21
8.2. Настройка параметров датчиков.....	22
8.3. Пример работы с датчиком.....	26
9. СОДЕРЖАНИЕ.....	28