



Уровень



Давление



Расход



Температура



Анализ жидкости



Регистраторы



Системные компоненты



Сервис



Решения

## Руководство по функциональной безопасности Liquiline M CM42

Преобразователь Memosens



### Область применения

Обеспечивает работу датчика Memosens для реализации отдельных требований к системам, связанным с безопасностью, изложенным в стандарте МЭК 61508. Измерительный прибор соответствует следующим требованиям:

- Функциональная безопасность согласно МЭК 61508
- Взрывозащита
- Электромагнитная совместимость согласно МЭК 61326 и рекомендации NAMUR NE 21
- Электробезопасность согласно МЭК/EN 61010-1
- Пылевлагозащита по классу IP66/IP67 в соответствии с DIN EN 60529

### Преимущества

- Возможность использования во всех системах, совместимых с Memosens, с уровнем полноты безопасности до SIL 2
- Независимая оценка (оценка функциональной безопасности), проведенная TÜV Süd в соответствии с МЭК 61508
- Постоянная самодиагностика
- Постоянный текущий контроль соединений
- Безопасная настройка параметров
- Безопасная калибровка и коррекция

SD00153C/53/RU/13.10

Версия:

**2.0**

Стр.:

**1 из 76**

All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its contents not permitted without written authorization from Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG.

Все права защищены. Копирование и передача настоящего документа, использование и передача его содержания без предварительного письменного разрешения компании Endress+Hauser

# Руководство по функциональной безопасности

Преобразователь Liquiline M CM42 SIL с поддержкой Memosens

Версия:		Стр.:
<b>2.0</b>		<b>2 из 76</b>

**SIL Konformitätserklärung / Сертификат соответствия уровню SIL**

Funktionale Sicherheit nach IEC 61508 / Функциональная безопасность

в соответствии со стандартом МЭК 61508

Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG, Dieselstr. 24, D-70839 Gerlingen

erklärt als Hersteller die Richtigkeit der folgenden Angaben.

являясь изготовителем, подтверждает правильность приведенных ниже данных

Gerät/Продукт	Liquiline M CM42
Schutzfunktion / Функция безопасности	1: Sichere Übermittlung des gemessenen mV-Wertes und Ausgabe als Messwert in pH auf den Stromausgängen / Безопасная передача измеренного значения в мВ и вывод преобразованного значения pH через оба выхода 2: Grenzwertüberwachung des pH-Wertes / Контроль над предельным значением pH 3+4: Sichere Kalibrierung, Justierung / Безопасная калибровка, коррекция
Systematischer SIL /Уровень SIL системы :: Software SIL /Уровень SIL программного обеспечения	2 :: 2
HFT (Допуск по ошибкам аппаратного обеспечения)	0
Gerätetyp/Тип прибора	B
Betriebsart/Режим работы	Режим с низкой интенсивностью запросов
SFF / MTTR	94,8 % / 8 Stunden/часов
Prüfintervall T1 /Интервал контрольных проверок T1	Empfohlen / рекомендуемый: T <sub>1</sub> = 1 Jahr / год
$\lambda_{SD}/\lambda_{SU}/\lambda_{DD}/\lambda_{DU}$	688 FIT / 947 FIT / 2667 FIT / 236 FIT
PFD <sub>avg</sub> T <sub>1</sub> = 1 Jahr / год	1,03×10 <sup>-3</sup>
MTBF / MTBF <sub>DU</sub> (величина, обратная $\lambda_{total}/\lambda_{DU}$ , предполагается, что интенсивность отказов является постоянной)	25 Jahre / лет / 483 Jahre / года

Das Gerät wurde in einem vollständigen Functional Safety Assessment unabhängig bewertet.

Прибор получил независимую оценку в соответствии с полной процедурой оценки функциональной безопасности.

В случае внесения изменений в прибор необходимо применять процесс модификации, соответствующий требованиям стандарта МЭК 61508.



Версия: <b>2.0</b>		Стр.: <b>3 из 76</b>
-----------------------	--	-------------------------

## Содержание

<b>1</b>	<b>Структура измерительной системы, использующей преобразователь CM42 SIL .....</b>	<b>6</b>
1.1	Компоненты системы .....	6
1.2	Описание области применения в качестве системы, связанной с безопасностью .....	7
1.3	Допустимые типы приборов .....	9
1.4	Применимая документация по прибору .....	10
<b>2</b>	<b>Описание требований в отношении безопасности и ограничивающих условий .....</b>	<b>11</b>
2.1	Функция безопасности (SAF) – режим измерения SIL .....	11
2.1.1	Функция безопасности 1 (SAF1) – контроль над предельными значениями .....	12
2.1.2	Функция безопасности 2 (SAF2) – безопасное измерение .....	14
2.1.3	Точность и синхронизация функций SAF1 и SAF2 .....	14
2.1.4	Безопасная калибровка и коррекция (SAF3 и SAF4) .....	16
2.2	Сигнал, связанный с безопасностью, и безопасное состояние .....	17
2.3	Ограничения на использование в областях применения, связанных с безопасностью .....	19
2.4	Поведение прибора в процессе эксплуатации и в случае отказа .....	26
2.4.1	Поведение прибора при включении .....	26
2.4.2	Поведение прибора при запросе .....	27
2.4.3	Поведение прибора при выдаче аварийных сигналов и предупреждений .....	27
<b>3</b>	<b>Монтаж .....</b>	<b>29</b>
3.1	Монтаж, подключение и ввод в эксплуатацию .....	29
3.2	Ориентация .....	29
<b>4</b>	<b>Управление .....</b>	<b>29</b>
4.1	Основные сведения об операциях, связанных с безопасностью .....	29
4.2	Калибровка точки измерения .....	29
4.3	Метод определения параметров прибора .....	30
4.4	Использование режима SIL и классического режима – переключение в режим SIL .....	30
4.5	Режим SIL – активное безопасное состояние .....	37
4.6	Переключение в режим измерения SIL .....	39

## Руководство по функциональной безопасности

Преобразователь Liquiline M CM42 SIL с поддержкой Memosens

4.7	Использование безопасной калибровки и корректировка датчика.....	42
4.7.1	Калибровка измерения pH по 2 точкам.....	42
4.7.2	Калибровка температуры по одной точке.....	49
<b>5</b>	<b>Техническое обслуживание, повторная калибровка .....</b>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>Контрольная проверка .....</b>	<b>53</b>
6.1	Контрольная проверка .....	53
6.2	Проверка для обеспечения безопасного функционирования.....	53
6.2.1	Контрольная проверка преобразователя Liquiline M CM42 .....	54
6.2.2	Контрольная проверка кабеля Memosens CYK10 .....	55
6.2.3	Контрольная проверка pH-датчика Orbisint CPS11D .....	59
<b>7</b>	<b>Ремонт .....</b>	<b>66</b>
<b>8</b>	<b>Примечания в отношении резервирования для достижения уровня SIL 3 .....</b>	<b>68</b>
<b>9</b>	<b>Пример протокола контрольной проверки .....</b>	<b>68</b>
<b>10</b>	<b>Обзор режимов и токового выхода .....</b>	<b>69</b>
<b>11</b>	<b>Примеры расчета показателя PFD<sub>avg</sub> .....</b>	<b>69</b>
11.1	Пример расчета показателя PFD <sub>avg</sub> после контрольной проверки.....	70
11.2	Пример расчета показателя PFD <sub>avg</sub> для точки измерения pH .....	71

## Примечание.

Общие сведения о функциональной безопасности (SIL) доступны на веб-сайте [www.endress.com/SIL](http://www.endress.com/SIL) и в брошюре для повышения квалификации CP002Z "Functional safety in the Process Industry - risk reduction with Safety Instrumented Systems" (Функциональная безопасность в обрабатывающей промышленности – снижение рисков при использовании автоматических систем обеспечения безопасности).

## Примечание.

Общая и техническая информация приведена в техническом описании и инструкции по эксплуатации преобразователя Liquiline M CM42.

## 1 Структура измерительной системы, использующей преобразователь CM42 SIL

### 1.1 Компоненты системы

Система, в которой используется преобразователь CM42 может иметь, например, следующую структуру:



В настоящем документе описывается эта часть.

1. Стекланный pH-электрод с поддержкой Memosens, например, Orbisint CPS11D SIL
2. Кабель CUK10 SIL с поддержкой Memosens
3. Преобразователь **Liquiline M CM42 SIL с поддержкой Memosens**

Преобразователь генерирует аналоговый сигнал (4...20 мА), пропорциональный напряжению, измеряемому на электроде датчика. Этот сигнал подлежит обработке в логическом устройстве (например, ПЛК с уровнем SIL2 и выше),

которое, в свою очередь, может использовать другие устройства для реализации функции безопасности.

Дисплей преобразователя Liquiline M CM42 не является полностью безопасным, поэтому безопасность операций, выполняемых с помощью дисплея, являющегося интерфейсом для пользователя, должна обеспечиваться с особой тщательностью. Доказано, что программное и аппаратное обеспечение дисплея инертно к системе CM42.

Преобразователь всегда является лишь составной частью общей функции безопасности. Преобразователь соответствует требованиям стандарта МЭК 61508.

## 1.2 Описание области применения в качестве системы, связанной с безопасностью

Для использования системы, связанной с безопасностью, в состав которой входит преобразователь Liquiline M CM42 требуются, например, безопасный датчик Memosens и безопасный кабель Memosens, изготовленные компанией Endress+Hauser Conducta GmbH & Co. KG. Программное и аппаратное обеспечение дисплея (ГИП) CM42 инертны к функции безопасности преобразователя.

Преобразователь должен быть подключен к безопасному устройству PCS с использованием обоих аналоговых выходов. Логическую схему можно реализовать, например, с использованием безопасных функциональных блоков в ПЛК или логической схемы 2oo2 на основе аппаратного обеспечения.

Логический компонент должен обрабатывать аварийные сигналы превышения предельного значения и выхода за нижний предел диапазона ( $N \geq 3,6 \text{ мА}$ ,  $\geq 21,0 \text{ мА}$ ).

Система CM42 может работать **в нескольких режимах**:

1. Классический режим
2. Режим SIL – режим активного безопасного состояния (или "активное безопасное состояние")
3. Режим SIL – режим измерения SIL
4. Режим SIL – режим пассивного безопасного состояния (или "пассивное безопасное состояние")

В классическом режиме поведение системы почти полностью аналогично традиционной и хорошо известной системе CM42. В этом режиме выполнение любых функций, связанных с безопасностью, НЕ осуществляется, поэтому применение данного режима в безопасной цепи ЗАПРЕЩЕНО!

В режиме активного безопасного состояния система обеспечивает выдачу тока ошибки на токовые выходы и ожидает переключения в режим измерения SIL или классический режим, который должен быть выполнен вручную.

В режиме измерения SIL система реализует функцию безопасности SAF1 или SAF2 (см. ниже). Только в этом режиме она функционирует безопасным образом

Версия:		Стр.:
<b>2.0</b>		<b>7 из 76</b>

и только в этом режиме можно запустить безопасную калибровку или корректировку (SAF3/SAF4 – см далее).

В режиме пассивного безопасного состояния система остается в безопасном состоянии до физического перезапуска/сброса.

### **Внимание:**

Функция безопасности является активной только в том случае, если преобразователь переведен в режим измерения SIL. Если переключение в режим измерения SIL не произведено, система небезопасна и поэтому не обеспечивает реализацию функции безопасности! После сброса/включения питания система НЕ находится в режиме измерения SIL!

Обзор двух состояний системы представлен на следующей схеме:



На следующей схеме отражены все возможные состояния, доступные в рамках режима SIL.





### 1.3 Допустимые типы приборов

Информация, связанная с функциональной безопасностью и приведенная в этом руководстве, относится к указанным ниже вариантам исполнения приборов и является действительной для упомянутых версий программного и аппаратного обеспечения.

Если не указано иное, все последующие версии также можно использовать для реализации функций безопасности. При возникновении сомнений обратитесь в региональное торговое представительство Endress+Hauser.

Исполнения приборов, действительные для использования в областях применения, связанных с безопасностью: CM42-MGx4xxEBxxxx

Действительные в настоящее время версии аппаратного обеспечения (электронная часть):

Модуль FMH1:

FC2W1: Ex Rev 07, исполнение 51512636

FBIH1: Ex Rev 01, исполнение 71131675

Модуль FSDG1: Ex Rev 04, исполнение 71083049

Версия:		Стр.:
<b>2.0</b>		<b>9 из 76</b>

Действительные в настоящее время версии микропрограммного/программного обеспечения:

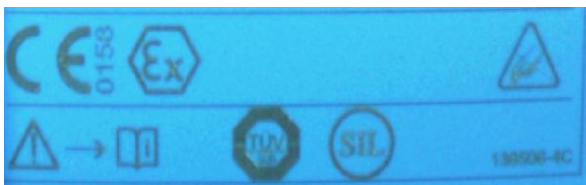
Модуль FMH1:  
     FC2W1: V1.00.00-0012 (версия параметров: V11.00.00)  
     FBH1: V3.03.04  
 Модуль FSDG1: V1.01.00

Все версии можно просмотреть в меню программного обеспечения CM42. Дополнительную информацию об этих операциях см. в руководстве по эксплуатации прибора CM42. При переключении в режим SIL в системе осуществляется проверка этих версий и, если не все версии соответствуют требованиям, переключение не производится.

Прибор может использоваться с любым вариантом корпуса: из нержавеющей стали или пластмассы.

Преобразователь CM42 SIL можно отличить от исполнений, не обеспечивающих уровень полноты безопасности SIL, по заводской табличке (на нее должен быть нанесен логотип Endress+Hauser SIL) и по коду заказа.

Код заказа: Liquiline M CM42-MGx4xxEBxxxx (цифра 4 соответствует уровню SIL)



В случае внесения изменений в прибор процесс модификации должен соответствовать требованиям стандарта МЭК 61508 и выполняться в компании Endress+Hauser.

### 1.4 Применимая документация по прибору

В комплект поставки преобразователя Liquiline M CM42 входит дополнительная документация. См. техническое описание и инструкцию по эксплуатации преобразователя Liquiline M CM42.

Документация	Содержание
Техническое описание TI381CEN 1310 TI381CDE 1310 и более поздние версии	– Технические данные – Подробное описание аксессуаров
Инструкция по эксплуатации (зависит от кода заказа CM42)	– Идентификация – Монтаж – Прокладка кабелей – Использование – Ввод в эксплуатацию – и т.д.
Информация по взрывозащищенному исполнению HA381CA3 1008 и более поздние версии	– Правила техники безопасности – Технические данные – Электротехнические данные

## 2 Описание требований в отношении безопасности и ограничивающих условий

### 2.1 Функция безопасности (SAF) – режим измерения SIL

Безопасные выходные значения на двух токовых выходах всегда создаются в соответствии с требованиями NAMUR NE43.

В приборе реализовано несколько функций безопасности (SAF).

