



**Обеспечение  
взрывобезопасности**  
Теория и практика

# Обеспечение взрывобезопасности

Цель настоящей брошюры по теме обеспечения взрывобезопасности — дать понимание строителям, проектировщикам и организациям, эксплуатирующим оборудование, связанное со взрывоопасными средами, тех особых рисков, которые связаны с этой эксплуатацией, а также обеспечить техническую поддержку в их повседневной работе. Этот предмет требует внимания не только при эксплуатации обычных установок химической и нефтеперерабатывающей промышленности. Даже такие, на первый взгляд, безопасные отрасли, как пищевая промышленность, обладают значительным взрывоопасным потенциалом. Как правило, взрывозащиту связывают с технологическими процессами с использованием газов. Однако взрывоопасные атмосферы могут возникать и при работе с пылевидными веществами.



<b>1</b>	<b>Основы взрывозащиты</b>	4
1.1	Директивы, нормы, предписания	7
1.2	Распределение по зонам	13
1.3	Виды взрывозащиты	16
1.4	Обозначение взрывозащищенных устройств	25



<b>2</b>	<b>Сооружение установок во взрывоопасных зонах</b>	28
2.1	Прокладка искробезопасных электрических цепей	30
2.2	Защита от перенапряжений во взрывоопасных зонах	34
2.3	Техника соединений	36
2.4	Системы ввода кабелей	39
2.5	Примеры монтажа	40
2.6	Подтверждение искробезопасности	42



<b>3</b>	<b>Технические основы</b>	48
3.1	Контрольно-измерительные приборы (КИП)	52
3.2	Основы функциональной безопасности	56
3.3	Термины и сокращения	58



Более детальную информацию по рассмотренным в настоящей брошюре продуктам можно найти в каталогах Phoenix Contact: [www.phoenixcontact.ru](http://www.phoenixcontact.ru)

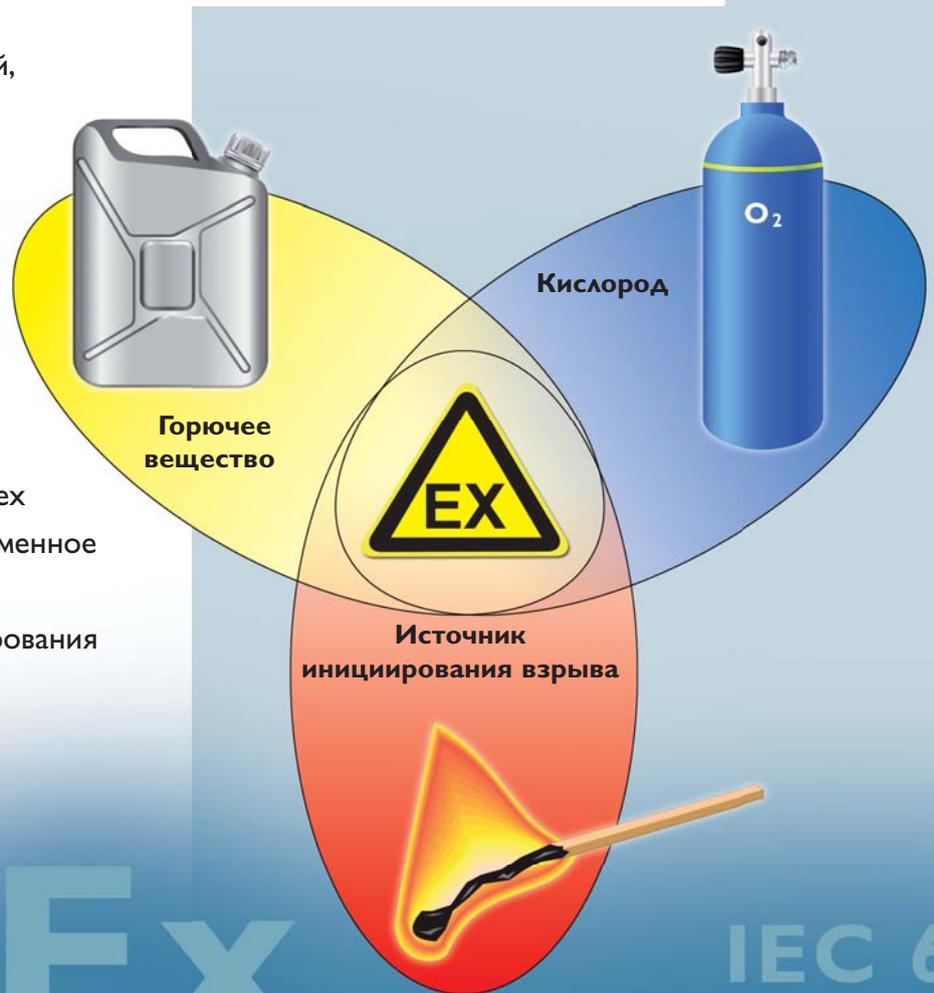
В первой части данной брошюры даются основы обеспечения взрывобезопасности. Это обеспечит понимание особых рисков эксплуатации соответствующего оборудования. По всему миру система обеспечения взрывобезопасности в основном базируется на европейских и американских нормах, стандартах и директивах.

Вторая часть брошюры обеспечивает техническую поддержку в процессе эксплуатации электрооборудования во взрывоопасных средах. Здесь в наглядной форме показано, какими критериями взрывобезопасности следует руководствоваться. Наряду с данными по контрольно-измерительным приборам и автоматике для искробезопасных электрических цепей

здесь также содержится информация по присоединительным клеммам и защите от перенапряжения во взрывоопасных зонах.

В третьей части брошюры приводятся основные технические сведения по контрольно-измерительным приборам и средствам автоматике, а также функциональной безопасности.

Важнейшими целями является обеспечение безопасности людей, надежных и безаварийных производственных процессов, а также свободной от загрязнений окружающей среды. Главной предпосылкой для реализации этих целей является наличие знаний относительно возможности возникновения и предотвращения взрывов во всех местах, где имеет место одновременное нахождение горючих вещества, кислорода и источников инициирования взрыва.



EN 60079

EN 61241

ATEX

IEC 60079

ZONE

Divisions

Class

IEC 60079

Class

EN 61241

Divis

EN 60079

ATEX

Ex

## Возникновение взрыва

### Полное сгорание

Полное сгорание представляет собой процесс быстрого окисления. Оно обозначается как «огонь, приносящий ущерб» когда при достаточном поступлении кислорода происходит экзотермическое разложение горючего материала. По мере увеличения скорости распространения его вначале обозначают как вспышку, далее как взрыв, а в крайнем случае как детонацию. При полном сгорании происходит возникновение ущерба, значительно возрастающего по мере увеличения скорости распространения.

Порядок скорости распространения:

- вспышка            см/с
- взрыв                м/с
- детонация         км/с

### Взрыв

Взрыв может произойти тогда, когда возникает сочетание горючего вещества, кислорода и источника инициирования взрыва. Если один из этих компонентов отсутствует, то экзотермическая реакция не происходит.

### Воспламеняющееся вещество

Горючее вещество в форме газа, тумана, пара или пыли обозначается как взрывоопасное вещество. Туман и пыль являются взрывоопасными, если капельки или частицы соответственно имеют размер не более 1 мм. Пыли с более крупными размерами частиц обычно не являются горючими.

Обычно встречающиеся на практике туман, аэрозоли и пыль имеют размеры частиц между 0,001 и 0,1 мм.

### Кислород

При соединении взрывоопасного вещества с кислородом возникает взрывоопасная атмосфера.

### Обзор эффективных источников инициирования взрыва

Источник инициирования взрыва	Пример возникновения причины
Искра	Искры механического происхождения (например, в результате процессов трения, удара или сьема/разъема), электрические искры
Электрическая дуга	Короткое замыкание, коммутационные процессы
Нагретые поверхности	Нагревательные элементы, обработка со снятием стружки, технологический нагрев
Пламя и горячие газы	Реакции горения, разлетающиеся искры при сварочных работах
Электрооборудование	Размыкание/замыкание контактов, прерывающийся контакт Применение безопасного сверхнизкого напряжения ( $U < 50$ В) нельзя рассматривать как меру обеспечения взрывобезопасности. Даже при безопасном сверхнизком напряжении может выделяться достаточное количество энергии для создания взрывоопасной атмосферы.
Статическое электричество	Разряд статически заряженных, изолированных элементов конструкции, что, например, характерно для многих видов пластмасс
Ток неустановившегося режима, катодная антикоррозионная защита	Обратный ток генераторов, замыкание на корпус или на землю при ошибочных действиях, индукция
Электромагнитные волны в диапазоне $3 \times 10^{11} - 3 \times 10^{15}$ Гц	Лазерный луч при измерении дальности, особенно при его фокусировании
Высокие частоты $10^4 - 3 \times 10^{12}$ Гц	Радиосигналы, промышленные высокочастотные генераторы для нагрева, сушки или резки
Удар молнии	Атмосферные возмущения
Ионизирующее излучение	Рентгеновское оборудование, радиоактивные материалы, абсорбция энергии, ведущая к нагреву
Ультразвук	Поглощение энергии в твердых/жидких веществах, ведущее к нагреву
Адиабатическая компрессия и ударные волны	Внезапное открывание вентилей
Экзотермические реакции	Химические реакции, ведущие к нагреву

## Верхний и нижний предел взрывоопасности

Применительно к газам возможность взрыва определяется соотношением концентраций. Смесь может воспламениться только тогда, когда концентрация вещества в воздухе находится в диапазоне между нижним и верхним пределом взрывоопасности — НПВ и ВПВ.

Некоторые химически нестойкие вещества (например, ацетилен, этиленоксид) в результате самопроизвольного разложения могут вызвать экзотермические реакции и без присутствия кислорода. Верхний предел взрывоопасности (ВПВ) достигает величины до 100 объемных процентов.

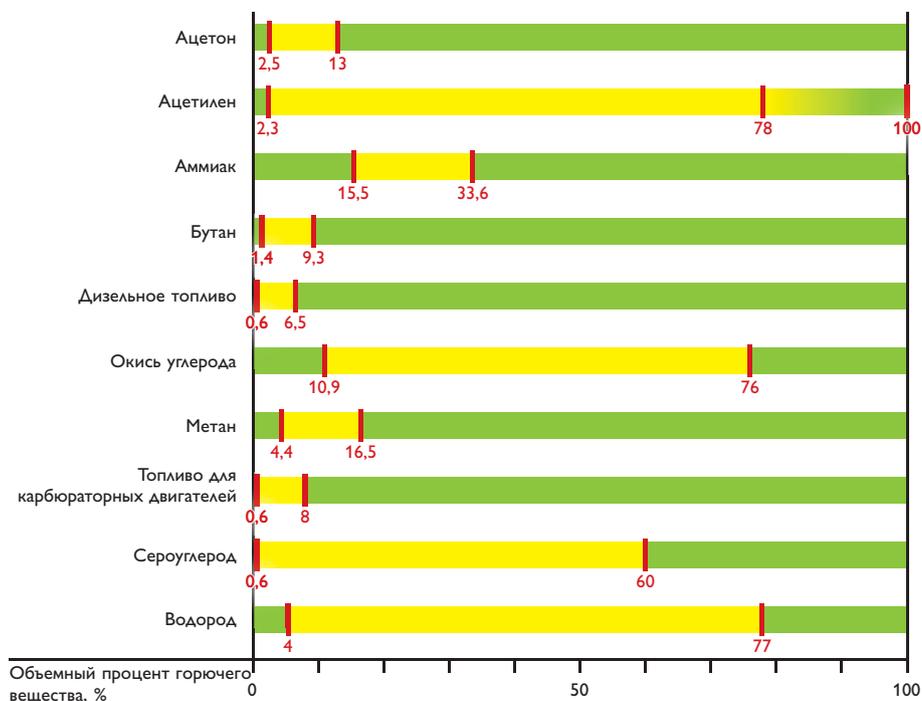
С повышением давления и температуры зона взрывоопасности материала имеет тенденцию к расширению.

Данные по пылевидным веществам аналогичны данным по газам, хотя значения пределов взрывоопасности различаются. Облака пыли имеют, как правило, неоднородный характер, и концентрация вещества внутри такого облака сильно варьируется. Для пылевидных субстанций характерен нижний предел взрывоопасности порядка 20 – 60 г/м<sup>3</sup> и верхний предел порядка 2 – 6 кг/м<sup>3</sup>.

### Пределы взрывоопасности для водорода



### Примеры газов под нормальным атмосферным давлением



# 1.1 Директивы, нормы, предписания

## Обеспечение взрывобезопасности в Европе

### Директивы Европейского союза по обеспечению взрывобезопасности АТЕХ

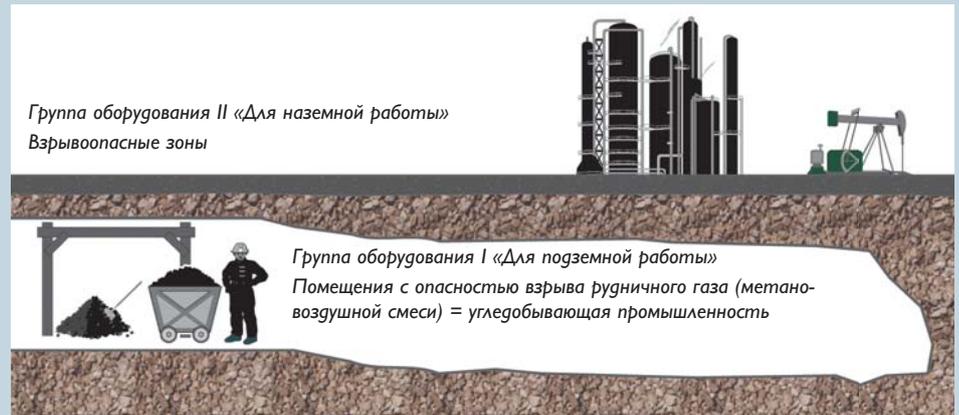
Директивы Европейского союза по обеспечению взрывобезопасности АТЕХ определяют рамки свободного товарообмена в Европе. Сокращение АТЕХ сделано на основе французского термина «АТmosphere EXplosible» (взрывоопасная атмосфера).

В рамках концепции Европейского Союза введены следующие директивы АТЕХ по обеспечению взрывобезопасности: 94/9/EG для изготовителей оборудования и 1999/92/EG для тех, кто его эксплуатирует. В странах-членах ЕС эти директивы будут введены в рамки соответствующих национальных законодательств.

Целевая группа	Директивы	Принятое обозначение *
Изготовитель	94/9/EG	ATEX 100a ATEX 95
Пользователь	1999/92/EG	ATEX 118a ATEX 137

\* Директивы основываются на соответствующей статье Договора о создании Европейского союза. Номер этой статьи изменился.

### Группы и категории оборудования в соответствии с Директивами АТЕХ 94/9/EG



С целью определения процедуры оценки соответствия нормам изготовитель, исходя из целевого применения продукта, должен определить, к какой группе и категории приборов относится данный продукт (см. таблицу на следующей странице).

#### Группа оборудования I:

Оборудование для подземных работ в шахтах или их наземных сооружениях, подверженных опасности взрыва рудничных газов (метана) и/или горючих пылеобразных субстанций.

#### Группа оборудования II:

Оборудование для применения в других зонах, которые могут быть подвержены опасности из-за взрывоопасной среды. В рамках Директив 94/9/EG определенным группам оборудования соответствуют определенные категории. В группе оборудования II определены три категории

—  
1, 2 и 3. В Директивах 1999/92/EG для эксплуатирующих организаций через категории устанавливается привязка к зонам опасности.

Требования к группе и категории оборудования				
Группа оборудования	Категория	Степень защиты	Обеспечение защиты	Условия эксплуатации
I	M1	Очень высокая степень безопасности	Две независимые меры защиты. Надежно в случае, когда имеют место две независимые друг от друга ошибки.	Из соображений безопасности во взрывоопасной среде оборудование должно быть пригодно к дальнейшей эксплуатации.
I	M2	Высокая степень безопасности	При обычном режиме эксплуатации защитные меры эффективны даже при усложненных условиях.	При взрывоопасной среде для этого оборудования должна быть предусмотрена возможность отключения.
II	1	Очень высокая	Две независимые меры защиты. Надежно в случае, когда имеют место две независимые друг от друга ошибки.	Оборудование остается готовым к эксплуатации в зонах 0, 1, 2 (G) и 20, 21, 22 (D) и продолжает эксплуатироваться.
II	2	Высокая	Надежно при обычном режиме эксплуатации и при возникновении типичных ошибок.	Оборудование остается готовым к эксплуатации в зонах 1, 2 (G) и 21, 22 (D) и продолжает эксплуатироваться.
II	3	Нормальная	Надежно при обычном режиме эксплуатации.	Оборудование остается готовым к эксплуатации в зонах 2 (G) и 22 (D) и продолжает эксплуатироваться.

### Оценка соответствия требованиям ЕС

Основой для оценки соответствия нормам и требованиям является отнесение электрического оборудования к определенной группе и категории. Эта взаимосвязь представлена графически на приведенном рисунке. В рамках оценки соответствия требованиям и нормам ЕС требуется проведение испытаний опытных образцов, что не относится к оборудованию категории 3 и поштучным испытаниям.

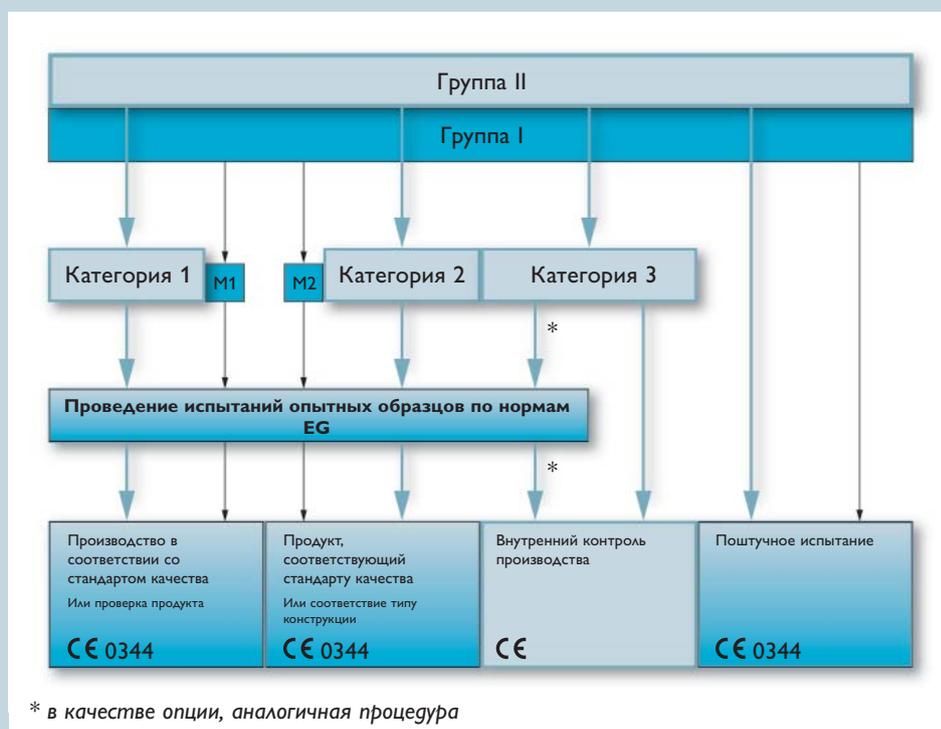
Проверка модулей осуществляется уполномоченным на это учреждением.

В качестве примера можно указать: CE 0344.

CE означает соответствие требованиям и нормам ЕС для оборудования. Узлы и части оборудования знаком CE не маркируются.

0344: уполномоченное учреждение, в данном случае КЕМА.

Категория 3 — оборудование не подлежит маркировке индексом уполномоченного учреждения, поскольку для него не требуется контроль производственного процесса со стороны этого учреждения.



\* в качестве опции, аналогичная процедура  
Оценка соответствия нормам ЕС согласно Директиве 94/9/EG для электрооборудования

## Уполномоченное учреждение (Notified Body) в соответствии с Директивой 94/4/EG (выписка)

Сертификат испытания опытного образца по нормам ЕС свидетельствует об испытании, проведенном одним из уполномоченных учреждений. Уполномоченные учреждения определяются Европейским союзом.

Уполномоченное испытательное учреждение	Страна	Идентификатор
PTV	Германия	0102
DEKRA EXAM	Германия	0158
TÜV Nord	Германия	0044
IBExU	Германия	0637
ZELM Ex	Германия	0820
BAM	Германия	0589
SIRA	Великобритания	0518
INERIS	Франция	0080
LCIE	Франция	0081
LOM	Испания	0163
KEMA	Голландия	0344
CESI	Италия	0722
UL DEMKO	Дания	0539
NEMKO	Норвегия	0470



## Обеспечение взрывобезопасности в Северной Америке

Основопологающие правила по обеспечению взрывобезопасности устанавливаются на основе предписаний Североамериканской системы контроля мест расположения взрывоопасных материалов — North American Hazardous Location Systems (HazLoc).

Следующие организации участвуют в формировании системы HazLoc:

- Некоммерческая организация по сертификации эксплуатационной безопасности «Андеррайтерз Лэбо-рэтриз» — Underwriters Laboratories Inc. (UL),
- Канадская ассоциация по испытаниям и стандартизации — CSA International (CSA),
- Компания по страхованию рисков «ФЭК-

тори Мьючуэл Рисеч» — Factory Mutual Research (FM),

- Институт инженеров по электротехнике и электронике — Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE),
- Ассоциация по приборам, системам и средствам автоматизации — The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA),
- Управление по охране труда и промышленной гигиене в горнодобывающей промышленности — Mine Safety and Health Administration (MSHA),
- Национальная ассоциация производителей электротехнического оборудования — National Electrical Manufacturers Association.
- Национальная ассоциация противо-

пожарной защиты — National Fire Protection Association (NFPA),

- Береговая охрана США — United States Coast Guard (USCG).

В качестве основы обеспечения взрывобезопасности в Северной Америке действуют: Национальный свод стандартов США по электротехнике (National Electrical Code — NEC) применительно к США и Электротехнические стандарты Канады (Canadian Electrical Code — CEC) применительно к Канаде. Приведенные ниже выборки из NEC и CEC относятся к обеспечению взрывобезопасности.

### Национальный свод законов и стандартов США по электротехнике (National Electrical Code — NEC)

Статья	Содержание
500	Общие требования к разделам класса I, II и III
501	Требования к разделам класса I
502	Требования к разделам класса II
503	Требования к разделам класса III
504	Требования к разделам класса I, II и III в отношении искробезопасности (IS)
505	Общие и специальные требования к зонам 0, 1 и 2
506	Общие и специальные требования к зонам 20, 21 и 22

### Электротехнические нормы и правила Канады (Canadian Electrical Code — CEC)

Статья	Содержание
18-000	Общие требования к классу I/зоны и классу II и III/разделов
18-090	Требования к зоне 0 класса I
18-100	Требования к зоне 1 и 2 класса II
18-200	Требования к разделам класса II
18-300	Требования к разделам класса III
Приложение J	Общие и специальные требования к разделам класса I

## Нормирование в области взрывозащиты электрооборудования

Соблюдение определенных норм при разработке приборов и оборудования обеспечивает их изготовителям, а затем и потребителям определенную уверенность и безопасность в работе. В зависимости от сферы применения этого оборудования могут быть использованы те или иные нормы и стандарты.

Директивы АТЕХ, например, предписывают необходимость соблюдения Основных требований по обеспечению безопасности и здоровья. Их реализация может быть обеспечена изготовителями/

потребителями оборудования на основе гармонизированных норм или соответствующей собственной концепции.

Гармонизированные нормы публикуются в официальном бюллетене Европейского союза, и их применение дает основание предполагать наличие соответствия этим нормам. Если изготовитель выбирает собственную концепцию, то он должен представить детальное обоснование.

Получение Сертификата соответствия от IECEx (Система сертификации по стандартам электрооборудования для

взрывоопасных атмосфер) возможно лишь при соблюдении соответствующих норм IEC (Международной электротехнической комиссии).

