МКС 01.080.30

к СТБ ИСО 13849-2-2005 Безопасность машин. Элементы безопасности систем управления. Часть 2. Валидация

В каком месте	Напечатано	Должно быть
Библиографические данные	МКС 01.080.30	МКС 13.110
Приложение Е. Таблица Е.1. Графа «Обозначение и наименование государственного стандарта»	СТБ ИСО 13849-1	СТБ ИСО 13849-1-2005

(ИУ ТНПА № 10 2005)

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

СТБ ИСО 13849-2-2005

Безопасность машин
ЭЛЕМЕНТЫ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
Часть 2
Валидация

Бяспека машын
ЭЛЕМЕНТЫ БЯСПЕКІ СІСТЭМ КІРАВАННЯ
Частка 2
Валідацыя

(ISO 13849-2:2003, IDT)

Издание официальное

БЗ 12-2004



Госстандарт
Минск

УДК 65-529-78(083.74)(476) МКС 01.080.30 КП 02 IDT
Ключевые слова: валидация, безопасность, испытания, анализ, категории

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 ПОДГОТОВЛЕН научно-производственным республиканским унитарным предприятием «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации (БелГИСС)»
ВНЕСЕН отделом стандартизации Госстандарта Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 17 августа 2005 г. № 38

3 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 13849-2:2003 «Safety of machinery. Safety-related parts of control systems. Part 2. Validation» (ИСО 13849-2:2003 «Безопасность машин. Элементы безопасности систем управления. Часть 2. Валидация»).

Настоящий стандарт подготовлен техническим комитетом СЕН/ТК 114 «Безопасность машин» в сотрудничестве с техническим комитетом ИСО/ТК 199 «Безопасность машинного оборудования».

Перевод с английского языка (en).

Официальные экземпляры международного стандарта, на основе которого подготовлен настоящий государственный стандарт, и стандартов, на которые даны ссылки, имеются в БелГИСС.

Сведения о соответствии международных стандартов, на которые даны ссылки, государственным стандартам, принятым в качестве идентичных государственных стандартов, приведены в дополнительном приложении Е.

Степень соответствия – идентичная (IDT)

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть тиражирован и распространен без разрешения Госстандарта Республики Беларусь

Издан на русском языке

Содержание

Введение IV
1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Процесс валидации 1
3.1 Принципы валидации 1
3.2 Типичные неисправности 3
3.3 Специфические неисправности 3
3.4 План валидации 3
3.5 Информация для валидации 3
3.6 Отчет о валидации 4
4 Валидация анализом 5
4.1 Общие положения 5
4.2 Техника проведения анализа 5
5 Валидация испытанием 5
5.1 Общие положения 5
5.2 Погрешность измерения 6
5.3 Повышенные требования 6
5.4 Количество испытуемых образцов 6
6 Валидация функций безопасности 7
7 Валидация категорий 7
7.1 Анализ и испытания категорий 7
7.2 Валидация на соответствие категорий 7
7.3 Валидация комбинации элементов безопасности 8
8 Валидация требований окружающей среды 9
9 Валидация требований к техническому обслуживанию 9
Приложение А (справочное) Валидация механических систем 10
Приложение В (справочное) Валидация пневматических систем 15
Приложение С (справочное) Валидация гидравлических систем 26
Приложение D (справочное) Валидация электрических систем 36
Библиография 48
Приложение Е (справочное) Сведения о соответствии международных стандартов, на которые даны ссылки, государственным стандартам, принятым в качестве идентичных государственных стандартов 51

Введение

Международный стандарт ИСО 13849-2 подготовлен Европейским комитетом по стандартизации (СЕН) и техническим комитетом (ТК) 114 «Безопасность машин» в сотрудничестве с техническим комитетом ИСО/ТК 199 «Безопасность машин» в соответствии с Соглашением о техническом сотрудничестве между ИСО и СЕН (Венское соглашение).

Стандарт подготовлен СЕН по поручению Европейской комиссии и Европейской ассоциации свободной торговли и соответствует основным требованиям Директив ЕС.

Приложения А – D являются справочными и имеют структуру, указанную в таблице 1.

Таблица 1 – Структура разделов приложений А – D

Приложение	Системы	Список основных принципов безопасности	Список испытанных принципов безопасности	Список испытанных элементов	Списки неисправностей и исключение неисправностей
		Раздел			
A	Механические	A.2	A.3	A.4	A.5
B	Пневматические	B.2	B.3	B.4	B.5
C	Гидравлические	C.2	C.3	C.4	C.5
D	Электрические (включая электронику)	D.2	D.3	D.4	D.5

ИСО 13849 состоит из следующих частей, имеющих общее название «Безопасность машин. Элементы безопасности систем управления»:

Часть 1: Общие принципы конструирования.

Часть 2: Валидация.

Часть 100: Руководство по использованию и применению ИСО 13849-1.

В соответствии с классификацией стандартов по безопасности машин стандарт является стандартом типа В1.

Настоящий стандарт устанавливает процесс валидации, который проводится путем анализа и (или) испытаний применительно к функциям безопасности и категориям элементов безопасности систем управления. Описание функций безопасности и определение категорий элементов безопасности приведены в ИСО 13849-1, который устанавливает общие принципы для конструирования элементов безопасности систем управления. Некоторые принципы валидации являются общими, а некоторые специальными для применяющейся технологии. Настоящий стандарт определяет условия, при которых следует проводить валидацию путем испытания элементов безопасности систем управления.

Валидацию обычно проводят методом сочетания анализа (см. раздел 4) и испытаний (см. раздел 5). Анализ следует начинать как можно раньше, желательно еще на стадии конструирования.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Безопасность машин
ЭЛЕМЕНТЫ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
Часть 2
Валидация

Бяспека машын
ЭЛЕМЕНТЫ БЯСПЕКІ СІСТЭМ КІРАВАННЯ
Частка 2
Валідацыя

Safety of machinery. Safety-related parts of control systems.
Part 2. Validation

Дата введения 2006-03-01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает процедуру и условия процесса валидации, которая проводится путем анализа и (или) испытаний функций безопасности и категорий элементов безопасности систем управления в соответствии с ЕН 954-1 (ИСО 13849-1) на основании предоставленного разработчиком проекта.

В настоящем стандарте не установлен процесс валидации программируемых электронных систем, который представлен в других стандартах.

Примечание – СЕН/ТК 114/WG 6 предлагает более детально проработать вопрос безопасности программируемых электронных систем при пересмотре ЕН 954-1 (ИСО 13849-1). Требования к программируемым электронным системам, включая встроенное программное обеспечение, приведены в МЭК 61508.

2 Нормативные ссылки

Настоящий стандарт содержит требования из других публикаций посредством датированных и недатированных ссылок. При датированных ссылках на публикации последующие изменения или последующие редакции этих публикаций действительны для настоящего стандарта только в том случае, если они введены в действие путем изменения или путем подготовки новой редакции. При недатированных ссылках на публикации действительно последнее издание приведенной публикации.

ЕН 292-1:1991 (ИСО/ТО 12100:1992) Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 1. Основные термины, методика

ЕН 954-1:1996 (ИСО 13849-1:1999) Безопасность машин. Элементы безопасности систем управления. Часть 1. Общие принципы конструирования

3 Процесс валидации

3.1 Принципы валидации

Целью процесса валидации является подтверждение соответствия установленных требований при разработке элементов безопасности систем управления общим требованиям безопасности машин.

Валидация должна подтвердить, что:

– характеристики безопасности в проекте установлены в соответствии с требованиями ЕН 954-1 (ИСО 13849-1) и полностью соответствуют всем функциям и категориям;

– требования к категориям выполняются согласно ЕН 954-1:1996 [ИСО 13849-1:1999 (раздел 6)].

Издание официальное

Желательно, чтобы валидацию проводили независимые специалисты, которые не участвуют в разработке элементов безопасности систем управления.

Примечание – При независимой экспертизе не обязательно проводить испытания третьей стороной.

Уровень независимости экспертизы должен отражать выполнение требований элементами безопасности.

Валидация анализом проводится на соответствие разделу 4, а также при необходимости дополняется испытаниями (см. раздел 5) в соответствии с планом валидации. На рисунке 1 приведена схема процесса валидации. Применение анализа и (или) испытаний зависит от конструктивных особенностей элементов безопасности.

Анализ валидации начинается одновременно с процессом конструирования, так, чтобы можно было выявить неисправности и исправить их на ранней стадии разработки проекта, например во время этапов 3 и 4 согласно ЕН 954-1:1996 [ИСО 13849-1:1999 (пункт 4.3)]. Проведение анализа не должно препятствовать доработке проекта.

Для сложных систем управления по причине сложности их форм можно принять специальные меры:

– проведение валидации каждого в отдельности элемента безопасности перед их объединением с имитацией входных и выходных сигналов;

– проведение валидации объединенных элементов безопасности в остаточных процессах системы управления в обстановке их использования в машине.

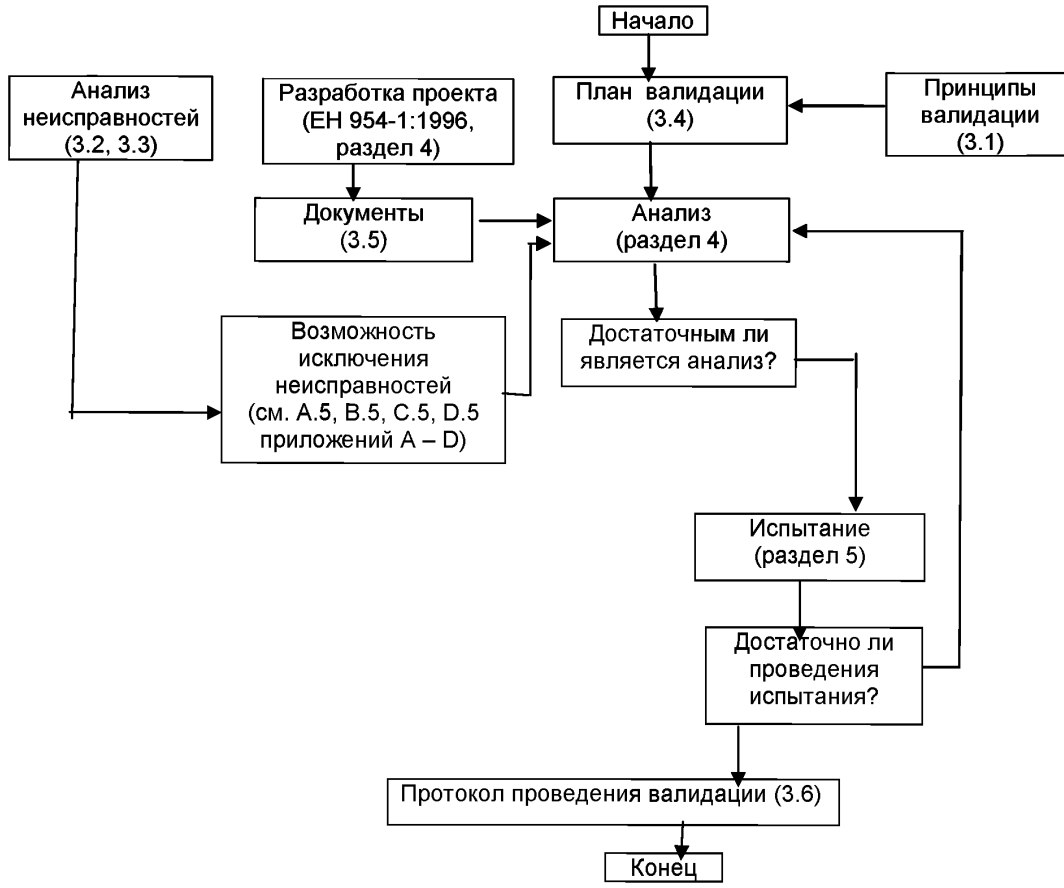


Рисунок 1 – Структурная схема процесса валидации

3.2 Типичные неисправности

В процесс валидации входит анализ поведения элементов безопасности систем управления с учетом всех неисправностей. Некоторые типичные неисправности и возможность их исключения на основе данных, взятых из практики, приведены в приложениях A – D (A.5, B.5, C.5 и D.5). В перечень типичных неисправностей входят:

– неисправности, связанные с соединениями элементов, например проводами, кабелями (см. приложение D, D.5.2);

– неисправности, связанные с короткими замыканиями между проводами;

– возможные исключения неисправностей;

– обоснования для исключения неисправностей.