**Внимание:** Во всех функциях безопасности не учитывается физическое или химическое влияние среды, находящейся в контакте с датчиком, на значение измеряемой величины. Это влияние должно быть оценено оператором цепи безопасности. Поэтому в этом документе речь всегда идет о точности измерения, а не о погрешности.

Для использования функций безопасности прибор должен быть переведен в безопасный "режим SIL" и "режим измерения SIL" с использованием дисплея и кнопок/навигатора. После переключения в режим SIL прибор способен обеспечивать реализацию функций безопасности.

#### Примечание.

Если не указано иное, все комментарии/примечания/ограничения и т.д., приведенные в настоящем документе, относятся к функциям безопасности SAF1 и SAF2. Функции SAF3 и SAF4 являются специальными функциями безопасности и не выполняются непрерывно, как SAF1 или SAF2.

## Примечание.

В режиме измерения SIL применяются следующие формулы:

Значение рН вычисляется для значения измеряемой величины  $U$  при температуре  $T_k$ :

$$pH = - (U / S_{T_k}) + pH_{NP}$$

$S_{T_k}$  = крутизна при температуре  $T_k$ , нулевая точка  $pH_{NP}$ : оба значения получены в результате коррекции рН.

Для значения рН всегда автоматически применяется термокомпенсация (АТС), параметры которой рассчитываются на основе формул, приведенных в разделе 4.7.1.

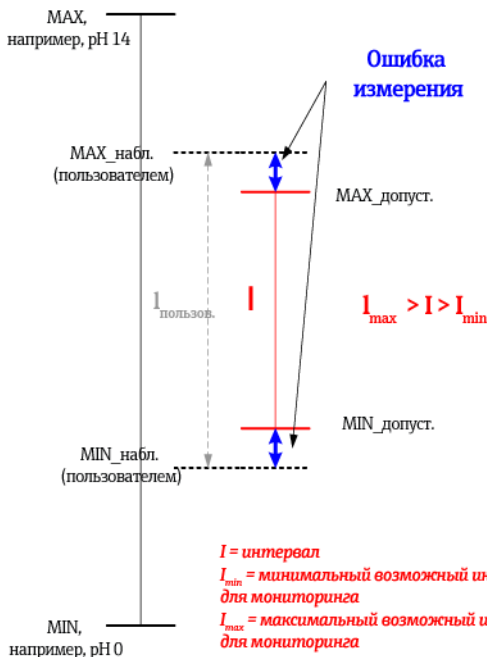
Допустимый диапазон значений крутизны составляет от 50,0 до 61,0, а допустимый диапазон для нулевых точек от 6,0 до 8,0. Все прочие значения будут отклонены. Использование датчиков со значениями крутизны или нулевой точки, не соответствующими указанным диапазонам, невозможно.

### 2.1.1 Функция безопасности 1 (SAF1) – контроль над предельными значениями

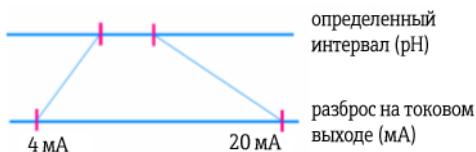
Контроль над значением измеряемой величины (в приборе осуществляется преобразование напряжения в значение рН): При выходе за пределы определенного пользователем диапазона рН  $I = [M \min, M \max]$  выдается ток ошибки.

Вместо диапазона также можно определить только верхний или нижний предел. В этом случае другой предел равен минимальному (4,0 мА) или максимальному (20,0 мА) из возможных значений измеряемой величины.

На приведенном ниже рисунке значение  $I_{\min}$  равно 1,0 рН, а значение  $I_{\max}$  – 14,0 рН (от 0,0 рН до 14,0 рН).



Определенный интервал  $I$  для контролируемого значения измеряемой величины автоматически передается (с учетом разрешения) на токовые выходы оптимальным образом, используя значение 4,0 мА для нижнего предела и значение 20 мА для верхнего предела (см. рисунок ниже).



Таким образом точность зависит от конфигурации токовых выходов.

### 2.1.2 Функция безопасности 2 (SAF2) – безопасное измерение

Функция безопасности цепи измерения предусматривает вывод значения рН на токовый выход. Исходя из этого, значения напряжения в мВ и температуры Т с заданной точностью и разрешением поступают из датчика, производится расчет значения рН с последующим преобразованием в ток в мА, который впоследствии выдается на токовый выход.

По сравнению с ошибками на токовом выходе и в датчике всеми ошибками (округление, вычисление, преобразование из рН в мА и т.д.), обусловленными преобразователем Liquiline M CM42, можно полностью пренебречь.

Значение в мВ, получаемое из датчика Orbisint CPS11D (передача в преобразователь ведется по протоколу Memosens) имеет разрешение  $\pm 0,1$  мВ, температура  $\pm 0,01$  К, значение рН  $\pm 0,01$  рН, крутизна  $\pm 0,001$  рН/мВ, а нулевая точка  $\pm 0,001$  рН. Данные о точности всех значений приведены в руководстве по функциональной безопасности датчика.

### 2.1.3 Точность и синхронизация функций SAF1 и SAF2

Все сведения или результаты, приведенные в этом документе, получены на основе предположения об отсутствии ошибок, связанных с крутизной и нулевой точкой датчика.

Ток, выдаваемый преобразователем Liquiline M CM42 на токовый выход и обусловленный состоянием оборудования, не превышает  $\pm 0,05$  мА для всего диапазона 4-20 мА и всех возможных и допустимых условий ЭМС/окружающей среды. Данные о зависимости разброса токового выхода и точности приведены в таблице в разделе 2.2.

Предполагая отсутствие ошибок крутизны, нулевой точки и смещения температуры (=значений коррекции датчика), можно получить следующие значения:

Предельная ошибка нулевой точки составляет  $\pm 0,001$  рН (= разрешение сохраняемой в датчике величины)

Предельная ошибка крутизны при 25°C составляет  $\pm 0,001$  рН/мВ  
(= разрешению сохраняемой в датчике величины)

Предельная ошибка значения U, получаемого из датчика, обозначается как DU  
(= разрешению сохраняемой в датчике величины  $\pm 0.1$  мВ)

Предельная ошибка значения температуры Т, получаемого из датчика, обозначается как DT  
(= разрешению сохраняемой в датчике величины  $\pm 0,01$  К).

Всеми ошибками, обусловленными ограничениями, связанными с разрешением значений, можно пренебречь, т.к. их величина значительно меньше ошибок измерения. Кроме того, как было указано ранее, можно пренебречь всеми ошибками округления, поскольку их величина также значительно меньше ошибок измерения.

Таким образом, относительная предельная ошибка расчетного значения рН  $D_{pH}$  складывается лишь из относительных ошибок измерения температуры и напряжения в датчике:

$$D_{pH} / pH = DU / U + DT / T.$$

Например, для датчика Orbisint CPS11D (с головкой KSG2-SIL) значения выглядят следующим образом:

$D_{pH}/pH = 1,1\% + 0,3\% = 1,4\%$  (для диапазона температур 0°C...60°C, см. руководство по функциональной безопасности датчика). Это означает, что для диапазона температуры 0°C...60°C значение  $D_{pH}$  будет составлять 0,2 рН. Полностью подробные результаты для цепи измерения в целом приведены в представленной ниже таблице.

В самом худшем случае временной интервал, в течение которого измерение будет отражаться в токовом выходе, составляет **5 секунд** (пример: изменение тока с 4 мА на 20 мА и проблемы со связью и т.д.).

Это значение действительно только для преобразователя. Оно не включает задержки, обусловленные кабелем (почти нулевые для кабеля Memosens) или датчика (около 1 секунды для датчика Orbisint CPS11D, см. руководство по функциональной безопасности датчика).

### Цепь измерения рН от Endress+Hauser

При использовании цепи измерения рН от Endress+Hauser, в состав которой включены кабель SIL CYK10 для датчиков Memosens и стеклянный рН-электрод Orbisint CPS11D (с головкой KSG2-SIL), для всей цепи измерения рН применяются следующие показатели:

**Временной интервал**, в течение которого измерение будет отражаться в токовом выходе, в худшем случае составляет **<6 секунд, в большинстве случаев он не превышает 2 секунды**.

**Точность** зависит от температуры и разброса для токового выхода (здесь используются значения 0,3% и 4,0%, см. таблицу и описание в разделе 2.2):

Температура, °C	Температура, °F	Точность в pH (= DrpH)	Относительная ошибка токового выхода при разбросе в 1 pH	Относительная ошибка токового выхода при разбросе в 14 pH
-20°C - 0°C	-4°F - 32°F	±0,30	30%+4%=34%	2,2%+0,3%
0°C - 60°C	32°F - 140°F	±0,20	20%+4%=24%	1,5%+0,3%
60°C - 90°C	140°F - 194°F	±0,30	30%+4%=34%	2,2%+0,3%
90°C - 110°C	194°F - 230°F	±0,40	40%+4%=44%	2,9%+0,3%
110°C - 125°C	230°F - 257°F	±0,45	45%+4%=49%	3,3%+0,3%

В эту таблицу включены все погрешности (включая EMI) за исключением точности крутизны, нулевой точки и смещения температуры.

### 2.1.4 Безопасная калибровка и коррекция (SAF3 и SAF4)

В процессе безопасной калибровки выполняется процедура безопасной калибровки, вычисления безопасных значений и осуществляется безопасное взаимодействие с пользователем для получения результатов калибровки с использованием дисплея, установленного на приборе.

Ошибками для всех вычислений, проводимых в преобразователе и используемых для крутизны и нулевой точки датчика, можно пренебречь, т.к. они существенно меньше разрешения, применяемого для хранения значений в датчике (крутизна ±0,001 pH/mV и нулевая точка ±0,001 pH). Это также относится и к значениям pH, необходимым для используемых буферных растворов pH при заданной температуре.

Безопасная коррекция обеспечивает безопасное сохранение результатов калибровки в датчике в процессе безопасного взаимодействия с пользователем.

Значения, полученные после безопасной калибровки и корректировки и сохраняемые в датчике, впоследствии могут использоваться для измерения значения pH с помощью функций SAF1 и/или SAF2 с уровнем полноты безопасности SIL.

Обе функции безопасности можно применять только в режиме SIL, их запуск производится в режиме измерения SIL. Для реализации обеих функций безопасности пользователь должен выполнить ряд проверок. Исходя из этого, в процессе безопасного обмена данными с пользователями применяются специальные экраны.



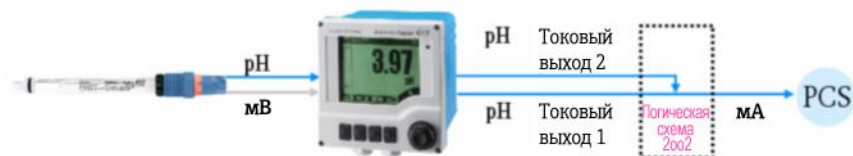
### 2.2 Сигнал, связанный с безопасностью, и безопасное состояние

Сигналом, связанным с безопасностью, является аналоговый выходной сигнал (4..20 мА), выдаваемый на оба токовых выхода. Другими безопасными выходами прибор не оборудован.

Безопасное состояние определяется как:

- Отсутствие выходного тока вообще (0 мА) или
- Низкий ток ошибки (3,6 мА) на одном из выходов или
- Высокий ток ошибки (> 21,0 мА) на одном из выходов.

Безопасные сигналы должны обрабатываться подключенным логическим компонентом PCS.



В качестве логической схемы может применяться отдельная логическая схема, реализованная на основе оборудования и/или программного обеспечения, либо программная логическая схема, интегрированная в систему управления, например, ПЛК.

В любом случае сигнал должен проходить через логическую схему 2002 с использованием следующего алгоритма:

- Если на любой из токовых выходов подается высокий или низкий ток ошибки, необходимо установить ток ошибки.
- Если на любой из токовых выходов подается сигнал менее 3,6 мА (например, 0 мА), необходимо установить ток ошибки.
- Если значения для токовых выходов **отличаются более чем на ±0,04 рН в течение более чем 1 секунды**, необходимо установить ток ошибки. Допустимая разница значений для токовых выходов зависит от используемого разброса токовых выходов.

Например, для заданного интервала разброса в 1рН допустимая разница будет составлять  $0,04 \text{ рН} \times 16 \text{ мА/рН} = 0,64 \text{ мА}$  (= 4,0% от полной шкалы).

Для интервала 14 рН допустимая разница равна  $0,04 \text{ рН} \times 1,143 \text{ мА/рН} = 0,04572 \text{ мА}$  (= 0,3% от полной шкалы; вследствие физического разрешения токовых выходов необходимо использовать значение 0,05).

В приведенной ниже таблице представлены значения для различных вариантов разброса.

Версия:		Стр.:
<b>2.0</b>		<b>17 из 76</b>

Разброс [рН]	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Допустимая разница [мА]	0,64 =4%	0,32	0,21	0,16	0,13	0,11	0,09
Разброс [рН]	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
Допустимая разница [мА]	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05 =0,3%

При перезапуске прибор выводится из безопасного состояния. После завершения загрузки и обнаружения датчика должны быть успешно выполнены все операции самодиагностики. После перезагрузки автоматический перевод прибора в безопасный режим SIL не осуществляется даже в том случае, если устройство корректно работало в режиме SIL до перезапуска.

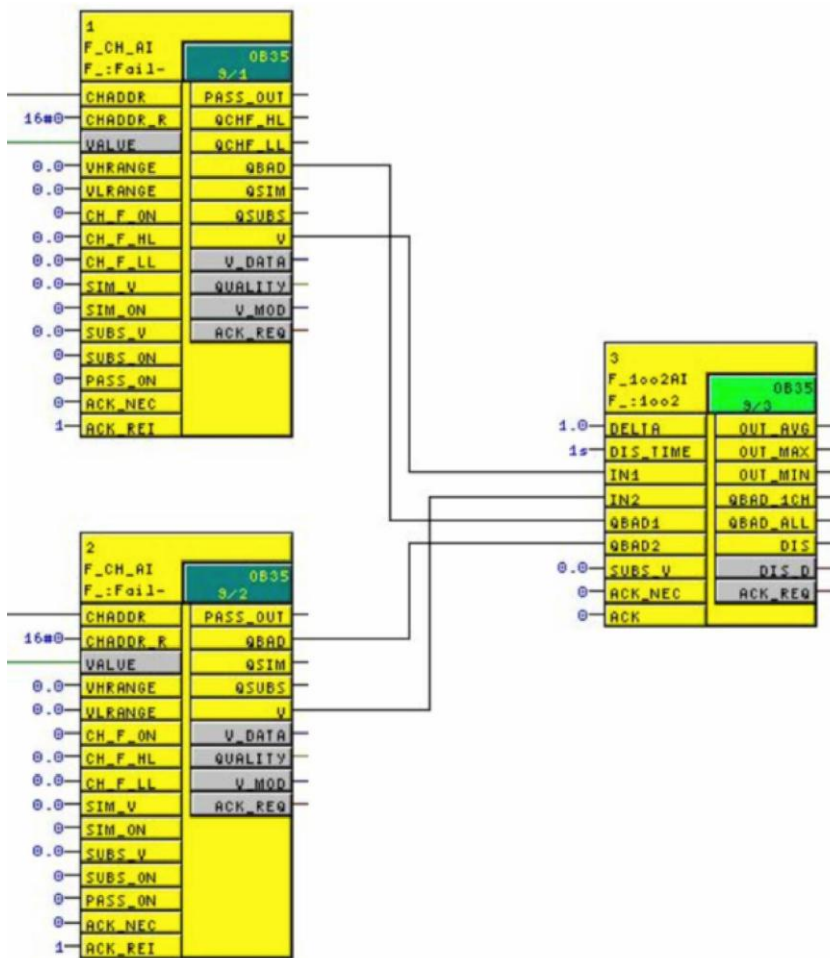
### Примечание.