### Нормы и стандарты для работы электрооборудования в зонах с опасностью взрыва газа

Вид взрывозащиты	Соответствующие нормы США	Принцип	Нормы EN	Нормы IEC	FM (США)	UL (США, разд.)	UL (США, зона)	CSA (Канада)
Общие положения		Основа видов взрывозащиты	EN 60079-0	IEC 60079-0	FM 3600 (ISA 12.00.01)			CSA E60079-0
Искробезопасность	Ex i	Ограничение по количеству энергии	EN 60079-11	IEC 60079-11				
	AEx i (IS)		NEC505 NEC504			FM 3610 FM 3610	UL 913	UL 60079-11
Повышенная безопасность	Ex e	Конструктивные меры за счет подбора определенных промежутков и оптимальных размеров/ параметров	EN 60079-7	IEC 60079-7				
	AEx e		NEC505			FM 3600 (ISA 12.16.01)	UL2279 Pt.7	UL 60079-7
Невоспламеняющийся	(NI)	NEC500			FM 3611	ISA 12.12.01		C22.2 No. 213
Взрывобезопасный	(XP)	NEC500			FM 3615	Например, корпуса: UL 1203		C22.2 No. 30
Заклучение в герметичную взрывонепроницаемую оболочку	Ex d	Конструктивные меры за счет заключения в оболочку	EN 60079-1	IEC 60079-1				
	AEx d		NEC505			FM 3600 (ISA 12.22.01)	UL2279 Pt.1	UL 60079-1
Заливка компаундом	Ex m	Недопущение возникновения взрывоопасной атмосферы	EN 60079-18	IEC 60079-18				
	AEx m		NEC505			FM 3600 (ISA 12.23.01)	UL2279 Pt.18	UL 60079-18
Герметизация масляным заполнением	Ex o	Недопущение возникновения взрывоопасной атмосферы	EN 60079-6	IEC 60079-6				
	AEx o		NEC505			FM 3600 (ISA 12.16.01)	UL2279 Pt.6	UL 60079-6
Герметизация кварцевым заполнением	Ex q	Недопущение возникновения взрывоопасной атмосферы	EN 60079-5	IEC 60079-5	FM 3622			
	AEx q		NEC505			FM 3600 (ISA 12.25.01)	UL2279 Pt.5	UL 60079-5
Заполнение оболочки под избыточным давлением	Ex p	Недопущение возникновения взрывоопасной атмосферы	EN 60079-2	IEC 60079-2				
	AEx p		NEC505			---	---	UL 60079-2
Вид взрывозащиты „п“	Тип x, Y, Z	NEC500			FM 3620	NFPA 496		
	Ex n	Улучшенное промышленное качество	EN 60079-15	IEC 60079-15				
AEx n	NEC505				FM 3600 (ISA 12.12.02)	UL2279 Pt.15	UL 60079-15	CSA E60079-15
Искробезопасные электрические системы „i- Sys“	Ex i	Ограничение по энергии в параллельных искробезопасных электрических цепях	EN 60079-25	IEC 60079-25				
Искробезопасные системы полевой шины	Ex i	Ограничение по энергии	EN 60079-27	IEC 60079-27				
Оптическое излучение	Ex op	Ограничение мощности излучения	EN 60079-28	IEC 60079-28				

## Защита от взрыва пыли в Европе

Аналогично нормированию по защите от взрыва газа, также созданы нормы по защите от взрыва пыли.

В настоящее время продолжается работа

по согласованию норм по газу и пыли.

Это возможно в связи с тем, что серия норм 61241 по защите от взрыва пыли, как и серия норм 60079 по защите от взрыва газа, включают виды взрывозащиты.

Серия норм 61421 уже частично включена в серию норм 60079.

### Нормы и стандарты для работы электрооборудования в зонах с взрывоопасной пылью

Вид взрывозащиты	Соответствующие нормы США	Принцип	Нормы EN	Нормы IEC	FM (США)	UL (США, разд.)	UL (США, разд.)	CSA (Канада)
Общие положения		Основа для видов взрывозащиты	EN 60079-0	IEC 60079-0	FM 3600		ISA 61241-0	
Защита с помощью корпуса	Ex t	Защита за счет конструкции корпуса	EN 60079-31	IEC 60079-31			ISA 61241-1	
	(DIP) NEC500							
	(NI) NEC500							
Искробезопасность	Ex i	Ограничение по энергии	EN 61241-11	IEC 61241-11	FM 3610	UL 913	ISA 61241-11	
Заполнение оболочки под избыточным давлением	Ex p	Недопущение возникновения взрывоопасной атмосферы	EN 61241-4	IEC 61241-4	FM 3620	NFPA 496	ISA 61241-4	
Заливка компаундом	Ex m	Недопущение возникновения взрывоопасной атмосферы	EN 60079-18	IEC 60079-18			ISA 61241-18	

### Сокращения на базе NEC500 в Северной Америке

XP	Взрывобезопасный
IS	Оборудование с искробезопасными электрическими цепями
AIS	Связанное электрооборудование с искробезопасными электрическими цепями
ANI	Связанная невоспламеняющаяся цепь возбуждения
PX, PY, PZ	Заполнение корпуса под избыточным давлением
APX, APY, APZ	Связанная система избыточного давления или ее компоненты
NI	Невоспламеняющееся оборудование и невоспламеняющаяся цепь возбуждения
DIP	Защита от воспламенения пыли

## Нормирование в области взрывозащиты механического оборудования

Директивы ATEX 94/9/EG содержат гармонизированные требования к неэлектрическим приборам, в том числе для применения в зонах с опасностью взрыва пыли.

По аналогии с нормированием для электрооборудования имеются также нормы и для неэлектрических приборов.

### Нормы для неэлектрического оборудования в зонах с опасностью взрыва пыли

Вид взрывозащиты	Нормы EN	
	Основы и требования	EN 13463-1
<b>fr</b>	Корпус, герметичный к испарениям и газам	EN 13463-2 (только для категории оборудования 3)
<b>d</b>	Защита герметичным взрывонепроницаемым корпусом	EN 13463-3
<b>c</b>	Конструкционная безопасность	EN 13463-5
<b>b</b>	Контроль источников инициирования взрыва	EN 13463-6
<b>p</b>	Заполнение оболочки под избыточным давлением	EN 13463-7
<b>k</b>	Герметизация заливкой жидкости	EN 13463-8

## Нормирование — проектирование, сооружение и эксплуатация

Директивы 1999/92/EG требуют обеспечения взрывобезопасности от организаций, эксплуатирующих технологические установки непрерывного действия. Соответствующие требования содержатся в нормах EN и IEC.

Обозначение	Нормы EN	Нормы IEC
Обеспечение взрывобезопасности Часть 1: Основы и методика	EN 1127-1	
Электротехническое оборудование для зон с опасностью взрыва газа Часть 10: Классификация взрывоопасных зон	EN 60079-10 новая редакция: EN 60079-10-1	IEC 60079-10 новая редакция: IEC 60079-10-1
Электротехническое оборудование для зон с опасностью взрыва газа Часть 14: Электротехнические установки в зонах с опасностью взрыва газа	EN 60079-14	IEC 60079-14
Электротехническое оборудование для зон с опасностью взрыва газа Часть 17: Испытания и техническое обслуживание электротехнических установок в зонах с опасностью взрыва газа (за исключением горных выработок)	EN 60079-17	IEC 60079-17
Взрывоопасная атмосфера Часть 19: Ремонт, периодический осмотр и переборка, восстановление оборудования	EN 60079-19	IEC 60079-19
Электротехническое оборудование для применения в зонах с воспламеняющейся пылью Часть 10: Классификация зон с опасностью взрыва пыли	EN 61241-10 новая редакция: EN 60079-10-2	IEC 61241-10 новая редакция: IEC 60079-10-2
Электротехническое оборудование для применения в зонах с воспламеняющейся пылью Часть 14: Выбор и установка	EN 61241-14	IEC 60079-14
Электротехническое оборудование для применения в зонах с воспламеняющейся пылью Часть 17: Испытания и техническое обслуживание электротехнических установок во взрывоопасных зонах (за исключением горных выработок)	EN 61241-17	IEC 61241-17

# 1.2 Распределение по зонам

## Европа

Взрывоопасные помещения классифицируются в соответствии с нормируемыми зонами, которые могут быть подразделены на две основные категории:

- зоны с опасностью взрыва газа
- и
- зоны с опасностью взрыва пыли.

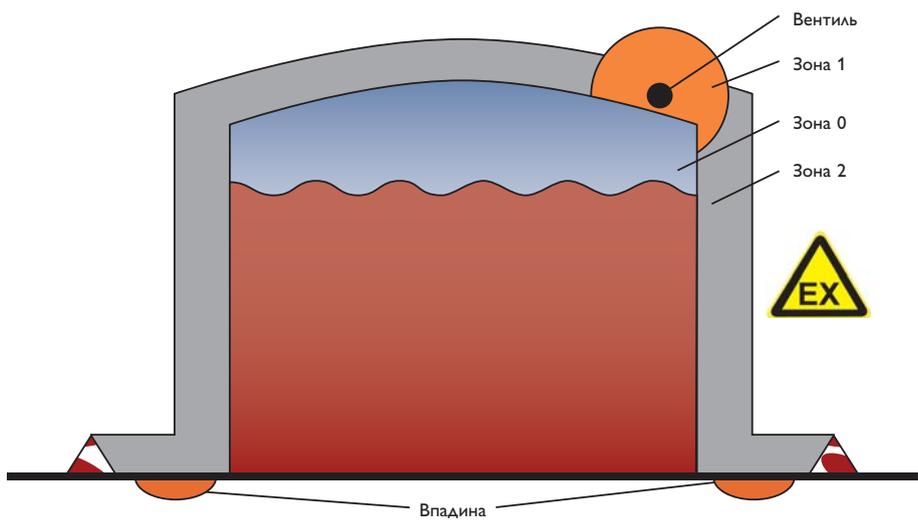
До настоящего времени зоны определялись в соответствии с нормами EN 60079-10 для газов и EN 61241-10 для пыли.

В рамках перевода серии норм по пыли EN 61241 в серию EN 60079 в норму EN 60079-10, часть 10-1 и 10-2, было принято разделение на зоны с опасностью взрыва газа и с опасностью взрыва пыли.

Далее Европейским комитетом по нормированию (CEN) была введена норма EN 1127-1, которая содержит основополагающую информацию по обеспечению взрывобезопасности и поддерживает обе Директивы ATEX (94/9/EG и 1999/92/EG).

Распределение по зонам (классификация) осуществляется на основе частоты появления взрывоопасной атмосферы. Более подробную информацию по классификации зон можно найти в предписаниях по взрывозащите Союза предпринимателей химической промышленности ФРГ.

### Пример разделения по зонам



### Зоны для помещений с опасностью взрыва газа

В нормах EN 60079-10-1 определяются зоны для помещений с опасностью взрыва газа.

Зоны	Вид опасности
Зона 0	Постоянно, длительные периоды времени, часто
Зона 1	Время от времени
Зона 2	Обычно нет, лишь кратковременно

### Зоны для помещений с опасностью взрыва пыли

В норме EN 61242-10 впервые определяются зоны для помещений\* с опасностью взрыва пыли. В настоящее время они описаны в норме EN 60079-10-2.

Классификация в Германии до директив ATEX	Классификация по ATEX	Вид опасности
Зона 10	Зона 20	Постоянно, длительные периоды времени, часто
	Зона 21	Время от времени
Зона 11	Зона 22	Обычно нет, лишь кратковременно

\* Приблизительная классификация, в конкретных случаях следует перепроверять

Ранее в Германии пыли подразделялись по двум зонам. В рамках переработки норм на основе европейских директив, пыли в Европе теперь классифицируются по трем зонам. Вместе с тем, следует учитывать,

что зоны 10 и 11 не могут быть перенесены в новую классификацию без дополнительной проверки.

### Взаимосвязь между зоной и категорией

Соответствие между зонами и категориями оборудования приводится в Приложении 2 Директив ЕС 1999/92/EG для эксплуатирующих организаций.

### Классификация согласно Директивам 1999/92/EG

Зона	Категория оборудования
0, 20	1
1, 21	1, 2
2, 22	1, 2, 3

## Северная Америка

В соответствии с Национальным сводом стандартов США по электротехнике (NEC) в этой стране осуществляется классификация по зонам и разделам (Division). Для Канады соответствующая процедура осуществляется согласно Электротехническим стандартам Канады (СЕС). Сопоставление с классификацией зон по нормам IEC/EN можно осуществить лишь приблизительно.

Конвертирование зон следует перепроверять в каждом отдельном случае. В первую очередь это относится к электрооборудованию раздела 2. Зачастую его нельзя отнести к зоне 2 без дополнительной проверки и сертификации. Ниже представлена упрощенная схема для соотнесения зон и разделов.

### Взрывоопасные помещения с типичными веществами

Помещение	Группы (типичный материал)
КЛАСС I (газы и пары)	Группа А (ацетилен) Группа В (водород) Группа С (этилен) Группа D (пропан)
КЛАСС II (пыль)	Группа Е (металлическая пыль) Группа F (угольная пыль) Группа G (зерновая пыль)
КЛАСС III (волокна)	Подгруппы отсутствуют

### Упрощенная схема соотнесения зон и разделов

	Помещения					
IEC/EN	Зона 0		Зона 1	Зона 2		
USA: NEC 505	Зона 0		Зона 1	Зона 2		
USA: NEC 500	Раздел 1			Раздел 2		
	Взрывоопасное вещество	Класс	Группа	Взрывоопасное вещество	Класс	Группа
	Газ/туман или жидкость	I	A, B, C, D	Газ/туман или жидкость	I	A, B, C, D
	Пыль	II	E, F, G	Пыль	II	F, G
	Волокна	III	—	Волокна	III	—

## Значение классов, разделов и зон

Классификация	Взрывоопасная атмосфера	Вид опасности
Класс I, раздел 1	Газ, жидкость и пар	При обычном режиме работы горючие газы, пары или жидкости могут присутствовать во взрывоопасной концентрации постоянно или время от времени.
Класс I, раздел 2	Газ, жидкость и пар	При обычном режиме работы горючие газы, пары или жидкости, как правило, не присутствуют во взрывоопасной концентрации.
Класс I, зона 0	Газ, жидкость и пар	При обычном режиме работы горючие газы, пары или жидкости могут присутствовать во взрывоопасной концентрации постоянно или время от времени.
Класс I, зона 1	Газ, жидкость и пар	При обычном режиме работы горючие газы, пары или жидкости, как правило, присутствуют во взрывоопасной концентрации.
Класс I, зона 2	Газ, жидкость и пар	При обычном режиме работы горючие газы, пары или жидкости, как правило, не присутствуют во взрывоопасной концентрации.
Класс II, раздел 1	Пыль	При обычном режиме работы горючая пыль может присутствовать во взрывоопасной концентрации постоянно или время от времени.
Класс II, раздел 2	Пыль	При обычном режиме работы горючая пыль, как правило, не присутствует во взрывоопасной концентрации.
Класс III, раздел 1	Волокна	Помещения, где легко воспламеняющиеся волокна перерабатываются или транспортируются.
Класс III, раздел 2	Волокна	Помещения, где легко воспламеняющиеся волокна складываются или транспортируются.

# 1.3 Виды взрывозащиты

## Общие требования

В основе нормирования видов взрывозащиты лежат требования относительно температуры поверхности, воздушных зазоров и путей утечки, маркировки и классификации электрооборудования в соответствии с определенной областью применения и зоной.

Все, что выходит за рамки принципиально необходимых и общепотребительных требований, определяется соответствующим видом взрывозащиты.

### Классификация приборов по группам

Директивы АТЕХ требуют распределения приборов по группам. Подземной эксплуатации соответствует группа оборудования I. Ранее эта группа обозначалась термином «Опасность взрыва рудничного газа».

Все другие взрывоопасные зоны соотносятся с группой оборудования II. Примеры этому можно найти в нефтепереработке, химии и производствах, использующих силосные сооружения, где имеются горючие пыли. Ранее эта группа обозначалась термином «Взрывоопасно».

В дополнение к классификации по группам оборудования согласно Директивам АТЕХ оборудованию присваивается также дополнительная группа в соответствии с серией

норм 60079.

Для видов взрывозащиты «Искробезопасность», «Защита герметичной взрывонепроницаемой оболочкой» и вида „п“ приборы для работы с газами дополнительно классифицируются по группам IIA, IIB и IIC.

### Максимально допустимое количество энергии в соответствии с нормой EN 60079-11

Группа	Максимально допустимое количество энергии
IIC	20 мкДж
IIB	80 мкДж
IIA	160 мкДж

В новой норме EN 60079-0:2009 различия по видам взрывозащиты более не проводятся. Для всех видов теперь следует осуществлять классификацию по группам IIA, IIB или IIC. Кроме того, в норму EN 60079-0:2009 введена третья группа. В группе III учитываются воспламеняющиеся пыли, которые далее подразделяются по группам IIIA, IIIB, IIIC.

Помещения	Группа оборудования в соответствии с Директивами 94/9/EG	Группа согласно EN 60079-0:2006		Группа согласно EN 60079-0:2009	
Горная выработка с опасностью взрыва рудничного газа	Группа I	Группа I		Группа I	
Помещения с опасностью взрыва газа.	Группа II	Группа II**	IIA IIB IIC	Группа II	IIA IIB IIC
				Группа III*	IIIA IIIB IIIC
Помещения с опасностью взрыва пыли.	Группа II				

\* IIIA: горючие волокна, IIIB: непроводящая пыль, IIIC: проводящая пыль

\*\* в зависимости от вида взрывозащиты

## Классы/пределы температур для газов и пылей

Максимально допустимая температура поверхности оборудования зависит от типа отложения угольной пыли.

## Классы температуры для группы II

Воспламенения взрывоопасной атмосферы можно избежать, если температура поверхности оборудования ниже температуры воспламенения окружающих газов. Понятие температуры поверхности электрооборудования относится ко всем его узлам, которые могут соприкасаться с взрывоопасным веществом.

Большая часть газов относится к температурным классам от T1 до T3.

### Температуры для группы I

Группа I	Температура	Условия
Горная выработка с опасностью взрыва рудничного газа (угольная шахта)	150°C	С отложением угольной пыли на оборудовании
	450°C	Без отложения угольной пыли на оборудовании

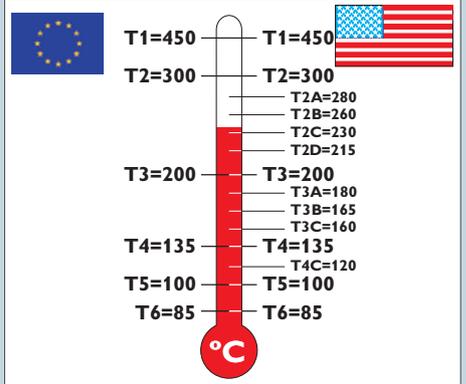
### Допустимые температуры поверхности оборудования для газов

Температура воспламенения газа	
Аммиак	630°C
Метан	595°C
Водород	560°C
Пропан	470°C
Этилен	425°C
Бутан	365°C
Ацетилен	305°C
Циклогексан	259°C
Диэтиловый эфир	170°C
Сероуглерод	95°C

Источник: Банк данных по взрывоопасным материалам и веществам Информационной системы GESTIS

### Класс температуры группы II для Европы и США

#### Группа II



## Пример

В корпусе с видом взрывозащиты Ex e IIC T6 применяются присоединительные клеммы.

При этом максимально допустимая сила тока должна быть такой, чтобы класс температуры T6 соблюдался и на этих клеммах. Корпус выполнен в соответствии с типом защиты IP54, однако взрывоопасный газ

способен проникать в корпус. Поэтому недостаточно учитывать только температуру поверхности корпуса.



Корпус Ex e с клеммами

## Температурный предел для пыли

В помещениях с опасностью взрыва пыли максимальная температура указывается как температурное значение с размерностью в [°C].

Максимальная температура поверхности оборудования не должна превышать температуру воспламенения слоя пыли или облака горючей пыли.

## Воздушный зазор и путь тока утечки

Для видов взрывозащиты «Искробезопасность», «Повышенная безопасность» и вида „п“ необходимо учитывать и соблюдать значения воздушных зазоров и пути тока утечки.

Под термином «воздушный зазор» понимается кратчайшее расстояние для соединения двух потенциалов через воздух. Под термином «путь тока утечки» понимается кратчайшее расстояние для соединения двух потенциалов на определенной поверхности.

В зависимости от сравнительного индекса трекинговости (СТІ) материала между потенциалами должен выдерживаться определенный минимальный промежуток.

Минимальные значения воздушного

зазора и пути тока утечки определяются соответствующим видом взрывозащиты и должны соблюдаться в каждом конкретном случае.



Воздушный зазор и путь тока утечки

## Виды взрывозащиты и их применение

Виды взрывозащиты для электрооборудования в зонах с опасностью взрыва газа					
Вид взрывозащиты		Принцип защиты	EN/IEC	Зона	Применение
d	Установка в герметичный взрывонепроницаемый корпус	Предотвращение распространения взрыва	EN 60079-1 IEC 60079-1	1 или 2	Коммутационные, командные и сигнальные приборы, схемы управления, двигатели, силовые электронные устройства
px, py, pz	Заполнение оболочки под избыточным давлением	Предотвращение образования взрывоопасной атмосферы	EN 60079-2 IEC 60079-2	1 или 2	Коммутационные и управляющие шкафы, двигатели, приборы для измерения и анализа, счетно-решающие приборы
q	Герметизация кварцевым заполнением	Подавление искрения	EN 60079-5 IEC 60079-5	1 или 2	Трансформаторы, реле, конденсаторы
o	Герметизация масляным заполнением	Предотвращение образования взрывоопасной атмосферы	EN 60079-6 IEC 60079-6	1 или 2	Трансформаторы, реле, устройства управления пуском, коммутационные приборы
e	Повышенная безопасность	Подавление искрения	EN 60079-7 IEC 60079-7	1 или 2	Разветвительные и соединительные коробки, корпуса, двигатели, клеммы/зажимы
ia, ib, ic	Искробезопасность	Ограничение энергии, требуемой для воспламенения	EN 60079-11 IEC 60079-11	0, 1 или 2	Контрольно-регулирующая и измерительная аппаратура, датчики, актуаторы, комплекты приборов
	Искробезопасные системы		EN 60079-25 IEC 60079-25	0, 1 или 2	
	Искробезопасные системы полевых шин (FISCO), неискрящие системы полевых шин (FNISCO)		EN 60079-27 IEC 60079-27	1 или 2	
nA	Неискрящее оборудование	Сопоставимо с Ex e	EN 60079-15 IEC 60079-15	2	Только зона 2
nC	Искрящее оборудование	Сопоставимо с Ex d	EN 60079-15 IEC 60079-15	2	Только зона 2
nL*	Ограничение по энергии *различно в Северной Америке и Европе, в будущем „ic“	Сопоставимо с Ex i	EN 60079-15 IEC 60079-15	2	Только зона 2
nR	Паро- и газогерметичный корпус	Защита с помощью корпуса	EN 60079-15 IEC 60079-15	2	Только зона 2
nP	Упрощенная герметизация заполнением оболочки под избыточным давлением	Сопоставимо с Ex p	EN 60079-15 IEC 60079-15	2	Только зона 2
ma, mb, mc	Заливка компаундом	Предотвращение образования взрывоопасной атмосферы	EN 60079-18 IEC 60079-18	0, 1 или 2	Катушки реле и двигатели, электроника, магнитные вентили, системы подключения
op is, op pr, op sh	Оптическое излучение	Ограничение или недопущение передачи энергии от оптического излучения	EN 60079-28 IEC 60079-28	1 или 2	Оптоэлектронные приборы

### Виды взрывозащиты для электрооборудования в помещениях с горючей пылью

Вид взрывозащиты		Принцип защиты	EN/IEC	Зона	Применение
tD новое: ta, tb, tc	Защита с помощью корпуса	Предотвращение образования взрывоопасной атмосферы	EN 61241-1 IEC 61241-1 новое: EN 60079-31 IEC 60079-31	21 или 22	Коммутационные, командные и сигнальные приборы, светильники, разветвительные и соединительные коробки, корпуса
pD в будущем: p	Заполнение оболочки под избыточным давлением	Предотвращение образования взрывоопасной атмосферы	EN 61241-4 IEC 61241-4 в будущем: EN 60079-2 IEC 60079-2	21 или 22	Коммутационные и управляющие шкафы, двигатели, приборы для измерения и анализа
iaD, ibD в будущем: ia, ib, ic	Искробезопасность	Ограничение энергии для воспламенения и температуры поверхности	EN 61241-11 IEC 61241-11 в будущем: EN 60079-11 IEC 60079-11	20, 21 или 22	Контрольно-регулирующая и измерительная аппаратура, датчики, актуаторы, комплекты приборов
maD, mbD новое: ma, mb, mc	Заливка компаундом	Предотвращение образования взрывоопасной атмосферы	EN 61241-18 IEC 61241-18 новое: EN 60079-18 IEC 60079-18	20, 21 или 22	Обмотки и реле двигателей, электроника и присоединительные системы

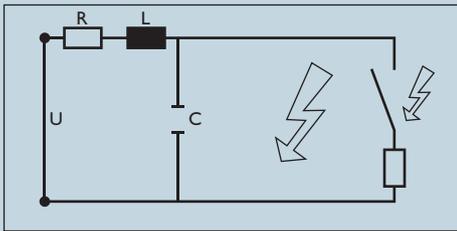
В будущем требования норм EN и IEC будут введены в соответствующие нормы для оборудования в помещениях с взрывоопасным газом. Для некоторых норм это уже выполнено.