Учитываются неисправности, проявляющиеся постоянно.

3.3 Специфические неисправности

Перечень специфических неисправностей должен рассматриваться как справочный документ для процесса валидации элементов безопасности. Он должен базироваться на соответствующих общих неисправностях, приведенных в приложениях A – D (A.5, B.5, C.5 и D.5).

Если специфические неисправности базируются на соответствующих общих неисправностях, то перечень их должен состоять:

– из неисправностей, взятых из общего перечня;

– из любых других значимых неисправностей, не входящих в общий перечень (например, неисправности группового типа);

– из неисправностей, взятых из общего перечня, которые можно исключить по критериям, приведенным в ЕН 954-1:1996 (ИСО 13849-1:1999, пункт 7.2);

– из любых других значимых неисправностей, взятых из общего перечня, но которые нельзя исключить без подтверждения и обоснования для исключения ЕН 954-1:1996 (ИСО 13849-1:1999, пункт 7.2).

Если специфические неисправности не базируются на общих неисправностях, разработчик сам должен дать обоснование для их исключения.

3.4 План валидации

План валидации должен устанавливать и описывать выполнение в процессе валидации требований к функциям безопасности и категориям элементов безопасности.

План валидации также должен устанавливать способы проведения валидации функций безопасности и их категорий. Это должно быть изложено при соблюдении:

a) идентичности документов техническим условиям;

b) рабочих условий и условий окружающей среды;

c) основных принципов безопасности (см. A.2, B.2, C.2 и D.2);

d) испытанных принципов безопасности (см. A.3, B.3, C.3 и D.3);

e) испытанных элементов (см. A.4 и D.4);

f) обоснований неисправностей и исключения неисправностей, например, согласно информации списков неисправностей по приложениям A, B, C, D (см. A.5, B.5, C.5 и D.5);

g) проведения анализа и испытаний.

Для элементов безопасности, прошедших валидацию предварительно по тем же условиям, необходимо сделать ссылку на прошедшую валидацию.

3.5 Информация для валидации

Информация, необходимая для валидации, должна содержать все отработанные изменения технологии, доказательства по выбору категорий, логическое обоснование проекта по сокращению риска элементами безопасности систем управления. Документация, список которой приведен ниже, должна содержать достаточно информации и применяться в процессе валидации для подтверждения категории(й) и функции(й) безопасности элементов безопасности со всеми имеющимися наработками:

a) подробное описание предполагаемых характеристик функций безопасности и категорий;

b) эскизы и техническое описание, например, механических, гидравлических и пневматических частей систем, изготовления печатных плат, монтировки стендов, схем внутренней проводки, корпуса, элементов сборки;

c) блок-схемы с функциональным описанием блоков;

d) коммутационные схемы, включая устройства сопряжения и (или) соединения;

e) функциональное описание коммутационных схем;

f) диаграммы временной последовательности для функций переключения сигналов, необходимых для безопасности;

g) описание необходимых характеристик элементов безопасности предварительно проведенной валидации;

h) для других элементов безопасности [за исключением представленных в g)] – перечень с номинальными и допустимыми значениями параметров, со значениями напряжения при эксплуатации, с указанием типового представителя, с данными о количестве отказов, с информацией об изготовителе и любые другие данные, необходимые для безопасности;

i) анализ типичных неисправностей (см. 3.2), перечисленных в приложениях A – D (A.5, B.5, C.5 и D.5), включая обоснование исключенных неисправностей;

j) анализ влияния используемых материалов.

Перечень документации, необходимой для выбора категорий, представлен в таблице 2. Если для функций безопасности важно программное обеспечение, документация программного обеспечения должна включать:

1) четкие требования, устанавливающие безопасную производительность, и

2) доказательство того, что программное обеспечение разрабатывается для достижения требуемой безопасности, и

3) протоколы испытаний (или отчет), содержащие доказательства, что все требования безопасности выполнены.

Таблица 2 – Перечень документации для выбора категорий элементов безопасности

Требования документации	Категория, для которой требуется документация				
	B	1	2	3	4
Основные принципы безопасности	x	x	x	x	x
Вероятное напряжение при эксплуатации	x	x	x	x	x
Влияние используемого материала	x	x	x	x	x
Проявление других значимых внешних воздействий	x	x	x	x	x
Испытанные элементы	–	x	–	–	–
Испытанные принципы безопасности	–	x	x	x	x
Процедура проверки функций безопасности	–	–	x	–	–
Проверка интервалов, если они установлены	–	–	x	–	–
Предполагаемые при проектировании отдельные неисправности и методы их обнаружения	–	–	x	x	x
Идентифицированные отказы группового типа и их предупреждение	–	–	–	x	x
Предполагаемое исключение одиночной неисправности	–	–	–	x	x
Выявление неисправностей	–	–	x	x	x
Накопленние неисправностей, учтенное при проектировании	–	–	–	–	x
Обеспечение функцией безопасности каждого случая проявления неисправности	–	–	–	x	x
Обеспечение функциями безопасности случаев комбинации неисправностей	–	–	–	–	x
Примечание – Категории, представленные в таблице 2, приведены в ЕН 954-1 (ИСО 13849-1).					

3.6 Отчет о валидации

После завершения процесса валидации методами анализа и испытаний должен быть подготовлен отчет. Отчет должен подтверждать правильное обеспечение каждого из требований безопасности. Можно сделать ссылку в отчете о предварительно проведенной валидации при условии ее тщательной идентификации.

Для элемента безопасности, который не прошел процесс валидации, в отчете должна быть произведена запись с описанием причин забраковывания.

4 Валидация анализом

4.1 Общие положения

Валидация элементов безопасности систем управления вначале должна проводиться анализом. Входными данными для анализа являются:

– данные оценки риска в машине (см. ЕН 954-1:1996 (ИСО 13849-1:1999), рисунок 1);

– надежность (см. ЕН 954-1:1996 (ИСО 13849-1:1999), пункт 4.2);

– структура системы (см. ЕН 954-1:1996 (ИСО 13849-1:1999), пункт 4.2);

– количественные и качественные аспекты, которые затрагивают поведение системы (ИСО 13849-1:1999, пункт 4.2);

– детерминированные (определяемые на всех уровнях и во всех состояниях) параметры.

Валидация функций безопасности анализом требует применения детерминированных параметров. Отличие этих параметров от других состоит в том, что при правильном их применении существует возможность логически вывести требуемые свойства элементов безопасности из модели системы. Эти параметры успешно применяются в случае, если необходимо обеспечить правильную механическую блокировку.

Примечание – Детерминированные параметры применяются для обеспечения качественных аспектов (например, для качественного изготовления, при выявлении интенсивности отказов, при интенсивном использовании). Они зависят от применения. Эти и другие факторы могут влиять на детерминированные параметры.

4.2 Техника проведения анализа

Техника проведения анализа выбирается в зависимости от цели, которая должна быть достигнута. Существуют два основных метода техники проведения:

a) нисходящий (дедуктивный) метод подходит для определения исходных событий, которые могут привести к идентифицированным конечным (завершающим) результатам, а также для вычисления вероятности конечных (завершающих) результатов из вероятности исходных событий. Их также можно использовать для изучения последовательности идентифицированных неисправностей. Примерами нисходящих методов является анализ дерева неисправностей (FTA – см. МЭК 61025) и анализ дерева событий (ETA);

b) восходящий (индуктивный) метод подходит для изучения последствий идентифицированных отдельных неисправностей. Примерами восходящих методов является анализ причин и последствий отказов (FMEA – см. МЭК 60812) и анализ причин, последствий и критичности отказов (FMECA).

Более подробная информация о методах анализа приведена в ЕН 1050:1996 (ИСО 14121:1999, приложение В).

5 Валидация испытанием

5.1 Общие положения

Если анализа недостаточно для доказательств установленных требований функций безопасности и категорий, валидация должна быть проведена в полном объеме вместе с испытаниями. Испытания дополняют анализ и часто являются необходимыми для полного завершения валидации.

Испытания в целях валидации должны планироваться и проводиться последовательно. В частности:

a) перед началом испытаний должен быть составлен план, который содержит:

1) требования к испытаниям;

2) ожидаемые результаты испытаний;

3) последовательность испытаний;

b) должны вестись записи испытаний, которые включают следующее:

1) указание фамилий лиц, проводящих испытание;

2) данные установленных условий окружающей среды (см. раздел 8);

3) применяемые методы испытаний и испытательное оборудование;

4) результаты испытания;

c) записи по испытаниям должны сравниваться с планом испытаний для обеспечения достижения установленных целей.

Опытный образец для испытаний должен быть разработан в соответствии с окочательно отработанной конструкцией, т. е. со всеми перифирийными устройствами и соответствующей защитой.

Испытание можно проводить вручную или автоматизированным способом (например, при помощи компьютера).

При необходимости валидация функций безопасности испытанием должна проводиться в различных комбинациях с элементами безопасности системы управления за пределами применения входного устройства. Полученные данные необходимо сравнивать с установленными данными.

Рекомендуется, чтобы комбинация входных данных систематично применялась в системах управления на машинах. Примером этого является: включение питания, запуск, управление, изменение направлений, перезапуск. При необходимости растянутая шкала входных данных должна применяться для учета аномальных или необычных ситуаций для того, чтобы увидеть, как реагируют элементы безопасности системы управления. Такие комбинации входных данных должны учитывать предполагаемые неправильные действия.

Объективность испытаний обуславливается условиями окружающей среды, в которых оно проводится:

a) условиями окружающей среды предполагаемого использования, или

b) условиями с характерными особенностями, или

c) условиями в заданном диапазоне, если предполагается изменение параметров.

Примечание – Заданные условия, которые являются устойчивыми для проведения испытаний, должны быть согласованы между разработчиком и лицами, ответственными за проведение испытаний, и документально зарегистрированы.

5.2 Погрешность измерения

Во время проведения валидации испытанием должна быть установлена соответствующая погрешность измерений. В общем эти погрешности измерений должны быть не более 5 К для измерений температуры и 5 % для следующих параметров:

a) измерения времени;

b) измерения давления;

c) измерения силы;

d) электрических измерений;

e) измерения относительной влажности;

f) линейных измерений.