После обнаружения безопасного состояния логическим компонентом, прибор CM42 следует переключить назад в безопасный режим SIL вручную. Это необходимо, т.к. в логический компонент не передаются данные о том, был ли преобразователь "восстановлен" после установления безопасного состояния в логическом элементе. Логический элемент лишь обеспечивает обнаружение значения измеряемой величины после наблюдения за током ошибки по истечении, как минимум, 4 секунд.

### Пример логической схемы, реализованной в устройстве PCS в форме функционального блока

Это блок безопасной функции F\_1oo2AI в ПЛК Siemens:

Данный функциональный блок обеспечивает проверку действительных входов, сравнение двух входов с настроенным допуском для разницы и проверку времени расхождения. Для получения дополнительной информации см. руководства по используемым PCS. Для расхождения настроены параметры "DELTA" (Расхождение) = 1 мА и "DIS\_TIME" (Время расхождения) = 1 секунда.



## 2.3 Ограничения на использование в областях применения, связанных с безопасностью

Указанные требования в отношении условий окружающей среды должны соблюдаться в любых условиях. Также необходимо соблюдать требования, изложенные во всех примечаниях, приведенных в руководстве по эксплуатации CM42 и инструкции по монтажу (см. раздел 1.4).

Дополнительные обязательные ограничения, которые необходимо соблюдать в областях применения, связанных с безопасностью:

- Монтаж, ввод в эксплуатацию, управление и техобслуживание системы безопасного измерения должны выполняться только обученным техническим персоналом. Технический персонал должен быть уполномочен владельцем-оператором системы на выполнение работ в системе, связанной с безопасностью.
- Используйте прибор при максимальной средней температуре окружающей среды, равной 60°C (расчет интенсивности отказов проводился на основе этого предположения).
- Необходимо убедиться в том, что в течение всего времени эксплуатации применяется кабель, соответствующий уровню полноты безопасности SIL (например, кабель CYK10 SIL – найдите заводскую табличку с логотипами SIL и TÜV). В процессе эксплуатации выполнить эту проверку с помощью преобразователя или датчика невозможно.
- Перед вводом системы в эксплуатацию следует удостовериться в отсутствии большого количества металла рядом с преобразователем или головкой датчика. Металл может оказать воздействие на индуктивную передачу по кабелю и преобразователь.
- Соединения кабеля с преобразователем и датчиком должны быть тщательно проверены перед переводом системы в рабочее состояние.
- Необходимо соблюдать требования к условиям окружающей среды, приведенные в стандарте МЭК 61326-3-2.
- Перед вводом системы в эксплуатацию следует выполнить проверку логической схемы и ее настройки. Необходимо применять логическую схему с архитектурой 2oo2.
- Обязательной является проверка подключения кабеля Memosens к преобразователю, см. инструкцию по монтажу CM42.
- Применение системы в радиоактивной среде запрещено (за исключением естественной радиоактивности).
- Использование прибора рядом с областями с сильными магнитными полями не допускается.
- Необходимо обеспечить защиту прибора от молний или сильных электромагнитных помех.
- Для подключения к преобразователю следует применять экранированный разъем. Необходимо использовать двухжильный кабель, экранированный с обеих сторон, "жесткое заземление".
- Дисплей НЕ ЯВЛЯЕТСЯ полностью безопасным даже в режиме SIL.
- Тщательно проверяйте полярность соединений.
- При использовании приборов на открытом воздухе обеспечьте их защиту от непогоды.

- Необходимо выполнять проверку давления окружающей среды и сравнивать его значения со значениями, приведенными в инструкции по эксплуатации. При выходе давления за установленный диапазон использование системы запрещено.
- Для корпуса из нержавеющей стали следует использовать функциональное заземление.
- При применении различных датчиков, подобных датчику CPS11D-8\* (датчик SIL) от Endress+Hauser, необходимо убедиться в том, что эти датчики обеспечивают точно такие же вычисления значения pH, что и датчики, производимые Endress+Hauser. В противном случае значения, регистрируемые на двух токовых выходах, будут различаться систематически и определяться в логической схеме с последующим переводом прибора в безопасное состояние. Обратитесь в представительство Endress + Hauser и уточните, возможно ли безопасное использование этого датчика вместе с преобразователем Liquiline M CM42.
- Срок службы датчика Orbisint CPS11D (отсчет со дня производства) не должен превышать 3 лет. Соответствующую проверку можно выполнить с помощью преобразователя Liquiline M CM42.
- Температура хранения: см. инструкцию по эксплуатации.
- Температура окружающей среды: -20°C...60°C
- Светодиодный индикатор, находящийся на дисплее, ни при каких условиях не применяется для отображения релевантного состояния системы. Он не является частью безопасного тракта и поэтому деактивирован.
- В целях обеспечения безопасности не допускается подключение модулей DAT к портам дисплея при работе прибора в режиме SIL. Эти модули необходимо извлечь. Соответствующая проверка будет выполняться с помощью программного обеспечения преобразователя.
- В целях обеспечения безопасности служебный интерфейс отключается при переводе прибора в режим SIL и включается вновь после выхода из этого режима. Он может использоваться обслуживающим персоналом Endress + Hauser для диагностики системы. Он не предназначен для применения в других обстоятельствах.  
По этой причине использование инструмента Memobase в ходе реализации безопасных калибровок/корректировок невозможно. Однако с помощью Memobase можно выполнять небезопасную калибровку в классическом режиме и применять эти датчики для измерений SIL.

- Для выполнения безопасных калибровок/корректировки в лаборатории требуется преобразователь, соответствующий уровню SIL, например, преобразователь Liquiline M CM42 SIL.
- Для хранения настроек (всех параметров) используемого преобразователя можно применять Copy-DAT (см. инструкцию по эксплуатации).
- Для вывода всех вариантов тока ошибки (высокого и низкого) и всех значений измеряемой величины требуется напряжение 15,5 В. При подаче напряжения менее 9 В не удастся гарантировать наличие тока ошибки на выходах. В диапазоне 9...15,5 В всегда возможен вывод высокого тока ошибки, но не низкого тока ошибки.

### Контроль над напряжением:

(Указанные ниже положения можно применять при выполнении анализа FMEDA для всей функции безопасности, включая ПЛК и т.д.)

- При использовании низкого тока ошибки необходимо обеспечить контроль напряжения на обоих выходах и перевод системы в безопасное состояние при падении напряжения ниже 15,5 В.
- При использовании высокого тока ошибки необходимо обеспечить контроль напряжения на обоих выходах и перевод системы в безопасное состояние при падении напряжения ниже 9 В. Контроль над токовым выходом 1 производится с помощью системы Liquiline M CM42: в случае падения напряжения ниже 9 В на выходе 1 осуществляется сброс.
- Для двух цепей тока рекомендуется использовать два независимых источника напряжения. В таком случае для всех ошибок будет выполняться перевод системы в безопасное состояние за исключением ситуации, при которой наблюдается отказ источника напряжения токового выхода 2 и на токовый выход 2 подается ток ошибки, либо при наличии сигнала измерения (4-20 мА) на обоих выходах. В этих двух случаях логическая схема обеспечивает определение ошибки с диагностическим охватом (DC) в 90%.
- При использовании только одного источника напряжения для двух токовых выходов применяются следующие правила:  
в случае возникновения ошибки источника напряжения обнаружение всех ошибок напряжения в логической схеме производится с диагностическим охватом (DC) 60%.

В приведенной ниже таблице представлен обзор состояний прибора в режиме SIL:

Версия:		Стр.:
<b>2.0</b>		<b>22 из 76</b>



Состояние прибора	Строка состояния CM42	Токовый выход 1	Токовый выход 2	Модуль управления	Режим SIL
Безопасное измерение		Значение pH	См. токовый выход 1, так как включен режим SIL	Значение измеряемой величины ИЛИ обнаружение ошибки в логической схеме	Вкл.
Безопасная калировка/коррекция		Значение pH	См. токовый выход 1, так как включен режим SIL	<del>Значение измеряемой величины</del> Удержание в режиме SIL НЕДОСТУПНО (для обеспечения безопасности)	Вкл.
Изменение настроек в режиме SIL		SETUP (Настройка) - любой пункт меню для обеспечения безопасности в режиме SIL все параметры настройки отображаются на дисплее, но не являются доступными для редактирования		<del>Значение измеряемой величины</del>	Вкл.
Моделирование		DIAG (Диагностика) - Service (Сервис) - Simulation (Моделирование) для обеспечения безопасности недоступно в режиме SIL		<del>Значение измеряемой величины</del>	Вкл.
Замена датчика (пункт меню невидим в режиме SIL) <b>Просто отключите датчик для его замены</b>		Ток ошибки	См. токовый выход 1, так как включен режим SIL	<b>Ток ошибки:</b> Удержание в режиме SIL НЕДОСТУПНО (для обеспечения безопасности)	Вкл.
Переключение в режим SIL ИЛИ Завершение Калиб./корр. ИЛИ Обнаружение ошибки		Ток ошибки	См. токовый выход 1, так как включен режим SIL	Ток ошибки: для перехода к безопасному измерению запустите процедуру переключения [SETUP (Настройка) - Functional safety (Функциональная безопасность) - SIL meas mode (Режим измерения SIL) ...].	Вкл.



### Параметры функциональной безопасности

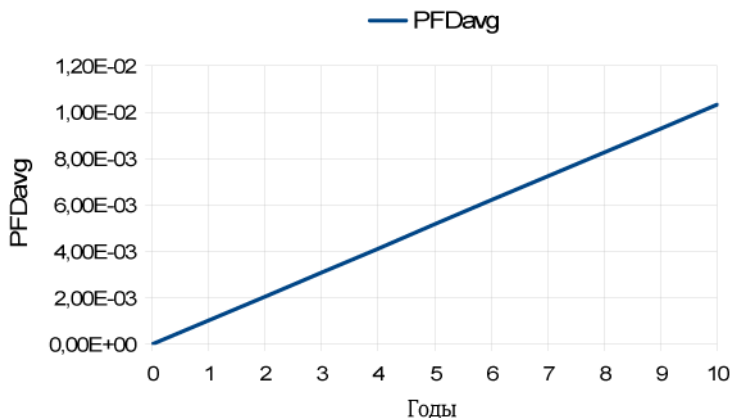
Специализированные параметры функциональной безопасности для одноканального варианта эксплуатации прибора:

Параметры в соответствии с МЭК 61508	Liquiline M CM42, Memosens
Функция безопасности	1: контроль над предельными значениями рН 2: измерение значения рН 3 и 4: безопасная калибровка и коррекция Дополнительную информацию см. в разделе <b>Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.</b>
SIL	Оборудование: 2, Программное обеспечение: 2 при однородном резервировании: 2
HFT (Допуск по ошибкам аппаратного обеспечения)	0
Тип прибора	V
Режим работы	Режим с низкой интенсивностью запросов
SFF (Доля безопасных отказов)	94,8 %
MTTR (используется для расчета показателя PFD)	8 ч
T <sub>1</sub> (Интервал контрольных проверок)	Рекомендованный 1 год (см. график ниже)
λ <sub>SD</sub>	688 FIT
λ <sub>SU</sub>	947 FIT
λ <sub>DD</sub>	2667 FIT
λ <sub>DU</sub>	236 FIT
λ <sub>Total</sub> *1	4549 FIT
PFD <sub>avg</sub> (для T <sub>1</sub> = 1 год) *4	1,03 × 10 <sup>-3</sup>
PFH	2,36 × 10 <sup>-7</sup>
MTBF / MTBF <sub>DU</sub> *1	25 лет/483 лет
Интервал диагностических проверок *2	< 60 мин (без проверки ОЗУ: <10 мин)
Время отклика при ошибке *3	< 1 с



DCD (Диагностический охват – опасные отказы)	92 %
--	------

- \*1 В соответствии со стандартом Siemens SN29500 при 60°C. Показатель MTBF рассчитывается в виде обратного значения показателя PFH/  $\lambda_{Total}$ , предполагается, что интенсивность отказов является постоянной.
- \*2 В течение этого времени все диагностические функции выполняются, по крайней мере, один раз.
- \*3 Время между обнаружением отказа и откликом на отказ (в этом случае, ток ошибки).
- \*4 Разумеется можно выбрать другие (например, более продолжительные) интервалы контрольных проверок. Выберите один интервал, соответствующей области применения, с помощью приведенной ниже диаграммы.



Зависимость показателя  $PFD_{avg}$  для архитектуры 1oo1D от продолжительности интервала контрольных проверок.  
Годы = "примеры интервалов контрольных проверок"

**Примечание.**

Эти значения НЕ включают значения показателей  $PFD_{avg}/SFF$  используемой логической схемы и внешних источников питания или средств контроля внешнего напряжения.

**Примечание.**

При расчете показателя  $PFD_{avg}$  для системы 1oo1D применялась модель Маркова.

## Опасные необнаруженные отказы в данном сценарии:

Опасным необнаруженным отказом XDU является ошибочный сигнал измерения на токовых выходах в диапазоне 4..20 мА, тогда как ошибочное значение измеряемой величины представляет собой значение, отклоняющееся от правильного значения измеряемой величины на величину, превышающую установленное значение точности (см. раздел 2.1.3).

Некоторые (но не все) опасные необнаруженные отказы могут быть определены в логической схеме. В подобных случаях в преобразователе не отображается сообщение об ошибках и поведение прибора не является необычным.

## Срок эксплуатации электронных компонентов:

Лежащие в основе расчетов значения интенсивности отказов применяются при условии соблюдения сроков эксплуатации электронных компонентов, соответствующих требованиям МЭК 61508-2, статья 7.4.7.4, примечание 3 [МЭК61508:2000] или статья 7.4.9.5, примечание 3 [МЭК61508:2010]. Использование других значений должно осуществляться на основе опыта предыдущего использования в аналогичной среде.