# Искробезопасность Ex i

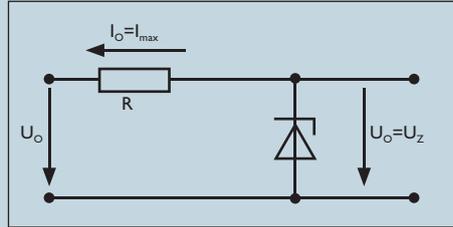
## Принцип

Вид взрывозащиты «Искробезопасность», в отличие от других видов (например, повышенной безопасности), используется не только для отдельных видов оборудования, но и для всей электрической цепи. Электрическая цепь считается искробезопасной в том случае, если величина тока и напряжения ограничены в ней настолько, что искра или тепловой эффект не могут вызвать воспламенения или взрыва взрывоопасной атмосферы.



Принципиальная схема электрической цепи

Для того чтобы энергия искры оставалась ниже уровня энергии, требуемой для воспламенения окружающего газа, в цепи осуществляется соответствующее ограничение напряжения. Тепловой эффект, т. е. слишком высокая температура поверхности, предотвращается ограничением тока. Это относится и к датчикам, подключенным к искробезопасным электрическим цепям. Энергия может также накапливаться в емкостных и индуктивных элементах внутри искробезопасной электрической цепи, что должно учитываться при компоновке такой цепи.



Принципиальная схема для ограничения напряжения и тока

Полупроводниковый диод (диод Зенера) становится проводящим, начиная с определенного значения напряжения. Благодаря этому происходит ограничение напряжения  $U_0$  во взрывоопасной зоне. Включенное последовательно сопротивление ограничивает максимальное значение тока  $I_0$ :

$$I_{\max} = I_0 = \frac{U_0}{R}$$

Ограничение по напряжению и току дает следующее значение для максимальной мощности:

$$P_0 = \frac{U_0^2}{4R}$$

Максимально допустимые значения можно получить на основе кривых для пределов воспламенения, которые приводятся в нормах EN 60079-11.

Кривые пределов воспламенения определялись с помощью искрового контрольного прибора в соответствии с тем, как это описано в Приложении В к нормам EN 60079-11.

Кривые пределов воспламенения позволяют получить определения для групп I и II применительно к газу.

Внутри группы II на основе значений энергии, требуемой для воспламенения, происходит подразделение на подгруппы IIA, IIB и IIC.

## Значения энергии, требуемой для воспламенения типичных газов

Группа	Типичный газ	Значение энергии, требуемой для воспламенения /мкДж
I	Метан	280
II A	Пропан	> 180
II B	Этилен	60 – 180
II C	Водород	< 60

## Электрооборудование и связанное электрооборудование

Искробезопасная электрическая цепь состоит как минимум из одного основного электроприбора и одного связанного прибора.

Цепи электрооборудования должны удовлетворять требованиям искробезопасности. Электрооборудование может соединяться с неискробезопасными электрическими цепями только через связанное электрооборудование. Связанный электроприбор имеет как искробезопасные, так и неискробезопасные электрические цепи. Разделение электрических цепей осуществляется с помощью барьеров Зенера или гальванических разделителей.

Искробезопасное электрооборудование и искробезопасные компоненты связанного электрооборудования классифицируются согласно норме EN 60079-11 по уровням защиты „Ia“, „Ib“ и „Ic“.



Пример: Совместное включение электрооборудования при виде взрывозащиты «Искробезопасность»

## Уровень защиты согласно норме EN 60079-11

Уровень защиты	Оценка отказов	Допустимые зоны
ia	Комбинация двух отказов в условиях нормального режима работы не вызывает воспламенения.	0, 1, 2
ib	При одном отказе в условиях нормального режима работы воспламенение возникнуть не может.	1, 2
ic	При нормальном режиме работы оборудование не может вызвать воспламенение.	2

Уровень защиты „ia“, „ib“ или „ic“ определяет, какая защита от отказов предусмотрена блоком схемной защиты: от двух отказов, от одного отказа или защита вообще отсутствует.

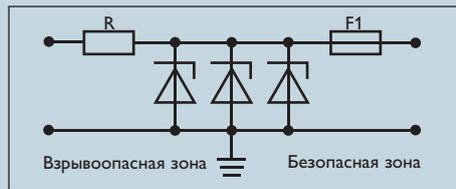
При наличии искробезопасности производится оценка отказов, чтобы исключить опасность взрыва. При этом, однако, не делается никакой оценки эксплуатационной безопасности. Это означает возможность допущения полного функционального сбоя оборудования в целях обеспечения взрывобезопасности.

Электрооборудование с соответствующим уровнем защиты может применяться вплоть до зоны 0. Связанное электрооборудование устанавливается в безопасной зоне, и только искробезопасные электрические цепи с соответствующим уровнем защиты ведут к взрывоопасной зоне.

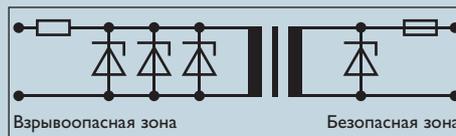
Как правило, связанное электрооборудование можно выполнить в соответствии с более надежным видом взрывозащиты, чтобы его можно было устанавливать в зоне 2 или, при необходимости, в зоне 1.

## Связанное электрооборудование с гальваническим разделением и без него

Для искробезопасных электрических цепей в зоне 0 норма EN 60079-14, глава 12.3, помимо уровня защиты „ia“, рекомендует использовать гальваническое разделение.



Без гальванического разделения: Zener барьер



С гальваническим разделением: разделитель

## Простое электрооборудование

Для простого электрооборудования допуск к эксплуатации не требуется, однако оно должно быть отнесено к определенному температурному классу и соответствовать дополнительным требованиям нормы EN 60079-11.

Максимальная температура и класс температуры могут быть определены на основе мощности  $P_0$  связанного оборудования.

Технические данные энергоаккумулятора должны быть определены с достаточной точностью и учитываться при определении общей безопасности системы.



## Сводные данные по простому электрооборудованию (норма EN 60079-11)

Пассивные элементы схем	Энергоаккумулятор	Источники энергии*
PT 100	Конденсатор	Термоэлемент
Выключатель	Катушка	Фотоэлементы
Распределительная коробка		* Требование U ≤ 1,5 В I ≤ 100 мА P ≤ 25 мВт
Сопротивления		

## Вид взрывозащиты „n“

Взрывозащита вида „n“ соответствует повышенному промышленному, рассчитанному на обычный режим работы. Оценка отказов, как, например, для взрывозащиты вида «Искробезопасность», в данном случае не производится.

Этот вид может быть применен только для группы оборудования II и для электрооборудования в зоне 2. Изготовитель определяет технические данные для обычного режима работы. Взрывозащита вида „n“ различает пять различных вари-

антов, которые частично выводятся из известных видов взрывозащиты: «Повышенная безопасность», «Искробезопасность», «Герметичная взрывонепроницаемая оболочка», «Заполнение оболочки под избыточным давлением» и «Заливка компаундом».

Этот вид взрывозащиты возник по образцу американского вида «Предотвращение воспламенения» — Non-IncendiBe (NI) и был введен в европейские нормативы в 1999 г.

Здесь осуществляется разделение на подгруппы nA, nC, nR, nL и nP.

Взрывозащита вида nL не войдет в следующую редакцию нормы EN 60079-15. Он будет введена в норму EN 60079-11 как часть защиты вида „ic“.

### Классификация вида взрывозащиты „n“ в Европе

Краткое обозначение	Значение	Сопоставимо с –	Метод	Классификация группы II
A	Не искрящее	Ex e	Возникновение электрических дуг, искр или нагрев поверхности минимизируется	Начиная с нормы EN 60079-0:2009 подразделение на IIA, IIB, IIC
C	Искрящее оборудование	Частично Ex d, Ex m	Закрытые переключающие устройства, невоспламеняющиеся конструкционные элементы, герметичные, уплотненные или защищенные оболочкой установки	IIA, IIB, IIC
R	Паро- и газогерметичный корпус	---	Проникновение взрывоопасных газов ограничивается	Начиная с EN 60079-0:2009 подразделение на IIA, IIB, IIC
L *	Ограничение по энергии	Ex i	Ограничение по энергии, чтобы искры и тепловое воздействие не вызвали воспламенения	IIA, IIB, IIC
P	Упрощенная герметизация заполнением оболочки под избыточным давлением	Ex p	Проникновение взрывоопасных газов предотвращается созданием высокого давления, контроль без отключения	Начиная с нормы EN 60079-0:2009 подразделение на IIA, IIB, IIC

\*имеются различия в интерпретации по Северной Америке и Европе

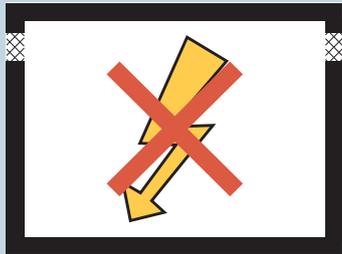
### Классификация видов взрывозащиты „n“ в Северной Америке

Обозначение по NEC	Значение
Energy Limited „nC“ *	Ограничение по энергии
Hermetically Sealed „nC“	Герметичный
Non incendiBe „nC“	Невоспламеняющееся оборудование
Non-Sparking „nA“	Неискрящее оборудование
Restricted Breathing „nR“	Ограничение пропускания паров и газов
Sealed DeBice „nC“	Герметичное оборудование
Simplified Pressurization „nP“ **	Упрощенная герметизация заполнением оболочки под избыточным давлением

\*имеются различия в интерпретации по Северной Америке и Европе

\*\* в США обозначается как тип X, Y и Z

## Повышенная безопасность Ex e



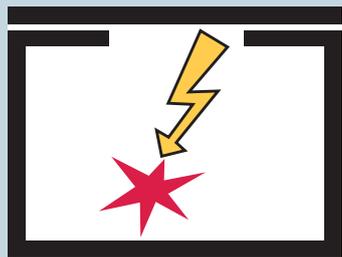
При виде взрывозащиты «Повышенная безопасность» во взрывоопасной зоне могут применяться напряжения до 11 кВ. В частности, данный вид целесообразен при подаче напряжения на электродвигатели, светильники и трансформаторы.

Этот принцип защиты основан на определенных конструктивных мерах.

Воздушные зазоры и пути тока утечки для токоведущих элементов определяются с учетом соответствующего подразделения по уровням напряжения. Это позволяет предотвратить искрение. Кроме того, необходимо обеспечить уровень защиты не ниже IP54 (по нормам EN 60529).

За счет ограничения температуры поверхности в процессе эксплуатации оборудования предотвращается воспламенение взрывоопасной атмосферы, в том числе внутри корпуса. При этом конструкция корпуса не исключает проникновения газов.

## Установка в герметичную взрывонепроницаемую оболочку Ex d



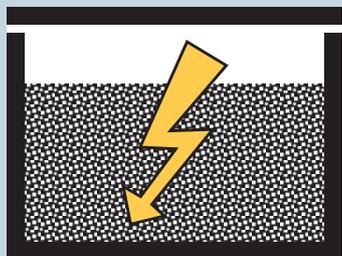
При взрывозащите вида «Установка в герметичную взрывонепроницаемую оболочку» распространение взрыва предотвращается конструкцией самого корпуса. Взрыв внутри корпуса не в состоянии вызвать воспламенение взрывоопасной атмосферы вокруг корпуса. Это означает, что корпус должен быть очень прочным и надежным.

Корпус имеет крышку и вводы, например, для кабелей и проводки. Ширина зазора выбирается здесь таким образом, чтобы предотвратить распространение взрыва из внутренней полости корпуса в окружающую взрывоопасную атмосферу.

При виде взрывозащиты Ex d недопустимо

смазывать резьбу вводов кабелей и проводки или удалять ржавчину с помощью проволочной щетки. Это может привести к изменению величины допустимого зазора и нарушению защиты. Следует строго соблюдать предписания изготовителя оборудования.

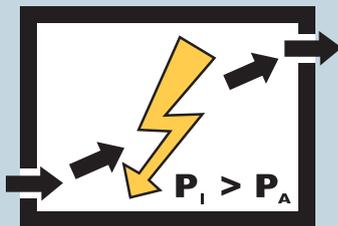
## Заливка компаундом, кварцевое или масляное заполнение Ex m, Ex q, Ex o



Взрывозащита заливкой компаундом, кварцевым или масляным заполнением основана на обволакивании возможных источников возгорания в электрооборудовании с помощью таких сред, как заливочный компаунд, песок или масло. Это позволяет предотвратить воспламенение взрывоопасной атмосферы.

При этих видах взрывозащиты может складываться напряжение до 10–11 кВ.

## Заполнение оболочки под избыточным давлением Ex p



Взрывозащита вида «Заполнение оболочки под избыточным давлением» основывается на методах, с помощью которых проникновение взрывоопасной атмосферы внутрь корпуса или в главный щит управления предотвращается за счет избыточного давления.

В этом случае давление окружающей среды вокруг оболочки всегда ниже, чем внутри.

Существуют три формы обеспечения защиты вида «Заполнение оболочки под избыточным давлением» (см. нижеследующую таблицу). При статическом избыточном давлении корпус должен быть герметично уплотнен. Потеря давления в данном случае не происходит. Однако более широкое распространение нашли методы, при которых избыточное давление поддерживается с помощью компенсации потерь от утечки или постоянной продувки. В большинстве случаев избыточное давление создается с помощью обычного сжатого воздуха.

Вид взрывозащиты Ex p предполагает наличие блока мониторинга, который отключает электроагрегаты внутри герме-

тичного корпуса в случае, когда величина избыточного давления в нем не достигает требуемого уровня. При этом блок мониторинга должен соответствовать другому виду взрывозащиты, чтобы его функционирование было обеспечено и при отсутствии избыточного давления.

Внутри герметичного корпуса оборудование может работать независимо от вида взрывозащиты.

Температура поверхности оборудования не должна приводить к воспламенению взрывоопасной атмосферы, проникающей внутрь корпуса после спада избыточного давления.

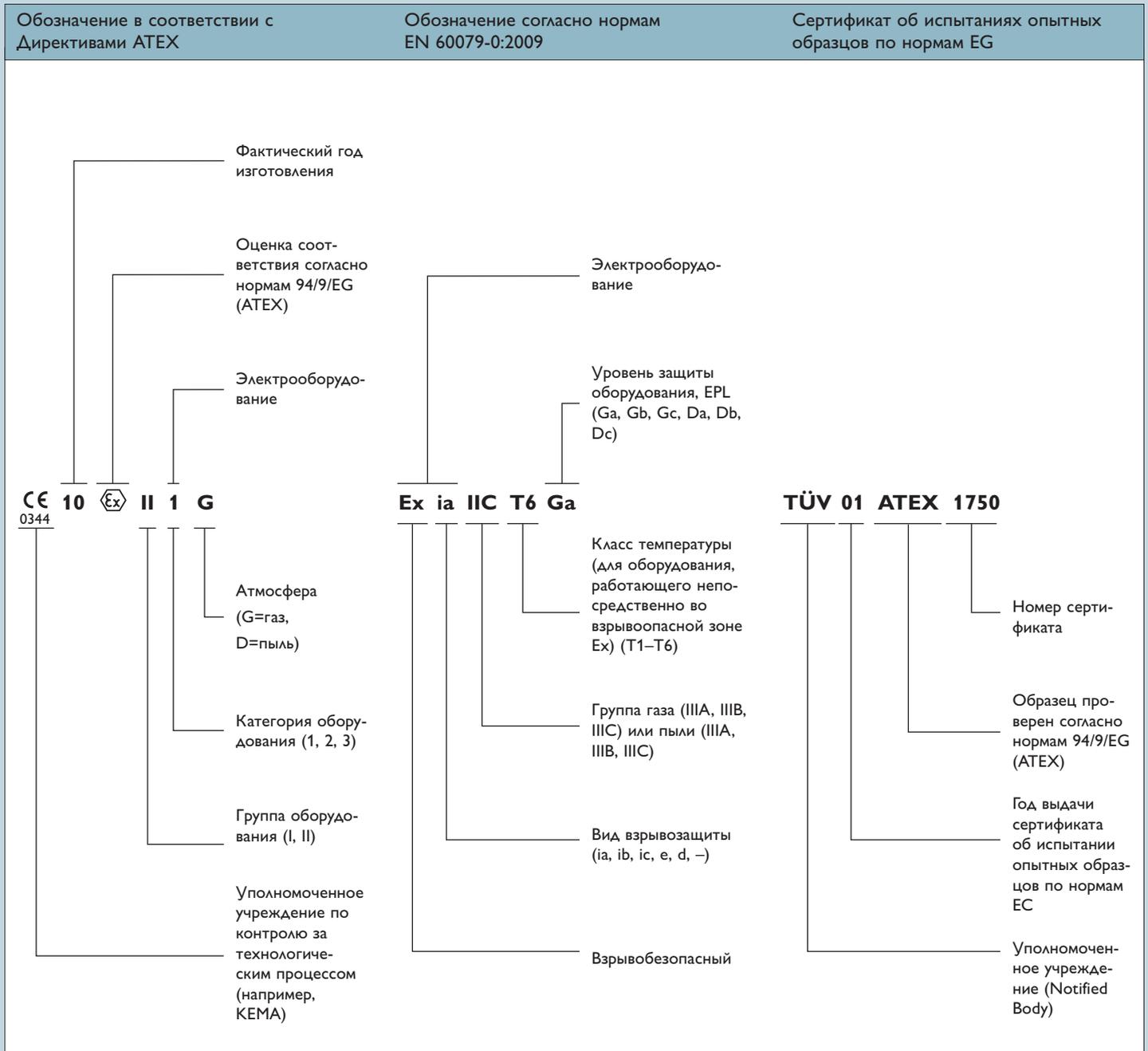
Если в силу тех или иных условий эксплуатации окажется необходимым, чтобы тот или иной прибор или компонент внутри герметичного корпуса не отключался, то этот прибор должен соответствовать другому типу защиты.

### Возможности защиты путем заполнения оболочки под избыточным давлением

Заполнение оболочки под избыточным давлением	Статическое избыточное давление	Компенсация потерь утечки	Постоянная продувка
Сжатый воздух	Не требует повторного подведения	Компенсация потерь утечки	Постоянное подведение
Режимы эксплуатации	---	<p>Фаза предварительной продувки: корпус продувается, а имеющаяся взрывоопасная атмосфера из него удаляется.</p> <p>Рабочая фаза: осуществляется контроль избыточного давления в корпусе. Если оно падает, то электрическое оборудование внутри корпуса отключаются.</p>	

# 1.4 Обозначение взрывозащищенных устройств

## Обозначения электрооборудования



## Взаимосвязь категорий, уровня защиты оборудования (EPL) и зон

Понятие уровня защиты оборудования (EPL) впервые использовано в норме EN 60079-0:2009; оно отражает уровень защиты агрегата или отдельного компонента. Уровень защиты оборудования следует рассматривать по аналогии с категориями директив АТЕХ. Таким образом, теперь возможна более простая классификация оборудования по зонам на основе обозначений по виду защиты.

	Категория оборудования согласно Директивам АТЕХ 94/9/EG	Уровень защиты оборудования EPL	Зона	Вид опасности
<b>Газ</b>	1G	Ga	0	Постоянно, длительные промежутки времени, часто
	2G	Gb	1	Время от времени
	3G	Gc	2	Обычно нет, лишь кратковременно
<b>Пыль</b>	1D	Da	20	Постоянно, длительные промежутки времени, часто
	2D	Db	21	Время от времени
	3D	Dc	22	Обычно нет, лишь кратковременно
<b>Горные выработки</b>	M1	Ma		Постоянно, длительные промежутки времени, часто
	M2	Mb		Время от времени

## Обозначение в соответствии с директивами АТЕХ 94/9/EG

### Примеры обозначения в соответствии с директивами АТЕХ 94/9/EG и нормами EN 60079-0

Опасность взрыва газа	Номер сертификата об испытании опытного образца по нормам ЕС/ Сертификат соответствия U: Компонент, X: Особые условия монтажа	Обозначение				
		– согласно АТЕХ	– согласно нормам EN 60079-0:2006	– согласно нормам EN 60079-0:2009	– согласно нормам EN 60079-0:2009 Альтернатива	
Электрооборудование	IBExU 09 АТЕХ 1030	CE	 II 3 G	Ex nA II T4	Ex nA IIC T4 Gc	Ex nAc IIC T4
Связанное электрооборудование	BBS 08 АТЕХ E 094 X	CE 0344	 II (1) G	[Ex ia] IIC	[Ex ia Ga] IIC	[Ex ia] IIC
Компоненты	КЕМА 07 АТЕХ 0193 U	0344	 II 2 G	Ex e II	Ex e IIC Gb	Ex eb IIC

### Примеры обозначения в соответствии с нормами EN 61241-0 или EN 60079-0

Опасность взрыва пыли	Номер сертификата об испытании опытного образца по нормам ЕС/ Сертификат соответствия U: Компонент, X: Особые условия монтажа	Обозначение		
		– согласно нормам EN 61241:2006	– согласно нормам EN 60079-0:2009	– согласно нормам EN 60079-0:2009 Альтернатива
Электрооборудование	РТВ 00 АТЕХ 0000 X	Ex tD A21 IP 65 T80°C	Ex tb IIIC T80°C Db	Ex tb IIIC T80°C
Связанное электрооборудование	TÜV 00 АТЕХ 0000	[Ex iaD]	[Ex ia Da] IIIC	[Ex ia] IIIC

В Европе обозначение оборудования, компонентов и систем защиты составляется на основе обозначения директив и норм.

## Обозначение в соответствии с нормами IECEx

### Примеры обозначения в соответствии с номером сертификата IECEx и нормой IEC 60079-0

Опасность взрыва газа	Номер сертификата соответствия IECEx U: Компонент X: Особые условия монтажа	Обозначение		
		– согласно норме IEC 60079-0:2004	– согласно норме IEC 60079-0:2007	– согласно норме IEC 60079-0:2007 Альтернатива
Электрооборудование	IECEx IBE 09.0002X	Ex nA II T4	Ex nA IIC T4 Gc	Ex nAc IIC T4
Связанное электрооборудование	IECEx BBS 08.035X	[Ex ia] IIC	[Ex ia Ga] IIC	[Ex ia] IIC
Компонент	IECEx KEM 07.0057U	Ex e II	Ex e IIC Gb	Ex eb IIC

### Примеры обозначения в соответствии с нормами IEC 61241-0 или 60079-0

Опасность взрыва пыли	Номер сертификата соответствия IECEx U: Компонент X: Особые условия монтажа	Обозначение		
		– согласно норме IEC 61241-0:2005	– согласно норме IEC 60079-0:2007	– согласно норме IEC 60079-0:2007 Альтернатива
Электрооборудование	IECEx IBE 00.0000X	Ex tD A21 IP 65 T80°C	Ex t IIIC T80°C Db	Ex tb IIIC T80°C
Связанное электрооборудование	IECEx BBS 00.0000X	[Ex iaD]	[Ex ia Da] IIIC	[Ex ia] IIIC

В системе IECEx обозначение соответствует требованиям норм IEC.