При отклонении от этих погрешностей измерений должны быть приведены обоснования.

5.3 Повышенные требования

Если в сопроводительных документах указано, что на систему управления распостраняются более высокие требования, чем предусмотренные настоящим стандартом, то они имеют преимущество и должны выполняться.

Примечание – Повышенные требования могут предъявляться к системам управления, если они смогут выдерживать неблагоприятные рабочие условия, такие как небрежное обращение, воздействие влаги, гидролизацию, изменение температуры окружающей среды, воздействие химических веществ, коррозию, высокую силу электромагнитных полей, например, при очень близком расположении датчиков.

5.4 Количество испытуемых образцов

Если не установлено общее количество испытуемых образцов, то испытания должны проводиться на отдельном серийном образце элемента безопасности, который должен выдерживать все соответствующие испытания.

Испытуемый элемент безопасности не должен заменяться во время испытаний.

При некоторых испытаниях могут постоянно меняться рабочие характеристики. Если их постоянное изменение приводит к тому, что образец элемента безопасности не выдерживает испытаний по определенным требованиям проекта, то проводятся повторные испытания на новом образце.

Если испытание является разрушающим, то результаты могут быть получены путем испытания какой-либо части элемента безопасности системы управления, обеспечивающей функцию безопасности всего элемента. Образец этой части может быть использован вместо всего элемента безопасности для получения результатов испытания. Данный метод должен применяться только в том случае, если анализ показал, что испытаний одной части элемента достаточно для подтверждения характеристик безопасности всего элемента безопасности.

6 Валидация функций безопасности

Необходимым этапом является проведение валидации функций безопасности, выполняемых элементами безопасности системы управления, для полного их соответствия установленным характеристикам. Необходимым условием при валидации является выявление неисправностей и отдельных упущений в формировании документации, подготовленной для основного проекта.

Целью валидации функций безопасности является подтверждение достоверности того, что выходные сигналы являются безопасными и соответствуют требованиям проекта. Необходимо, чтобы валидация охватывала все установленные условия и предусмотренные отклонения при статической и динамической имитации.

Все рабочие режимы машины должны обеспечиваться установленными функциями безопасности согласно ЕН 954-1:1996 (ИСО 13849-1:1999, раздел 5). Это означает, что валидация должна быть проведена после подтверждения соответствия функций безопасности:

– в различных конструкциях, которые гарантируют обеспечение системой безопасности для производства всей продукции в ее полном ассортименте. Могут понадобиться дополнительные испытания (например, испытания на перегрузку) для подтверждения установленных функций безопасности;

– в ответ на предполагаемый нетипичный сигнал из любого входного источника, включая его происхождение, значение, отклонение и восстановление.

Примечание – При необходимости следует учитывать все комбинации применяемых конструкций.

7 Валидация категорий

7.1 Анализ и испытания категорий

Валидация категорий должна демонстрировать выполнение всех требований к ним. В основном применяются следующие методы:

– анализ (см. раздел 4);

– испытания по определенной схеме и моделирование неисправностей на испытуемых образцах, в частности в областях риска относительно производительности, установленной при анализе (см. раздел 5);

– моделирование поведения системы управления, например, при помощи моделей аппаратного обеспечения и (или) программного обеспечения.

В некоторых случаях может понадобиться разделение соединенных элементов безопасности на несколько функциональных групп и проведение испытаний на выявление неисправностей в этих группах.

При проведении валидации категорий проводятся испытания, направленные на выявление:

– неисправностей на серийном образце;

– неисправностей на модели аппаратного обеспечения;

– неисправностей в программном обеспечении;

– сбоев подсистемы, например источников электропитания.

Момент, когда неисправности могут проявиться в системе, может оказаться критическим. Самые неблагоприятные варианты проявления неисправностей должны быть определены при анализе, соответственно с этим анализом неисправности должны быть выявлены для предупреждения наступления критических моментов.

7.2 Валидация на соответствие категорий

7.2.1 Категория B

Валидацию элементов безопасности системы управления на соответствие категории B необходимо проводить согласно основным принципам безопасности (см. A.2, B.2, C.2 и D.2) подтверждением того, что требования, проект, конструкция и выбор составляющих элементов соответствуют ЕН 954-1:1996 (ИСО 13849-1:1999, пункт 6.2.1). Для этого проводится проверка элементов безопасности системы управления на соответствие требованиям, установленным в документах для валидации (см. 3.5). Требования по условиям окружающей среды для валидации см. в 5.1.

7.2.2 Категория 1

Валидацию на соответствие категории 1 элементов безопасности систем управления следует проводить для подтверждения того, что:

а) они соответствуют требованиям категории B;

b) элементы считаются испытанными (см. A.4 и D.4), если они соответствуют одному из следующих условий:

1) широко использовались ранее с успешными результатами;

2) успешно использовались с принципами, доказывающими их пригодность и надежность для безопасного применения;

c) испытанные требования безопасности (см. A.3, B.3, C.3 и D.3) были применены правильно.

Если используются вновь разработанные требования, то валидацию надо проводить по следующим принципам:

1) предупреждение ожидаемых видов отказов;

2) предупреждение неисправностей или сокращение вероятности отказов.

Для выполнения вышеизложенных требований необходимо использовать соответствующие стандарты (см. A.4 и D.4).

7.2.3 Категория 2

Валидацию на соответствие категории 2 элементов безопасности систем управления следует проводить для подтверждения того, что:

a) они соответствуют требованиям категории B;

b) испытанные требования безопасности соответствуют требованиям 7.2.2 c);

c) испытательное оборудование выявляет все соответствующие неисправности во время процесса испытания и производит соответствующее контрольное действие, которое должно:

1) подтверждать безопасное состояние или

2) предупреждать о риске;

d) производилась проверка оборудования на безопасность;

e) проводилась проверка:

1) при запуске машины и при создании опасной ситуации;

2) периодически при функционировании машины, если оценка риска показала такую необходимость.

7.2.4 Категория 3

Валидацию на соответствие категории 3 элементов безопасности систем управления следует проводить для подтверждения того, что:

a) они соответствуют требованиям категории B;

b) испытанные требования безопасности соответствуют требованиям 7.2.2 c);

c) отдельная неисправность не приводит к сбою всей функции безопасности;

d) отдельные неисправности (включая неисправности группового типа) обнаруживаются на стадии проекта.

7.2.5 Категория 4

Валидацию на соответствие категории 4 элементов безопасности систем управления следует проводить для подтверждения того, что:

a) они соответствуют требованиям категории B;

b) испытанные требования безопасности соответствуют требованиям 7.2.2 c);

c) отдельная неисправность (включая неисправности группового типа) не приводит к сбою всей функции безопасности;

d) отдельные неисправности обнаруживаются на стадии проекта;

e) если неисправность не обнаруживается по условиям перечисления d), тогда накопление каких-либо других неисправностей не приводит к потере функций безопасности. Но эти неисправности должны быть обоснованы в проекте.

7.3 Валидация комбинации элементов безопасности

Если функция безопасности выполняется двумя или более элементами безопасности, то валидация их комбинации (методом анализа, а при необходимости и методом испытания) должна быть проведена для подтверждения того, что при такой комбинации достигается необходимая производительность, установленная в проекте. Полученные результаты валидации элементов безопасности должны быть записаны в протоколе и впоследствии учтены.

8 Валидация требований окружающей среды

Валидация эксплуатационных характеристик элементов безопасности должна быть проведена с учетом условий окружающей среды, установленных для системы управления.

Проводят валидацию методом анализа и (при необходимости) методом испытаний. Объем анализа и испытаний будет зависеть от качества элементов безопасности, от самой системы управления, от используемой технологии, условий окружающей среды, в которых проводится валидация. Данные о надежности функционирования системы управления или ее элементов, подтверждение соответствия экологическим стандартам (например, влагоизоляция, защита от вибрации) могут быть использованы в процессе валидации.

По возможности валидация должна быть направлена на выявление:

– ожидаемого механического напряжения в результате удара, вибрации, поступления загрязнителей;

– механической долговечности;

– расчетных электрических параметров и энергопитания;

– климатических условий (температуры и влажности);

– электромагнитной совместимости (защищенности).

Если испытания необходимы для подтверждения соответствия экологическим требованиям, необходимо следовать процедурам, изложенным в соответствующих стандартах.

После проведения валидации методом испытаний функции безопасности должны и далее соответствовать требованиям безопасности технических условий, т. е. элементы безопасности должны обеспечивать системе управления безопасное состояние.

9 Валидация требований к техническому обслуживанию

Валидация требований к техническому обслуживанию должна быть направлена на выполнение требований безопасности, установленных в ЕН 954-1:1996 (ИСО 13849-1:1999, раздел 9, пункт 2).

Приложение А
(справочное)

Валидация механических систем

Содержание

А.1 Введение
А.2 Основные принципы безопасности
А.3 Испытанные принципы безопасности
А.4 Испытанные элементы
А.5 Анализ неисправностей и возможность их исключения
А.5.1 Введение
А.5.2 Различные механические устройства, детали и элементы
А.5.3 Применение винтовых пружин

А.1 Введение

Если механические системы используются вместе с другими технологиями, то следует учесть замечания, приведенные в таблицах по основным и испытанным принципам безопасности, чтобы избежать неисправностей, изложенных в 3.3.

А.2 Основные принципы безопасности

Таблица А.1 – Основные принципы безопасности

Основные принципы безопасности	Примечания
Использование соответствующих материалов и методов изготовления	Следует сделать выбор материалов, методов изготовления и обработки с учетом напряжения, долговечности, эластичности, трения, износа, коррозии, температуры
Соответствие размеров и формы	Следует обратить внимание на напряжение, натяжение, усталость, неровность поверхности, допуски, застревание, изготовление
Соответствующий выбор, комбинирование, размещение, монтаж и установка элементов, системы	Следует руководствоваться указаниями изготовителя, применяя инструкции по установке, технические условия, а также использовать установившуюся практику в области машиностроения для аналогичных элементов, систем
Отключение питания	Безопасное состояние достигается путем отключения электрического напряжения. См. правильный процесс останова в ЕН 292-2:1991 (ИСО/ТО 12100-2:1992, пункт 3.7.1). Электрическое напряжение подается для приведения машины в движение. См. правильный процесс пуска в ЕН 292-2:1991 (ИСО/ТО 12100-2:1992, пункт 3.7.1). Следует рассматривать различные режимы, например режим эксплуатации, режим технического обслуживания. Этот принцип не должен использоваться в особых случаях, например для сохранения энергии в зажимных устройствах
Применение фиксаторов	При использовании винтовых фиксаторов следует учитывать рекомендации изготовителя по применению. Необходимо избегать перегрузок путем применения соответствующей технологии прилагаемой нагрузки, создаваемой крутящим моментом