Предполагается, что большая часть ранних отказов будет обнаружена в процессе монтажа и пробной эксплуатации, поэтому предположение о постоянной интенсивности отказов в ходе полезного срока службы является допустимым.

Согласно стандарту МЭК 61508-2, раздел 7.4.7.4 предполагаемый полезный срок службы следует определять на основе имеющегося опыта.

## Примечание.

Для обеспечения безопасной эксплуатации прибора необходимо правильно установить его с соблюдением всех требований, приведенных в разделе 2.3.

## 2.4 Поведение прибора в процессе эксплуатации и в случае отказа

### 2.4.1 Поведение прибора при включении

**При включении прибора загрузка программного обеспечения занимает 40-60 секунд.** Затем выполняются внутренние проверки, связанные с обеспечением безопасности. В течение этого времени токовый выход удерживается в режиме **высокого тока ошибки (>21,5 мА)**.

Подача питания на кабель Memosens и датчик Memosens производится только после окончания этапа загрузки и не ранее.

### 2.4.2 Поведение прибора при запросе

При обнаружении внешней ошибки прибор переводится в безопасное состояние в течение времени отклика при ошибке (см. раздел 2.2).

В случае перевода прибора в активное безопасное состояние производится выход из режима измерения SIL, однако режим SIL по-прежнему является активным. Поэтому в строке состояния сохранится пиктограмма SIL.

В случае перевода в пассивное безопасное состояние работа системы останавливается полностью, после его на дисплее отображается некоторая информация. Для повторного запуска системы необходимо заново включить питание, при этом следует учитывать, что пассивное безопасное состояние указывает на наличие серьезной проблемы в системе.

Если в ходе выполнения проверки ОЗУ или ПЗУ/флэш-памяти обнаружена ошибка, работа системы прекращается, после чего устанавливается ток ошибки без вывода какой-либо информации на дисплей (пассивное безопасное состояние).

В пассивном безопасном состоянии дисплей выглядит следующим образом:



Используйте эту информацию при обращении в отдел сервиса E+H.

### 2.4.3 Поведение прибора при выдаче аварийных сигналов и предупреждений

#### Ток ошибки

Ток аварийного сигнала может представлять собой низкий или высокий ток ошибки. В большинстве случаев для указания на внутренние ошибки применяется высокий ток.

Исходя из этого, логический компонент должен обеспечивать обработку обоих случаев: низкого и высокого токов ошибки.

### **Предупреждения**

Для получения дополнительной информации о предупреждениях см. инструкцию по эксплуатации преобразователя.

### **Сброс**

Сброс системы выполняется только в том случае, если активируется самоконтроль системы или обнаруживается отказ питания (либо осуществляется физический сброс или отключение питания системы).

## 3 Монтаж

### 3.1 Монтаж, подключение и ввод в эксплуатацию

Этапы подключения и ввода прибора в эксплуатацию описаны в инструкции по эксплуатации и техническом описании прибора (см. раздел 1.4). Необходимо учитывать все примечания, приведенные в разделе 2.3.

### 3.2 Ориентация

Единственные существующие ограничения в отношении ориентации прибора приведены в разделе 2.3 и указаны в документации (см. раздел 1.4) и руководстве по эксплуатации. Других ограничений нет.

## 4 Управление

Все снимки экрана, приведенные в этом разделе, получены с использованием англоязычной версии преобразователя Liquiline M CM42. В зависимости от установленного языка экраны могут немного отличаться.

### 4.1 Основные сведения об операциях, связанных с безопасностью

Для всех операций, связанных с безопасностью: Меню SETUP (Настройка) включает дополнительный пункт под названием "Functional safety" (Функциональная безопасность). Его необходимо использовать почти для всех операций, имеющих отношение к безопасности.

Для входа или выхода из режима SIL требуется включение управления пользователями и ввод пароля эксперта, отличного от "0000". Дополнительную информацию об этих операциях см. в руководстве по эксплуатации преобразователя Liquiline M.

Программное обеспечение CM42 SIL, используемое в режиме SIL, немного отличается от стандартного программного обеспечения (классический режим): Для обеспечения безопасности единственным возможным вариантом калибровки pH является калибровка по двум точкам: она выполняется только с применением буферных растворов E+H со значениями pH 7,00 и pH 4,00 (и только в такой последовательности) и автоматической термокомпенсации. Единственным методом калибровки по температуре является калибровка по одной точке.

### 4.2 Калибровка точки измерения

Калибровку преобразователя можно не проводить, однако калибровка используемого датчика является обязательной процедурой. См. часть 2 инструкции по эксплуатации преобразователя Liquiline M CM42 и раздел 4.7.1.

### 4.3 Метод определения параметров прибора

Обычный процесс определения параметров прибора описан в стандартной документации (см. разделе 1.4).

### 4.4 Использование режима SIL и классического режима – переключение в режим SIL

Классический режим представляет собой режим по умолчанию, в который переводится прибор после сброса или включения питания. Это небезопасный режим "традиционного" преобразователя Liquiline M CM42. Изменение параметров настройки может выполняться только в этом режиме. Режим SIL представляет собой рабочий режим для функций безопасности. Система может считаться безопасной только в режиме SIL.

Для переключения в этот режим на специальном экране безопасности всегда появляется запрос на ввод пароля эксперта.

Обзор Классический режим, режим SIL и безопасный режим измерения



**Вход в режим SIL:**

После подтверждения пароля необходимо выполнить проверку и подтверждение значений нижнего и верхнего значения токового выхода в [pH] и значение интенсивности измерения pH в [pH/c]. Эти значения трижды отображаются в случайном положении в целях устранения влияния возможных ошибок дисплея.

Нажмите программируемую клавишу "Yes" (Да) для подтверждения и клавишу "No" (Нет), если значения содержат ошибки. Программируемая клавиша "Yes" всегда располагается в случайном месте.

После этого режим SIL активируется и в строке состояния появляется пиктограмма SIL:



**Теперь до момента перехода в режим измерения SIL на оба токовых выхода будет выводиться высокий ток ошибки**

**Выход из режима SIL:**

После выбора соответствующей опции в меню "Setup (Настройка) – Functional Safety (Функциональная безопасность)" достаточно ввести пароль. Произойдет выход из режима SIL (пиктограмма SIL пропадет). Обратите внимание на то, что ток ошибки подается на токовые выходы в течение, по крайней мере, 4 секунд. По прошествии этого времени управление токовыми выходами производится в классическом режиме и эти выходы более не являются безопасными.

Для использования режима SIL необходимо установить определенные настройки, которые должны быть определены в том случае, если оператор изменил настройки по умолчанию. Если какое-либо условие, являющееся релевантным для режима измерения SIL, не выполнено, появится всплывающее окно с соответствующей информацией.

**Параметры настройки, необходимые для перехода в режим SIL:**

pH offset (Смещение pH)	0
MEAS temperature compensation mode (Режим термокомпенсации изм. температуры)	ATC (Автоматическая термокомпенсация)
CAL temperature compensation mode (Режим компенсации расч. температуры)	ATC (Автоматическая термокомпенсация)
CAL buffer recognition (Определение показателя калибр. буферного раствора)	fixed (Фикс. значение)

## Руководство по функциональной безопасности

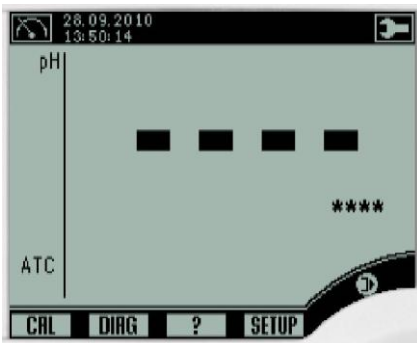
Преобразователь Liquiline M CM42 SIL с поддержкой Memosens

Buffer manufacturer (Изготовитель буферного раствора)	E+H
Sensor diagnostics (Диагностика датчика)	on (Вкл.)
2 point calibration (Калибровка по 2 точкам)	on (Вкл.)
Error 011 (Ошибка 011)	F
Error 012 (Ошибка 012)	F
Error 377 (Ошибка 377)	F
Current output 1 (Токовый выход 1)	Main value (Основное значение)
Current output 2 (Токовый выход 2)	Main value (Основное значение)
Error current (Ток ошибки)	21,5 мА
Simu current output 1 (Модел. токового выхода 1)	off (Выкл.)
Simu current output 2 (Модел. токового выхода 2)	off (Выкл.)
CAL hold (Калибровка – удержание)	off (Выкл.)
SETUP hold (Настройка – удержание)	off (Выкл.)
DIAG hold (Диагностика – удержание)	off (Выкл.)
Logbooks (Журналы регистрации)	on (Вкл.)
Lab device (Лаб. прибор)	off (Выкл.)
Correct hardware and software versions (Корректные версии оборудования и программного обеспечения)	См. раздел 1.3
Lower Limit current output 1 and 2 (Нижнее предельное значение для токовых выходов 1 и 2)	Identical (Идентичное)
Upper Limit current output 1 and 2 (Верхнее предельное значение для токовых выходов 1 и 2)	Identical (Идентичное)

Самый быстрый способ установки значений по умолчанию, необходимых для перехода в режим SIL: использование заводских установок (DIAG Service (Диагностика – сервис) – Factory default (Установки по умолчанию)).

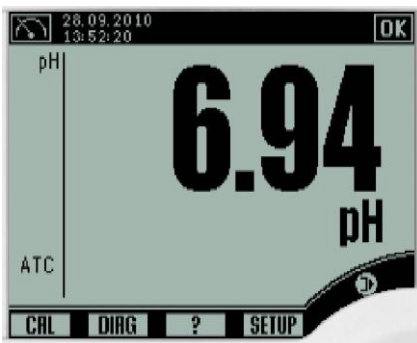


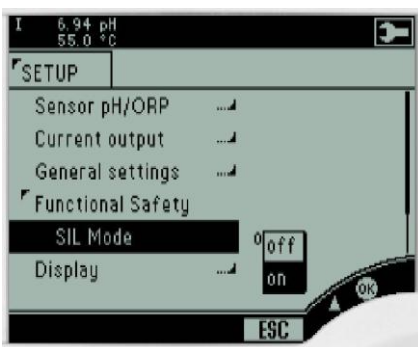
Приведенные ниже снимки экранов позволяют создать впечатление о том, каким образом эти опции выглядят на дисплее. Иногда можно начинать работу без подключенного датчика:



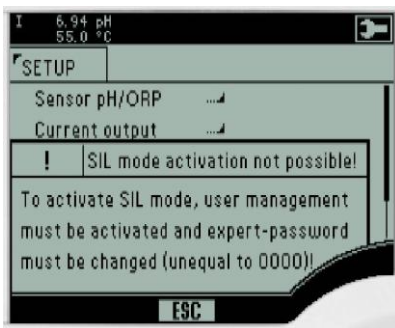
После подключения датчика, его успешного поиска в системе и проведения первого измерения появится следующее:

Все права защищены. Копирование и передача настоящего документа, использование и передача его содержимого без предварительного письменного разрешения компании Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG запрещено.

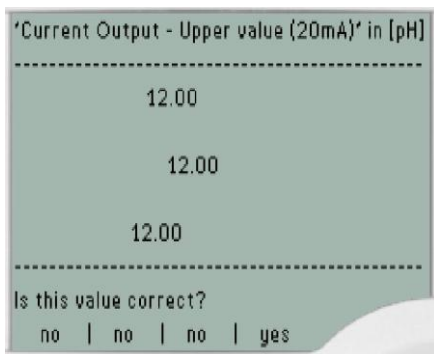
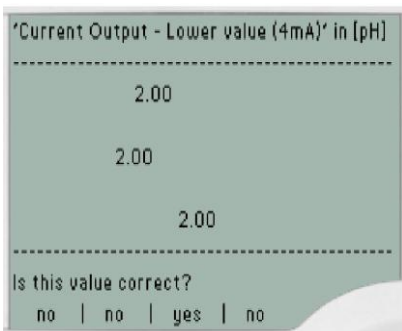


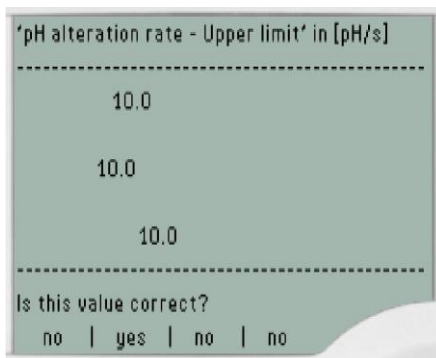


Этот экран появляется в том случае, если не были установлены все необходимые параметры для режима SIL:



Если установлены все параметры появится экран с запросом пароля эксперта.





Меню примет следующий вид:



## 4.5 Режим SIL – активное безопасное состояние

В этом режиме всегда отображается причина его активации. Причина представляется в виде шестнадцатеричного числа и выглядит таким образом



В этом примере отображается причина 00000003, означающая следующее "Режим измерения SIL в прямой форме деактивирован пользователем (посредством безопасной коррекции)".

Ниже приведена таблица причин активации активного безопасного состояния и их значений: (под каждой причиной приведена короткая справочная информация с указанием действий, которые можно выполнить в случае появления данного кода диагностики)

Десятичное число	Шестнадцатеричное число, отображаемое на экране	Причина (→ предлагаемое действие)
0	00000000	Ошибки отсутствуют. Возможно только, что было выполнено переключение в режим SIL.
2	00000002	Режим измерения SIL в прямой форме деактивирован пользователем (посредством безопасной калибровки).
3	00000003	Режим измерения SIL в прямой форме деактивирован пользователем (посредством безопасной коррекции).
4	00000004	Внутренняя ошибка физического датчика. → замените датчик

5	00000005	Проверка нарушения диапазона значений датчика. → замените датчик
6	00000006	Установка битов ошибок состояния датчика → замените датчик
7	00000007	Значение pH в датчике и преобразователе различаются. → попробуйте заменить датчик
8	00000008	Значения измеряемой величины передаются датчиком слишком быстро или часто. → замените датчик
9	00000009	Значения измеряемой величины передаются датчиком слишком медленно или редко. → замените датчик
10	0000000a	Датчик обновляет значения измеряемой величины слишком быстро или часто. → попробуйте заменить датчик
11	0000000b	Значения измеряемой величины обновляются датчиком слишком медленно или редко. → попробуйте заменить датчик
12	0000000c	Обнаружение резкого измерения счетчика команд датчика → попробуйте заменить датчик
13	0000000d	Интенсивность изменения pH превышает физически возможную. → попробуйте заменить датчик
14	0000000e	Интенсивность изменения pH превышает определенный предел. → попробуйте заменить датчик
15	0000000f	Ошибка управления выдержкой времени: значение pH слишком старое. → попробуйте заменить датчик
16	0000010	Значение pH превышает предельное значение pH. → попробуйте заменить датчик

17	0000011	На токовом выходе обнаружен недействительный запрос. → Обратитесь в отдел сервиса E+H.
18	0000012	Ответы в модуль токового выхода приходят слишком медленно/редко. → Обратитесь в отдел сервиса E+H.
19	0000013	Режим измерения SIL прерван, поскольку активен классический режим (если пользователь изменил некоторые настройки). → Для определения последующих шагов см. диагностическую информацию
20	0000014	Обнаружение модуля DAT в режиме SIL. → Извлеките модуль DAT из системы

### 4.6 Переключение в режим измерения SIL

После входа в режим SIL в меню "Functional Safety" под фразой "SIL mode switch" (Переключение в режим SIL) появляется фраза "SIL measurement mode switch" (Переключение в режим измерения SIL). Для выполнения этого переключения необходимо подключить датчик.