## Обозначение в США

### Пример обозначений для связанного электрооборудования

Классификация оборудования → 1M68

Сертификационное учреждение в США:   
 с для Канады;   
 us для США в   
 данном случае   
 UL; → 

Включено в реестр CD-No: 12345678

Подходит для монтажа оборудования класса I, разд. 2, групп A, B, C и D;

при условии искробезопасных цепей для использования во взрывоопасных зонах в соответствии с классом I, разд. 1, группами A, B, C и D; с классом II, разд. 1, группами E, F и G; и классом III

← Контрольный чертеж № (Контрольный документ)

← Может применяться в разд. 2\* для класса I: Газы

A: Ацетилен  
B: Водород  
C: Этилен  
D: Пропан

← Газы

← Пыль

← Волокна

← Подходит для электрических цепей в разд. 1\*  
\* согласно NEC 500

## 2 Сооружение установок во взрывоопасных зонах

Сооружение установок во взрывоопасных зонах требует особых мер предосторожности.

Предприниматель/эксплуатирующая организация:

- подразделяет помещения с возможной взрывоопасной атмосферой на соответствующие зоны;
- обеспечивает применение минимальных предписаний;
- обозначает места доступа к взрывоопасным зонам.

При выборе оборудования, кабелей/проводки и конструкций необходимо учитывать особые требования.

### Выдержки из директивы 1999/92/EG:

—  
(1) Статья 137 Договора предусматривает, что Совет может публиковать минимальные требования в виде директив, стимулирующих улучшение производственной среды с целью особой защиты безопасности и здоровья рабочих и служащих.

—  
(7) В Директивах 94/9/EG Европейского парламента и Совета от 23 марта 1994 г. по гармонизации нормативных актов стран-участниц по оборудованию и системам защиты для использования во взрывоопасных зонах (5) предусмотрена дополняющая директива согласно Статье 137 Договора, которая, в частности, посвящена взрывозащите в связи с применением и/или способом установки этого оборудования.

## Анализ рисков

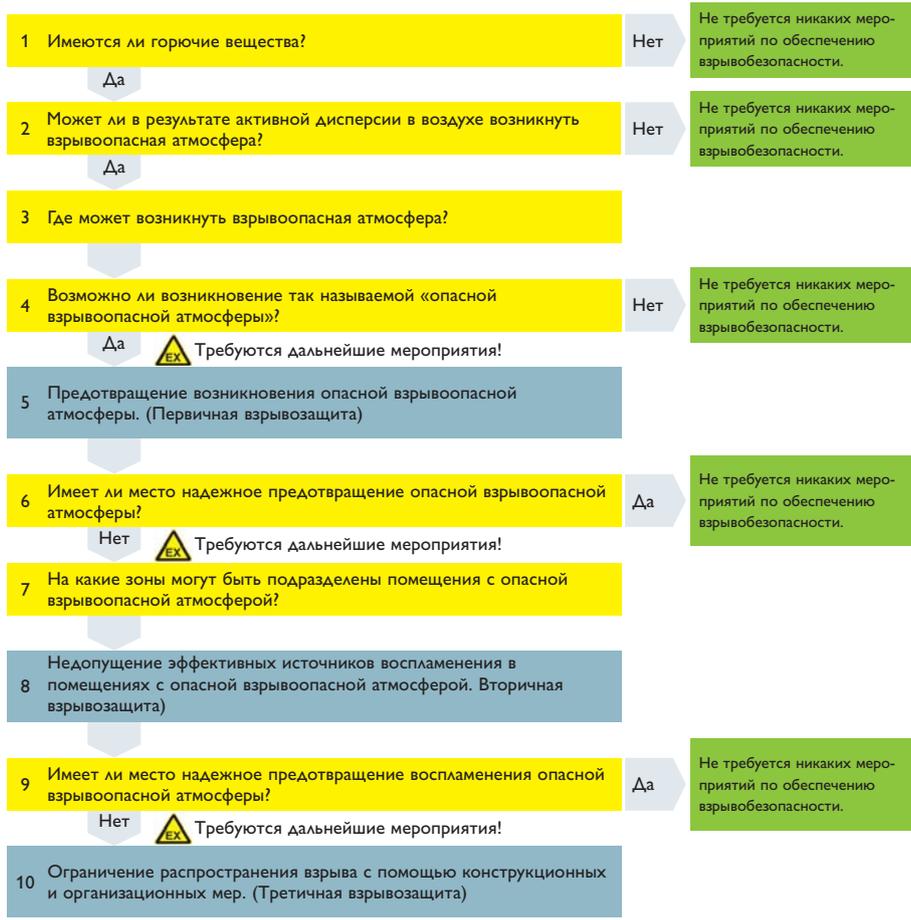
Организация, эксплуатирующая определенную установку, должна произвести ее тщательную оценку. Основой для этого являются, например, нормы EN 60079-10, EN 60079-14 и EN 1127-1 (см. также обзор норм на стр. 12). На основе этого анализа осуществляется определение зон и выбор допустимого к применению оборудования. Каждая установка должна быть внимательно изучена для определения ее особенностей. На случай возможных взрывов следует заранее рассмотреть возможные сценарии развития опасных ситуаций. Например, возможно ли возникновение цепных реакций, каковы повреждения здания и последствия взрыва для других частей установки. Не исключено, что расположенные рядом установки окажут взаимное воздействие друг на друга, которое бы не имело места при отдельно расположенных установках.

Оценка рисков обычно осуществляется силами команды специалистов, которые в состоянии учитывать все релевантные аспекты рассматриваемой установки. В спорных случаях рекомендуется привлечь дополнительных экспертов. Оценка рисков является основой для всех последующих мероприятий вплоть до пуска установки.

В документе по обеспечению взрывобезопасности все эти оценки должны быть обязательно представлены.

Руководство по оценке согласно Статье 11 Директив 1999/92/EG содержит следующие методические процедуры (см. нижеследующее графическое представление):

### Процесс оценки для распознавания и предотвращения опасностей взрыва:



## Документ по обеспечению взрывобезопасности

Данный документ очень важен для безопасной эксплуатации установки во взрывоопасной зоне. Он составляется до сооружения установки и должен постоянно поддерживаться в актуальном состоянии. Изменения в установке должны осуществляться с учетом рассмотренных важнейших параметров.

Пример структуры документа	
Ответственный за объект	Называется по имени
Описание строительных и географических аспектов	Общий план, план здания, вентиляция и вытяжка
Описание технологического процесса	Описание установок применительно к обеспечению взрывобезопасности
Характеристики материалов и веществ	Перечень данных с характеристиками по взрывоопасности
Оценка рисков	См. вышеприведенное руководство
Концепции обеспечения защиты	Классификация зон, применяемые виды взрывозащиты
Организационные мероприятия	Обучение, письменные инструкции, разрешения на проведение работ

# 2.1 Прокладка искробезопасных электрических цепей

## Расчет искробезопасных электрических цепей

### Монтаж в соответствии с взрывозащитой вида «Искробезопасность»

Вся искробезопасная электрическая цепь должна быть защищена от проникновения энергии из других источников, электрических или магнитных полей. Ответственным за подтверждение искробезопасности является монтажная или эксплуатирующая организация, но не производитель.

### Простые искробезопасные электрические цепи

Простые искробезопасные электрические цепи содержат только один источник энергии. Для проектирования и монтажа рекомендуется всегда иметь под рукой руководство по эксплуатации и сертификаты об испытании опытного образца по нормам EG (или соответствующие сертификаты) для применяемого оборудования. Они должны содержать необходимые параметры. На первом этапе осуществляется проверка по критериям в соответствии с нижеприведенной таблицей.

### Проверка применения оборудования во взрывоопасной зоне

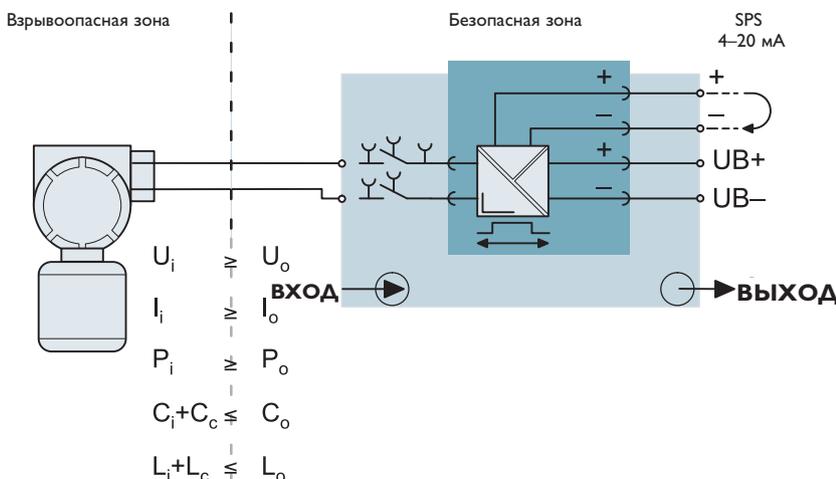
Критерии	Электрооборудование	Связанное электрооборудовани
Группа оборудования, область применения	II, G, D	II, G, D
Категория	1, 2, 3	(1), (2), (3)
Группа	IIA, IIB, IIC	IIA, IIB, IIC
Зона	0, 1, 2	0, 1, 2
Вид взрывозащиты	Ex ia, Ex ib	[Ex ia], [Ex ib]
Класс температуры	T1–T6	--

На следующем этапе осуществляется проверка электрических параметров искробезопасной электрической цепи (напряжение, ток, мощность, емкость и индуктивность) в соответствии с нижеследующим изображением.

В искробезопасной электрической цепи необходимо учитывать все имеющиеся емкости и индуктивности и сопоставлять их с емкостью  $C_0$  и индуктивностью  $L_0$  связанного оборудования. На практике особое внимание следует уделять емкости, поскольку она значительно ограничивает

длину кабелей или проводки. В качестве ориентировочных значений величину емкости  $C_0$  можно принять равной 140–200 нФ/км, а индуктивности  $L_0$  — примерно 0,8–1 мГн/км. В случае сомнений всегда следует исходить из наиболее неблагоприятного варианта.

### Определение параметров искробезопасных электрических цепей со связанным оборудованием.



Общепринятые обозначения	Европа	США
Для полевого оборудования:		
Макс. входное напряжение	$U_i$	$V_{max}$
Макс. входная мощность	$I_i$	$I_{max}$
Макс. внутренняя емкость	$C_i$	$C_i$
Макс. внутренняя индуктивность	$L_i$	$L_i$
Для связанного оборудования		
Макс. выходное напряжение	$U_o$	$V_{oc}$
Макс. выходная мощность	$I_o$	$I_{sc}$
Макс. внешняя емкость	$C_o$	$C_a$
Макс. внешняя индуктивность	$L_o$	$L_a$
Для кабеля/проводки:		
Емкость кабеля/проводки	$C_c$	$C_{cable}$
Индуктивность кабеля/проводки	$L_c$	$L_{cable}$

## Искробезопасные электрические цепи с более чем одним источником энергии

Описанная процедура расчета параметров искробезопасной электрической цепи допустима лишь тогда, когда в этой цепи имеется не более одного сосредоточенного энергоаккумулятора  $C_i$  или  $L_i$ .

При наличии нескольких сосредоточенных энергоаккумуляторов  $C_i$  и  $L_i$  максимально допустимые значения емкости  $C_0$  и индуктивности  $L_0$  до их сопоставления с суммами  $C_i + C_c$  и  $L_i + L_c$  следует разделить пополам.  $C_i$  и соответственно  $L_i$  следует рассматривать как сосредоточенные энергоаккумуляторы, если их значения превышают 1% от максимально допустимого значения внешней емкости  $C_0$  и индуктивности  $L_0$  соответственно. Емкость кабеля/проводки  $C_c$  и индуктивность  $L_c$  кабеля/проводки не рассматриваются как сосредоточенная емкость и сосредоточенная индуктивность соответственно.

Для применения в зоне 0 совместное включение нескольких связанных электроприборов недопустимо.

Если искробезопасная электрическая цепь для применения в зонах 1 и 2 включает более одного связанного электроприбора, то в этом случае на основе теоретических расчетов или испытаний с помощью искрового контрольного прибора (в соответствии с нормой EN 60079-11) необходимо обосновать возможность такой эксплуатации. При этом необходимо проверить, имеет ли место сложение токов или нет. Поэтому рекомендуется провести оценку с помощью соответствующего эксперта.

В Приложениях А и В норм EN 60079-14 приведены примеры совместного включения нескольких искробезопасных электрических цепей с линейными вольт-амперными характеристиками. При совместном включении связанного оборудования с нелинейными характеристиками оценка на основе напряжения холостого хода и тока короткого замыкания не дает никакого результата. Но требуемые расчеты могут быть произведены на основе доклада Физико-технического федерального ведомства ФРГ РТВ-ТhEx-10 «Совместное включение линейных и нелинейных искробезопасных электрических цепей». Этот доклад включен в норму EN

60079-25 (Искробезопасные системы).

Здесь описаны графические методы оценки искробезопасности для применения вплоть до зоны 1.

## Заземление искробезопасных электрических цепей

Заземление искробезопасных электрических цепей может привести к возникновению разности потенциалов. Это должно учитываться при оценке электрических цепей. Искробезопасные электрические цепи могут быть изолированы относительно земли. В данном случае следует учитывать риск возникновения электростатического заряда. Соединение через сопротивление  $R = 0,2-1$  МОм для отвода электростатического заряда не рассматривается как заземление.

Искробезопасная электрическая цепь может быть подключена к системе выравнивания потенциалов, если это осуществляется только в одном месте внутри искробезопасной электрической цепи. Если искробезопасная электрическая цепь состоит из нескольких гальванически разделенных ответвленных цепей, то каждая такая ответвленная цепь может быть заземлена в одной точке.

Если по функциональным причинам необходимо осуществить заземление одного из находящихся в зоне 0 датчиков/приводов, то это необходимо производить непосредственно за пределами зоны 0.

Установки с барьерами Зенера необходимо заземлять на этих барьерах. При известных условиях для предотвращения возможных аварий даже необходимо применять механическую защиту. Такие электрические цепи не должны заземляться в каких-либо других местах.

Все электрооборудование, которое не выдерживает испытание относительно земли повышенным напряжением минимум в 500 В, считается заземленным.

При гальваническом разделении питающих и сигнальных цепей необходимо учитывать возможные сдвиги и/или переходные токи в линиях выравнивания потенциалов.

## Техническое обслуживание и под-

## держание в исправном состоянии

Техническое обслуживание искробезопасных электрических цепей возможно без специального разрешения (например, свидетельства о пожаробезопасности). Провода искробезопасных электрических цепей могут быть закорочены или разведены без ущерба для применяемого вида взрывозащиты. Допустимо осуществлять демонтаж искробезопасного оборудования (или извлекать сменные модули) без необходимости снятия с установки напряжения. В искробезопасных электрических цепях обычно не возникают опасные для прикосновения человека токи и напряжения, что делает их безвредными для персонала. Измерение параметров в искробезопасных электрических цепях требует применения разрешенных искробезопасных измерительных приборов. Если не учитывать параметры этих измерительных приборов, то в искробезопасную электрическую цепь может поступить дополнительная энергия. Это может привести к превышению допустимых максимальных параметров и несоблюдению требований по искробезопасности. Это относится ко всем испытательным приборам, которые предполагается использовать.

### Допустимые сечения проводов для заземления

Число проводов	Сечение провода*	Условие
Минимум 2 разделенных провода	Минимум 1,5 мм <sup>2</sup>	Каждый отдельный провод способен проводить максимально возможный ток
Один провод	Минимум 4 мм <sup>2</sup>	

\*Провод из меди

При прокладке кабелей/проводов они должны быть защищены от механических повреждений, коррозии, химических и термических воздействий. При взрывозащите вида «Искробезопасность» это требуется в обязательном порядке. В шахтах, каналах, трубах и котлованах следует предотвращать скопление взрывоопасной среды. Точно так же недопустимо распространение над ними горючих газов, паров, жидкостей или пыли.

В пределах взрывоопасных зон кабели/провода должны по возможности прокладываться без размыканий. Если это невозможно, то соединение кабелей/проводов должно осуществляться только в специальном корпусе, выполненном в соответствии с видом взрывозащиты, допустимым для данной зоны. Если условия монтажа заставляют отступить от этого условия, следует придерживаться требований нормы EN 60079-14.

Для искробезопасных электрических цепей, в том числе за пределами взрывоопасной зоны, также необходимо обеспечить:

- защиту от проникновения энергии извне;
- защиту от внешних электрических или магнитных полей. Возможная причина - близость воздушной высоковольтной линии или однофазных высоковольтных линий;
- многожильные провода искробезопасных и неискробезопасных электрических цепей не следует прокладывать в одной и той же магистрале;
- через многожильные кабели или линии может быть проложено несколько искробезопасных электрических цепей.

## Кабели/провода для зон 1 и 2

Кабель/провод	Требование	
Стационарное оборудование	Оболочка	Термопласт, терморезистивная пластмасса /дуропласт, эластомер или металлизированная оболочка
Передвижное оборудование	Наружная оболочка	Тяжелый полихлоропрен, синтетический эластомер, провод в тяжелой резиновой трубе или аналогичная надежная конструкция
	Минимальная площадь поперечного сечения	1,0 мм <sup>2</sup>
Гибкий кабель и провода	Исполнение	<ul style="list-style-type: none"> <li>• провод в легкой резиновой трубе с полихлоропреновой оболочкой и без нее</li> <li>• провод в тяжелой резиновой трубе с полихлоропреновой оболочкой и без нее</li> <li>• провод с ПВХ-изоляцией, сопоставимый по тяжести провод в резиновой трубе</li> </ul>

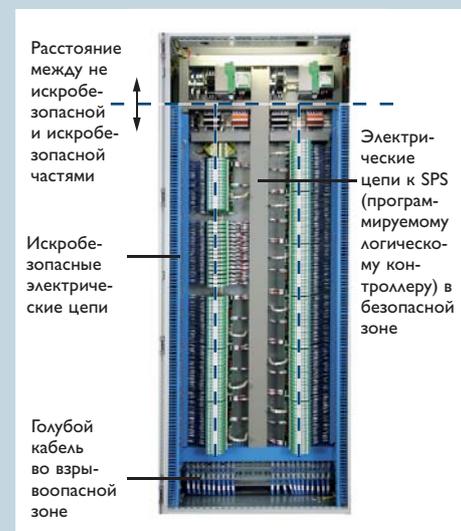
В распределительному шкафу искробезопасные электрические цепи должны иметь четкую маркировку. Норма не дает на этот счет единообразных рекомендаций, а лишь указывает на то, что эту маркировку предпочтительно исполнять голубым цветом. В большинстве случаев нулевые провода силовых кабелей также маркируются синим. В этом случае во избежание путаницы для искробезопасных электрических цепей следует выбрать другую маркировку. В распределительном шкафу маркировку рекомендуется располагать так, чтобы она хорошо просматривалась и надписи четко отделялись друг от друга.

Заземление проводящих экранов следует устраивать только в одном месте, которое обычно находится за пределами взрыво-

пасной зоны. По этому вопросу см. также раздел «Заземление искробезопасных электрических цепей» (стр. 31) и таблицу на стр. 33.

## Критерии выбора кабелей/проводов при взрывозащите вида «Искробезопасность»

Критерий	Условие	Примечание
Изолированные кабели/провода	Испытательное напряжение $\geq 500$ В перем. ток $\geq 750$ В пост. ток	Жила-земля, жила-экран и экран-земля
Диаметр отдельных жил	$\geq 0,1$ мм	Также для проводов из тонкой проволоки
провода из тонкой проволоки	Защита от расплетания	Например, с помощью наконечников для жил
Многожильные кабели/провода	Допустимо	Учесть условия анализа сбоев по норме EN 60079-14
Характеристики	(Cc и Lc) или (Cc и Lc/Rc)	В сомнительных случаях исходить из наиболее неблагоприятного варианта



## Особые случаи заземления проводящих экранов в искробезопасных электрических цепях

	Причина	Условия
a	Экран имеет большое сопротивление, дополнительное экранирование от индуктивных помех	Надежный заземляющий провод (минимум 4 мм <sup>2</sup> ), изолированный заземляющий провод и экран: Испытание изоляции напряжением 500 В, оба заземлены в одной точке, заземляющий провод удовлетворяет требованиям искробезопасности и учитывается при сертификации
b	Выравнивание потенциалов между двумя концами	Максимальное обеспечение выравнивания потенциалов по всему участку, на котором смонтирована искробезопасная электрическая цепь
c	Многократное заземление через небольшие конденсаторы	Общая емкость не превышает 10 нФ

## Зазоры соединительных клемм

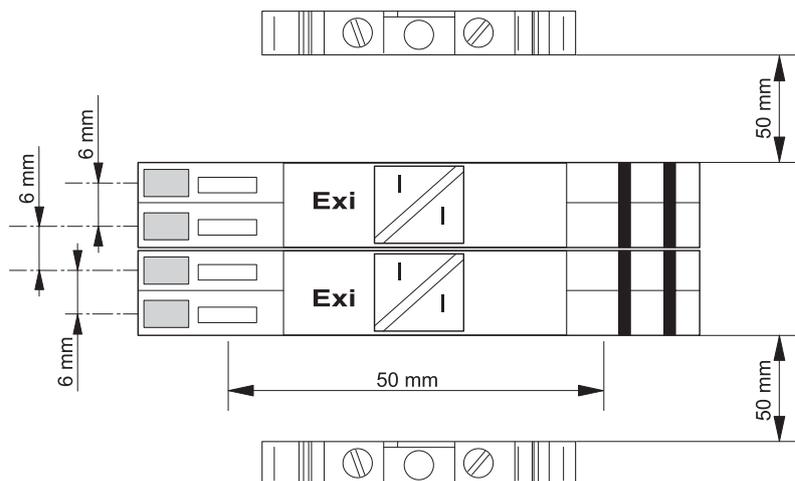
### Между различными искробезопасными электрическими цепями

Воздушные зазоры между клеммами различных искробезопасных электрических цепей должны составлять минимум 6 мм. Воздушные зазоры между токоведущими элементами соединительных клемм и токоведущими элементами, которые могут быть заземлены, должны составлять минимум 3 мм. Искробезопасные электрические цепи должны иметь четкую маркировку.

### Между искробезопасными и прочими электрическими цепями

На присоединительных зажимах зазоры между токоведущими элементами искробезопасных и токоведущими элементами неискробезопасных электрических цепей должны составлять минимум 50 мм. Этот зазор также может быть создан разделительной пластиной из изолирующего материала или заземленной пластиной.

Кабели/провода искробезопасных электрических цепей, даже если они прерываются на присоединительных зажимах, не должны соприкасаться с неискробезопасной электрической цепью. При монтаже кабели/провода должны соответственно укорачиваться.



Зазоры согласно нормам EN 60079, Раздел 6.2.1 и соответственно Рис.1

### Специальные требования для зоны 0 в Европе

Норма EN 60079-26 «Специальные требования к конструкции, испытаниям и маркировке электрооборудования для группы оборудования II, категории 1G» дополняет серию норм EN 60079. Здесь представлены дополнительные требования для применения оборудования в зоне 0 с взрывозащитой других видов, помимо вида «Искробезопасность».