Окончание таблицы А.1

Основные принципы безопасности	Примечания
Ограничение приложения и (или) передачи силы и аналогичных параметров	Следует применять ослабляющие болты, разъединяющие пластины, захваты для ограничения крутящего момента
Ограничение некоторых параметров окружающей среды	Такими параметрами являются: температура, влажность, загрязнение на месте установки. См. раздел 8 настоящего стандарта с учетом рекомендаций изготовителя по применению
Ограничение скорости и аналогичных параметров	При применении необходимо учитывать скорость, ускорение, замедление
Необходимое время срабатывания	Например, следует учитывать усталостное напряжение пружин, трение, смазку, температуру, инерцию во время ускорения и замедления, сочетание допусков
Защита от самопроизвольного пуска	Следует учитывать самопроизвольный пуск, вызванный сохранившейся остаточной энергией или проявляющейся после восстановления энергопитания в других режимах или после торможения. Необходимо применение специального оборудования для высвобождения остаточной энергии
Упрощение	Следует сократить количество элементов в системе безопасности
Разделение	Следует разделить функции безопасности на другие функции
Смазка	–
Предупреждение поступления жидкостей и пыли	Учесть IP-оценку согласно ЕН 60529 (МЭК 60529)

А.3 Испытанные принципы безопасности

Таблица А.2 – Испытанные принципы безопасности

Испытанные принципы безопасности	Примечания
Использование необходимых материалов и методов изготовления	Выбор материала, соответствующих методов изготовления и обработки, связанных с применением
Применение элементов с определенным характером отказов	Наиболее часто встречающиеся отказы в элементах являются известными заранее и всегда одинаковыми [см. ЕН 292-2:1991 (ИСО/ТО 12100-2:1992, пункт 3.7.4)]
Сверхзаданные параметры или показатели безопасности	Показатели безопасности приводятся в стандартах или устанавливаются на основании имеющегося опыта в их безопасном применении
Безопасное положение	Подвижная часть элемента перемещается в одно из необходимых положений при помощи механических средств (одно трение является недостаточным). Для изменения положения необходимо применить силу
Увеличение силы выключения	Безопасное состояние достигается увеличением силы выключения по отношению к силе включения
Правильный выбор, комбинирование, размещение, монтаж и установка элементов, системы	–
Правильный выбор применяемых соединений	Не полагаться только на силу трения

Окончание таблицы А.2

Испытанные принципы безопасности	Примечания
Положительное механическое воздействие	Зависимые действия (например, параллельные соединения) между элементами достигаются положительными механическими соединениями. Не следует применять для соединений элементов пружины и аналогичные «гибкие» элементы [см. ЕН 292-2:1991 (ИСО/ТО 12100-2:1992, пункт 3.5)]
Составные части	Неисправности сокращаются за счет увеличения соединительных частей, например дополнительное применение одной пружины (нескольких пружин) не приводит к опасности
Использование испытанных пружин (см. также таблицу А.3)	Требования к испытанным пружинам: – использование тщательно отобранных материалов, методов изготовления (например, предварительной наладки и отладки перед применением) и методов обработки (например, прокатки, дробеструйного упрочнения); – обоснованная документация на пружины и – обоснованные показатели безопасности при усталостном напряжении (т. е. с высокой вероятностью того, что поломка не произойдет). Требования к нажимным винтовым пружинам: – использование тщательно отобранных материалов, методов изготовления (например, предварительная наладка и отладка перед применением) и методов обработки (например, прокатка, дробеструйное упрочнение); – обоснованная документация на пружины, и – расстояние между витками в ненагруженном состоянии должно быть меньше диаметра проволоки, и – должна сохраняться остаточная работоспособность после разлома (т. е. разлом не должен привести к опасному состоянию)
Ограничение значений прилагаемой силы и подобных параметров	Следует принимать решение о необходимом ограничении, учитывая определенный опыт и применение. Примерами для ограничений являются применение распорных болтов, разъединяющих пластин, захватов для уменьшения крутящего момента
Ограничение диапазона значений скорости и подобных параметров	Следует принимать решение необходимого ограничения, учитывая определенный опыт и применение. Примерами для ограничений являются применение центробежного регулятора скорости, контроль скорости или ограничение перемещения
Ограничение значений параметров окружающей среды	Следует принимать решение необходимого ограничения. Примерами таких параметров являются температура, влажность, загрязнение на месте установки. См. раздел 8 с учетом рекомендаций изготовителя по применению
Ограничение диапазона времени срабатывания, ограничение гистерезиса	Следует принимать решение для необходимого ограничения. Следует учитывать, например, усталостное напряжение пружин, трение, смазку, температуру, инерцию во время ускорения и замедления, сочетание допусков

А.4 Испытанные элементы

Испытанные элементы безопасности соответствуют испытанным принципам безопасности и (или) стандартам для их прямого применения.

Элементы, считающиеся испытанными для одного применения, могут не подходить для других применений.

Таблица А.3 – Испытанные элементы

Испытанные элементы	Условия для «испытанных элементов»	Стандарт или технические условия
Винт	Должны быть учтены все факторы, влияющие на винтовое соединение и его применение. См. таблицу А.2 «Испытанные принципы безопасности»	Такие механические соединения, как винты, гайки, шайбы, заклепки, штифты, болты и т. д., являются стандартными
Пружина	См. таблицу А.2 «Использование испытанных пружин»	Требования для пружинной стали указаны в ИСО 4960
Кулачковая шайба	Должны быть учтены все факторы, влияющие на установку кулачковой шайбы (например, являющейся частью блокировочного устройства). См. таблицу А.2 «Испытанные принципы безопасности»	См. ЕН 1088 (ИСО 14119) (блокировочные устройства)
Распорный болт	Все факторы, влияющие на его применение, должны быть учтены. См. таблицу А.2 «Испытанные принципы безопасности»	–

А.5 Анализ неисправностей и возможность их исключения

А.5.1 Введение

В таблице А.4 приведен перечень выявленных неисправностей и возможностей их исключения. Дополнительные неисправности и их исключение – согласно 3.3.

Момент, когда неисправности проявляются в системе, может оказаться критическим (см. 7.1).

А.5.2 Различные механические устройства, соединения и элементы

Таблица А.4 – Механические устройства, соединения и элементы (например, кулачковая шайба, ведомый механизм, цепь, зажимное устройство, тормоз, вал, винт, болт, направляющее устройство, подшипник)

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Износ или коррозия	Да, в случае тщательного выбора материала, припусков и размеров, технологического процесса производства, обработки и смазки в соответствии с установленным сроком службы (см. также таблицу А.2)	См. ЕН 954-1:1996 (ИСО 13849-1:1999, пункт 7.2)
Разгерметизация или раскрепление механических устройств	Да, в случае тщательного выбора материала, технологического процесса производства, средств соединений и обработки в соответствии с установленным сроком службы (см. также таблицу А.2)	
Поломка	Да, в случае тщательного выбора материала, припусков и размеров, технологического процесса производства, обработки и смазки в соответствии с установленным сроком службы (см. также таблицу А.2)	
Деформация от перенапряжения	Да, в случае тщательного выбора материала, припусков и размеров, обработки и технологического процесса производства в соответствии с установленным сроком службы (см. также таблицу А.2)	
Жесткость соединения, заедание	Да, в случае тщательного выбора материала, припусков и размеров, технологического процесса производства, обработки и смазки в соответствии с установленным сроком службы (см. также таблицу А.2)	

А.5.3 Применение винтовых пружин

Таблица А.5 – Применение винтовых пружин

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Износ или коррозия	Да, в случае применения испытанных пружин и тщательно отобранных крепежных соединений (см. также таблицу А.2)	См. ЕН 954-1:1996 (ИСО 13849-1:1999, пункт 7.2)
Снижение усилия за счет фиксации и разлома		
Поломка		
Жесткость соединений, застревание		
Раскрепление		
Деформация от перенапряжения		

Приложение В
(справочное)

Валидация пневматических систем

Содержание

В.1 Введение
В.2 Основные принципы безопасности
В.3 Испытанные принципы безопасности
В.4 Испытанные элементы
В.5 Анализ неисправностей и возможность их исключения
В.5.1 Введение
В.5.2 Клапаны
В.5.3 Трубы, шланговые установки и соединения
В.5.4 Датчики давления и преобразователи давления
В.5.5 Обработка сжатым воздухом
В.5.6 Пневмоаккумуляторы и баллоны со сжатым газом
В.5.7 Датчики
В.5.8 Обработка информации

В.1 Введение

Если пневматические системы используются вместе с другими технологиями, то основные и испытанные принципы безопасности следует выбирать из соответствующих таблиц. Если пневматические элементы электрически соединены и контролируются, следует учитывать неисправности, приведенные в приложении D.

Примечание – Можно применять требования директив, касающихся оборудования и баллонов высокого давления.

В.2 Основные принципы безопасности

Таблица В.1 – Основные принципы безопасности

Основные принципы безопасности	Примечания
Применение необходимых материалов и соответствующего изготовления	Следует сделать выбор материала, технологии изготовления и обработки с учетом напряжения, долговечности, эластичности, трения, износа, коррозии, температуры
Правильный выбор параметров и формы	Следует учитывать напряжение, натяжение, усталостное напряжение, неровность поверхности, допуски, изготовление
Правильный выбор, комбинирование, размещение, монтаж и установка элементов, системы	Следует руководствоваться указаниями изготовителя, применяя инструкции по установке, технические условия, а также установившуюся практику в области машиностроения для аналогичных элементов, систем
Применение принципа передачи энергии	Безопасное состояние достигается при отключении энергии в соответствующих устройствах. См. правильный процесс останова в ЕН 292-2:1991 (ИСО/ТО 12100-2:1992, пункт 3.7.1). Электрическое напряжение подается для приведения машины в движение. См. правильный процесс пуска в ЕН 292-2:1991 (ИСО/ТО 12100-2:1992, пункт 3.7.1). Следует рассматривать различные режимы, например режимы эксплуатации и технического обслуживания. Этот принцип не должен использоваться в особых случаях, например при потере пневматического давления, так как может быть создана дополнительная опасность

Окончание таблицы В.1

Основные принципы безопасности	Примечания
Правильное скрепление	При использовании винтов, фурнитуры, клейких средств, зажимных колец следует учитывать рекомендации изготовителя по применению. Необходимо избегать перегрузки путем применения соответствующей технологии
Ограничение давления	Примерами являются клапаны сброса, редукционные и регулирующие давление
Ограничение скорости, уменьшение скорости	Примером является ограничение скорости хода поршневого или дроссельного клапана
Обоснование избежания загрязнения жидкости	Следует учитывать фильтрацию и отделение твердых частиц и воды в жидкости
Необходимое время срабатывания	Необходимо, например, учитывать длину труб, давление, способность выхлопов, силу, усталостное напряжение пружин, трение, смазку, температуру, инерцию во время ускорения и замедления, сочетание допусков
Выдерживаемые условия окружающей среды	Следует проектировать оборудование так, чтобы оно работало во всех ожидаемых средах и при заранее предполагаемых неблагоприятных условиях температуры, влажности, вибрации, загрязнения. См. раздел 8 с учетом рекомендаций изготовителя по применению
Защита от самопроизвольного пуска	Следует учитывать самопроизвольный пуск, вызванный сохранившейся остаточной энергией или проявляющейся после восстановления энергопитания в других режимах или после торможения и т. д. Может понадобиться специальное оборудование для высвобождения сохранившейся энергии согласно ЕН 1037:1995 (ИСО 14118:2000, пункт 5.3.1.3). Для специального применения должно быть обоснование, например для сохранения энергии в зажимных устройствах или обеспечения определенного состояния
Упрощение	Сократить количество элементов безопасности в системе
Правильный выбор диапазона температуры	Должен распространяться на всю систему
Разделение	Разделение функций безопасности на другие функции