Перейдите в режим измерения SIL, **выполните проверку и подтвердите значения последней калибровки датчика** (нулевая точка, крутизна и корректировка температуры датчика). Необходимо **документировать эти значения в ходе калибровки/коррекции и сравнивать их со значениями, приведенными здесь**. Программное обеспечение само по себе не обеспечивает проверку их "правильности".

После этого режим измерения SIL будет запущен. Значение измеряемой величины (безопасным образом) передается в устройство PCS и в фоновом режиме выполняется диагностика безопасности.

При обнаружении ошибки (например, отключения датчика) осуществляется выход из режима измерения SIL и переход в режим "Режим SIL – активное безопасное состояние". Причина перевода в активное безопасное состояние выводится на дисплей в форме шестнадцатеричного числа (см. раздел 4.5).

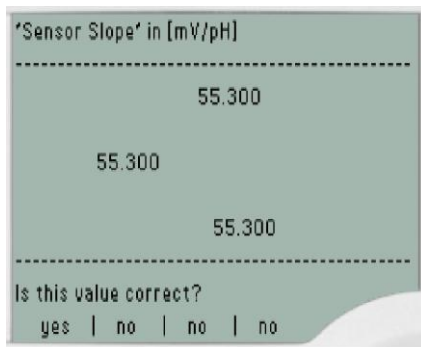
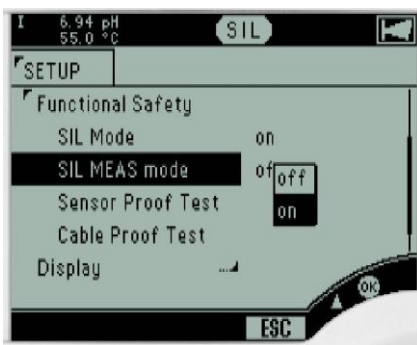
Для использования режима измерения SIL необходимо установить определенные настройки, которые должны быть определены в том случае, если оператор изменил настройки по умолчанию. Если какое-либо условие, являющееся релевантным для режима измерения SIL, не выполнено, появится всплывающее окно с соответствующей информацией.



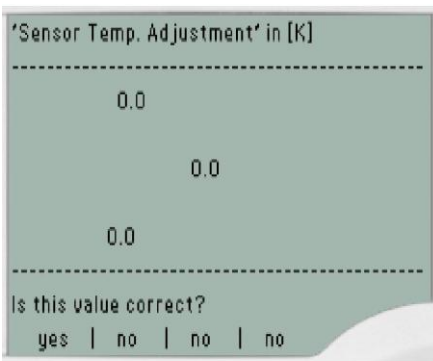
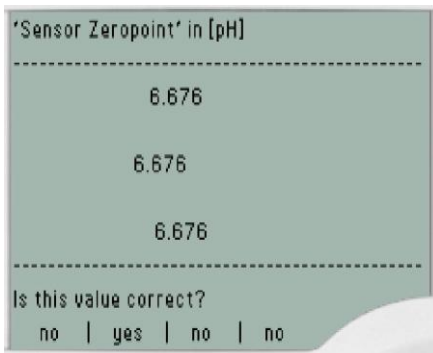
Условия аналогичны условиям для переключения в режим SIL, однако в этом случае должен быть подключен датчик.

Самый быстрый способ установки значений по умолчанию, необходимых для перехода в режим измерения SIL: использование заводских установок.

Приведенные ниже снимки экранов позволяют создать впечатление о том, каким образом эти опции выглядят на дисплее.

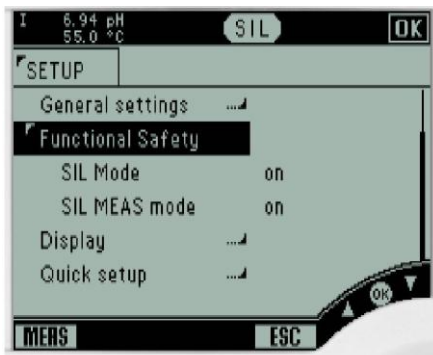




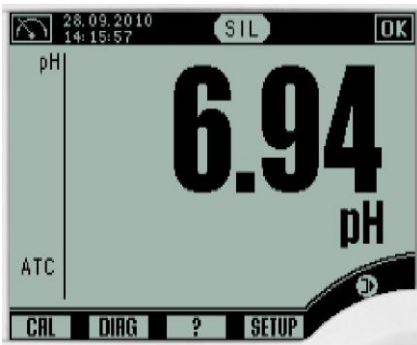




Меню "Functional Safety" (Функциональная безопасность) примет следующий вид:



Экран измерения будет выглядеть следующим образом:



## 4.7 Использование безопасной калибровки и корректировка датчика

### Важное примечание.

Калибровка также может выполняться и в классическом режиме (небезопасная калибровка/коррекция). При использовании датчика SIL соответствующая проверка не осуществляется. Ответственность за проверку правильности "безопасной" калибровки возлагается на пользователя.

### 4.7.1 Калибровка измерения pH по 2 точкам

В процессе калибровки по двум точкам для вычисления крутизны и нулевой точки датчика в преобразователе применяются следующие формулы

(преобразователь обеспечивает преобразование приведенных уравнений для сокращения ошибок в расчетах):

Используйте два буферных раствора (допустимы только буферные растворы с рН 7,00 и рН 4,00 от Е+Н, причем именно в такой последовательности), измерьте два значения напряжения U1 и U2 с соответствующими им значениями рН: рН1 и рН2.

В этом случае:

Крутизна для двух значений измеряемой величины:

$$S_{Тк} = (U_1 - U_2) / (рН1 - рН2)$$

Термокомпенсация (АТС) выполняется с использованием адаптированной крутизны:

$$S'_{25^{\circ}\text{C}} = S_{Тк} * ((273,15 + 25^{\circ}\text{C}) / (273,15 + T_k [^{\circ}\text{C}]))$$

$$\text{Нулевая точка (используется } x=2\text{): } рН_{\text{NP}} = - (U_x / S_{Тк}) + рН_x$$

U<sub>x</sub> = напряжение, измеренное на электроде

$$S_{Тк} = \text{крутизна при температуре } T_k, \quad S'_{25^{\circ}\text{C}} = \text{крутизна при } 25^{\circ}\text{C}$$

рН<sub>x</sub> = значение рН для буферных растворов (x равен 1 или 2) – эти значения рН можно найти в таблицах буферных растворов Е+Н, в которых они приведены с учетом температуры растворов (Т1 или Т2)

Т1: температура буферного раствора рН 1,

Т2: температура буферного раствора рН 2

$$T_k = (T_1 + T_2) / 2, \text{ средняя температура калибровки}$$

При использовании безопасной коррекции значения S'<sub>25°C</sub> и рН<sub>NP</sub> будут сохранены в датчике.

Формулы расчета рН приведены в разделе 2.1.

Для запуска калибровки/коррекции используйте пункт меню "2 point calibration" (Калибровка по 2 точкам), доступный в меню CAL (Калибровка). После этого следуйте инструкциям, появляющимся на дисплее. Эта процедура аналогична традиционной небезопасной калибровке/коррекции, выполняемой в классическом режиме. Единственное исключение – несколько промежуточных экранов безопасности.

В ходе калибровки по 2 точкам в режиме SIL на токовые выходы подаются значения измеряемой величины при калибровке. И только после окончания или отмены калибровки на эти выходы подается ток ошибки, т.к. выполняется вход в активное безопасное состояние.

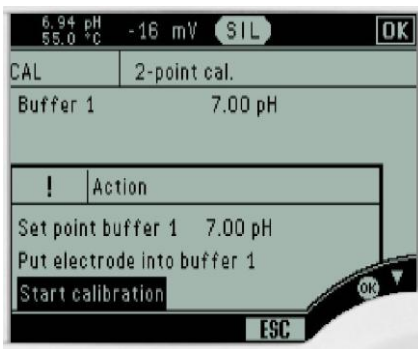
### Важно

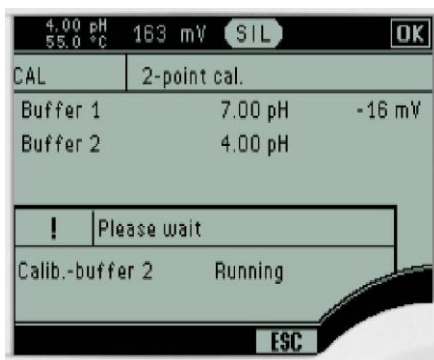
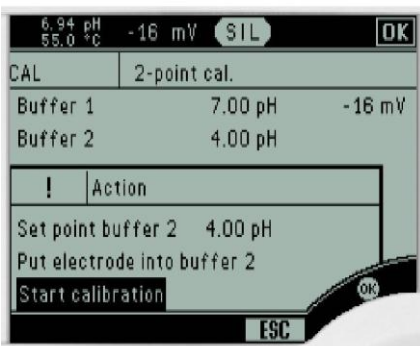
Для документирования или проверки значений используйте только "безопасные экраны". Безопасные экраны отличаются небольшим простым шрифтом и отсутствием черной строки состояния. Пример: экран "Выполнен переход в режим измерения SIL". Все другие экраны не являются безопасными и

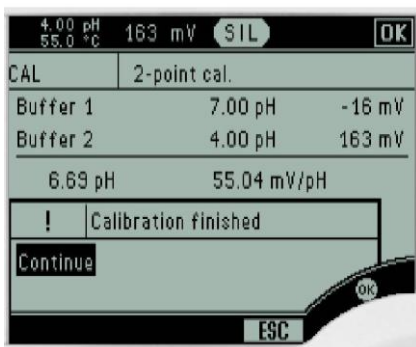
предназначены исключительно для контроля над процедурой калибровки/коррекции.

Если хотя бы один из приведенных здесь снимков экрана будет пропущен или выполняемая последовательность будет отличаться от представленной в данном руководстве, необходимо остановить процесс калибровки/коррекции и начать его заново. При сохранении ошибки замените преобразователь или обратитесь в отдел сервиса E+H.

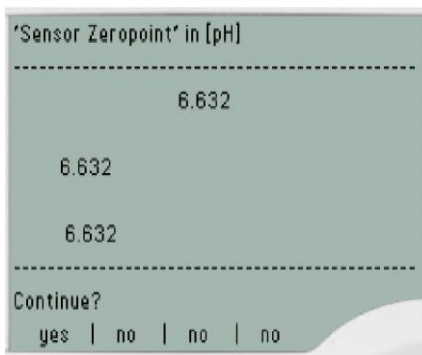
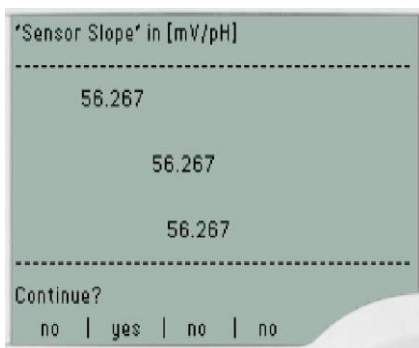
См. следующую последовательность экранов, представленную с помощью снимков:





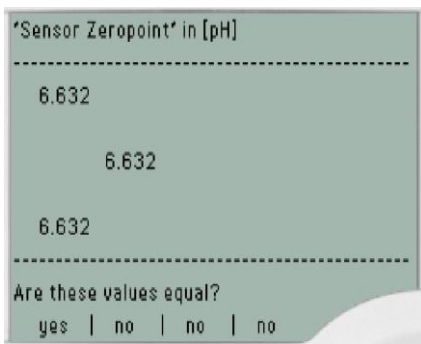
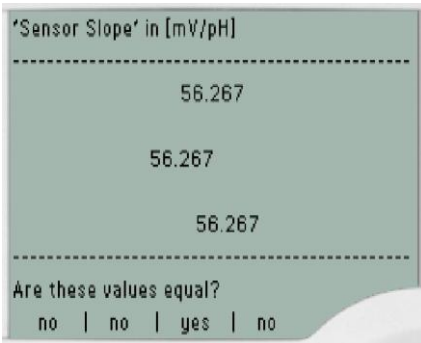


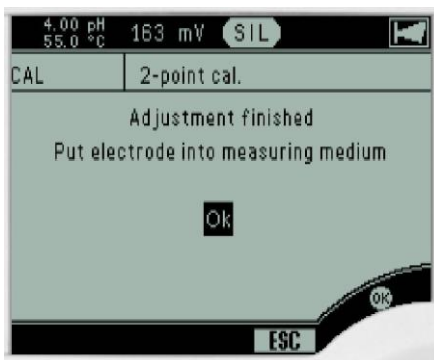
Теперь внимательно проверьте следующий экран: все значения должны быть одинаковыми и эти значения должны быть целесообразны. После успешного прохождения этой проверки нажмите программируемую клавишу "yes" (Да). В противном случае нажмите "no" (Нет).



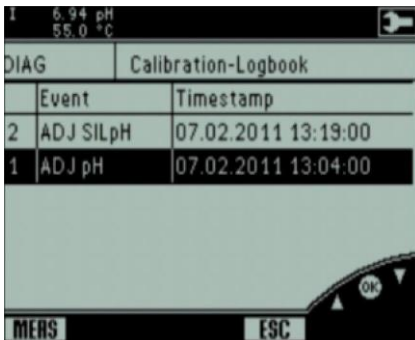


И вновь тщательно проверьте три значения. Если эти значения совпадают, значит они были правильным образом сохранены в датчике и будут использоваться в нем.





Для проверки успешного выполнения безопасной калибровки можно использовать журнал регистрации калибровок (DIAG (Диагностика) – Logbooks (Журналы регистрации) – Calibration logbook (Журнал калибровок):



Безопасные калибровки отмечаются аббревиатурой "SIL".



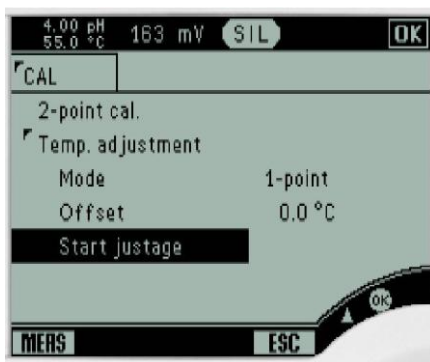


На последнем снимке представлены результаты калибровки температуры: выполнен переход в активное безопасное состояние с кодом причины 00000003, свидетельствующим об успешном завершении безопасной калибровки.