## 2.2 Защита от перенапряжений во взрывоопасных зонах

### Защита от перенапряжений искробезопасных электрических цепей

Перенапряжения, обычно вызываемые коммутационными процессами, срабатыванием предохранителей, работой преобразователей частоты или воздействием молнии, являются важной темой, когда речь идет о сохранении работоспособности и готовности электрооборудования к эксплуатации. Эти возмущения представляют собой импульсные помехи (переходные процессы), которые в течение нескольких микросекунд достигают амплитуд во многие киловольты.

При перенапряжениях возникает опасная разность потенциалов, которая, помимо прочего, вызывает ошибки в управлении, кратковременные сбои в работе или, в худшем случае, разрушение оборудования. Только применение устройств защиты от перенапряжения (SPD — Surge Protective Device) на подлежащем защите оборудовании позволяет ограничить эту разность потенциалов до безопасного уровня. Для недопущения опасной разности потенциалов в связи с перенапряжениями устройства защиты во взрывоопасных зонах должны удовлетворять требованиям нормы DIN EN 60079-14. В данном случае необходимо, чтобы при возникновении во взрывоопасной зоне 0 опасной разности потенциалов было обеспечено надежное подавление не менее 10 импульсов формы 8/20 мкс с минимальным импульсным током в 10 кА.

Это требование удовлетворяется при помощи использования устройств отвода раз-

Прибор защиты от перенапряжений PLUGTRAB PT 2xEX(I)



Прибор защиты от перенапряжений SURGETRAB S-PT-EX(I)-24DC (Обозначение в соответствии с ATEX)

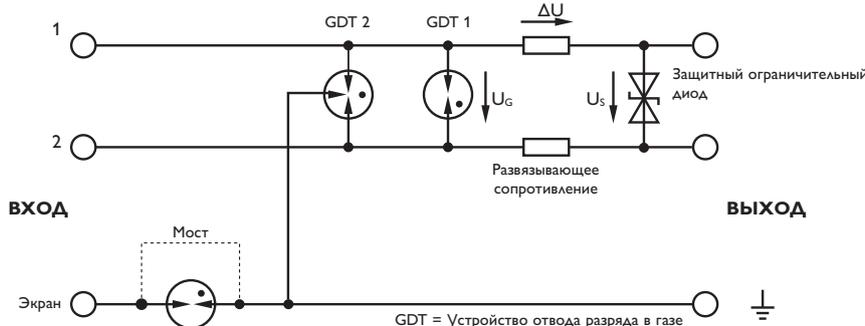


ряда в газе (см. Рис. «Блок схемной защиты устройства SPD SP-PT-Ex(I)-24DC»). Требуемая прочность изоляции относительно земли в 500 В, согласно DIN EN 60079-11, обеспечивается при помощи специально рассчитанных устройств отвода разряда в газе GDT 2.

В большинстве случаев оборудование имеет прочность изоляции относительно земли, равную 1,5 кВ, а пробивная прочность между жилами зачастую составляет лишь несколько сот вольт или менее. В то время как для обеспечения прочности изоляции относительно земли при переходных процессах достаточно устройства отвода разряда в газе, для пробивной прочности между жилами требуются защитные ограничительные диоды. Эти полупроводниковые элементы отличаются очень быстрым срабатыванием при переходных процессах и узким диапазоном ограничения напряжения — но величина отводимого импульсного тока для них

составляет лишь несколько сотен ампер. Исходя из этого, здесь следует рекомендовать применение многоступенчатых устройств защиты от перенапряжения, как, например, SURGETRAB. При переходном процессе ограничительный диод будет подавлять перенапряжение до тех пор, пока сумма остаточного напряжения этого диода  $U_S$  и падения напряжения на развязывающих сопротивлениях  $\Delta U$  не будет соответствовать напряжению срабатывания  $U_G$  устройства GDT 1 (в соответствии с законом Кирхгофа). Таким образом, в то время как ограничительный диод между жилами обеспечивает быстрое срабатывание при низких уровнях защиты от перенапряжения, устройство отвода разряда в газе позволяет достичь величину отводимого импульсного тока в 10 кА.

На практике целесообразно еще на месте монтажа решить, будет ли экран соединен с землей напрямую или через устройство отвода разряда в газе. Как и в случае устройства SURGETRAB, это может быть осуществлено с помощью размыкания предварительно установленного моста на устройстве GDT 3 (см. расположенную рядом схему).



Блок схемной защиты устройства S-PT-EX(I)-24DC

## Пример: резервуарное хранилище

От места измерения уровня заполнения резервуара до контрольно-измерительного щита зачастую прокладываются длинные соединительные линии, например, до 100 м длиной.

Зона внутри резервуара в связи с длительно находящейся там взрывоопасной атмосферой классифицируется как взрывоопасная зона 0. В связи с нечувствительностью к внешним вводам данные измерений передаются на контрольно-измерительный щит в виде токовых сигналов (4–20 мА). С целью предотвращения недопустимо высокой разности потенциалов заземляющего устройства сначала выравниваются потенциалы контрольно-измерительного щита и резервуара.

Для данного примера будем считать, что произошел удар молнии силой 30 кА с импульсом\* 10/350 мкс. В то время как половина тока уходит в землю, другая половина попадает непосредственно на установку. Таким образом, считаем, что через цепь выравнивания потенциалов на контрольно-измерительный щит попадает 15 кА. При площади поперечного сечения медного провода цепи выравнивания потенциалов, равной 95 мм<sup>2</sup>, можно рассчитать омическое падение напряжения между контрольно-измерительным щитом и резервуаром:

$$\hat{U}_R = \frac{\hat{I}_B}{2} \cdot R_{CU}, \text{ где } R_{CU} = \rho \cdot \frac{l}{A} \text{ и}$$

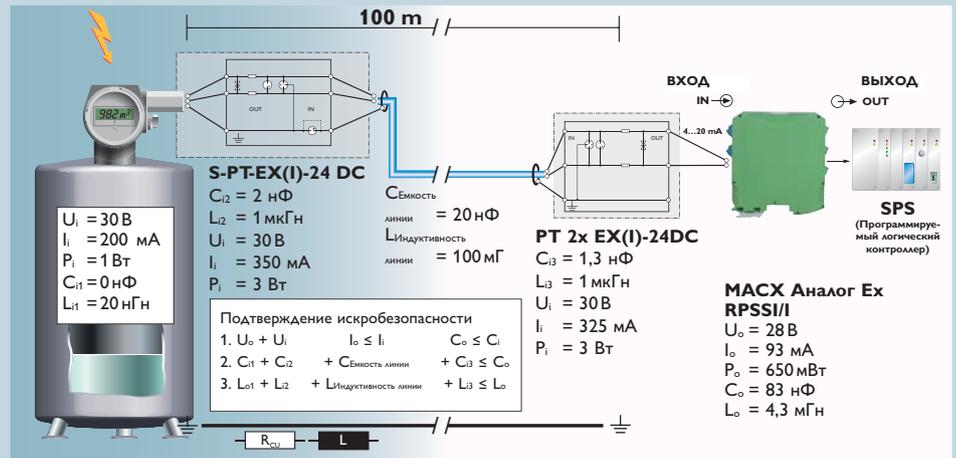
$$\rho = 17,3 \frac{\text{мОм} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\hat{U}_R = \frac{30 \text{ кА}}{2} \cdot 17,3 \frac{\text{мОм} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \cdot \frac{100 \text{ м}}{95 \text{ мм}^2}$$

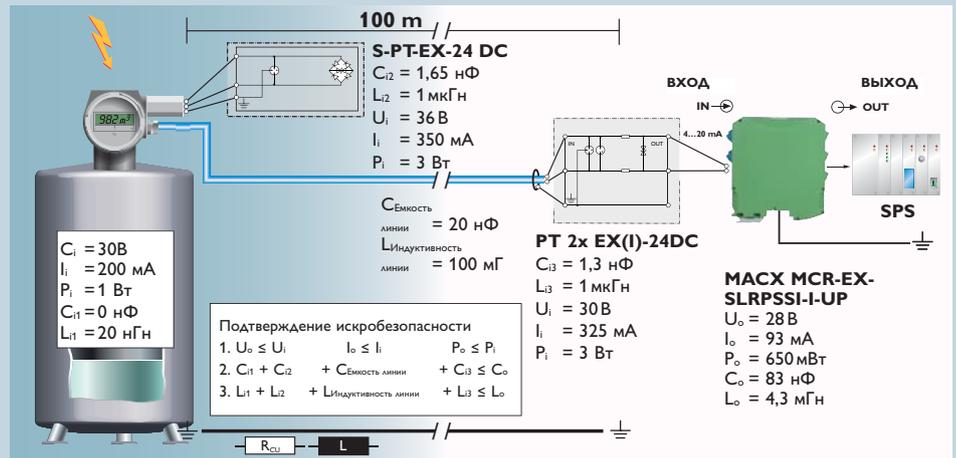
$$\hat{U}_R = 273 \text{ В}$$

Сочетание цепи выравнивания потенциала и требуемой нормативной прочности изоляции в 500 В на первый взгляд кажется достаточной защитой от грозовых частичных токов в искробезопасных системах.

Каждая линия наряду с погонным сопротивлением обладает также погонной индуктивностью  $L'$ . Для круглого медного провода на практике принимается погонная индуктивность, не зависящая от поперечного сечения провода и равная  $L' \approx 1 \text{ мкГн/м}$ . Если по проводу выравнивания потенциалов в направлении контрольно-измерительного щита протекает определенный выше грозовой ток величиной 15 кА с формой импульса 10/350 мкс, то при этом, согласно закону электромагнитной индукции, создается индуктивное падение напряжения величиной 150 кВ:



Измерение уровня заполнения: Защита с помощью SURGETRAB S-PT-EX(I)-24DC при сквозной прокладке и PLUGTRAB PT-2xEX(I)-24DC



Измерение уровня заполнения: Защита с помощью SURGETRAB S-PT-EX(I)-24DC при параллельной прокладке и PLUGTRAB PT-2xEX(I)-24DC

$$U_L(t) = -L \cdot \frac{di_B(\text{Teil})}{dt}$$

$$\hat{U}_L(t) \approx -L' \cdot I \cdot \frac{\Delta i_B(\text{Teil})}{\Delta t}$$

$$\hat{U}_L \approx -1 \frac{\text{мкГн}}{\text{м}} \cdot 100 \text{ м} \cdot \frac{15 \text{ кА}}{10 \text{ мкс}}$$

$$\hat{U}_L \approx -150 \text{ кВ}$$

Искробезопасные электрические цепи, соединяющие резервуар и контрольно-измерительный щит, в результате этого вышли бы из строя. Избежать этого можно только путем применения устройств защиты от перенапряжения.

При этом место установки устройства защиты от перенапряжения должно находиться так близко к вводу в зону 0, насколько это практически возможно. Это расстояние должно быть не более 1 м.

Соединительные линии между чувствительным элементом контрольно-измерительного щита и устройством защиты от перенапряжения должны быть выполнены с защитой от прямого воздействия молнии. Одной из

возможностей обеспечения этого является прокладка линии в металлической трубе.

Для защиты от перенапряжения головок датчиков рекомендуется применение устройств защиты от перенапряжения наподобие SURGETRAB, которые специально разработаны для этих целей. Они встраиваются непосредственно в линию и привинчиваются к головкам датчиков.

\* 10/350 мкс = время нарастания импульса 10 мкс, время затухания амплитуды вдвое — 350 мкс

## 2.3 Техника соединений

### Клеммы

#### Клеммы со взрывозащитой класса Ex e

Клеммы должны соответствовать требованиям по подключению внешних проводов.

Основу для испытаний образуют нормы по повышенной безопасности EN 60079-7.

Наряду с проверкой соответствия стандарту дополнительные требования по повышенной безопасности заключаются в следующем:

- достаточно большие воздушные зазоры и пути утечки тока для изоляционных материалов, устойчивых к воздействию температур и старению;
- защита от сдвига провода при подключении;
- защита от ослабления крепления;
- подключение без повреждения проводов;
- сохранение достаточного контактного давления в течение длительного периода времени;
- сохранение надежности контактов при перепадах температуры;
- исключение передачи давления контакта на изолирующий материал;
- применение многожильного подключения только при наличии подходящих зажимов;
- использование упругих промежуточных элементов при многожильных проводах с площадью поперечного сечения более 4 мм<sup>2</sup>;
- заданный момент затяжки винтовых зажимов.

Технические характеристики клемм для взрывоопасных зон устанавливаются на основе испытаний опытных образцов и фиксируются в соответствующем свидетельстве. основополагающими характеристиками для использования клемм и комплекующих к ним являются следующие:

- напряжение уровня изоляции;
- номинальное напряжение;
- поперечные сечения подключаемых проводов;
- рабочий диапазон температур;
- класс температуры.

Клеммы во взрывоопасных зонах должны использоваться только при наличии соответствующих сертификатов. Они должны находиться в клеммных коробках взрывоопасного оборудования.

В связи с этим разрешается их применение в зонах 1 и 2 для газов и, соответственно, зонах 21 и 22 для пыли. Требования по защите IP (защите оболочки электрооборудования) выполняются в соответствии с требуемым видом взрывозащиты за счет применения клеммных коробок.

Сертификация этих компонентов служит основой для сертификации соответствующего оборудования или системы защиты.

С помощью номера сертификата (добавление символа „U“ по европейским нормам) и знака допуска (например, идентификационного обозначения „UL“) осуществляется маркировка присоединительной клеммы как компонента.

Для присоединительных клемм со взрывозащитой вида «Повышенная безопасность» Ex e нанесение маркировки является обязательным.

Маркировка элементов описана на примере клемм QTC 2,5.

## Заводская табличка

Требования по маркировке согласно норме EN/IEC 60079-0 для ATEX и IECEx		
 <b>Тип QTC 2,5</b> 800V 2,5mm <sup>2</sup> 600V 15A C  <b>US 20-14AWG</b> Ex e II KEMA 05ATEX2148 U IECEx KEM 07.0010 U	Наименование или товарный знак изготовителя	 или 
	Обозначение типа или модели изделия	QTC 2,5
	Обозначение вида взрывозащиты	Ex e II
	Номер сертификата EG об испытании опытного образца согласно ATEX	KEMA 05 ATEX 2148 U
	Номер сертификата согласно IECEx	IECEx KEM 07.0010 U

## Упаковочная этикетка

Требования по маркировке согласно Директиве ATEX 94/9/EG , Приложение II		
  D-32825 Blomberg www.phoenixcontact.com CE  600V 15A max. 20-14 AWG Cu 600V 15A max. e  <b>US 20-14 AWG Cu</b>  Date: 13.09.10 <span style="float: right;">BM: KY14</span>  4 017918 976033 Pieces: <b>50</b> <span style="float: right;">V/C:02</span> <b>QTC 2,5</b> Ord.No.: <b>32 06 41 6</b> Made by Phoenix Contact in Germany 	Наименование и адрес изготовителя	 D-32825 Blomberg
	Обозначение типа или модели изделия	QTC 2,5
	Дата изготовления	13.09.2010 (пример)
	Идентификационный номер уполномоченного учреждения (КЕМА)	0344
	Обозначение в соответствии с Директивой ATEX 94/9/EG ATEX	
	Категория	2
	Группа оборудования	II
	Сокращенное буквенное обозначение для защиты от взрыва газа	G
	Сокращенное буквенное обозначение для защиты от взрыва пыли	D

### Важные указания:

Клеммы предназначены для использования при классе температур T6. Данные относительно других классов температур, а также рабочего диапазона температур содержатся в сертификате ЕС об испытании опытного образца и в руководстве по монтажу. При установке клемм и аксессуаров рекомендуется использовать руководство по монтажу.



## Клеммы для зон взрывозащиты Ex i

При взрывозащите вида «Искробезопасность» к вводам не предъявляется никаких особых требований относительно надежной затяжки винтов, паяных соединений, разъемов и т. п. Отсутствует опасность взрыва, поскольку в цепях с подтвержденной искробезопасностью значения тока, напряжения и мощности достаточно малы.

Клеммы и разъемы в зонах взрывозащиты «Искробезопасность» рассматриваются как пассивные элементы. Поэтому для них не предусмотрены какие-либо специальные проверки соответствия стандарту. Тем не менее, к воздушным зазорам между соседними клеммами, с одной стороны, и между клеммами и заземленными металлическими частями, с другой, предъявляются строгие требования. Воздушный зазор между внешними выводами двух соседних искробезопасных электрических цепей должен составлять не менее 6 мм. В отличие от этого, минимальный воздушный зазор между неизолированными выводами и заземленными металлическими или иными проводящими элементами должен составлять только 3 мм.

Предписания по воздушным зазорам и путям утечки тока, а также по промежуткам, выполненным с помощью твердых изолирующих материалов, приведены, к примеру, в норме EN 60079-11, Раздел 6.3 и Таблица 5.

Для пассивных элементов схем, как, например, клеммы и разъемы, не предусмотрено никакой специальной маркировки.

Однако для четкого обозначения искробезопасных электрических цепей для корпуса клеммы обычно используют синий цвет.



Корпус клемм для искробезопасных электрических цепей имеет окраску синего цвета.

## Клеммы для Ex e и Ex i в одном корпусе

В оборудовании наподобие корпусов с клеммами могут сочетаться как искробезопасные электрические цепи (Ex i), так и электрические цепи повышенной безопасности (Ex e).

В этом случае предписано надежное механическое, а при необходимости и оптическое их разделение. При этом нужно учитывать, что при отсоединении проводников от клемм отдельные провода не должны соприкасаться с токоведущими элементами других электрических цепей. Расстояние между клеммами должно составлять минимум 50 мм.

При этом необходимо учитывать и обычные правила прокладки проводов, чтобы исключить вероятность соприкосновения электрических цепей даже в случае отсоединения какого-либо провода. В распределительных шкафах с высокой плотностью электропроводки это разделение обеспечивается с помощью изолирующих или заземленных металлических перегородок. В этом случае расстояние между искробезопасными и неискробезопасными электрическими цепями также должно составлять 50 мм. Это расстояние должно быть обеспечено по обе стороны от перегородки. Промежуток может быть меньше, если перегородки подходят к стенке корпуса на расстояние до 1,5 мм. Металлические перегородки должны быть заземлены и обладать достаточной прочностью и жесткостью. Они должны иметь минимальную толщину в 0,45 мм. Неметаллические изолирующие перегородки должны иметь толщину минимум в 0,9 мм.

Электрические цепи Ex e, находящиеся в корпусе, должны иметь еще дополнительную защитную оболочку (класса защиты не менее IP30), если в процессе эксплуатации предполагается открывание крышки корпуса. В остальном такое открывание допустимо лишь в случае отключения электрических цепей Ex e. Следует нанести соответствующую предупредительную маркировку.



Воздушный зазор обеспечивается перегородкой между искробезопасными и другими электрическими цепями.



Необходимую величину воздушного зазора между искробезопасными и другими электрическими цепями следует соблюдать и в случае использования нескольких несущих шин.



Использование разделительной пластины между несущими шинами для обеспечения воздушного зазора.

## 2.4 Системы ввода кабелей

### Вводы кабелей / проводки и трубопроводные системы электропроводки (Conduit System)

Во всем мире применяются две технологии монтажа.

В Европе наиболее распространены вводы кабелей/проводки с взрывозащитой видов «Установка в герметичный взрывонепроницаемый корпус» или «Повышенная взрывобезопасность». В США и Канаде традиционно применяется прокладка кабелей/проводки в трубах (Conduit System).

#### Вводы кабелей / проводки

Вводы кабелей/проводки наиболее часто выполняются в соответствии с взрывозащитой видов «Установка в герметичный взрывонепроницаемый корпус» Ex d или «Повышенная взрывобезопасность» Ex e.

Вводы кабелей/проводки в герметичных оболочках устойчивы к воспламеняющему пробою и применяются в сочетании с корпусами в герметичных оболочках.

Вводы кабелей/проводки вида «Повышенная взрывобезопасность» применяются в сочетании с корпусами взрывозащиты вида «Повышенная взрывобезопасность». При подборе вводов кабелей/проводки

необходимо учитывать требования IP по защите корпуса.

#### Трубопроводные системы электропроводки (Conduit System)

В США первостепенное значение придается механической защите кабелей/проводки. В этой связи большое распространение здесь нашла система прокладки электропроводки в трубах (conduit в переводе с английского означает «изоляционная труба для токоведущих проводов»).

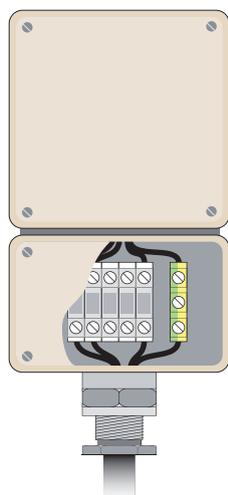
#### Сопоставление вводов кабелей / проводки и трубопроводных систем электропроводки

По сравнению с монтажом кабелей/проводки или вводов прокладка электропроводки в трубах более затратна.

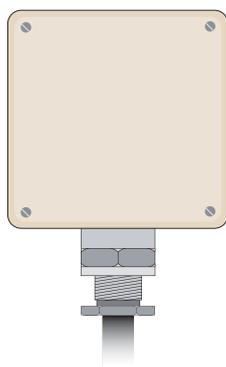
При прокладке электропроводки в трубах нужно следить за тем, чтобы противовоспламеняющий барьер был залит соответствующим изолирующим веществом, поскольку в противном случае защита не будет обеспечена. При этом, помимо про-

чих факторов, решающее значение имеет положение отверстия для заливочной массы. Кроме того, в трубопроводной системе электропроводки может очень легко образовываться конденсат, который способен вызвать коррозию и в итоге привести к коротким замыканиям на землю и в цепи.

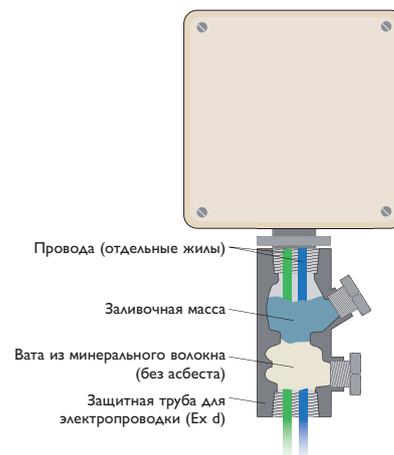
В противоположность этому ввод кабелей/проводки выполняется таким образом, что качество монтажа не зависит от конкретного монтажника.



Кабельная система с вводом через промежуточный элемент



Кабельная система с прямым вводом



Трубопроводная система электропроводки с противовоспламеняющим барьером (заливка)

## 2.5 Примеры монтажа

### Установка электрооборудования для передачи сигналов

В установках с взрывоопасными зонами к электрооборудованию предъявляются различные требования, определяемые особенностями их применения. В частности, при передаче аналоговых сигналов электрооборудование может применяться следующим образом:

- датчики/приводы могут находиться в зоне 0, 1 или 2;
- устройства передачи сигналов могут находиться в зонах 1 или 2 или в безопасной зоне;
- устройства управления, например, программируемые логические контроллеры в безопасной зоне.

Примеры установки электрооборудования для передачи сигналов представлены на рисунке (см. стр. 41).

#### Искробезопасная передача сигналов во взрывоопасной зоне

Для установки датчиков/приводов в зоне 0 они преимущественно выполняются в соответствии с взрывозащитой вида «Искробезопасность» Ex ia. Искробезопасные датчики/приводы подключаются к связанному оборудованию с взрывозащитой вида «Искробезопасность» (Ex ia), как, например, разделитель MACX MCR-Ex. Сертификат ЕС об опытных испытаниях разделителей Ex i содержит данные по безопасности, требуемые при расчете искробезопасной электрической цепи. Разделители MACX MCR-Ex также обеспечивают гальваническое разделение цепи с целью управления от цепи датчика/привода.