В.3 Испытанные принципы безопасности

Таблица В.2 – Испытанные принципы безопасности

Испытанные принципы безопасности	Примечания
Сверхзаданные параметры, показатель безопасности	Показатели безопасности приводятся в стандартах или устанавливаются на основании имеющегося опыта в их безопасном применении
Безопасное положение	Подвижная часть элемента перемещается в одно из необходимых положений при помощи механических средств (одно трение является недостаточным). Для изменения положения необходимо применить силу
Увеличение усилия выключения	Один из способов решения: соотношение площади для переключения выключателя в безопасное положение (положение «выключено») должно значительно превышать площадь для переключения выключателя в положение «включено» (фактор безопасности)

Окончание таблицы В.2

Испытанные принципы безопасности	Примечания
Клапан, закрывающийся под давлением	Обычно это относится к клапанам пневмоаппаратов, например тарельчатым, шаровым клапанам. Следует учитывать использование давления в системе для закрытия клапана, даже если, например, сломана пружина, применяемая для закрытия клапана
Положительное механическое воздействие	Положительное механическое воздействие используется на подвижные элементы внутри пневматических устройств (см. таблицу А.2)
Составные части	См. таблицу А.2
Использование испытанных пружин	См. таблицу А.2
Ограничение скорости, уменьшение скорости за счет сопротивления определенному потоку	Примерами являются фиксирующая дроссельная шайба, фиксирующий дроссель
Ограничение силы, уменьшение силы	Это должно достигаться при сбросе давления испытанного клапана, который, например, оснащен испытанной и отобранной пружиной с правильно заданными размерами
Соответствие допускаемых диапазонов параметров рабочим условиям	Ограничение рабочих условий должно быть обосновано, например, допускаемыми диапазонами давления, скорости потока и температуры
Обоснование избежания загрязнения жидкости	Следует учитывать степень фильтрации и отделение твердых частиц и воды в жидкости
Обоснованное принудительное закрытие поршневого клапана	Принудительное закрытие обеспечивает функцию остановки и предупреждает нежелательные движения
Ограниченный гистерезис	Например, увеличение трения повышает гистерезис. Отклонение допусков также будет влиять на гистерезис

В.4 Испытанные элементы

В настоящее не проводятся испытания элементов для пневматических систем, которые имеют свою специфику для каждого индивидуального случая. Элементы считаются испытанными, если они соответствуют ЕН 954-1:1996 (ИСО 13849-1:1999, пункт 6.2.2) и ЕН 953:1996 (разделы 5 – 7).

Элементы, считающиеся испытанными для одного применения, могут не подходить для других применений.

В.5 Анализ неисправностей и возможность их исключения

В.5.1 Введение

В таблицах В.3 – В.18 приведены перечни выявленных неисправностей и возможность их исключения. Дополнительные неисправности и их исключение – согласно 3.3.

Момент проявления неисправности может оказаться критическим (см. 7.1).

В.5.2 Клапаны

Таблица В.3 – Управляемые пневмораспределители

Рассматриваемые неисправности	Возможность исключения неисправностей	Примечания
Изменение времени переключения	Да, в случае положительного механического воздействия (см. таблицу А.2) на подвижные элементы, если приложено достаточно большое усилие	–

Продолжение таблицы В.3

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Непереключение (застревание в конечном или нулевом положении) или неполное переключение (застревание в случайном промежуточном положении)	Да, в случае положительного механического воздействия (см. таблицу А.2) на подвижные элементы, если приложено достаточно большое усилие	–
Произвольное изменение первоначального положения переключения (без входного сигнала)	Да, в случае положительного механического воздействия (см. таблицу А.2) на подвижные элементы, если есть возможность удерживания достаточно большого усилия, или Да, если используются испытанные пружины (см. таблицу А.2) и применяются нормальные условия установки и эксплуатации (см. графу примечания 1), или Да, в случае использования переключателей с эластичной перемычкой и при применении нормальных условий установки (см. графу примечания 1)	1) Нормальные условия установки и эксплуатации используются, когда: – соблюдаются условия, установленные изготовителем, и – масса подвижных элементов не влияет на безопасность (например, при горизонтальной установке), и – никакие специальные силы инерции не влияют на подвижные элементы (например, направление движения учитывает ориентацию движущихся элементов), и – нет предельной вибрации и достигается ударная прочность
Утечка	Да, в случае применения переключателей с эластичной перемычкой подтверждается высокая степень качества (см. графу примечания 2) при соблюдении нормальных условий функционирования и обеспечении соответствующей обработки и фильтрации сжатым воздухом или Да, в случае применения клапанного пневмоаппарата при соблюдении нормальных условий эксплуатации (см. графу примечания 3) и при обеспечении соответствующей обработки и фильтрации сжатым воздухом	2) В случаях применения переключателей с эластичной перемычкой возможно исключение утечки. Тем не менее небольшая утечка возможна в течение продолжительного периода времени. 3) Нормальные условия эксплуатации применяются тогда, когда соблюдаются условия, установленные изготовителем
Изменение скорости движения струи при утечке в течение длительного периода функционирования системы	Нет	–
Разрыв корпуса клапана или поломка его движущихся элементов, а также поломка крепежных или установочных винтов	Да, если конструкция, заданные размеры и установка соответствуют установившейся инженерной практике	–

Окончание таблицы В.3

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Для вспомогательных и пропорциональных клапанов: пневматические неисправности, которые вызывают неконтролируемое поведение	Да, применяя вспомогательные и пропорциональные клапаны, если их условно можно оценить в отношении безопасности как направляющие пневмораспределители по форме и конструкции	–
Примечание – Если функции контроля осуществляют несколько функциональных клапанов, то анализ неисправностей следует выполнять для каждого клапана отдельно. Такая же процедура должна выполняться в случае испытываемых клапанов.		

Таблица В.4 – Запорные (отсечные) клапаны, невозвратные (обратные) клапаны, быстродействующие выпускные клапаны, регулирующие клапаны

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Изменение времени переключения	Нет	
Нераскрытие, неполное открытие, незакрытие или неполное закрытие (застревание в конечном или случайном промежуточном положении)	Да, если руководство системы подвижных элементов разработано аналогично методике пневморегулятора непрерывного действия с шаровыми клапанами без тормозной системы (см. графу примечания 1) и если используются испытанные пружины (см. таблицу А.2)	1) Руководство для пневморегулятора непрерывного действия с шаровыми клапанами без тормозной системы обычно разрабатывается так, чтобы не существовала вероятность застревания подвижных элементов
Произвольное изменение первоначального положения переключения (без входного сигнала)	Да, при нормальных условиях установки и эксплуатации (см. графу примечания 2) и если существует достаточное усилие закрытия, обеспечиваемое давлением и достаточной площадью	2) Нормальные условия установки и эксплуатации выполняются, если: – выполняются условия, установленные изготовителем, и – никакие силы инерции не влияют на подвижные элементы, например направление движения учитывает их ориентацию, и – нет предельной вибрации и достигается ударная прочность
Для регулируемых клапанов: одновременное закрытие обоих входных разъемов	Да, если на основании конструкции и проекта подвижных элементов одновременное закрытие является маловероятным	–
Утечка	Да, если применяются нормальные условия функционирования (см. графу примечания 3) и имеется соответствующая обработка и фильтрация сжатым воздухом	3) Нормальные условия функционирования применяются, когда соблюдаются условия, установленные изготовителем

Окончание таблицы В.4

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Изменение скорости движения струи при утечке в течение длительного периода функционирования системы	Нет	–
Разрыв корпуса клапана или поломка подвижных элементов, а также поломка или разрыв установки или корпуса крепежных соединений	Да, если конструкция, заданные размеры и установка соответствуют установившейся инженерной практике	

Таблица В.5 – Клапаны пневмораспределителей

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Изменение расхода без каких-либо изменений в основном устройстве	Да, для клапанов пневмораспределителей с неподвижными элементами (см. графу примечания 1), например, дроссельных клапанов, если применяются нормальные условия эксплуатации (см. графу примечания 2) и обеспечивается соответствующая обработка и фильтрация сжатым воздухом	1) Основное устройство не предусматривает движение элементов. Изменение расхода зависит от разницы давлений, имеет физическое ограничение для этого типа распределителя и является незащищенным как предполагаемая неисправность. 2) Нормальные условия эксплуатации применяются тогда, когда соблюдаются условия, установленные изготовителем
Изменение расхода в случае нерегулируемых круговых отверстий и форсунок	Да, если диаметр ≥ 0,8 мм и применяются нормальные условия эксплуатации (см. примечание 2), а также обеспечивается соответствующая обработка и фильтрация сжатым воздухом	
Для пневмораспределителей: изменение расхода по причине непреднамеренного изменения заданного значения	Нет	–
Непосредственное изменение в основном устройстве	Да, если имеется эффективная защита основного устройства, аналогичная по безопасности конкретному случаю, представленному в технических условиях	
Непреднамеренное ослабление (развинчивание) работающих элементов основного устройства	Да, при применении эффективных предохранителей против ослабления (развинчивания)	
Разрыв корпуса клапана или поломка подвижных элементов, а также поломка или разлом крепежных или установочных винтов	Да, если конструкция, заданные размеры и установка соответствуют установившейся инженерной практике	

Таблица В.6 – Клапаны давления

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Неоткрытие или недостаточное открытие (в пространстве и во времени), когда существует тенденция к превышению установленного давления (застревание или застой подвижных элементов) (см. графу примечания 1)	Да, если: – руководство системы подвижных элементов разработано аналогично методике пневморегулятора непрерывного действия с шаровым или мембранным клапаном (см. графу примечания 2), например для редукционного клапана уменьшение давления происходит с вторичной разгрузкой давления, и – установленные пружины являются испытанными (см. таблицу А.2)	1) Эта неисправность проявляется только тогда, когда клапаны давления используются для вынужденных действий, например для остановки. Эта неисправность не проявляется при обычном функционировании таких клапанов в пневматических системах, например, при ограниченном давлении, при падении давления. 2) Для пневморегулятора непрерывного действия с шаровым или мембранным клапаном руководство системы обычно разрабатывается таким образом, чтобы не было вероятности застревания движущихся элементов
Незакрытие или недостаточное закрытие (в пространстве и во времени), если давление падает ниже установленного значения (застревание или застой подвижных элементов) (см. графу примечания 1)		
Изменение значений давления без изменения основного устройства (см. примечание 1)	Да, непосредственно для предельно поднимающих давление клапанов и клапанов, переключающих давление, если установлены испытанные пружины (см. таблицу А.2).	
Для клапанов давления: изменение значений давления по причине непреднамеренного их изменения установленным значениям (см. графу примечания 1)	Нет	
Непосредственное изменение в основном устройстве	Да, если имеется эффективная защита основного устройства в пределах требований по его применению, например гарантия покрытия	–
Произвольное развинчивание работающего элемента основного устройства	Да, при применении эффективных предохранителей против развинчивания	
Утечка	Да, для клапанов пневмоаппаратов, мембранных клапанов и регулируемых клапанов с эластичной перемычкой при нормальных условиях эксплуатации (см. графу примечания 3) и если обеспечивается соответствующая обработка и фильтрация сжатым воздухом	3) Нормальные условия эксплуатации выполняются, если соблюдаются условия, установленные изготовителем
Изменение расхода при утечке в течение длительного периода функционирования системы	Нет	–
Разрыв корпуса клапана или поломка подвижных элементов, а также поломка или разрыв установки или корпуса крепежных соединений	Да, если конструкция, заданные размеры и установка соответствуют установившейся инженерной практике	