## 4.7.2 Калибровка температуры по одной точке

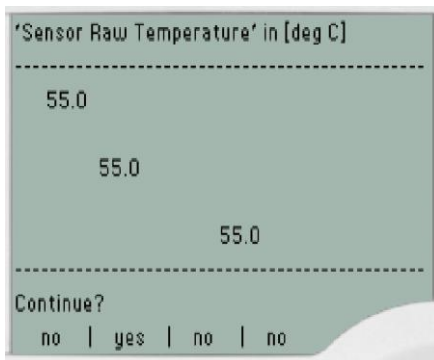
Перейдите в меню CAL (Калибровка) в режиме измерения SIL и внимательно следуйте инструкциям, появляющимся на дисплее.

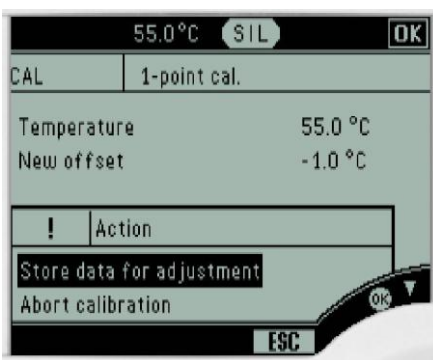
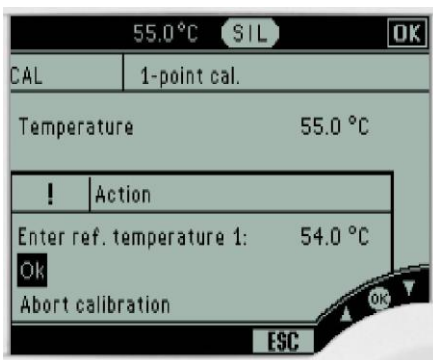
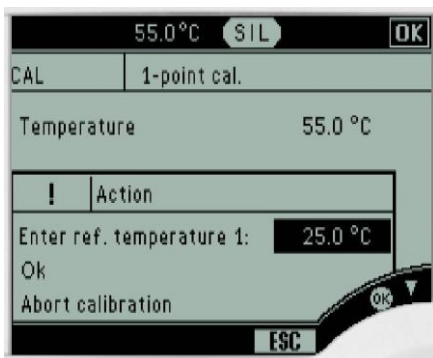
И вновь: для документирования значений можно использовать только безопасные экраны. См. примечания для 2-точечной калибровки, приведенные в разделе 4.7.1.

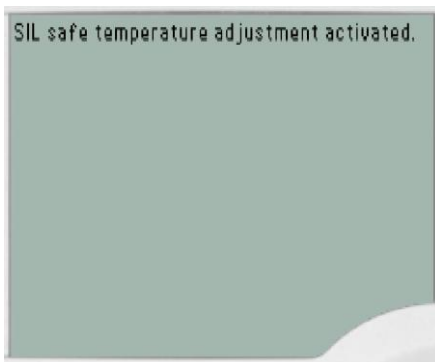
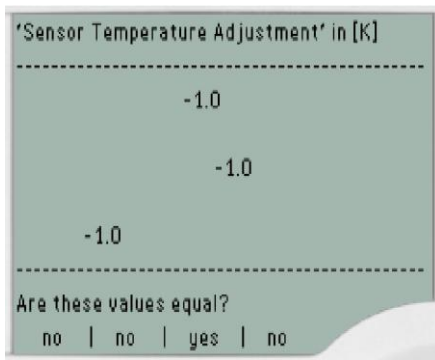




На следующем экране отображается необработанное значение измеряемой температуры. Сравните его с результатами эталонного измерения и задокументируйте оба значения измеренной температуры.









На последнем снимке представлены результаты калибровки температуры: выполнен переход в активное безопасное состояние с кодом причины 00000003, свидетельствующим об успешном завершении безопасной калибровки.

## 5 Техническое обслуживание, повторная калибровка

Рекомендуется при необходимости (в зависимости от области применения) время от времени выполнять очистку прибора.

## 6 Контрольная проверка

### 6.1 Контрольная проверка

Для обеспечения правильной работы функций безопасности их необходимо проверять с должной периодичностью.

Временные интервалы должны определяться оператором (см. главу 2.3).

Контрольные проверки должны выполняться в соответствии с приведенной ниже процедурой.

При использовании нескольких приборов в конфигурации MooN ("M из N") описанную здесь контрольную проверку необходимо выполнять отдельно для каждого прибора.

Кроме того, должны выполняться проверки, позволяющие убедиться в соблюдении всех ограничений, связанных с эксплуатацией (см. раздел 2.3).

### 6.2 Проверка для обеспечения безопасного функционирования

#### Примечание.

Также см. раздел "Техническое обслуживание, повторная калибровка" в главе 5.

## Примечание.

Если хотя бы один из описанных критериев контрольной проверки не выполнен, дальнейшее использование прибора в составе системы, связанной с безопасностью, запрещено.

## Примечание.

Контрольная проверка проводится для обнаружения случайных отказов. Влияние систематических ошибок на функцию безопасности не входит в задачу этих проверок и должно оцениваться отдельно. Системные ошибки могут быть вызваны, например, свойствами среды, окружающими условиями, коррозией и т.д.

### 6.2.1 Контрольная проверка преобразователя Liquiline M CM42

Для проведения проверки необходим преобразователь, кабель Memosens и датчик Memosens. Все компоненты должны быть сертифицированы в соответствии со стандартом МЭК 61508. Датчик должен быть откалиброванным. Также необходимы два буферных раствора: один из них должен иметь значение рН 7,0, второй – рН 9,0 или 9,2. Для измерения тока на обоих токовых выходах требуется надежный амперметр. Он должен обеспечивать точность не менее  $\pm 1$  мА.

## Примечание.

Контрольную проверку можно выполнять в лаборатории или "в процессе".

Процедура контрольной проверки такова:

(Эта процедура применяется при использовании буферных растворов. Если данная процедура должна быть выполнена "в процессе", необходимо обеспечить возможность изменения значения рН, по крайней мере, на 2,0 рН – например, применять рН 5,0 и рН 7,0. При этом следует адаптировать соответствующие настройки из приведенной ниже процедуры и задокументировать их.)

- Выключите преобразователь Liquiline M CM42. После этого все приборы (датчик, кабель и преобразователь) будут отключены.
- Поместите датчик в буферный раствор со значением рН 9,0 или 9,2.
- Подождите, по крайней мере, две минуты (для реализации производительности электронной вставки).
- Включите преобразователь и дождитесь появления значения рН на основном экране дисплея преобразователя. На этом этапе (почти) все операции самодиагностики были выполнены успешно.
- Запустите контрольную проверку кабеля через меню "SETUP (Настройка) – Functional safety (Функциональная безопасность)". Она должна успешно завершиться.

- Установите функцию безопасности SAF1 и задайте разброс токового выхода для значения рН в диапазоне 8,0 (минимум) и 10,0 (максимум). Все другие параметры настройки должны иметь корректные значения.
- После этого перейдите в режим SIL, а затем в режим измерения SIL. Система должна функционировать в режиме измерения SIL без каких-либо ошибок. Запустите процесс измерения для двух токовых выходов.
- Подождите, по крайней мере, две минуты. На токовые выходы должно подаваться постоянное значение в диапазоне 4...20 мА. Само по себе значение не столь важно, но оно должно оставаться постоянным и отличным от тока ошибки.  
Допустимый максимальный разброс для обоих значения токовых выходов составляет  $\pm 0,05$  мА при постоянной температуре.
- Замените буферный раствор и поместите датчик в буферный раствор с рН 7,0. Это значение рН находится вне допустимого диапазона рН для функции SAF1, поэтому должна выполняться функция безопасности. Значение на токовых выходах должно измениться (поскольку изменяется значение рН). Причем, как только значение рН упадет ниже установленной границы рН 8,0, на токовые выходы в течение, по крайней мере, четырех секунд будет подаваться высокий или низкий ток ошибки. Выполнен переход в (активное) безопасное состояние.
- Перенастройте систему для конкретной области применения, в частности отмените разброс для токовых выходов и установите необходимые значения самостоятельно.
- Готово.

Результаты контрольной проверки должны быть задокументированы с указанием даты, проверяющего и результата (см. пример в разделе 9).

В результате проведения этой проверки обнаруживается около 90 % (охват контрольной проверки) от общего числа возможных опасных необнаруженных отказов прибора.

### 6.2.2 Контрольная проверка кабеля Memosens CYK10

Для проведения проверки необходим преобразователь, кабель Memosens и датчик Memosens. Все компоненты должны быть сертифицированы в соответствии со стандартом МЭК 61508.

#### Примечание.

Контрольную проверку можно выполнять в лаборатории или "в процессе".

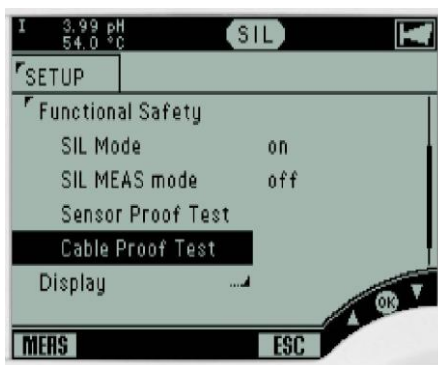
Процедура контрольной проверки такова:

- ✓ Перейдите к меню "Setup (Настройка) – Functional Safety (Функциональная безопасность)" и деактивируйте режим измерения SIL (SIL meas Mode), если он включен.
- ✓ Выберите пункт меню "Cable Proof Test" (Контрольная проверка кабеля).
- ✓ Поверните манипулятор для запуска контрольной проверки. Перед этим убедитесь в правильности подключения кабеля и датчика. Система не способна отличить отсоединенный датчик и разорванную линию связи.
- ✓ Дождитесь завершения контрольной проверки (около 30 секунд).
- ✓ На дисплее появятся результаты. При обнаружении ошибки можно перезапустить проверку, однако при этом необходимо предварительно проверить подключение кабеля к преобразователю и кабеля к датчику.

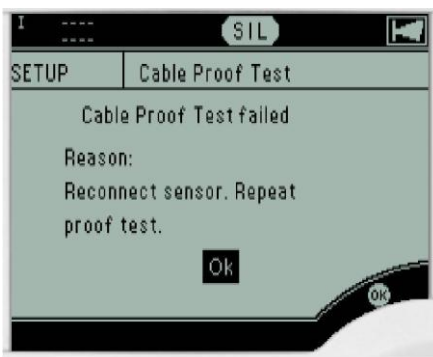
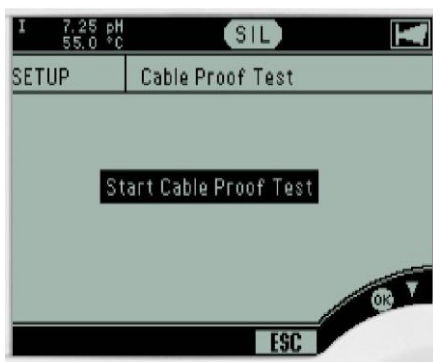
Результаты контрольной проверки должны быть задокументированы с указанием даты, проверяющего и результата (см. пример в руководстве по функциональной безопасности кабеля).

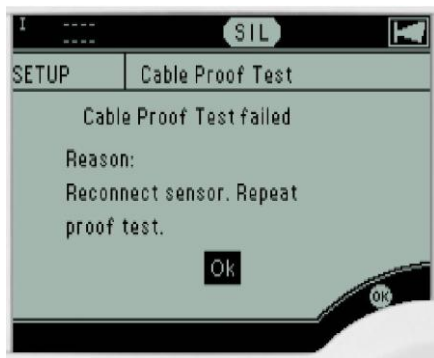
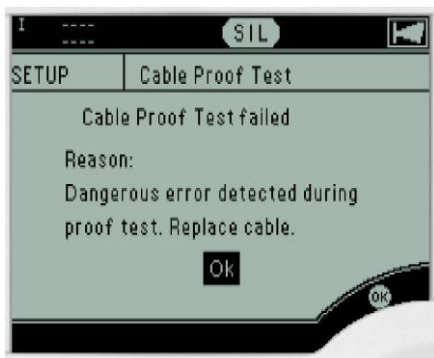
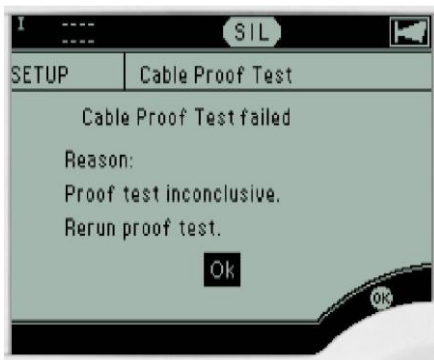
В результате проведения этой проверки обнаруживается около 90 % (охват контрольной проверки) от общего числа возможных опасных необнаруженных отказов прибора.

Приведенные ниже снимки экранов позволяют создать впечатление о том, каким образом эти опции выглядят на дисплее.









### 6.2.3 Контрольная проверка pH-датчика Orbisint CPS11D

Для проведения проверки необходим преобразователь, кабель Memosens и датчик Memosens. Все компоненты должны быть сертифицированы в соответствии со стандартом МЭК 61508. Также необходимы два буферных раствора: один из них должен иметь значение pH 7,0, а второй – pH 4,0.

#### Примечание.

Контрольную проверку можно выполнять в лаборатории или "в процессе".

Процедура контрольной проверки такова:

- ✓ Перейдите к меню "Setup (Настройка) – Functional Safety (Функциональная безопасность)" и деактивируйте режим измерения SIL (SIL meas Mode), если он включен.
- ✓ Выберите пункт меню "Sensor Proof Test" (Контрольная проверка датчика).
- ✓ Внимательно изучите инструкции, приведенные на дисплее, и нажмите кнопку манипулятора.
- ✓ После выполнения контрольной проверки на дисплее появляются ее результаты. В случае обнаружения ошибки использование этого датчика для реализации функций, связанных с безопасностью, запрещено.

Результаты контрольной проверки должны быть задокументированы с указанием даты, проверяющего и результата (см. пример в руководстве по функциональной безопасности датчика).

В результате проведения этой проверки обнаруживается около 90 % (охват контрольной проверки) от общего числа возможных опасных необнаруженных отказов прибора.

#### Примечание.

В процессе проверки инициируется выполнение функции безопасности датчика.

#### Очень важно

В процессе выполнения очень внимательно изучайте информацию, отображаемую на дисплее, и переходите к следующим шагам только после точного выполнения инструкции, указанных на дисплее. Так, например, если поместить датчик в раствор с pH 7,0 вместо раствора pH 4,0, он будет переведен в фактически непригодное состояние.