Если разделители Ex i выполнены только по виду взрывозащиты Ex ia, то они должны устанавливаться только за пределами взрывоопасной зоны. Если разделители вида Ex i предполагается устанавливать во взрывоопасной зоне, то они должны быть защищены одной из следующих ступеней защиты, например, «Заключение в герметичную взрывонепроницаемую оболочку».

При помещении разделителя вида Ex i в герметичную взрывонепроницаемую оболочку возможен монтаж и в зоне 1. Разделители Ex i дополнительно к виду взрывозащиты «Искробезопасность» (Ex ia) могут быть выполнены и по следующему виду взрывозащиты, например, „n“. В этом случае, с учетом особых условий, они могут устанавливаться непосредственно в зоне 2.

Условия монтажа приведены в руководстве по эксплуатации разделителей Ex i и могут содержать информацию по применению подходящего и допускаемого нормами корпуса/оболочки (нормы EN 60079-15 и EN 60079-0) с классом защиты не ниже IP54. Однако особые условия по размещению в соответствующем корпусе требуются в большинстве случаев лишь тогда, когда корпус самого разделителя Ex i не отвечает требованиям норм EN 60079-15 и EN 60079-0.

Разделители Ex i могут также применяться для датчиков/приводов, которые выполнены по виду взрывозащиты Ex ib или Ex ic и допустимы для использования в зоне 1 соответственно 2.

#### Неискробезопасная передача сигналов во взрывоопасной зоне

Наряду с искробезопасной передачей сигналов во взрывоопасной зоне имеются такие датчики/приводы, которые выполнены по другому типу взрывозащиты, например, «Заключение в герметичную взрывонепроницаемую оболочку» или тип „n“. В данном случае допустимо применение неискробезопасных разделителей/сепараторов, например, типа MINI-Analog.

Но и неискробезопасные разделители при их использовании в зоне 2 должны выполняться по подходящему для этого типу взрывозащиты. Преобразователи семейства MINI-Analog выполняются для этого по типу взрывозащиты „n“ и при установке в зоне 2 должны размещаться в подходящем для этого и допускаемом соответствующими нормами (нормы EN 60079-15 и EN

60079-0) корпусе с классом защиты не ниже IP54.

Датчики/приводы по типу взрывозащиты „n“ в зоне 2 могут сочетаться, например, с разделителями MINI или Ex i. Если они применяются с разделителями Ex i, то тип взрывозащиты «Искробезопасность» утрачивает свое действие. Разделитель Ex i следует обозначать как неискробезопасный разделитель с целью исключить его применение в искробезопасной электрической цепи.

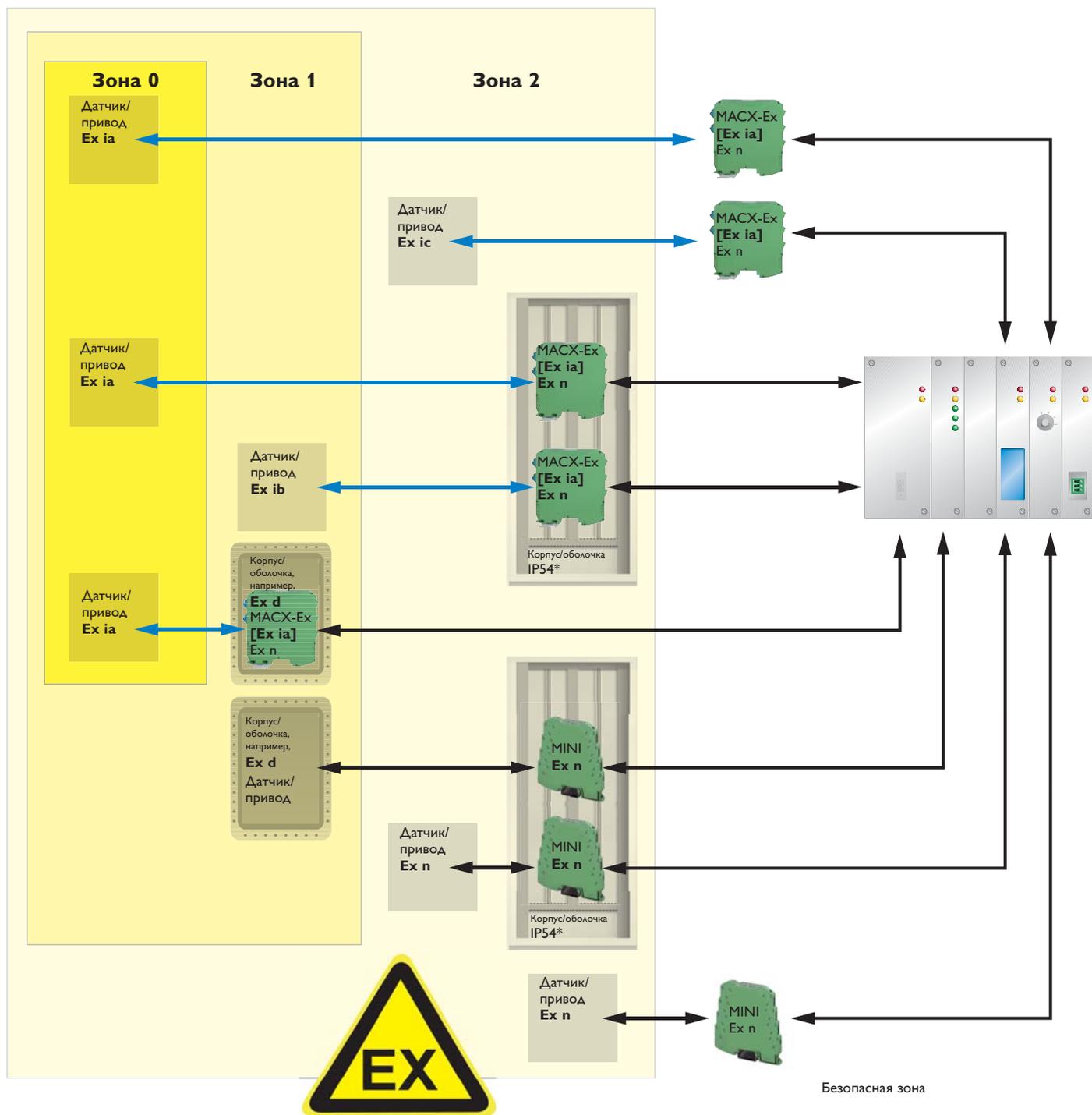
При выборе подходящего оборудования для зоны 2 нужно следить за тем, чтобы исключить превышение предельных значений датчиков/приводов. Если датчики/приводы устанавливаются в герметичном взрывонепроницаемом корпусе или имеют герметичный взрывонепроницаемый корпус, то возможна их установка также и в зоне 1. Для установки датчиков/приводов в зоне 2 подходит также вид взрывозащиты „n“.

## Требования по монтажу

На рисунке показаны несколько вариантов монтажа электрооборудования во взрывоопасной зоне. Специальные требования по проектированию, выбору и монтажу электрических установок в помещениях со взрывоопасным газом содержатся в норме EN 60079-14. При монтаже электрообору-

дования в помещениях с горючей пылью следует руководствоваться нормой EN 61241-14. Следующими важными процедурами при эксплуатации оборудования во взрывоопасных зонах являются испытания, техническое обслуживание и ремонт. Соответствующие предписания содержатся в нормах EN 60079-17 и EN 60079-19.

## Пример монтажа электрооборудования для передачи сигналов



\* применение подходящего корпуса, допустимого для использования в зоне 2

## 2.6 Подтверждение искробезопасности

### Общие сведения

На основе проведенных анализов рисков эксплуатирующая организация определяет зону, группу и класс температуры для данного полевого оборудования.

При выборе подходящих устройств для предусмотренного применения следует произвести следующие сопоставления.

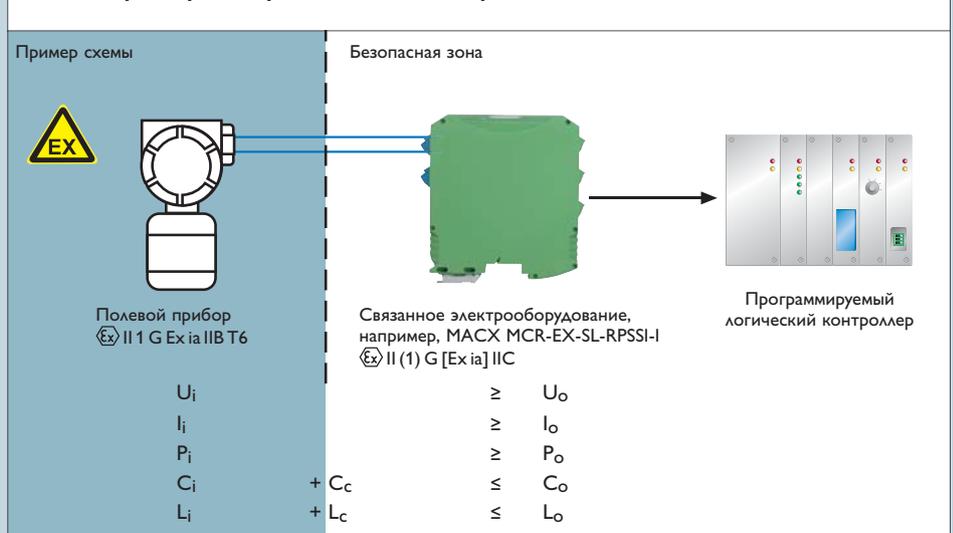
#### Сопоставление маркировок полевого искробезопасного прибора в зоне 0 и связанного оборудования

Полевой прибор	Расшифровка маркировки Ex	Связанное электрооборудование
⊕ II 1 G Ex ia IIB T6	Категория полевого прибора соответствует выбранной зоне	
⊕ II 1 G Ex ia IIB T6	Вид взрывозащиты допустим для выбранной зоны	
⊕ II 1 G Ex ia IIB T6	Данный прибор допустим для применения в имеющейся газовой атмосфере	
	Связанное электрооборудование маркируется знаками в скобках	⊕ II (1) G [Ex ia] IIC
⊕ II 1 G Ex ia IIB T6	Категория связанного устройства как минимум соответствует категории полевого прибора	⊕ II (1) G [Ex ia] IIC
⊕ II 1 G Ex ia IIB T6	Вид взрывозащиты связанного устройства подходит для полевого прибора	⊕ II (1) G [Ex ia] IIC
⊕ II 1 G Ex ia IIB T6	Связанное электрооборудование допустимо для той же или более высокой группы по газу	⊕ II (1) G [Ex ia] IIC

#### Описание данных по безопасности

Описание	Краткое обозначение
Для полевого прибора: Макс. входное напряжение Макс. входная мощность Макс. внутренняя емкость Макс. внутренняя индуктивность	$U_i$ $I_i$ $C_i$ $L_i$
Для связанного устройства: Макс. выходное напряжение Макс. выходная мощность Макс. внешняя емкость Макс. внешняя индуктивность	$U_o$ $I_o$ $C_o$ $L_o$
Для кабеля/проводки: Емкость кабеля/линии Индуктивность кабеля/линии	$C_c$ $L_c$

#### Расчет параметров искробезопасных электрических цепей



## Аналоговый ВХОД

### Функция

Приборы передают из исследуемого поля аналоговые сигналы от датчиков на блок управления с гальваническим разделением.

### Входной разделитель

Датчик в исследуемом поле не запитывается от входного разделителя.

### Повторитель питания

Дополнительно предоставляет датчику требуемую энергию.

### Разделитель питания Hart

Осуществляется передача цифрового сигнала данных с дополнительной модуляцией.



### Сопоставление данных по безопасности из допуска по взрывозащите Ex для разделителя питания

Полевой прибор*	Кабель/проводка		Связанное оборудование	Пример MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I
$U_i$		$\geq$	$U_o$	25,2 В
$I_i$		$\geq$	$I_o$	93 мА
$P_i$		$\geq$	$P_o$	587 мВт
$C_i$	+ $C_c$ (ок 140–200 нФ/км)	$\leq$	$C_o$	IIC: 107 нФ
$L_i$	+ $L_c$ (ок 0,8–1 мГн/км)	$\leq$	$L_o$	IIC: 2 мГн

\* значения параметров для полевого прибора содержатся в сертификате ЕС по испытанию опытного образца. Это сопоставление основывается на предположении, что  $C_i < 1\%$  от  $C_o$  и  $L_i < 1\%$  от  $L_o$ .

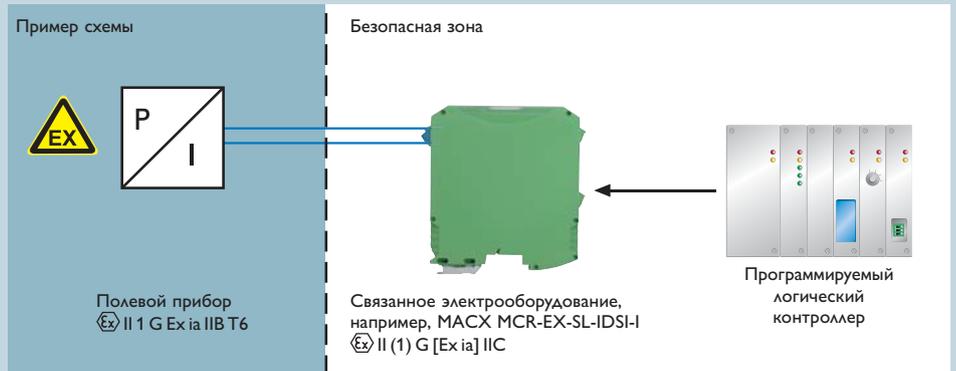
## Аналоговый ВЫХОД

### Функция

Приборы передают аналоговые сигналы с гальваническим разделением от блока управления на привод в исследуемом поле.

### Выходной разделитель

Выходной разделитель может работать в режиме технологии самотестирования S.M.A.R.T. (Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology — технология оценки состояния встроенной аппаратурой самодиагностики). Благодаря этому актуаторы в исследуемом поле могут конфигурироваться с помощью протоколов HART (Highway Addressable Remote Transducer Protocol — цифровой промышленный протокол передачи данных).



### Сопоставление данных по безопасности из допуска по взрывозащите Ex

Полевой прибор*	Кабель/проводка		Связанное электрооборудование	Пример MACX MCR-EX-SL-IDS1-I
$U_i$		$\geq$	$U_o$	27,7 В
$I_i$		$\geq$	$I_o$	92 мА
$P_i$		$\geq$	$P_o$	636 мВт
$C_i$	+ $C_c$ (ок 140–200 нФ/км)	$\leq$	$C_o$	IIC = 85 нФ
$L_i$	+ $L_c$ (ок 0,8–1 мГн/км)	$\leq$	$L_o$	IIC = 2 мГн

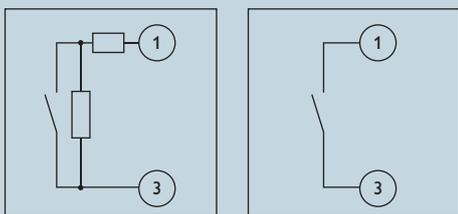
\* значения параметров для полевого прибора содержатся в сертификате ЕС по испытанию опытного образца. Это сопоставление основывается на предположении, что  $C_i < 1\%$  от  $C_o$  и  $L_i < 1\%$  от  $L_o$ .

## Цифровой ВХОД

### Усилитель-разъединитель NAMUR

Приборы передают бинарные сигналы от датчиков из исследуемого поля через гальваническое разделение к блоку управления. Такой сигнал в данном поле создается коммутатором или датчиком NAMUR. На выходной стороне усилителя-разъединителя этот сигнал, проходя через реле или транзистор, передается как бинарный сигнал на блок управления.

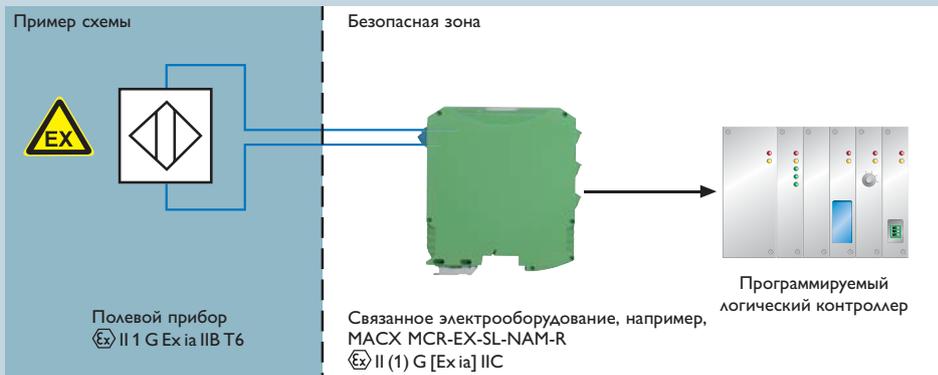
С помощью подключения дополнительного сопротивления можно обнаружить обрыв провода даже при простых коммутаторах.



с обнаружением обрыва провода

без обнаружения обрыва провода

Наличие сопротивления обеспечивает постоянное протекание минимального тока даже при разомкнутом коммутаторе. Это и позволяет идентифицировать обрыв провода.



#### Сопоставление данных по безопасности из допуска по взрывозащите Ex

Полевой прибор*	Кабель/проводка		Связанное электрооборудование	Пример MACX MCR-EX-SL-NAM-R
$U_i$		$\geq$	$U_o$	9,6 В
$I_i$		$\geq$	$I_o$	10 мА
$P_i$		$\geq$	$P_o$	25 мВт
$C_i$	+ $C_c$ (ок 140–200 нФ/км)	$\leq$	$C_o$	IIC = 510 нФ
$L_i$	+ $L_c$ (ок 0,8–1 мГн/км)	$\leq$	$L_o$	IIC = 100 мГн

\* значения параметров для полевого прибора содержатся в сертификате ЕС по испытанию опытного образца или, для простого электрооборудования, определяются отдельно. Это сопоставление основывается на предположении, что  $C_i < 1\%$  от  $C_o$  и  $L_i < 1\%$  от  $L_o$ .

Для простого электрооборудования, например, простых коммутаторов, при сопоставлении технических данных по безопасности учитываются только параметры индуктивности и емкости кабелей/проводки.

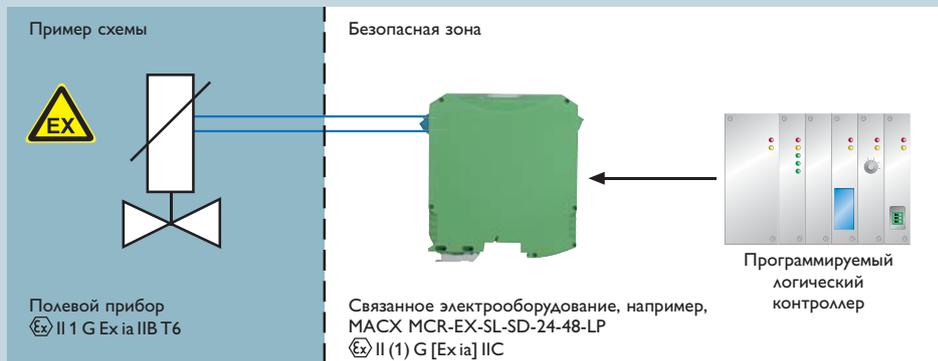
Дальнейшие требования по «простому электрооборудованию» приведены на стр. 21.

## Цифровой ВЫХОД

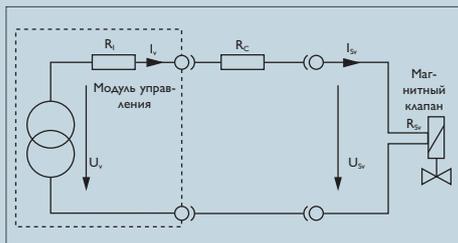
### Модель управления клапаном

Клапан подключается к установленному в безопасной зоне источнику питания с гальваническим разделением с полевым прибором.

Возможно подключение искробезопасных магнитных клапанов, сигнальных блоков или других искробезопасных приборов; также возможна работа простого электрооборудования типа светодиодов.



## Определение параметров



$R_i$  = внутреннее сопротивление клапана

$U_v$  = гарантированное напряжение клапана без нагрузки

$R_c$  = максимально допустимое сопротивление линии при совместном включении вентильного разделителя и клапана

$R_{sv}$  = эффективное сопротивление катушки магнитного клапана (сопротивление медной обмотки зависит от температуры окружающей среды)

$I_v$  = максимальный ток, который способен пропустить модуль управления

$I_{sv}$  = ток, который должен быть пропущен по катушке электромагнита, чтобы клапан был способен притягивать или держаться в требуемом положении

$U_{sv}$  = напряжение, которое при токе  $I_{sv}$  создается у катушки (сопротивление медной обмотки зависит от температуры окружающей среды)

Определение параметров осуществляется в несколько этапов:

### 1. Проверка технических параметров безопасности

$$U_i \geq U_o$$

$$I_i \geq I_o$$

$$P_i \geq P_o$$

### 2. Проверка функциональных параметров

$$I_v \geq I_{sv}$$

### 3. Проверка максимально допустимого сопротивления линии

$$R_c = \frac{U_v}{I_{sv}} - R_i - R_{sv}$$

$R_c > 0$  Ом, в противном случае необходимая функция не обеспечивается.

Ориентировочное значение для кабеля/проводки:

Сопротивление проводника (подводящая линия/обратная линия)	0,5 мм <sup>2</sup> : 72 Ом /км
	0,75 мм <sup>2</sup> : 48 Ом /км
	1,5 мм <sup>2</sup> : 24 Ом /км
Емкость кабеля	ок. 180 нФ/км
Индуктивность кабеля	ок. 0,8 мГн/км

## Пример для модуля управления клапаном MACX MCR-EX-SL-SD-24-48-LP

### 1. Проверка технических параметров безопасности

#### Сопоставление данных по безопасности из допуска по взрывозащите Ex

Поле-вой-прибор*	Пример Клапан	Кабель/проводка	Пример 100 м		Связанное электрооборудование	Пример: MACX MCR-EX-SL-SD-24-48-LP
$U_i$	28 В			$\geq$	$U_o$	27,7 В
$I_i$	115 мА			$\geq$	$I_o$	101 мА
$P_i$	1,6 Вт			$\geq$	$P_o$	697 мВт
$C_i$	Пренебрежимо малое значение	+ $C_c$	+ 18 нФ	$\leq$	$C_o$	80 нФ
$L_i$	Пренебрежимо малое значение	+ $L_c$	+ 0,08 мГн	$\leq$	$L_o$	5,2 мГн

\* значения параметров для полевого прибора содержатся в сертификате ЕС по испытанию опытного образца.

### 2. Проверка функциональных данных

Модуль управления

$$U_v = 21 \text{ В}, R_i = 133 \text{ Ом}, I_v = 45 \text{ мА}$$

Клапан

$$R_{sv} 65^\circ\text{C} = 566 \text{ Ом}, I-1 \text{ pt} = 23 \text{ мА}$$

$$I_v \geq I_{sv}$$

Из этого следует, что максимальный ток модуля управления клапаном достаточен для срабатывания электромагнитной катушки.

### 3. Расчет $R_c$

$$R_c = \frac{U_v}{I_{sv}} - R_i - R_{sv} = \frac{21,9 \text{ В}}{0,023 \text{ А}} - 566 \text{ Ом} - 133 \text{ Ом} = 253,2 \text{ Ом}$$

Из расчета следует, что линия может обладать сопротивлением 253,5 Ом.

Рекомендация: Для функционирования клапана фактическое сопротивление линии должно иметь резерв в 25 Ом.

При площади поперечного сечения проводки в 0,5 мм<sup>2</sup> максимально возможная длина линии составляет 3,17 км, при резер-

ве в 25 Ом. Однако, поскольку необходимо учитывать и технические данные по безопасности из официального допуска Ex, максимально возможная длина линии для данного примера составляет 444 м.

## Измерение температуры

### Измерительные преобразователи температуры

Измерительный преобразователь температуры преобразует измеряемые сигналы от переменных сопротивлений (например, Pt100 и т. д.) или термоэлементов (например, J, K) в стандартные сигналы 0–20 мА, 4–20 мА.