В.5.3 Трубы, шланговые установки и соединения

Таблица В.7 – Трубопроводы

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Разрыв и утечка	Да, если заданные размеры, выбор материалов и установка соответствуют установившейся инженерной практике (см. графу примечания 1)	1) При использовании пластиковых труб необходимо учитывать данные изготовителя, в частности относительно влияния окружающей среды при эксплуатации, например влияние температуры, химических веществ, радиации. При использовании стальных труб, которые не были обработаны коррозионностойким средством, является очень важным обеспечение достаточного просушивания сжатым воздухом
Поломка в соединении (например, порыв, утечка)	Да, если используются арматура или трубы с резьбой (например, стальная арматура, стальные трубы) и если заданные размеры, выбор материалов, изготовление, форма и установка соответствуют установившейся инженерной практике	–
Закупорка (блокировка)	Да, для трубопровода в пневматической системе. Да, при контроле и измерении диаметра труб, если номинальное значение диаметра ≥ 2 мм	
Скручивание пластиковых труб с небольшим номинальным диаметром	Да, если есть возможность существенно изменить и защитить от скручивания, с учетом соответствующей информации изготовителя, например минимальный радиус изгиба	

Таблица В.8 – Шланговые установки

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Разрыв, отрыв от мест крепления и утечка	Да, если в шланговых установках используются шланги, изготовленные в соответствии с ЕН 854 (ИСО 4079-1), или аналогичные шланги (см. графу примечания 1) с соответствующими соединениями	1) Исключение ошибки невозможно, если: – истек предполагаемый срок службы – произошло изменение усталостных характеристик – произошло внешнее повреждение
Закупорка (блокировка)	Да, для шланговых трубопроводов в пневматической системе. Да, при контроле и измерении диаметра шлангов, если номинальное значение диаметра ≥ 2 мм	–

Таблица В.9 – Соединения

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Разрыв, поломка винтов или срыв резьбы	Да, если заданные размеры, выбор материалов, форма, соединения труб и (или) технология изготовления для систем с текучими средами соответствуют установившейся инженерной практике	–
Утечка (потеря герметичности)	Нет (см. графу примечания 1)	1) Исключение дефектов невозможно, если в течение длительного времени эксплуатации произошли износ, старение, ухудшение эластичности и т. д. Внезапная серьезная неисправность в герметичности не допускается
Закупорка (блокировка)	Да, для шланговых трубопроводов в пневматической системе. Да, при контроле и измерении шлангов, если номинальное значение диаметра ≥ 2 мм	–

В.5.4 Датчики давления и преобразователи давления

Таблица В.10 – Датчики давления и преобразователи давления

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Потеря или изменение герметичности или маслопроницаемости напорных камер	Нет	–
Разрыв напорных камер, а также разлом соединений или крышек креплений	Да, если заданные размеры, выбор материала, формы и соединений соответствуют установившейся инженерной практике	

В.5.5 Обработка сжатым воздухом

Таблица В.11 – Фильтры

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Закупорка фильтрующего элемента	Нет	–
Разрыв или частичный порыв фильтрующего элемента	Да, если фильтрующий элемент совершенно устойчив к давлению	
Повреждение индикатора загрязненности или устройства для контроля загрязненности	Нет	
Разрыв корпуса фильтра или разлом крепежных или соединительных элементов	Да, если заданные размеры, выбор материала, формы и креплений соответствуют установившейся инженерной практике	

Таблица В.12 – Лубрикаторы

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Изменение в установленном значении (расход масла в единицу времени) без изменений в основном устройстве	Нет	–
Самопроизвольное изменение в основном устройстве	Да, если в основном устройстве предусмотрена эффективная защита, приспособленная к конкретной ситуации	
Непреднамеренное развинчивание функционирующего элемента основного устройства	Да, при применении эффективных блокирующих устройств, предохраняющих от развинчивания	
Разрыв корпуса или разлом крепежных, фиксирующих и соединительных элементов	Да, если заданные размеры, выбор материалов, расположение в системе и выбор крепежных средств соответствуют установившейся инженерной практике	

Таблица В.13 – Глушители

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Блокировка (закупорка) глушителя	Да, если проект и конструкция элементов глушителя выполнены в соответствии с графой примечания 1)	1) Закупорка элементов глушителя и (или) увеличение выхлопов из-за повышенного давления до критических значений являются маловероятными в случае, если глушитель имеет достаточно большой диаметр и разработан для эксплуатации

В.5.6 Пневмоаккумуляторы и баллоны со сжатым газом

Таблица В.14 – Пневмоаккумуляторы и баллоны со сжатым газом

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Разлом или разрыв аккумулятора или баллона со сжатым газом или соединителей либо истирание резьбы крепежных элементов	Да, если конструкция, выбор оборудования, материалов и расположение в системе соответствуют установившейся инженерной практике	–

В.5.7 Датчики

Таблица В.15 – Датчики

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Неисправный датчик (см. графу примечания 1)	Нет	1) Датчики в этой таблице предназначены для приема сигнала, обработки данных, выхода сигнала и в особых случаях для давления, расхода воздуха, температуры и т. д.
Изменение обнаруживающих или выводных характеристик	Нет	–

B.5.8 Обработка информации

Таблица B.16 – Логические элементы

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Неисправный логический элемент (например, элемент И, элемент ИЛИ, логический элемент запоминающего устройства), например из-за изменения времени переключения, отказа при переключении или неполного переключения	Для выявления неисправности и ее исключения (см. таблицы B.3, B.4 и B.5)	–

Таблица B.17 – Реле времени

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Неисправное реле времени, например пневматическое и пневмомеханическое реле времени и вычислительные элементы Изменение характеристик определения и выхода	Да, для реле времени в передаче воздействия между частями от одного устройства к другому, например постоянного сопротивления, если применяются нормальные условия эксплуатации (см. графу примечания 1) и обеспечивается соответствующая обработка и фильтрация сжатым воздухом	1) Нормальные условия эксплуатации выполняются, если соблюдаются условия, установленные изготовителем
Разрыв корпуса и разлом соединений или крышек креплений	Да, если конструкция, заданные размеры и установка соответствуют установившейся инженерной практике	–

Таблица B.18 – Преобразователи

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Неисправный преобразователь (см. графу примечания 1)	Да, для преобразователей без изменения показателей, например при автоматических переключателях, если обеспечиваются нормальные условия эксплуатации (см. графу примечания 2) и обеспечивается соответствующая обработка и фильтрация сжатым воздухом	1) Эти преобразования, например, – превращение пневматического сигнала в электрический, определение положения (цилиндрических переключателей, автоматических переключателей), усиление пневматических сигналов. 2) Нормальные условия эксплуатации выполняются, если соблюдаются условия, установленные изготовителем
Изменение характеристик на входе или выходе		
Разрыв корпуса или разлом крепежных элементов	Да, если конструкция, заданные размеры и установка соответствуют установившейся инженерной практике	–

Приложение С
(справочное)

Валидация гидравлических систем

Содержание

С.1 Введение
С.2 Основные принципы безопасности
С.3 Испытанные принципы безопасности
С.4 Испытанные элементы
С.5 Анализ неисправностей и возможность их исключения
С.5.1 Введение
С.5.2 Клапаны
С.5.3 Металлические трубы, шланговые установки и соединения
С.5.4 Фильтры
С.5.5 Накопитель энергии
С.5.6 Датчики

С.1 Введение

Если гидравлические системы используются вместе с другими технологиями, то основные и испытанные принципы безопасности следует выбирать из соответствующих таблиц. Если гидравлические элементы электрически соединены и контролируются, следует также учитывать неисправности, изложенные в приложении D.

Примечание – Можно применять требования директив, касающихся оборудования высокого давления.

С.2 Основные принципы безопасности

Примечание – Пузырьков воздуха и кавитационных процессов в жидкости гидравлических систем следует избегать, так как они могут создать дополнительный риск, например хаотическое движение.

Таблица С.1 – Основные принципы безопасности

Испытанные принципы безопасности	Примечания
Применение необходимых материалов и соответствующего изготовления	Следует сделать правильный выбор материала, технологии изготовления и обработки с учетом, например, напряжения, долговечности, эластичности, трения, износа, коррозии, температуры, влияния жидкости в гидравлических системах
Правильный выбор параметров и формы	Следует учитывать, например, напряжение, натяжение, усталостное напряжение, неровность поверхности, допуски, изготовление
Правильный выбор, комбинирование, размещение, монтаж и установка элементов, системы	Следует руководствоваться указаниями изготовителя, применяя инструкции по установке, технические условия, а также установившуюся инженерную практику для аналогичных элементов, систем
Применение принципа передачи энергии	Безопасное состояние достигается при отключении энергии в соответствующих устройствах. См. первичное действие для остановки в ЕН 292-2:1991 (ИСО/ТО 12100-2:1992, пункт 3.7.1). Для приведения механизма в движение подается энергия. См. первичное действие для включения в ЕН 292-2:1991 (ИСО/ТО 12100-2:1992, пункт 3.7.1). Необходимо рассмотривать различные режимы, например эксплуатации или технического обслуживания. Этот принцип не всегда может использоваться, например при потере пневматического давления может быть создана дополнительная опасность

Окончание таблицы С.1

Испытанные принципы безопасности	Примечания
Правильное скрепление	При использовании винтов, фурнитуры, клейких средств, зажимных колец следует учитывать рекомендации изготовителя по применению. Необходимо избегать перегрузки путем применения соответствующей технологии
Ограничение давления	Примерами являются клапан сброса давления, редукционный клапан, клапан регулирования давления
Ограничение скорости, уменьшение скорости	Примером является ограничение скорости хода поршневого клапана или дроссельного клапана
Обоснование избежания загрязнения жидкости	Следует учитывать фильтрацию и отделение твердых частиц и воды в жидкости. Также следует учитывать необходимые указания служб, занимающихся фильтрацией жидкости
Необходимое время срабатывания	Необходимо, например, учитывать длину труб, давление, способность выхлопов, силу, усталостное напряжение пружин, трение, смазку, температуру, вязкость, инерцию во время ускорения и замедления, сочетание допусков
Выдерживаемые условия окружающей среды	Следует проектировать оборудование так, чтобы оно работало во всех ожидаемых средах и при заранее предполагаемых неблагоприятных условиях температуры, влажности, вибрации, загрязнения. См. раздел 8 настоящего стандарта и рекомендации изготовителя по применению
Защита от самопроизвольного пуска	Следует учитывать самопроизвольный пуск, вызванный сохранившейся остаточной энергией или проявляющейся после восстановления энергопитания в других режимах или после торможения и т. д. Может понадобиться специальное оборудование для высвобождения остаточной энергии. Для специального применения должно быть обоснование, например для сохранения энергии в зажимных устройствах или обеспечения определенного состояния
Упрощение	Сократить количество элементов безопасности в системе безопасности
Правильный выбор диапазона температуры	Должен распространяться на всю систему
Разделение	Разделение функций безопасности на другие функции