#### Этапы контрольной проверки:

Все указанные ниже этапы проверки должны быть выполнены успешно. Этапы с А) до С) осуществляются в ходе реализации последовательности контрольной проверки. Этап D) необходимо выполнить вручную самостоятельно.

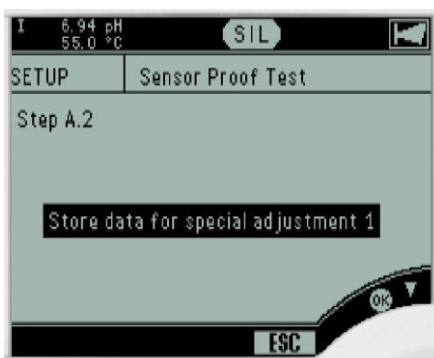
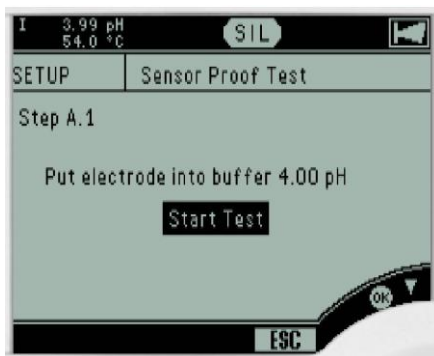
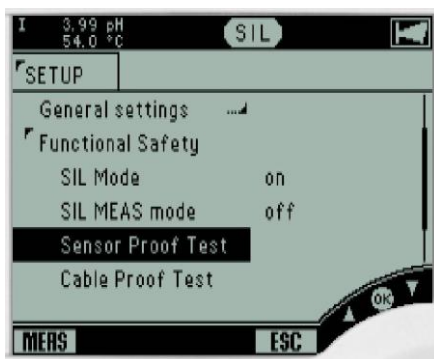
- A) Поместите электрод в буферный раствор со значением pH 4,0
  - a. Выполните коррекцию датчика с использованием специального значения крутизны/нулевой точки 1
  - b. Поместите датчик в буферный раствор со значением pH 7,0
- B) Поместите электрод в буферный раствор со значением pH 4,0
  - a. Поместите электрод в буферный раствор со значением pH 7,0
  - b. Выполните коррекцию датчика с использованием специального значения крутизны/нулевой точки 2
  - c. Поместите датчик в буферный раствор со значением pH 4,0
- C) Поместите электрод в буферный раствор со значением pH 7,0
  - a. Выполните коррекцию датчика с использованием значения крутизны/нулевой точки по умолчанию
  - b. Вновь запустите процесс измерения.
- D) Выполните безопасную калибровку и коррекцию, используя этот датчик.

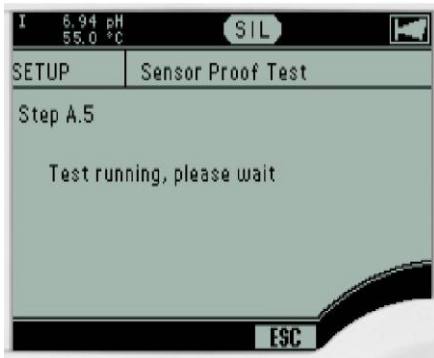
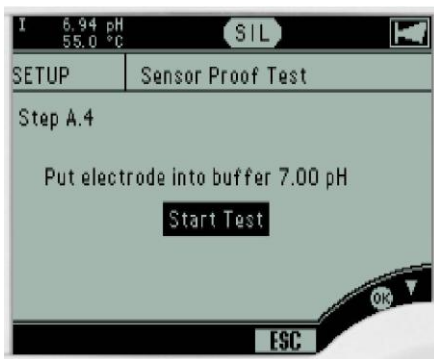
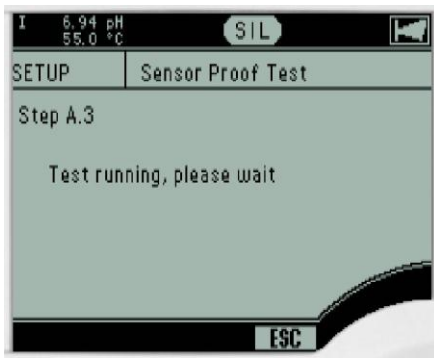
### Примечание.

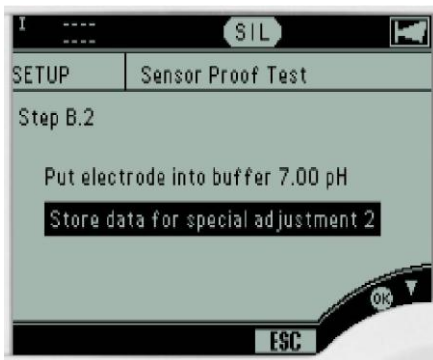
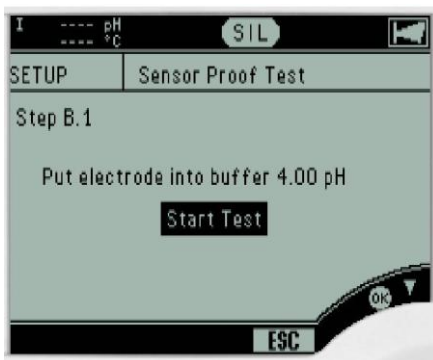
В случае выхода из процедуры контрольной проверки или неуспешного завершения контрольной проверки по причине "исправимой ошибки" датчик находится в состоянии, непригодном для использования.

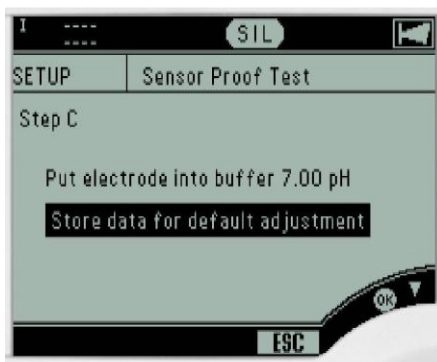
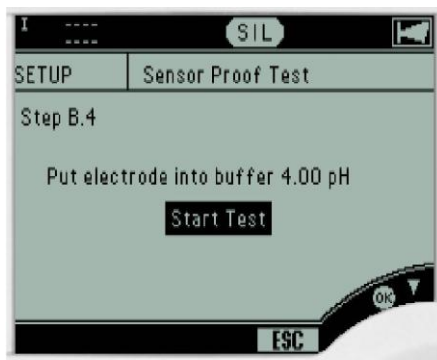
Для обеспечения безопасности, чтобы выполнить сброс датчика необходимо успешно выполнить полную контрольную проверку. Поэтому в начале контрольной проверки поместите датчик в буферный раствор с pH 4,0, как было описано выше. Если датчик не функционирует (для остановки контрольной проверки в том случае, если по истечении 120 минут дисплей остается в одном и том же состоянии, можно нажать программируемую клавишу ESC), следует начать с pH 7,0, несмотря на то, что на дисплее отображается значение pH 4,0. Если это сработает, в точности следуйте инструкциям, появляющимся на дисплее. Если это не сработает, необходимо заменить датчик.

Приведенные ниже снимки экранов позволяют создать впечатление о том, каким образом эти опции выглядят на дисплее.



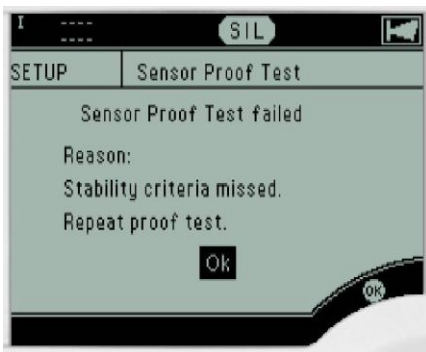




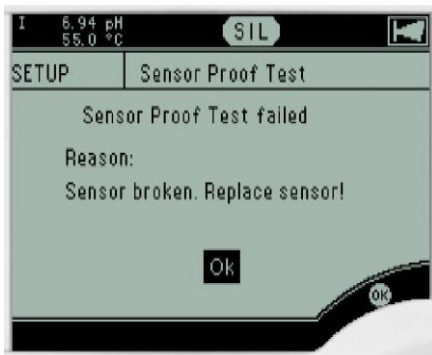
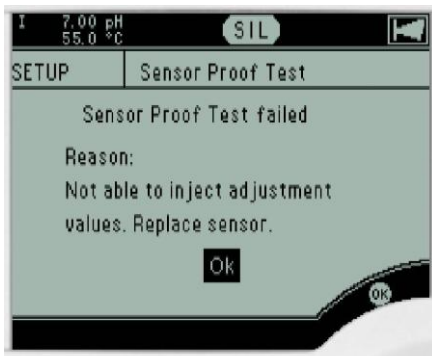




При обнаружении "исправимой ошибки" может появиться, например, следующее окно:



При обнаружении неисправимой ошибки появится, например, одно из следующих окон:



## 7 Ремонт

В целом, ремонт приборов Liquiline M CM42 SIL не отличается от ремонта приборов без поддержки SIL. При этом необходимо учитывать два аспекта:

1. При замене только одного из модулей Liquiline M CM42 система в целом НЕ находится в "почти новом" состоянии. По этой причине необходимо выполнить контрольную проверку для всех компонентов, которые не были заменены, и вычислять текущее значение показателя  $PFD_{avg}$  для конкретной системы. Избежать этих операций можно с помощью предлагаемого **комплекта для техобслуживания, содержавшего оба аппаратных модуля** (FMIN1, SIL и FSDG1, SIL), **код заказа 71123799**. Заказать эти модули по отдельности невозможно.

Применительно к показателю  $PFD_{avg}$  замена обоих модулей сравнима с новым прибором.

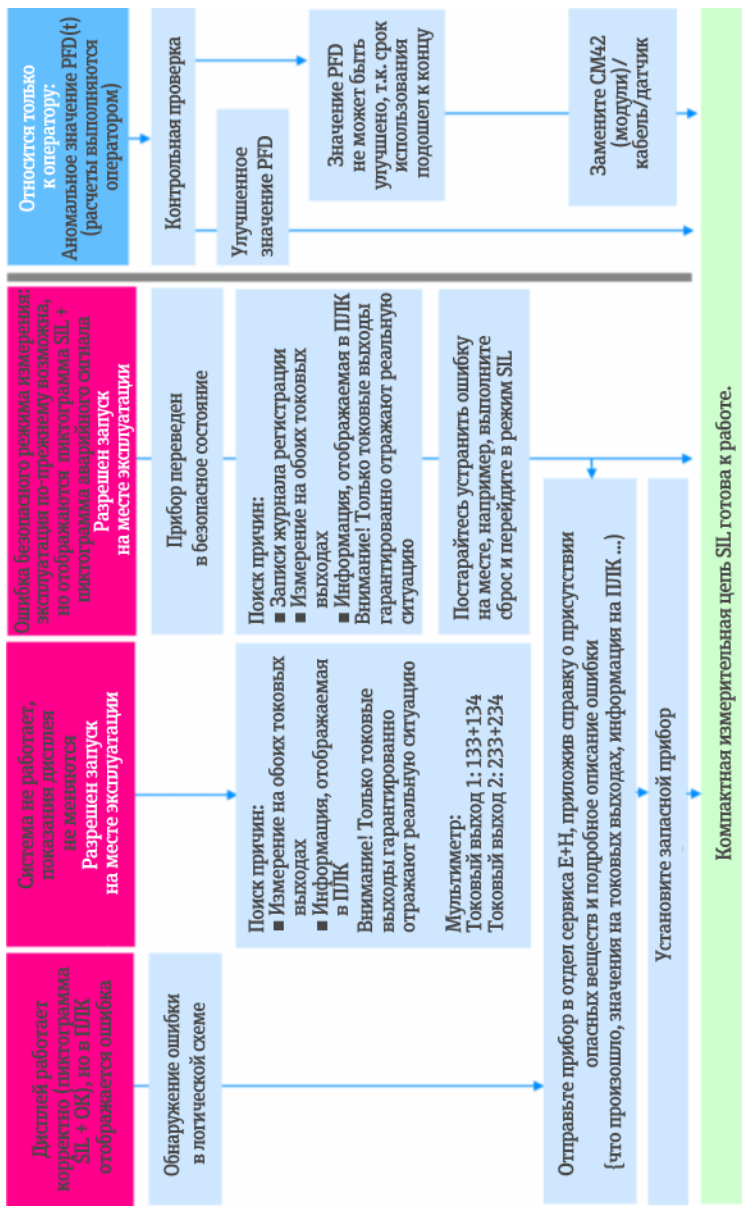
2. При **обнаружении ошибки  $\lambda_{du}$  в логической схеме** (ошибка отображается в PCS и не выводится в преобразователе Liquiline M CM42, состояние которого внешне не отличается от нормального) **верните прибор в торговое представительство Е+Н**. Специалисты компании сделают все возможное, чтобы найти причину, приводящую к возникновению ошибки  $\lambda_{du}$ , связанной с безопасностью.

Заполните форму "Справка о присутствии опасных веществ", доступную на веб-сайте [www.endress.com/service-support](http://www.endress.com/service-support) – support – returned material или скопируйте и заполните форму, размещенную на последней странице настоящего руководства, приложите ее к очищенному прибору и отправьте в региональное торговое представительство Е+Н.

При заинтересованности в организации обучения сотрудников работе с аналитической цепью измерения pH с поддержкой уровня безопасности SIL и протокола передачи данных Memosens отправьте запрос по адресу [analysis-academy@conducta.endress.com](mailto:analysis-academy@conducta.endress.com).

Приведенная ниже схема представляет собой обзор действий, которые необходимо выполнять в случае прерывания измерения SIL:

Версия:		Стр.:
<b>2.0</b>		<b>66 из 76</b>



## 8 Примечания в отношении резервирования для достижения уровня SIL 3

В данный момент достигнуть указанного уровня полноты безопасности посредством однородного резервирования невозможно. Однако, используя данный прибор, можно реализовать уровень полноты безопасности SIL 3 посредством неоднородного резервирования.

Одним из вариантов создания цепи измерения pH с уровнем SIL3 является избыточное применение цепи измерения SIL2 от E+H (преобразователь Liquiline M CM42 SIL, кабель CYK10 SIL, датчик Memosens SIL) и подобной цепи другого производителя.

## 9 Пример протокола контрольной проверки

Данные области применения	
Компания	
Точка измерения	
Установка	
Тип прибора	Преобразователь Liquiline M CM42, SIL
Серийный номер	
Проверка ограничений на использование	<input type="radio"/> Да <input type="radio"/> Нет
Использованные данные калибровки датчика Крутизна [pH/mV] Нулевая точка [pH]	
Использование проверки частичным ходом для токовых выходов	<input type="radio"/> Да <input type="radio"/> Нет
Контрольные значения диапазона температуры Минимум [°C/°F] Максимум [°C/°F]	
Значение PFD <sub>avg</sub> перед контрольной проверкой	
Значение PFD <sub>avg</sub> после контрольной проверки	
Дата последней проведенной контрольной проверки	
Дата следующей контрольной проверки (предполагаемая)	

Ф.И.О. проверяющего	
Дата	
Подпись	

Для хранения настроек (всех параметров) используемого преобразователя можно применять устройство Cory DAT CY42-C1 (см. инструкцию по эксплуатации).