Для сопротивления Pt100 может применяться измерительная техника с 2, 3 или 4 проводами.

### Измерение температуры

Необходимо контролировать температуру внутри топливного резервуара. Измерение осуществляется с помощью сопротивления Pt100. В соответствии с нормой EN 60079-11 его можно рассматривать как простое электрическое устройство, поскольку оно является пассивным элементом. Простые электрические устройства должны удовлетворять требованиям нормы EN 60079-11 и не должны отрицательно влиять на искробезопасность электрической цепи, в которой они установлены.

Снижению затрат на проведение испытаний способствует применение сертифицированных искробезопасных датчиков.

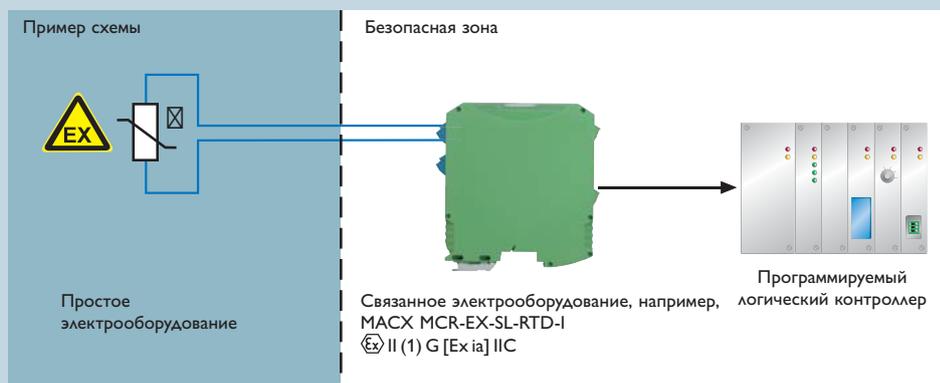
Преобразование измеряемого сигнала в стандартный сигнал для целей управления может осуществляться двумя способами.

### Способ I

Измеряемый сигнал подается от сопротивления Pt100 по цепи передачи сигнала к измерительному преобразователю температуры MACX MCR-EX-SL-RTD-I. В измерительном преобразователе температурный сигнал преобразуется в стандартный сигнал и одновременно происходит разделение между искробезопасной и неискробезопасной электрическими цепями. Измерительный преобразователь является связанным устройством с видом взрывозащиты «Искробезопасность» Ex ia. Он размещается в распределительном шкафу в безопас-

ной зоне. При таком способе коммутация не требует дополнительных усилий при определении электрических параметров.

Необходимо следить за тем, чтобы сумма значений емкости и индуктивности кабеля/проводки в искробезопасной электрической цепи не выходила за пределы значений, заданных измерительным преобразователем.



Пример применения способа I

#### Сопоставление данных по безопасности из допуска по взрывозащите Ex

Сопротивление Pt100*	Кабель/проводка	Связанное электрооборудование	Пример MACX MCR-EX-SL-RTD-I
		– U <sub>0</sub>	6 В
		– I <sub>0</sub>	6,3 мА
		– P <sub>0</sub>	9,4 мВт
	+ C <sub>c</sub> (ок. 140–200 нФ/км)	< C <sub>0</sub>	IIB = 6,9 мкФ IIC = 1,4 мкФ
	+ L <sub>c</sub> (ок. 0,8–1 мГн/км)	< L <sub>0</sub>	IIB = 100 мГн IIC = 100 мГн

\* пассивное, согласно норме EN 60079-11

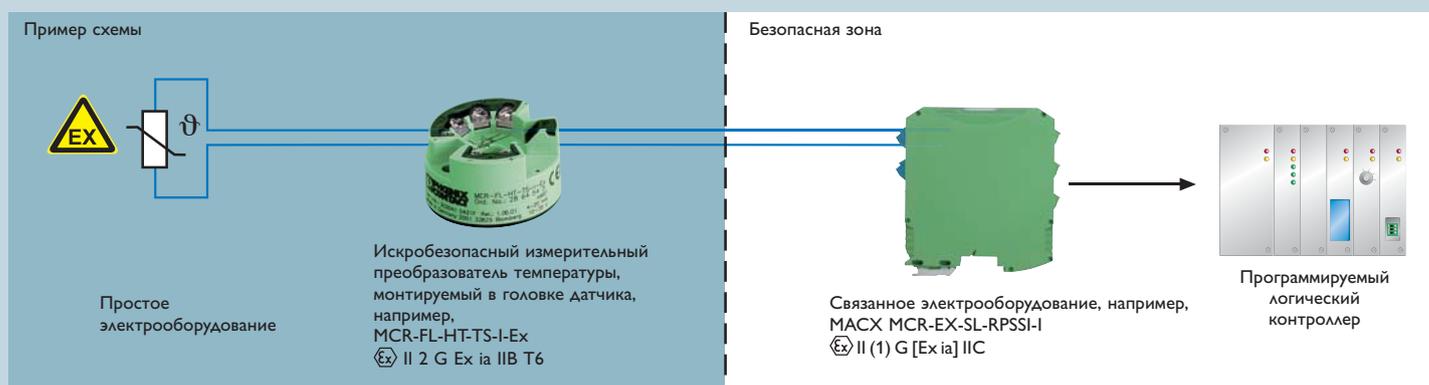
## Способ II

При втором способе преобразование температурного сигнала в стандартный сигнал происходит вблизи места измерения, то есть во взрывоопасной зоне. Для этого применяется измерительный преобразователь температуры MCR-FL-HT-TS-I-EX, монтируемый в головке датчика. Стандартный сигнал подается к разделителю питания MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I. Он устанавливается в безопасной зоне. В разделителе питания осуществляется разделение между искробезопасной и неискробезопасной электрическими цепями. Как и при первом способе, для сопротивления Pt100 и изме-

рительного преобразователя температуры не требуются какие-либо специальные условия. В данном случае необходимо сопоставить технические данные по безопасности основного электрооборудования, искробезопасного измерительного преобразователя температуры и разделителя питания как связанного оборудования.

Значения напряжения, тока и мощности разделителя питания должны быть меньше, чем допустимые входные значения искробезопасного измерительного преобразователя температуры, монтируемого в головке датчика.

Кроме того, необходимо следить за тем, чтобы сумма значений емкости и индуктивности искробезопасной электрической цепи не выходила за пределы значений, заданных разделителем питания. Сюда относятся также технические данные кабелей и проводов искробезопасной электрической цепи.



Пример применения способа II

### Сопоставление данных по безопасности из допуска по взрывозащите Ex

Сопротивление Pt100*	Кабель/проводка		Связанное электрооборудование	Пример MCR-FL-HT-TS-I-Ex	Кабель/проводка		Связанное электрооборудование	Пример MACX MCR-EX-SL-RPSSI-I
		-	$U_o$	$U_i = 30 \text{ В}$		>	$U_o$	25,2 В
		-	$I_o$	$I_i = 100 \text{ мА}$		>	$I_o$	93 мА
		-	$P_o$	$P_i = 750 \text{ мВт}$		<	$P_o$	587 мВт
	+ $C_c$	<	$C_o$	$C_i \approx 0$	+ $C_c$	<	$C_o$	IIC = 107 мкФ
	+ $L_c$	<	$L_o$	$L_i \approx 0$	+ $L_c$	<	$L_o$	IIC = 2 мГн

\* пассивное, согласно норме EN 60079-11

Наряду с основополагающими сведениями из области взрывозащиты имеется ряд базовых знаний по контрольно-измерительным приборам и автоматике, которые, хотя и не относятся конкретно к взрывозащите, однако имеют для нее важное значение. Помимо классов защиты IP, принципа действия датчиков NAMUR и передачи данных по протоколам HART, эти знания в первую очередь относятся к теме функциональной безопасности (Functional Safety).



## Классификация NEMA (Национальной ассоциации производителей электротехнического оборудования США)

Классификация NEMA				
NEMA	Применение	Условие (с опорой на стандарт NEMA-Standard 250)		Тип защиты IP
1	Во внутренних помещениях	Защита от случайного контакта и ограниченной загрязненности	→	IP20
2	Во внутренних помещениях	Проникновение капельной влаги и загрязнений		
3	Под открытым небом	Защита от пыли и дождя; отсутствие повреждений от обледенения корпуса	→	IP64
3R	Под открытым небом	Защита от падающего дождя; отсутствие повреждений от обледенения корпуса	→	IP22
3S	Под открытым небом	Защита от пыли, дождя и града; расположенные снаружи механизмы при обледенении остаются работоспособными	→	IP64
4	Во внутренних помещениях или под открытым небом	Защита от водяных брызг, пыли и дождя; отсутствие повреждений от обледенения корпуса	→	IP66
4X	Во внутренних помещениях или под открытым небом	Защита от водяных брызг, пыли и дождя; отсутствие повреждений от обледенения корпуса, защита от коррозии	→	IP66
6	Во внутренних помещениях или под открытым небом	Защита от пыли, водных струй и воды при временном погружении; отсутствие повреждений от обледенения корпуса	→	IP67
6P	Во внутренних помещениях или под открытым небом	Защита от воды при длительном погружении; защита от коррозии		
11	Во внутренних помещениях	Защита от капельной влаги; защита от коррозии		
12, 12K	Во внутренних помещениях	Защита от пыли, грязи и каплющих жидкостей, не вызывающих коррозию	→	IP55
13	Во внутренних помещениях	Защита от пыли и водяных брызг, масел и жидкостей, не вызывающих коррозию	→	IP65

### Важные указания:

- Условия испытаний и требования классификации NEMA и защиты IP (нормы EN 60529) не являются точно сопоставимыми друг с другом.
- Типы защиты IP не могут быть интегрированы в классификацию NEMA.

Первая кодовая цифра	Степени защиты от доступа к опасным узлам и от твердых инородных тел	
	Краткое описание	Определение
0	Без защиты	
1	Защищено от прикасания к опасным узлам кистью руки	Зонд, шарик диаметром 50 мм, должен находиться на достаточном расстоянии от опасных узлов
	Защищено от твердых инородных тел диаметром 50 мм и более	Зонд, шарик диаметром 50 мм, не должен входить полностью*
2	Защищено от прикасания пальцев к опасным узлам	Составной пробный палец с диаметром 12 мм и длиной 80 мм, должен находиться на достаточном расстоянии от опасных узлов
	Защищено от твердых инородных тел диаметром 12,5 мм и более	Зонд, шарик диаметром 12,5 мм, не должен входить на всю длину*
3	Защищено от касания опасных узлов инструментом к	Зонд, шарик диаметром 2,5 мм, не должен входить
	Защищено от твердых инородных тел диаметром 2,5 мм и более	Зонд, шарик диаметром 2,5 мм, не должен входить вообще*
4	Защищено от касания опасных узлов проволокой к	Зонд, шарик диаметром 1,0 мм, не должен входить
	Защищено от твердых инородных тел диаметром 1,0 мм и более	Зонд, шарик диаметром 1,0 мм, не должен входить вообще*
5	Защищено от касания опасных узлов проволокой	Зонд, шарик диаметром 1,0 мм, не должен входить
	Защищено от пыли	Проникновение пыли полностью не предотвращено, но пыль не должна проникать в таких количествах, чтобы это могло отрицательно сказаться на работе прибора или безопасности
6	Защищено от касания опасных узлов проволокой	Зонд, шарик диаметром 1,0 мм, не должен входить
	Пыленепроницаемый	Никакого проникновения пыли

\* диаметр зонда не должен проходить в щель в корпусе.

**Примечание**

Там, где кодовую цифру указывать не обязательно, ее следует заменять буквой „X“.

Приборы, в маркировке которых в качестве второй цифры стоит 7 или 8, не должны удовлетворять требованиям для оборудования, в маркировке которого второй цифрой является 5 или 6, не считая случаев, когда имеет место двойное обозначение (например, IPX6 / IPX7).

Вторая кодовая цифра	Степень защиты от воды	
	Краткое описание	Определение
0	Не защищено	
1	Защищено от капельной влаги	Падающие вертикально капли не должны оказывать вредного воздействия
2	Защищено от капельной влаги, если корпус имеет наклон до 15°	Падающие вертикально капли не должны оказывать вредного воздействия, если корпус имеет наклон до 15° по обеим сторонам от вертикали
3	Защищено от водяной пыли	Вода, распыляемая под углом до 60° с обеих сторон от вертикали, не должна оказывать вредного воздействия
4	Защищено от водяных брызг	Вода, которая разбрызгивается на корпус со всех сторон, не должна оказывать вредного воздействия
4К	Защищено от водяных брызг, падающих под большим напором	Вода, которая разбрызгивается на корпус со всех сторон под большим напором, не должна оказывать вредного воздействия (согласно норме DIN 40 050, часть 9, относится только к дорожным транспортным средствам)
5	Защищено от водной струи	Вода, льющаяся на корпус со всех сторон в виде струи, не должна оказывать вредного воздействия
6	Защищено от сильных струй воды	Вода, льющаяся на корпус со всех сторон в виде мощной струи, не должна оказывать вредного воздействия
6К	Защищено от сильных струй воды, падающих под большим напором	Вода, льющаяся на корпус со всех сторон в виде мощной струи под большим напором, не должна оказывать вредного воздействия (по норме DIN 40 050, часть 9, относится только к дорожным транспортным средствам)
7	Защищено от воздействия воды при кратковременном погружении	Вода не должна поступать в количестве, оказывающем вредное воздействие, в случае кратковременного погружения корпуса в воду при нормированном давлении и времени
8	Защищено от воздействия воды при длительном погружении	Вода не должна поступать в количестве, оказывающем вредное воздействие, в случае длительного погружения корпуса в воду при условиях, подлежащих согласованию между изготовителем и пользователем оборудования. Однако эти условия должны быть более жесткими, чем для кодовой цифры 7
9К	Защищено от воды при чистке под большим напором или струей пара	Вода, которая льется на корпус со всех сторон под большим напором, не должна оказывать вредного воздействия (по норме DIN 40 050, часть 9, относится только к дорожным транспортным средствам)

# 3.1 Контрольно-измерительные приборы (КИП) и автоматика

## Принципы передачи сигналов

### Активное разделение

#### 3-канальное разделение



У модулей с описанной системой разделения все компоненты, подключенные ко входу, выходу или питанию, защищены относительно друг друга от взаимных помех.

В соответствии с этим, все 3 канала (вход, выход и питание) гальванически разделены.

3-канальное разделение обеспечивает как гальваническое разделение между измерительным преобразователем и блоком управления, так и между блоком управления и исполнительным элементом.

На стороне входа модули требуют активных сигналов. На стороне выхода они выдают отфильтрованные и усиленные сигналы.

#### Входное разделение



У модулей с такой системой разделения все электронные компоненты, подключенные на выходе (например, блок управления), защищены от помех со стороны поля измерения. Поэтому только вход гальванически отделен от выхода с таким же потенциалом и от питания.

Модули на стороне входа требуют активных сигналов (например, от измерительных преобразователей). На стороне выхода они выдают отфильтрованные и усиленные сигналы (например, блоку управления).

#### Разделение питания

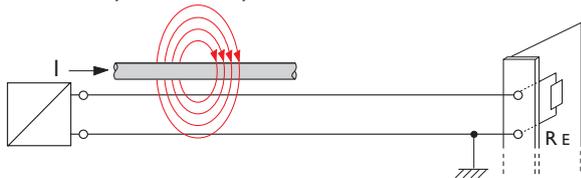


Разделители питания используются на стороне входа сигналов не только для регистрации измеряемых значений, но и для обеспечения необходимой энергией подключаемых на стороне входа первичных измерительных преобразователей.

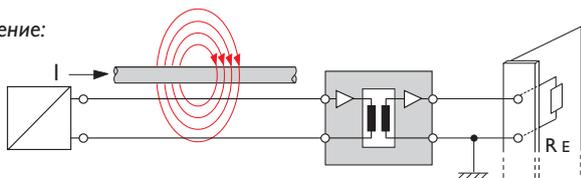
На стороне выхода они выдают отфильтрованные и усиленные сигналы (например, блоку управления).

Система разделения этих модулей соответствует входному разделению.

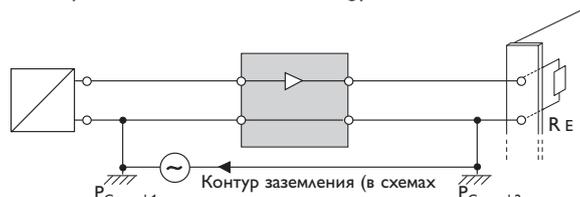
#### Проблема: Возмущающее излучение



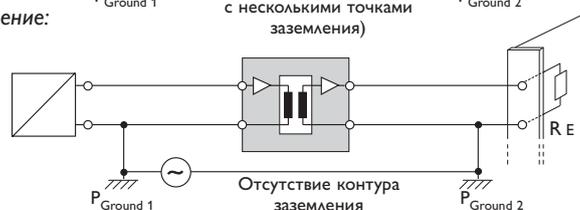
#### Решение:



#### Проблема: разность потенциалов между точками заземления

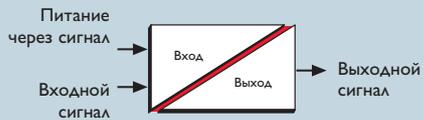


#### Решение:



## Пассивное разделение

Пассивное разделение с подачей энергии на стороне входа



Энергию, необходимую для передачи сигналов и гальванического разделения, модули получают из активной входной цепи.

На стороне выхода подается предварительно обработанный сигнал тока для блока управления или исполнительных элементов.

Это пассивное разделение позволяет осуществлять предварительную обработку сигналов (отделение от контуров заземления) и их фильтрацию без необходимости подачи дополнительной энергии.

Пассивное разделение с подачей энергии на стороне выхода (Loop-powered — с питанием от контура)

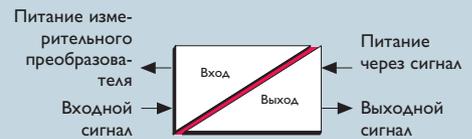


Энергию, необходимую для передачи сигналов и гальванического разделения, модули получают из активной выходной цепи, в идеальном случае от питающей входной карты программируемого логического контроллера (SPS).

На стороне выхода модули с питанием от контура (Loop-powered) работают с нормируемым сигналом в 4–20 мА. На стороне входа пассивный разделитель перерабатывает активные сигналы.

При использовании этой разделительной системы нужно следить за тем, чтобы она, получая энергию на выходе, также обеспечивала и свою нагрузку.

Пассивный разделитель питания



Энергию, необходимую для передачи сигналов и гальванического разделения, модули получают из активной выходной цепи.

Пассивный разделитель питания передает эту энергию, помимо прочего, подключенному на стороне входа пассивному измерительному преобразователю.

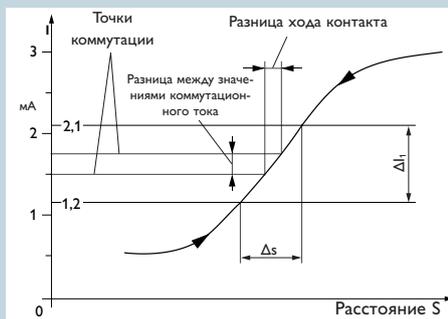
Первичный измерительный преобразователь за счет поступившей энергии передает соответствующий сигнал, который гальванически разделяется и передается на выходную сторону.

Поэтому потоки сигналов и энергии при пассивном разделении питания протекают, как правило, в противоположных направлениях.

## Датчик NAMUR / коммутирующий усилитель

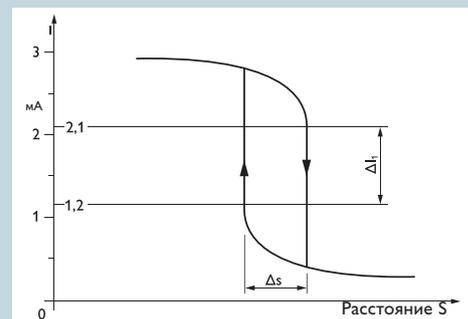
Датчики NAMUR представляют собой особый тип 2-канальных датчиков приближения, характеристическая кривая выходного тока которых прописана в норме EN 60947-5-6. Для работы эти датчики, как правило, запитываются от электронного блока оценки и обработки данных постоянным током с напряжением 8,2 В. В зависимости от того, является ли расстояние до исследуемого объекта выше или ниже порога чувствительности, режимы коммутации для данного датчика определяются соответственно как «включен» или «выключен». В зависимости от конкретного применения может быть и наоборот.

Согласно норме для режима «выключен» ток датчика должен составлять 0,4–1,0 мА, а для режима «включен» — минимум 2,2 мА при внутреннем сопротивлении датчика не менее 400 Ом. Эти токи датчика оцениваются последовательно подключенным



Пример устойчивой характеристики датчика приближения

коммутирующим усилителем в соответствии с приведенным ниже графиком взаимозависимости напряжения и тока.



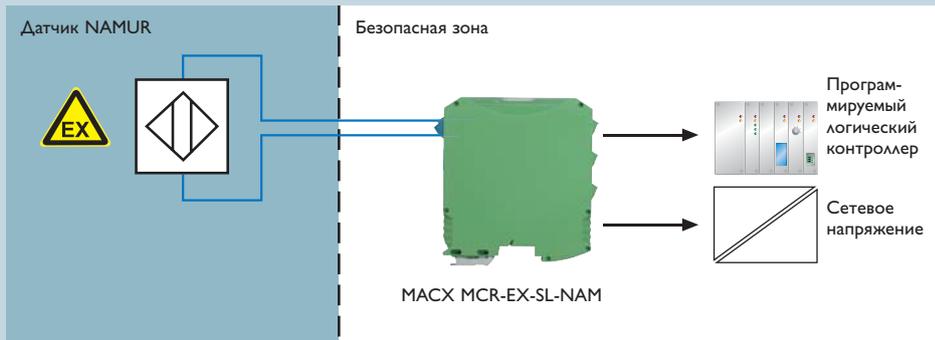
Пример неустойчивой характеристики датчика приближения

Классификация датчиков приближения						
1-я позиция/ 1 символ	2-я позиция/ 1 символ	3-я позиция/ 3 символа	4-я позиция/ 1 символ	5-я позиция/ 1 символ	6-я позиция/ 1 символ	8-я позиция/ 1 символ
Способ регистрации измеряемых значений	Условия механического монтажа	Форма конструкции и габариты	Функция коммутационного элемента	Тип выхода	Способ присоединения	Функция NAMUR
<b>I</b> = индуктивный <b>C</b> = емкостный <b>U</b> = ультразвуковой <b>D</b> = фотоэлектрический, с диффузно отражаемым световым пучком <b>R</b> = фотоэлектрический, с отражаемым световым пучком <b>T</b> = фотоэлектрический, с прямым световым пучком	<b>1</b> = установка заподлицо <b>2</b> = не устанавливаемый заподлицо <b>3</b> = не определенно	<b>ФОРМА</b> (1 прописная буква) <b>A</b> = цилиндрическая резьбовая втулка <b>B</b> = гладкая цилиндрическая втулка <b>C</b> = прямоугольная, с квадратным поперечным сечением <b>D</b> = прямоугольная, с прямоугольным поперечным сечением <b>ГАБАРИТЫ</b> (2 цифры) для диаметра или длины боковой стороны	<b>A</b> = замыкающий контакт <b>B</b> = размыкающий контакт <b>P</b> = программируется пользователем <b>S</b> = другие	<b>D</b> = 2 подключения постоянного тока <b>S</b> = другие	<b>1</b> = интегрированный соединительный провод <b>2</b> = штекерный разъем <b>3</b> = винтовое соединение <b>9</b> = другие	<b>N</b> = Функция NAMUR

Эта таблица является продолжением таблицы 1 из нормы EN 60947-5-2.



Датчик NAMUR в поле измерения



Компоновка схемы с датчиком NAMUR во взрывоопасной зоне.