С.3 Испытанные принципы безопасности

Таблица С.2 – Испытанные принципы безопасности

Испытанные принципы безопасности	Примечания
Сверхзаданные параметры, показатель безопасности	Показатели безопасности приводятся в стандартах или устанавливаются на основании имеющегося опыта в их безопасном применении
Безопасное положение	Подвижная часть элемента безопасности перемещается в одно из необходимых положений при помощи механических средств (одно трение является недостаточным). Для изменения положения необходимо применить силу
Увеличение усилия выключения	Один из способов решения: соотношение площади для переключения выключателя в безопасное положение (положение «выключено») должно значительно превышать площадь для переключения выключателя в положение «включено» (фактор безопасности)

Окончание таблицы С.2

Испытанные принципы безопасности	Примечания
Клапан, закрывающийся под давлением нагрузки	Примерами являются клапаны и картриджи гидроаппаратов. Следует учитывать применение давления для того, чтобы клапан, находящийся в состоянии равновесия, закрывался даже при поломке пружины
Положительное механическое воздействие	Положительное механическое воздействие используется на подвижные элементы внутри пневматических устройств, см. таблицу А.2
Составные части	См. таблицу А.2
Использование испытанных пружин	См. таблицу А.2
Ограничение скорости, уменьшение скорости за счет сопротивления определенному потоку	Примерами являются фиксирующая дроссельная шайба, фиксирующий дроссель
Ограничение силы, уменьшение силы	Это должно достигаться при сбросе давления испытанного клапана, который оснащен испытанной и отобранной пружиной с правильно заданными размерами
Соответствие допускаемых диапазонов параметров рабочим условиям	Ограничение рабочих условий должно быть обосновано, например, допускаемыми диапазонами давления, скорости потока и температуры
Контроль состояния жидкости	Следует учитывать степень фильтрации и отделение твердых частиц в жидкости. Также следует учитывать химический состав и физическое состояние жидкости. Следует также учитывать необходимые указания служб, занимающихся фильтрацией жидкости
Обоснованное принудительное закрытие поршневого клапана	Принудительное закрытие обеспечивает функцию остановки и предупреждает нежелательные движения
Ограниченный гистерезис	Например, увеличение трения повышает гистерезис. Отклонение допусков также будет влиять на гистерезис

С.4 Испытанные элементы

В настоящее не проводятся испытания элементов для пневматических систем, которые имеют свою специфику для каждого индивидуального случая. Элементы считаются испытанными, если они соответствуют ЕН 954-1:1996 (ИСО 13849-1:1999, пункт 6.2.2) и ЕН 953:1996 (разделы 5 – 7).

Элементы, считающиеся испытанными для одного применения, могут не подходить для других применений.

С.5 Анализ неисправностей и возможность их исключения

С.5.1 Введение

В таблице А.4 приведен перечень выявленных неисправностей и возможность их исключения. Дополнительные неисправности и их исключение – согласно 3.3.

Момент проявления неисправности может быть критическим (см. 7.1).

С.5.2 Клапаны

Таблица С.3 – Управляемые гидрораспределители

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Изменение времени переключения	Да, в случае положительного механического воздействия (см. таблицу А.2) на подвижные элементы, если приложено достаточно большое усилие, или Да, в случае нераскрытия специального картриджа клапанного гидрораспределителя, если при необходимости отработанный клапан заменяется другим для регулирования основного потока жидкости (см. графу примечания 1)	1) Специальные особенности картриджа клапанного гидрораспределителя достигаются, если: – активная зона для безопасного переключения движения составляет как минимум 90 % всей площади подвижного элемента (клапана гидрораспределителя), и – давление, действующее на активную зону в системе регулирования, должно возрастать за счет увеличения до максимума рабочего давления (в соответствии с ЕН 982:1996, пункт 3.5) в клапанном гидрораспределителе, и – давление, действующее на участке, расположенном в активной зоне подвижных элементов системы регулирования, сводится к очень низкому значению в сравнении с максимальным рабочим давлением, например противодавление при давлении в кранах сброса воды или давление в области нагнетания при применении всасывающих или наполнительных клапанов, и – подвижный элемент (клапан гидрораспределителя) оснащен пазами с периферийной балансировкой, и – управляемые клапаны в этих клапанных гидрораспределителях выполнены по проекту как часть коллектора гидросистемы (т. е. без шланговых установок и труб для соединений с этими клапанами)
Неперекючение (застревание на конечном или нулевом положении) или неполное переключение (застревание в случайном промежуточном положении)	Да, в случае положительного механического воздействия (см. таблицу А.2) на подвижные элементы, если приложено достаточно большое усилие, или Да, в случае нераскрытия специального картриджа клапанного гидрораспределителя, если при необходимости отработанный клапан заменяется другим для регулирования основного потока жидкости (см. графу примечания 1)	

Окончание таблицы С.3

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Произвольное изменение первоначального положения переключения (без входного сигнала)	Да, в случае положительного механического воздействия (см. таблицу А.2) на подвижные элементы, если есть возможность удерживания достаточно большого усилия, или Да, если используются испытанные пружины (см. таблицу А.2) и применяются нормальные условия установки и эксплуатации (см. графу примечания 1), или Да, в случае нераскрытия специального картриджа клапанного гидрораспределителя, если при необходимости отработанный клапан заменяется другим для регулирования основного потока жидкости (см. графу примечания 1) и при применении нормальных условий установки и эксплуатации (см. графу примечания 2)	1) Нормальные условия установки и эксплуатации используются, когда: – соблюдаются условия, установленные изготовителем, и – масса подвижных элементов не влияет на безопасность (например, при горизонтальной установке), и – никакие специальные силы инерции не затрагивают подвижные элементы (например, направление движения учитывает их ориентацию), и – нет предельной вибрации и достигается ударная прочность
Утечка	Да, в случае применения клапанного гидрораспределителя при соблюдении нормальных условий установки и эксплуатации (см. графу примечания 3) и при обеспечении соответствующей системой фильтрации	3) Нормальные условия эксплуатации применяются тогда, когда соблюдаются условия, установленные изготовителем
Изменение скорости движения струи при утечке в течение длительного периода функционирования	Нет	–
Разрыв корпуса клапана или поломка его подвижных элементов, а также разлом крепежных или установочных винтов	Да, если конструкция, заданные размеры и установка соответствуют установившейся инженерной практике	
Для вспомогательных и пропорциональных клапанов: гидравлические неисправности, которые вызывают неконтролируемое поведение	Да, с применением вспомогательных и пропорциональных клапанов, если их можно условно оценить в отношении безопасности как направляющие гидрораспределители по форме и конструкции	

Примечание – Если функции контроля осуществляют несколько функциональных клапанов, то анализ неисправностей следует выполнять для каждого клапана отдельно. Такая же процедура должна выполняться в случае испытываемых клапанов.

Таблица С.4 – Запорные (отсечные) клапаны, невозвратные (обратные) клапаны, регулирующие клапаны и др.

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Изменение времени переключения	Нет	–
Нераскрытие, неполное открытие, незакрытие или неполное закрытие (застревание в конечном или случайном промежуточном положении)	Да, если руководство системы подвижных элементов разработано аналогично методике гидрорегулятора непрерывного действия с шаровыми клапанами без тормозной системы (см. графу примечания 1) и если используются испытанные пружины (см. таблицу А.2)	1) Руководство для гидрорегулятора непрерывного действия с шаровыми клапанами без тормозной системы обычно разрабатывается так, чтобы не существовала вероятность застревания подвижных элементов
Произвольное изменение первоначального положения переключения (без входного сигнала)	Да, при соблюдении нормальных условий установки и эксплуатации (см. графу примечания 2) и если существует достаточное усилие закрытия, обеспечиваемое давлением и достаточной площадью	2) Нормальные условия установки и эксплуатации выполняются, если: – выполняются условия, установленные изготовителем, и – никакие силы инерции не влияют на подвижные элементы, например направление движения учитывает ориентацию движущихся элементов, и – нет предельной вибрации или достигается ударная прочность
Для регулируемых клапанов: одновременное закрытие обоих входных разъемов	Да, если на основании конструкции и проекта подвижных элементов одновременное закрывание является маловероятным	–
Утечка	Да, в случае соблюдения нормальных условий эксплуатации (см. графу примечания 3) и при обеспечении соответствующей системой фильтрации	3) Нормальные условия эксплуатации выполняются, если соблюдаются условия, установленные изготовителем
Изменение скорости движения струи при утечке в течение длительного периода использования	Нет	–
Разрыв корпуса клапана или поломка подвижных элементов, а также разлом крепежных или установочных винтов	Да, если конструкция, заданные размеры и установка соответствуют установившейся инженерной практике	

Таблица С.5 – Клапаны гидрораспределителей

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Изменение расхода без каких-либо изменений в основном устройстве	Да, в случае применения гидрораспределителей с неподвижными элементами (см. графу примечания 1), например дроссельные клапаны, если применяются нормальные условия эксплуатации (см. графу примечания 2) и обеспечивается соответствующая система фильтрации	1) Основное устройство не предусматривает движение элементов. Изменение расхода зависит от разницы давлений и вязкости и имеет физическое ограничение для этого типа распределителя и является не защищенным как предполагаемая неисправность. 2) Нормальные условия эксплуатации применяются тогда, когда соблюдаются условия, установленные изготовителем. 3) Если в гидрораспределителе применяется невозвратный клапан, тогда должны быть учтены все предполагаемые неисправности невозвратных клапанов
Изменение расхода в случае нерегулируемых круговых отверстий и форсунок	Да, если диаметр ≥ 0,8 мм и применяются нормальные условия эксплуатации (см. графу примечания 2) и если обеспечивается соответствующая система фильтрации	
Для гидрораспределителей: изменение расхода по причине непреднамеренного изменения заданного значения	Нет	–
Произвольное изменение в основном устройстве	Да, если имеется эффективная защита основного устройства, аналогичная по безопасности конкретному случаю, представленному в технических условиях	
Непреднамеренное ослабление (развинчивание) функционирующих элементов основного устройства	Да, при применении эффективных предохранителей против ослабления (развинчивания)	
Разрыв корпуса клапана или поломка движущихся элементов, а также поломка или разлом крепежных или установочных винтов	Да, если конструкция, заданные размеры и установка соответствуют установившейся инженерной практике в машиностроении	