## 10 Обзор режимов и токового выхода

Режим работы преобразователя CM42	Токовый выход 1	Токовый выход 2
Классический режим	в соответствии с настройками, см. инструкцию по эксплуатации	в соответствии с настройками, см. инструкцию по эксплуатации
Режим SIL, режим активного безопасного состояния	21,5 мА	21,5 мА
Режим SIL, режим пассивного безопасного состояния	>21,5 мА	>21,5 мА
Режим SIL, выполнение калибровки	Измеренное значение pH (рассчитанное в преобразователе)	Измеренное значение pH (рассчитанное в датчике)
Режим SIL, режим измерения SIL	Измеренное значение pH (рассчитанное в преобразователе)	Измеренное значение pH (рассчитанное в датчике)
Запуск системы до перехода в классический режим	>21,5 мА	>21,5 мА

## 11 Примеры расчета показателя $PFD_{avg}$

В этой главе приведено несколько примеров вычисления значений показателя  $PFD_{avg}$  для измерительной цепи и значения  $PFD_{avg}$  после выполнения контрольных проверок.

Примечание  $PFD_{avg}(T) = 1/T \int_0^T (\lambda_{DU} t) dt = 1/2 \lambda_{DU} T$  (для системы с архитектурой 1oo1D, предполагается постоянная и небольшая интенсивность отказов  $\lambda_{DU}$ ). Обычно показатель  $PFD_{avg}$  приводится без параметра T, означающего, что это значение  $PFD_{avg}$  соответствует времени T обязательной контрольной проверки.

### 11.1 Пример расчета показателя $PFD_{avg}$ после контрольной проверки

Целью контрольной проверки является демонстрация отсутствия опасных необнаруженных отказов в системе. Охват контрольной проверки выражает ее эффективность.

Таким образом, после успешного завершения контрольной проверки значение показателя  $PFD_{avg}$  системы считается "более совершенным". После этого можно определить срок проведения следующей контрольной проверки.

К примеру, в этом случае в архитектуре 1oo1D использовался кабель СУК10 для датчиков с поддержкой Memosens.

#### Предположения, использованные в данном примере:

Контрольная проверка проведена по истечении двух лет эксплуатации, поскольку значение показателя  $PFD_{avg}$  системы не должно превышать  $1,80 \times 10^{-4}$ .  
Начальное значение  $PFD_{avg}$  нового кабеля:  $PFD_{avg}(0) = 0$   
 $PFD_{avg}$  кабеля со сроком службы 2 года:  $PFD_{avg}(2 \text{ года}) = 1,80 \times 10^{-4}$   
предполагается, что  $\lambda_{DU} = 2,05 \times 10^{-8} \text{ 1/ч}$  (= 20,5 FIT),  
где  $PFD_{avg}(t) = 1/2 \times t \times \lambda_{DU}$ , t в часах.

В этом случае контрольная проверка (см. пояснение к меню CM42) будет выполнена успешно. Охват контрольной проверки (см. руководство по безопасному использованию кабеля Memosens): 90%.

#### Новые значения после контрольной проверки были успешно получены:

Новое значение показателя  $PFD_{avg}$  после двух лет эксплуатации и успешного прохождения контрольной проверки.

$$PFD_{avg}(2 \text{ года, успешная контрольная проверка}) = 1,80 \times 10^{-4} \times (1,00 - 0,90) = 0,18 \times 10^{-4}$$

Значение  $PFD_{avg}$  после двух дополнительных лет (дополнительная контрольная проверка не выполнялась):

$$PFD_{avg}(4 \text{ года}) = 0,18 \times 10^{-4} + 1,80 \times 10^{-4} = 1,98 \times 10^{-4}$$

#### Дополнительные вопросы:

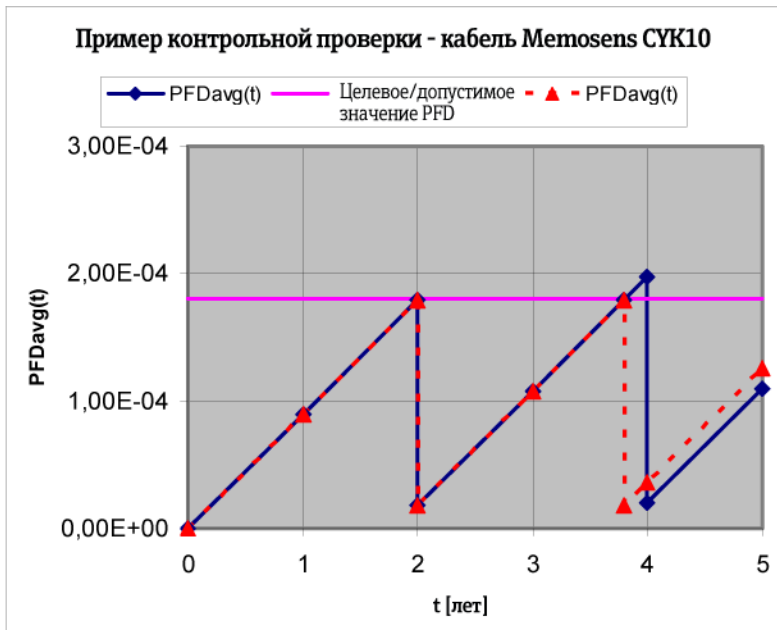
Через какой период времени T значение показателя  $PFD_{avg}(t)$  для "системы, прошедшей контрольную проверку" вновь достигнет величины  $1,80 \times 10^{-4}$ ?

$$\text{Определение значения } t, \text{ при котором } PFD_{avg}(t) = 1,80 \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow 1,80 \times 10^{-4} = 0,18 \times 10^{-4} + 0,50 \times \lambda_{DU} \times t$$

$$\Rightarrow T \text{ в годах: } T = 0,9 \times 2,0 \text{ года} = 1,8 \text{ года} = 21,6 \text{ месяцев}$$

По этой причине интервал контрольных проверок T после первой "незавершенной" контрольной проверки с охватом 90% будет меньше двух лет.



Пунктирная линия соответствует значению  $PFD_{avg}(t)$  при условии, что контрольная проверка проводится через 2 года и 21,6 месяца. Сплошная линия соответствует ситуации, при которой контрольная проверка выполняется через 2 года и через 4 года. Прямая горизонтальная линия обозначает предельное значение показателя  $PFD_{avg}$ , заданное клиентом.

### 11.2 Пример расчета показателя $PFD_{avg}$ для точки измерения pH

**Примечание.**

Приведенный пример может использоваться в качестве результата расчета параметров безопасности всей цепи измерения pH с уровнем безопасности SIL производства Endress+Hauser (см. таблицу в конце главы).

Предположим, что точка измерения состоит из следующих компонентов производства Endress+Hauser:

1. pH-стеклянный электрод Orbisint CPS11D SIL с поддержкой Memosens
2. Кабель CUK10 SIL для датчиков Memosens
3. Преобразователь Liquiline M CM42 SIL с поддержкой Memosens



Воздействие процесса

Измерительная цепь подключена к устройству PCS (например, ПЛК), который, в свою очередь, подключен к устройству, активирующему безопасное состояние. Для вычисления значения PFD всей цепи ( $PFD_{avg} mc$ ; где  $mc$  – цепь измерения) осуществляется суммирование отдельных значений PFD всех компонентов цепи, включая протокол связи (в данном случае, протокол Memosens):

$$PFD_{avg} mc = PFD_{avg} \text{ датчика} + PFD_{avg} \text{ кабеля} + PFD_{avg} \text{ преобразователя} + PFD_{avg} \text{ протокола Memosens}$$

Тогда для полной автоматической системы безопасности (SIS):

$$PFD_{avg} sis = PFD_{avg} mc + PFD_{avg} PCS + PFD_{avg} \text{ устройства}$$

Например, значение для полной (не являющейся избыточной) цепи измерения pH от Endress+Hauser, описанной в начале данного раздела (протокол Memosens учитывается с использованием значения 1% от PFD для SIL-2 =  $1,0 E^{-4}$ ):

$$PFD_{avg} mc = 8,3 E^{-4} + 0,9 E^{-4} + 10,3 E^{-4} + 1,0 E^{-4} = 20,5 E^{-4}$$

(Интервалы контрольных проверок составляют 1 год для всех приборов)

Согласно МЭК 61508 для реализации системы SIS с уровнем полноты безопасности SIL2 максимальное значение показателя  $PFD_{avg}$  должно составлять  $1E^{-2}$ . Только что рассчитанное значение соответствует приблизительно 21% от значения  $PFD_{avg}$  для SIL2. Это значит, что на PCS и объекты может приходиться 79% от значения  $PFD_{avg}$  для SIL2.

Разумеется, для выполнения всех требований стандарта МЭК 61508 необходимо рассчитать и использовать показатель SFF, описанный в стандарте.

Показатель SFF для этой цепи составляет:

$$SFF_{mc} = 93,8\% \text{ с}$$

$$SFF_{\text{датчика}} = 92,3\%$$

$$SFF_{\text{кабеля}} = 90,4\% \text{ и}$$



## Руководство по функциональной безопасности

Преобразователь Liquiline M CM42 SIL с поддержкой Memosens

$SFF_{\text{преобразователя}} = 94,8\%$ .

В представленной ниже таблице приведены специализированные параметры функциональной безопасности для одноканального варианта эксплуатации прибора:

Параметры в соответствии с МЭК 61508	Цепь измерения pH от E+H с передачей данных по протоколу Memosens с уровнем полноты безопасности SIL
Функция безопасности	1: контроль над предельными значениями pH 2: измерение значения pH 3+4: безопасная калибровка и коррекция
SIL	Оборудование: 2, Программное обеспечение: 2 при однородном резервировании: 2
HFT (Допуск по ошибкам аппаратного обеспечения)	0
Тип прибора	B
Режим работы	Режим с низкой интенсивностью запросов
SFF (Доля безопасных отказов)	93,8 %
MTTR (используется для расчета показателя PFD)	8 ч
$T_1$ (Интервал контрольных проверок)	Рекомендуемый: 1 / 1 / 1 год, (датчик / кабель / преобразователь)
$\lambda_{SD}$	688 FIT
$\lambda_{SU}$	1623 FIT
$\lambda_{DD}$	4473 FIT
$\lambda_{DU}$	447 FIT
$\lambda_{Total}$ <sup>*1</sup>	7238 FIT
$PFD_{avg}$ (для $T_1 = 1 / 1 / 1$ год) <sup>*4</sup>	$19,6 \times 10^{-4}$
PFH	$4,5 \times 10^{-7}$
MTBF <sup>*1</sup>	15 лет
Интервал диагностических проверок <sup>*2</sup>	< 60 мин
Время отклика при ошибке <sup>*3</sup>	< 10 с

## Руководство по функциональной безопасности

Преобразователь Liquiline M CM42 SIL с поддержкой Memosens

DCD (Диагностический охват – опасные отказы)	91 %
--	------

- \*1 В соответствии со стандартом Siemens SN29500 при 60°/100° С. Значение показателя MTBF рассчитывается в виде обратного значения от показателя  $PFH/\lambda_{Total}$ .
- \*2 В течение этого времени все диагностические функции выполняются, по крайней мере, один раз.
- \*3 Время между обнаружением отказа и откликом на отказ
- \*4\* Разумеется можно выбрать другие (например, более продолжительные) интервалы контрольных проверок. Выберите интервал, соответствующей конкретной области применения.

### Примечание.

Эти значения НЕ включают в себя значения показателей  $PFD_{avg}/SFF$  используемой логической схемы и элемента датчика, находящегося в контакте со средой. Также не учитываются последствия взаимодействия среды с элементом датчика.

## Справка о присутствии опасных веществ

### Номер разрешения на возврат

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

На всех документах необходимо указывать номер разрешения на возврат (Return Authorization Number, RAN), полученный от Endress+Hauser, кроме того, следует четко указать этот номер на упаковке. Невыполнение этих условий может привести к отказу от принятия устройства на нашем предприятии.

В соответствии с требованиями законодательства и положениями техники безопасности, действующими в отношении сотрудников и рабочего оборудования нашей компании, заказ может быть обработан только при условии предоставления надлежащим образом подписанной "Справки о присутствии опасных веществ".  
Просьба в обязательном порядке прикрепить ее к внешней поверхности упаковки.

Тип прибора/датчика \_\_\_\_\_ Серийный номер \_\_\_\_\_

Используется как устройство с классом безопасности SIL в автоматической системе безопасности

Данные процесса    Температура \_\_\_\_\_ [°F] \_\_\_\_\_ [°C]    Давление \_\_\_\_\_ [фут/кв. дюйм] \_\_\_\_\_ [Па]  
Проводимость \_\_\_\_\_ [мкСм/см]    Вязкость \_\_\_\_\_ [ср]    \_\_\_\_\_ [мм²/сек]

#### Среда и предупреждения



	Среда/ концентрация	Идентифика- ционный номер CAS	легко- воспламе- няющаяся	токсичная	коррозийная	вредное/ раздражающее действие	прочее*	безвредная
Среда процесса								
Среда для очистки процесса								
Средство, использованное для очистки возвращенной части								

\* взрывоопасная; окисляющая; опасная для окружающей среды;  
биологически опасная; радиоактивная

Заполните соответствующие ячейки, приложите паспорт безопасности и, при необходимости, специальные инструкции по обращению с такими веществами.

Описание неисправности \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### Информация о компании

Компания _____	Номер телефона контактного лица _____
Адрес _____	Факс/ _____
_____	адрес электронной почты _____
_____	Номер заказа _____

"Настоящим подтверждаем, что данные в справке указаны достоверно и в полном объеме, насколько нам это известно. Мы также подтверждаем, что возвращаемые части были подвергнуты тщательной очистке. Насколько нам известно, остаточные следы вредных веществ в опасных количествах отсутствуют."

\_\_\_\_\_ (место, дата)

Имя, ОТДЕЛ (Просим заполнить печатными буквами)

\_\_\_\_\_ Подпись

Все права защищены. Копирование и передача настоящего документа, использование и передача его содержания без предварительного письменного разрешения компании Endress+Hauser  
All rights reserved. Passing on and copying of this document, use and communication of its contents not permitted without written authorization from Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG.

# Руководство по функциональной безопасности

## Преобразователь Liquiline M CM42 SIL с поддержкой Memosens

Версия:		Стр.:
<b>2.0</b>		<b>76 из 76</b>