### Коммутирующий усилитель NAMUR

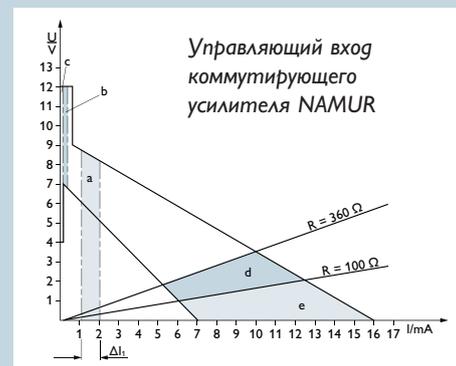
При использовании коммутирующих усилителей NAMUR может осуществляться оценка следующих сигналов и параметров датчиков NAMUR:

- a** диапазон срабатывания для изменения состояния коммутации  $\Delta I_1$ : от 1,2 мА до 2,1 мА;
- b** диапазон срабатывания для размыкания в цепи управления  $\Delta I_1$ : от 0,05 мА до 0,35 мА;

**c** контролируемая зона для размыкания  $I \leq 0,05$  мА;

**d** диапазон срабатывания для короткого замыкания цепи управления  $\Delta R$ : от 100 Ом до 360 Ом;

**e** контролируемая зона для короткого замыкания  $R \leq 100$  Ом.



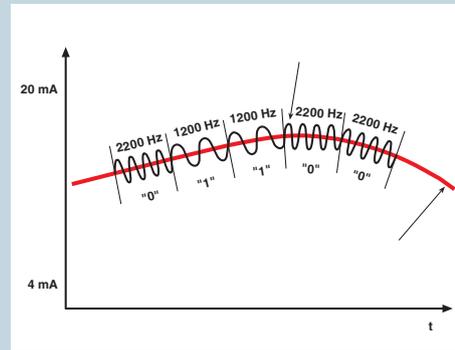
## Приборы с самотестированием S.M.A.R.T. — протокол HART

В промышленности с непрерывными технологическими процессами при пуске оборудования в эксплуатацию и его техническом обслуживании, а также в ходе непрерывного производства, приходится осуществлять конфигурацию и оценивать диагностические данные для большого количества аналоговых полевых приборов. Для осуществления такой коммуникации с полевыми приборами на аналоговые сигналы накладывается цифровая информация. Для этого все включенные в технологический процесс приборы должны иметь возможность работать в режиме самотестирования S.M.A.R.T. На практике для этого вида коммуникации нашло широкое применение конфигурирование с помощью протоколов HART.

Поскольку эта технология в настоящее время является наиболее распространенной в данной сфере, следует разъяснить суть тематики S.M.A.R.T. на ее основе.

При использовании протокола HART цифровая информация модулируется на аналоговый сигнал величиной 4–20 мА с помощью частотной манипуляции (FSK — Frequency Shift Keying). Принципиально можно говорить о двух возможных режимах в рамках этой технологии: последовательном режиме («точка за точкой»), когда коммуникация осуществляется только одним полевым прибором в данной электрической цепи с током 4–20 мА, и «многоточечном» режиме (Multi-Drop), когда в электрической цепи может быть параллельно включено до 15 полевых приборов. Эти два способа различаются главным образом тем, что при последовательном режиме («точка за точкой») аналоговый сигнал 4–20 мА, как обычно, может использоваться дальше и осуществляет передачу требуемого технологического сигнала. При этом дополнительные данные могут быть переданы в цифровой форме. При «многоточечном» режиме сигнал тока в 4 мА используется в полевом приборе в качестве несущего для передачи от подключенных полевых приборов и к ним только цифровой информации.

### Аналоговый сигнал с наложенным на него цифровым сигналом HART

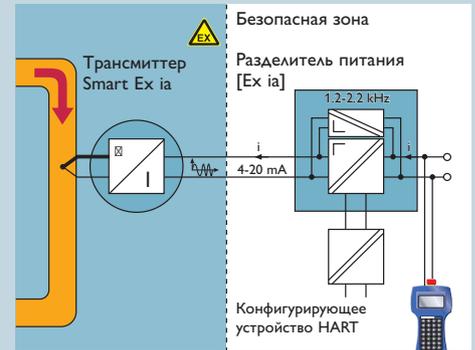


Подключение приборов возможно как в последовательном, так и в «многоточечном» режиме (с числом параллельно подключенных абонентов до 15). При последовательном режиме сигнал 4–20 мА, как обычно, может использоваться дальше в качестве технологического сигнала. При «многоточечном» режиме для осуществления коммуникации с помощью протоколов HART в качестве носителя требуется приложенный минимальный ток в 4 мА.

При этом от технической инфраструктуры оборудования зависит, с помощью каких вспомогательных средств обеспечивается его функциональность. Так, с помощью карманного компьютера (Handheld) возможно проводить на клеммах устройств интерфейса диагноз и конфигурирование полевых приборов прямо на месте. Если данные HART передаются далее с помощью мультиплексоров HART или через модули входа-выхода уровня управления на устройства более высокого уровня, то они могут, например, использоваться и системами управления ресурсами (Asset Management System).

Системы управления ресурсами позволяют осуществлять функции конфигурации и диагностики автоматически и, помимо того, задают технические рамки для архивирования параметров полевых приборов (например, регулируемых параметров).

### Компоновка схемы с блоком подачи сигнала HART



В зависимости от физической компоновки уровень управления также может использовать систему коммуникации HART для того, чтобы от блока управления воздействовать на полевой прибор (например, определять расчетные значения, менять диапазон измерения) или запрашивать дополнительную информацию (например, технологические сигналы).

Как и при обычной установке (без коммуникации HART), устройства интерфейса представляют собой связующее звено между полевыми приборами (датчиками и актуаторами) и уровнем входа-выхода блока управления. Чтобы иметь возможность надежной и бесперебойной передачи информации, наложенной модулированием на аналоговый сигнал 4–20 мА, используемые для этого устройства интерфейса должны работать в режиме самотестирования S.M.A.R.T. Это означает, что в процессе эксплуатации не должно быть никаких воздействий на сигнал HART, например, через фильтры.

У устройств интерфейса для согласования сигнала с гальваническим разделением сигнал HART отбирается и передается отдельно.

Кроме того следует учитывать подключенную к электрической цепи нагрузку, поскольку сигнал HART требует нагрузочного сопротивления в 250 Ом.

## 3.2 Основы функциональной безопасности

### Нормативные основы

#### Функция обеспечения безопасности для взрывоопасной зоны

Понятие «Уровень совокупной безопасности» (SIL — Safety Integrity Level) находит все более широкое применение в промышленности с непрерывными технологическими процессами. Оно охватывает требования, которые предъявляются к оборудованию и системе для определения вероятности сбоя. Цель заключается в обеспечении максимально высокой эксплуатационной безопасности. Выход оборудования или системы из строя описывается определенным их состоянием. Анализ на основе норм происходит с учетом статической вероятности.

#### Использование системы эксплуатационной пригодности и безопасности на основе норм EN 61508 и EN 61511.

Нормы безопасной эксплуатации оборудования применяются для большого числа производств в обрабатывающих отраслях промышленности с непрерывными технологическими процессами, включая химическую промышленность, нефтепереработку,

добычу нефти и газа, бумажное производство, выработку электроэнергии на базе традиционных источников энергии. Для установок во взрывоопасных зонах, наряду с требованиями по обеспечению функциональной безопасности, также применяются нормы по взрывозащите серии EN 60079 (60079-0 и т. д.).

Для контрольно-измерительных приборов и автоматики в технологических установках Директивы ЕС по машинам и механизмам не предписывают обязательную сертификацию.

#### Нормы EN 61508

##### «Основы функциональной безопасности применительно к электротехническим, электронным или программируемым электронным системам, связанным с обеспечением безопасности»

Эти нормы содержат требования, которые должен учитывать изготовитель оборудования и систем.

#### Нормы EN 61511

##### «Функциональная безопасность — Системы противоаварийной автоматической защиты для промышленности с непрерывными технологическими процессами»

Нормы EN 61511 содержат требования к монтажу и эксплуатации установок, удовлетворяющих требованию функциональной безопасности.

Инструкции по соблюдению этих норм определяются эксплуатирующими организациями, владельцами и проектировщиками на основе схем по обеспечению безопасности и национальных предписаний. Ниже рассматриваются требования к одному из приборов с точки зрения его применения, исходя из его эксплуатационной пригодности (proven-in-use).

#### Оценка уровней совокупной безопасности (SIL)

При оценке уровней функциональной безопасности необходимо учитывать весь путь сигнала. На основе примера рассматривается процедура такого расчета для типичной задачи обеспечения безопасности на основе средних показателей сбоя отдельных приборов.

В норме EN 61508-1, таблица 2, приводится взаимосвязь между средними показателями сбоя приборов и достижимым уровнем безопасности. При этом, исходя из требуемого уровня безопасности, может быть получен общий итог для суммы всех отказов при запросах (PFD).

SIL	Режим работы с низкой интенсивностью запросов (средняя вероятность отказа функции обеспечения безопасности)
4	$\geq 10^{-5}$ до $< 10^{-4}$
3	$\geq 10^{-4}$ до $< 10^{-3}$
2	$\geq 10^{-3}$ до $< 10^{-2}$
1	$\geq 10^{-2}$ до $< 10^{-1}$

Уровень обеспечения безопасности:  
Предельные значения отказа для функции обеспечения безопасности, действующей в режиме с низкой интенсивностью запросов.

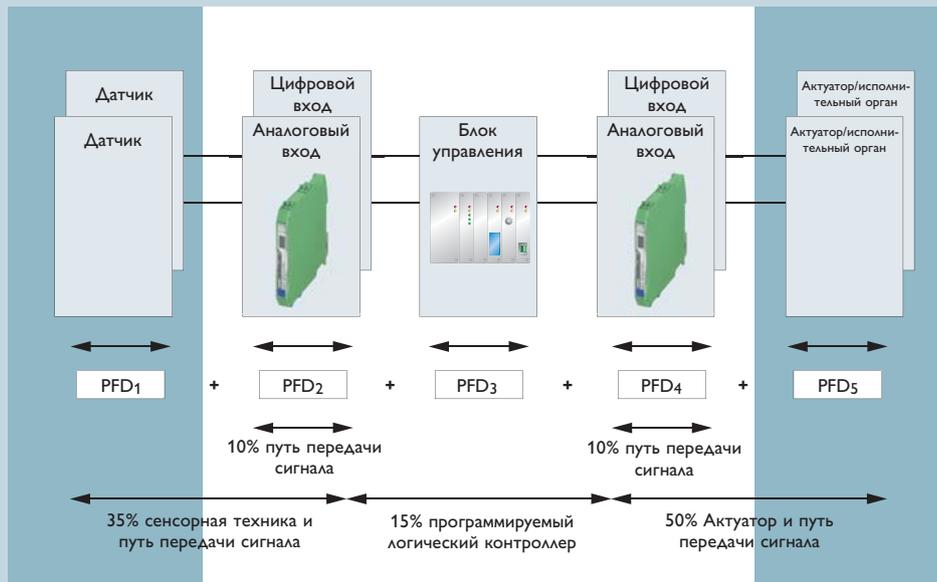
В качестве примера здесь берется установка с одноканальной структурой при низкой интенсивности запросов; в этом случае для уровня обеспечения безопасности 2 (SIL 2) среднее значение показателя вероятности отказа при запросе (PFD) составляет от  $10^{-3}$  до  $10^{-2}$ .

## Пример

Датчик и исполнительный орган монтируются в поле исследуемых параметров и подвергаются воздействию химических и физических нагрузок (рабочая среда, давление, температура, вибрации и т. д.). Соответственно высок и риск возникновения сбоев в работе этих компонентов. В этой связи для датчика и исполнительного органа предусматривается квота от общего показателя вероятности отказа при запросе (PFD) в 25% и 40% соответственно.

Для безотказной работы блока управления остается 15%, а для устройств интерфейса 10%. Они не имеют контакта с рабочей средой и, как правило, устанавливаются в защищенном распределительном шкафу.

Указанные значения обычно кладутся в основу расчетов.



Возможное распределение показателей вероятности отказа при запросе (PFD) в цепи регулирования безопасности

## Обзор терминологии из норм EN 61508 и EN 61511

### SIL Safety Integrity Level (Уровень совокупной безопасности)

Одна из четырех независимых ступеней обеспечения технических функций безопасности в рамках технической системы безопасности E/E/PE (электротехнической/электронной/программируемой электронной), где уровень безопасности 4 соответствует высшей, а уровень безопасности 1 — наименьшей ступени безопасности.

### EUC Equipment under control — контролируемое оборудование

Оборудование, машины, аппараты или установки, применяемые для производства, переработки, транспортировки.

### MTBF Mean Time Between Failures — среднее время работы между отказами

Ожидаемое среднее время между отказами.

### PDF Probability Density Function — плотность распределения вероятности

Плотность распределения вероятности.

### PFD Probability of Failure on Demand — вероятность отказа при запросе

Вероятность отказа при запросе.

Описывает вероятность того, что техническая система обеспечения безопасности не выполнит свою функцию в случае необходимости

### PFDavg Average Probability of Failure on Demand — средняя вероятность отказа при запросе

Средняя вероятность отказа данной функции при запросе.

### E/E/PEС Электротехнические/электронные/программируемые электронные системы

Понятие, охватывающее все электрооборудование и системы, которые могут быть применены для реализации функции обеспечения безопасности. Таким образом, оно включает простое электрооборудование и программируемые логические контроллеры (SPS) всех видов.

### PFH Probability of dangerous Failure per Hour — вероятность опасного отказа по запросу за час

Описывает вероятность опасного отказа за один час.

### SFF Safe Failure Fraction — доля безопасных отказов

Описывает долю безопасных отказов. Представляет собой отношение

суммы безопасных сбоев и диагностированных или выявленных сбоев к общей интенсивности отказов системы.

### SIF Safety Instrumented Function — функция автоматической защиты

Описывает техническую функцию обеспечения безопасности на уровне приборов.

### SIS Safety Instrumented System — система противаварийной автоматической защиты

SIS (система противаварийной автоматической защиты) строится на основе одной или нескольких функций обеспечения безопасности на уровне приборов. Для каждой из таких функций действует соответствующее требование SIL (обеспечение соответствующего уровня эксплуатационной пригодности и безопасности).

## 3.3 Термины и сокращения

### Термины из сферы обеспечения взрывобезопасности

#### **Взрывоопасная зона (коротко: Ex-зона)**

Зона, в которой взрывоопасная атмосфера присутствует или может присутствовать в такой концентрации, что становится необходимым принятие специальных мер при конструировании, монтаже и эксплуатации электрооборудования.

#### **Взрывоопасный элемент конструкции (Ex)**

Элемент электрооборудования для взрывоопасных зон или обозначаемый знаком „U“ модуль (за исключением взрывоопасного ввода кабеля/проводки), который не может применяться отдельно в таких зонах и требует дополнительного сертификата для встраивания в электрооборудование или систему для применения во взрывоопасных зонах.

#### **Знак „U“**

Знак «U» ставится как дополнение после номера сертификата для обозначения взрывоопасного элемента конструкции (Ex).

#### **Знак „X“**

Знак «X» ставится как дополнение после номера сертификата с целью обозначения особых условий обеспечения безопасной эксплуатации. Примечание:

Знаки „X“ и „U“ одновременно не применяются.

#### **Искробезопасная электрическая цепь**

Электрическая цепь, в которой не может возникнуть искра или тепловой эффект, способные вызвать воспламенение определенной взрывоопасной атмосферы.

#### **Электрооборудование**

Совокупность элементов конструкции, электрических цепей или частей электрических цепей, которые обычно находятся в одном корпусе.

#### **Искробезопасное электрооборудование**

Оборудование, в котором все электрические цепи являются искробезопасными.

#### **Связанное электрооборудование**

Электрооборудование, в котором имеются как искробезопасные, так и неискробезопасные электрические цепи и устроенное так, что неискробезопасные электрические цепи не могут отрицательно воздействовать на искробезопасные.

Примечание:

Это можно распознать по прямоугольным и круглым скобкам маркировки. Связанное электрооборудование должно устанавливаться за пределами взрывоопасной зоны, если оно не соответствует другому, подходящему для этой зоны виду взрывозащиты.

#### **Простое электрооборудование**

Электрооборудование или комбинация элементов простой конструкции с точно определенными электрическими параметрами, не оказывающие отрицательного воздействия на искробезопасность электрической цепи, в которой они должны применяться.

#### **Сокращения:**

Примечание:

Индекс *i* означает „in“ (вход), индекс *o* — „out“ (выход).

#### **U<sub>i</sub> = максимальное входное напряжение**

Максимальное напряжение (пиковое значение напряжения переменного или постоянного тока), которое может быть подано на контактные разъемы искробезопасных электрических цепей без ущерба для искробезопасности. Это означает, что в данную искробезопасную цепь не может быть подано напряжение более высокого номинала, чем соответствующее напряжение U<sub>i</sub>.

При этом нужно также учитывать возможное сложение напряжений. См. также норму EN 60079-14, Приложение В.

#### **I<sub>i</sub> = максимальный входной ток**

Максимальный ток (пиковое значение переменного или постоянного тока), который может быть пропущен через контактные разъемы искробезопасных электрических цепей без ущерба для искробезопасности.

Это означает, что через данную искробезопасную электрическую цепь не должен пропускаться ток более высокого номинала, чем соответствующий ток I<sub>i</sub>.

При этом нужно также учитывать возможное сложение токов. См. также норму EN 60079-14, Приложение В.

#### **P<sub>i</sub> = максимальная входная мощность**

Максимальная входная мощность в искробезопасной электрической цепи, которая может быть приложена к электрооборудованию без ущерба для искробезопасности. Это означает, что в данном случае нельзя подключить искробезопасную электрическую цепь с мощностью более высокой, чем P<sub>i</sub>.

### **Замечание по $U_i$ , $I_i$ и $P_i$ :**

В сертификате ЕС по испытанию опытного образца для  $U_i$ ,  $I_i$  или  $P_i$  дается лишь одно или два значения. Это означает, что для прочих, не упомянутых, параметров здесь нет никаких ограничений, поскольку для данного оборудования дополнительное, внутреннее, ограничение уже было проведено.

### **$U_0$ = максимальное выходное напряжение**

Максимальное выходное напряжение (пиковое значение напряжения переменного или постоянного тока) в данной искробезопасной электрической цепи, которое может иметь место на контактных разъемах электрооборудования при холостом ходе при любом приложенном напряжении вплоть до максимального значения, включая  $U_m$  и  $U_i$ . Это означает, что  $U_0$  является максимальным значением напряжения холостого хода, которое в случае отказа может быть приложено на клеммах при максимальном напряжении питания.

### **$I_0$ = максимальный выходной ток**

Максимальный ток (пиковое значение переменного или постоянного тока) в искробезопасной электрической цепи, который может быть снят с контактных разъемов электрооборудования. Это означает, что ток  $I_0$  соответствует максимально возможному току короткого замыкания  $I_k$  на контактных разъемах.

### **$P_0$ = максимальная выходная мощность**

Максимальная электрическая мощность в искробезопасной электрической цепи, которая может быть получена от электрооборудования. Это означает, что для датчика или исполнительного элемента, подключенного к данной искробезопасной электрической цепи, следует ориентироваться на эту мощность, например, при нагревании или использовании нагрузки для соответствующего класса температуры.

### **$C_i$ = максимальная внутренняя емкость**

Эффективная эквивалентная емкость на контактных разъемах для внутренних емкостей электрооборудования.

### **$L_i$ = максимальная внутренняя индуктивность**

Эффективная эквивалентная индуктивность на контактных разъемах для внутренних индуктивностей электрооборудования.

### **$C_0$ = максимальная внешняя емкость**

Максимальное значение емкости в искробезопасной электрической цепи, которая может быть подключена к контактным разъемам электрооборудования без ущерба для искробезопасности.

Это означает, что оно является тем значением, которое не должны превышать все эффективные емкости вне данного электрооборудования. Внешние емкости складываются из емкостей кабелей или проводки, а также внутренних емкостей подключенного электрооборудования. При линейном омическом ограничении тока значение  $C_0$  зависит от  $U_0$ . См. также норму EN 60079-11, Приложение А, Таблицу А2, а также рисунки А2 и А3.

### **$L_0$ = максимальная внешняя индуктивность**

Максимальное значение индуктивности в искробезопасной электрической цепи, которая может быть подключена к контактным разъемам электрооборудования без ущерба для искробезопасности. Это означает, что оно является тем значением, которое не должны превышать все эффективные индуктивности вне данного электрооборудования. Внешняя индуктивность составляется из индуктивности кабелей и проводки, а также внутренних индуктивностей подключенного электрооборудования. При линейном омическом ограничении тока значение  $L_0$  зависит от  $I_0$ . См. также норму EN 60079-11, Приложение А, а также рисунки А4, А5, А6.

### **$C_c$ = емкость кабеля или проводки**

В данном случае речь идет о паразитной емкости кабеля или проводки. Она зависит от  $x$  свойств кабеля или проводки. Она обычно находится в пределах между 140 нФ/км и 200 нФ/км.

### **$L_c$ = индуктивность кабеля или проводки**

Речь идет о собственной индуктивности кабеля или проводки. Она зависит от кабеля или проводки и обычно находится в пределах между 0,8 мГн/км и 1 мГн/км.

### **$U_m$ = максимальное эффективное значение напряжения переменного тока или максимальное напряжение постоянного тока**

Максимальное напряжение, которое может быть подано на неискробезопасные контактные разъемы связанного оборудования без ущерба для искробезопасности. Значение

$U_m$  на контактных разъемах прибора может быть различным, как для переменного, так и постоянного напряжения. Это означает, что на стороне питания может быть указано значение  $U_m = 250$  В, а на выходе  $U_m = 60$  В. В соответствии с нормой EN 60070-14, Раздел 12.2.1 2., также необходимо следить за тем, чтобы устройства, подключенные к неискробезопасным контактным разъемам связанного оборудования, не запитывались бы более высоким напряжением, чем напряжение  $U_m$ , указанное на заводской табличке комплектующего устройства. Для вышеприведенного примера это означает: к питающему напряжению связанного оборудования может быть подключено еще одно устройство с напряжением питания до 250 В. На выходе связанного оборудования может быть подключено только устройство с напряжением питания до 60 В.

### **$I_n$ = расчетный ток предохранительного устройства**

Речь идет о расчетном токе предохранительного устройства в соответствии с нормами EN 60127 или указанием изготовителя. Это номинальный ток, указываемый на предохранительном устройстве.

### **$T_a$ и соответственно $T_{amb}$ = температура окружающей среды**

Если требуемая температура окружающей среды  $T_a$  или  $T_{amb}$  выходит за пределы диапазона от  $-20^\circ\text{C}$  до  $+40^\circ$ , то она должна быть указана на заводской табличке и в соответствующем сертификате. В противном случае к номеру сертификата просто добавляется знак „х“.

Дополнительная информация по продукции Phoenix Contact представлена на сайте:

[www.phoenixcontact.ru](http://www.phoenixcontact.ru)

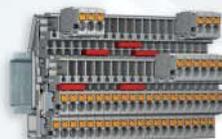


Или обращайтесь  
непосредственно к нам!

Наш партнер в Вашем регионе:



ООО "Феникс Контакт РУС"  
119619 Москва,  
Проектируемый проезд 5167, д. 9, стр. 1  
Тел.: +7 (495) 933-8548  
Факс: +7 (495) 931-9722  
[info@phoenixcontact.ru](mailto:info@phoenixcontact.ru)  
[www.phoenixcontact.ru](http://www.phoenixcontact.ru)



Промышленные клеммы,  
принадлежности для монтажа  
и маркировки

**CLIPLINE**

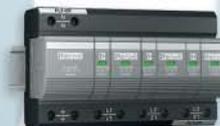


Промышленные разъемы  
**PLUSCON**



Клеммы и разъемы для  
печатного монтажа и корпуса  
для электронных устройств

**COMBICON**



Устройства защиты  
от перенапряжений

**TRABTECH**



Преобразователи сигналов,  
коммутационные устройства,  
блоки питания

**INTERFACE**



Компоненты и системы автоматизации

**AUTOMATION**