Таблица С.6 – Клапаны давления

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Неоткрытие или недостаточное открытие (в пространстве и во времени), когда существует тенденция к превышению установленного давления (застревание или застой подвижных элементов) (см. графу примечания 1)	Да, в случае нераскрытия специального картриджа клапанного гидрораспределителя, если при необходимости отработанный клапан заменяется другим для регулирования основного потока жидкости [см. графу примечания 1) таблицы С.3], или Да, если руководство системы подвижных элементов разработано аналогично методике гидрорегулятора непрерывного действия с шаровым клапаном без тормозного устройства (см. графу примечания 2) или если установленные пружины являются испытанными (см. таблицу А.2)	1) Эта неисправность проявляется только тогда, когда клапаны давления используются для вынужденных действий, например для остановки и регулирования опасных явлений, таких как временная приостановка под нагрузкой. Эта неисправность не проявляется при нормальном функционировании гидравлических систем, например ограничении давления, падении давления. 2) Для гидрорегулятора непрерывного действия с шаровым клапаном без тормозного устройства руководство системы обычно разрабатывается таким образом, чтобы не было вероятности застревания движущихся элементов
Незакрытие или недостаточное закрытие (в пространстве и во времени), если давление падает ниже установленного значения (застревание или застой подвижных элементов) (см. графу примечания 1)		
Изменение значений давления без изменения в основном устройстве (см. графу примечания 1)	Да, для предельно поднимающих давление обратных клапанов, если установлены испытанные пружины (см. таблицу А.2)	
Для клапанов давления: непреднамеренное изменение значений давления установленным значениям (см. графу примечания 1)	Нет	
Непосредственное изменение в основном устройстве	Да, если имеется эффективная защита основного устройства аналогично по безопасности конкретному случаю, представленному в технических условиях (например, запайка ввода)	–
Произвольное развинчивание работающего элемента основного устройства	Да, если положительный эффект обеспечивается предохранителем против развинчивания	
Утечка	Да, для клапанов гидроаппаратов при нормальных условиях эксплуатации (см. графу примечания 3) и если обеспечивается соответствующая система фильтрации	3) Нормальные условия эксплуатации выполняются, если соблюдаются условия, установленные изготовителем
Изменение расхода при утечке в течение длительного периода эксплуатации	Нет	–
Разрыв корпуса клапана или поломка движущихся элементов, а также поломка или разрыв установки или корпуса крепежных соединений	Да, если конструкция, заданные размеры и установка соответствуют установившейся инженерной практике	

С.5.3 Металлические трубы, шланговые установки и соединения

Таблица С.7 – Металлические трубопроводы

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Разрыв и утечка	Да, если заданные размеры, выбор материалов и установка соответствуют установившейся инженерной практике	–
Поломка в соединениях (например, порыв, утечка)	Да, если используются арматура или трубы с резьбой (например, стальная арматура, стальные трубы) и если заданные размеры, выбор материалов, изготовление, форма и установка соответствуют установившейся инженерной практике	
Закупорка (блокировка)	Да, для трубопровода в гидравлической системе. Да, при контроле и измерении диаметра труб, если номинальное значение диаметра ≥ 3 мм	

Таблица С.8 – Шланговые установки

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Разрыв, отрыв от мест крепления и утечка	Нет	–
Закупорка (блокировка)	Да, для шланговых трубопроводов в гидравлической системе. Да, при контроле и измерении шлангов, если номинальное значение диаметра ≥ 3 мм	

Таблица С.9 – Соединения

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Разрыв, поломка винтов или срыв резьбы	Да, если заданные размеры, выбор материала, вида соединений с трубами, технология изготовления для систем с текучими средами соответствуют установившейся инженерной практике	–
Утечка (потеря герметичности)	Нет (см. графу примечания 1)	1) Исключение дефектов невозможно, если в течение длительного времени эксплуатации произошли износ, старение, ухудшение эластичности и т. д. Непредвиденная серьезная неисправность в герметичности не допускается
Закупорка (блокировка)	Да, для шланговых трубопроводов в гидравлической системе. Да, в случае контроля и измерения соединений, если номинальный диаметр труб ≥ 3 мм	–

С.5.4 Фильтры

Таблица С.10 – Фильтры

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Закупорка фильтрующего элемента	Нет	–
Разрыв фильтрующего элемента	Да, при условии, если фильтрующий элемент совершенно устойчив к давлению и эффективно работает при открытии клапана или эффективно задерживает загрязнения	
Повреждение индикатора загрязненности или устройства для контроля загрязненности	Нет	
Разрыв корпуса фильтра или разлом крепежных или соединительных элементов	Да, если заданные размеры, выбор материала, формы и креплений соответствуют установившейся инженерной практике	

С.5.5 Накопитель энергии

Таблица С.11 – Накопитель энергии

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Разрыв, разлом приспособления для накопления энергии или крепежных соединений, а также истирание резьбы	Да, если конструкция, выбор оснастки, применяемых материалов и расположение в системе соответствуют установившейся инженерной практике	–
Утечка в разделяющем элементе между газом и рабочей жидкостью	Нет	
Отказ, поломка разделяющего элемента между газом и рабочей жидкостью	Да, если это цилиндр (поршень) (см. графу примечания 1)	1) Непредвиденная серьезная утечка не допускается
Отказ расходного клапана со стороны газа	Да, если расходный клапан установлен в соответствии с установившейся инженерной практикой и если обеспечивается соответствующая защита от внешних воздействий	–

С.5.6 Датчики

Таблица С.12 – Датчики

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Неисправный датчик (см. графу примечания 1)	Нет	1) Датчики в этой таблице предназначены для приема сигнала, обработки данных, выхода сигнала и в особых случаях для давления, расхода воздуха, температуры и т. д.
Изменение обнаруживающих или выводных характеристик	Нет	–

Приложение D
(справочное)

Валидация электрических систем

Содержание

D.1 Введение
D.2 Основные принципы безопасности
D.3 Испытанные принципы безопасности
D.4 Испытанные элементы
D.5 Анализ неисправностей и возможность их исключения
D.5.1 Введение
D.5.2 Проводники и соединители
D.5.3 Переключатели
D.5.4 Дискретные электрические элементы
D.5.5 Электронные элементы

D.1 Введение

Если электрические системы используются вместе с другими технологиями, то основные и испытанные принципы безопасности следует выбирать из соответствующих таблиц.

Примечание 1 – Электронные элементы нельзя рассматривать как испытанные.

Примечание 2 – Условия окружающей среды должны соответствовать ЕН 60204-1 (МЭК 60204-1), если не установлены другие.

D.2 Основные принципы безопасности

Таблица D.1– Основные принципы безопасности

Основные принципы безопасности	Примечания
Применение необходимых материалов и методов изготовления	Следует сделать правильный выбор материала, технологии изготовления и обработки с учетом, например, напряжения, долговечности, эластичности, трения, износа, коррозии, температуры, электропроводимости, диэлектрической прочности
Правильный выбор параметров и формы	Следует учитывать, например, напряжение, натяжение, усталостное напряжение, неровность поверхности, допуски, изготовление
Правильный выбор, комбинирование, размещение, монтаж и установка элементов, системы	Следует применять указания изготовителя по использованию, например инструкции по установке, технические условия, и использовать установившуюся инженерную практику
Соответствие защиты соединений	Следует один конец схемы управления, один конец рабочего витка катушки электромагнитного устройства управления или один конец какого-либо другого электрического устройства соединить методом сварки по схеме защиты соединений [полный текст см. ЕН 60204-1:1997, МЭК 60204-1:1997 (пункт 9.1.4)]
Контроль изоляции	Необходимо использовать устройство, контролирующее изоляцию, применение которого должно устранять нежелательное замыкание на землю или автоматически прерывать цепь [см. ЕН 60204-1:1997, МЭК 60204-1:1997 (пункт 9.4.3.1)]

Окончание таблицы D.1

Основные принципы безопасности	Примечания
Отключение питания	Безопасное состояние достигается путем отключения питания во всех соответствующих устройствах при использовании входных устройств нормально закрываемых (NC) контактов (кнопочных и позиционных выключателей) и переключателей с нормально разомкнутыми контактами (NO) [см. ЕН 292-2:1991, ИСО/ТО 12100-2:1992 (пункт 3.7.1)]. Исключения составляют некоторые случаи, например если отключение электрического питания может создать дополнительный риск. Для достижения безопасного состояния системы могут применяться функции временной задержки отключения питания [см. ЕН 60204-1:1997, МЭК 60204-1:1997 (пункт 9.2.2)]
Подавление помех	Следует применять устройства подавления помех (дистанционное управление, диоды, регулируемые сопротивления) параллельно нагрузке, исключая непараллельное соединение. Примечание – Диод увеличивает время выключения
Сокращение времени срабатывания	Необходимо сводить к минимуму время срабатывания отключения питания элементами переключения
Совместимость	Использовать элементы, совместимые с применяемыми напряжением и током
Выдерживаемые условия окружающей среды	Следует проектировать оборудование так, чтобы оно работало во всех ожидаемых средах и при заранее предполагаемых неблагоприятных условиях температуры, влажности, вибрации и при электромагнитных помехах (EMI) (см. раздел 8)
Безопасная установка входных устройств	Следует применять безопасные входные устройства, например переключатели с блокировкой, позиционные переключатели, концевые выключатели, бесконтактные переключатели, для того чтобы допускаемые расположение, регулировка и переключение сохранились при всех вероятных условиях вибрации, износа, проникновения посторонних тел, температуры. См. ЕН 1088:1995, ИСО 14119:1998 (раздел 5)
Защита от самопроизвольного пуска	Предупреждение самопроизвольного пуска, например, после восстановления энергопитания – согласно ЕН 292-2:1991, ИСО/ТО 12100-2:1992 (пункт 3.7.2); ЕН 1037 (ИСО 14118), ЕН 60204-1 (МЭК 60204-1)
Защита схемы управления	Схема управления должна быть защищена в соответствии с ЕН 60204-1:1997, МЭК 60204-1:1997 (пункты 7.2 и 9.1.1)
Последовательное переключение в цепи серии контактов избыточных сигналов	Во избежание повреждений от помех при сварке обоих контактов включение и выключение не должно происходить одновременно, таким образом один контакт всегда может переключаться без тока

D.3 Испытанные принципы безопасности

Таблица D.2 – Испытанные принципы безопасности

Испытанные принципы безопасности	Примечания
Положительное механическое соединенние контактов	Следует использовать положительное механическое соединение контактов, например, для функции мониторинга [см. ЕН 292-2:1991, ИСО/ТО 12100-2:1992 (пункт 3.5)]
Предотвращение неисправности кабеля	Для предупреждения короткого замыкания между двумя смежными проводами необходимо: – использовать щитовой кабель, защищающий сварные соединения схемы на каждом отдельном проводе или – использовать в плоских кабелях один заземленный проводник между проводами каждого сигнала

Окончание таблицы D.2

Испытанные принципы безопасности	Примечания
Интервал	Следует использовать интевалы между клеммами, элементами и электропроводами во избежание непреднамеренных их соединений
Ограничение энергии	Следует использовать конденсаторы для подачи определенного количества энергии, например, с применением регуляторов
Ограничение электрических показателей	Ограничение влияния напряжения, тока, мощности или частоты на крутящий момент, смещение времени, уменьшение скорости во избежание опасного состояния
Непредсказуемое состояние	Следует избегать непредсказуемых состояний в системах управления. Необходимо прогнозировать и планировать проектирование и конструирование системы управления так, чтобы обеспечить нормальную эксплуатацию, а также рабочие условия, например производительность
Приведение в действие	Прямое действие передается посредством формы (и без усилия) с неэластичными элементами, например, при помощи пружины между рукояткой привода и контактами [см. ЕН 1088:1995, ИСО 14119:1998 (пункт 5.1)]
Выявление недостатков	При любых обстоятельствах необходимо выявлять недостатки в устройствах и схемах, что затем обеспечит их надежное состояние или расположение
Характер отказов	Необходимо заранее определить характер наиболее встречающихся отказов элементов систем [см. ЕН 292-2:1991, ИСО/ТО 12100-2:1992 (пункт 3.7.4)]
Сверхзаданные параметры	В целях безопасности следует использовать снижение значений следующих параметров: – величины тока, проходящего через переключаемые контакты, которая должна быть меньше половины ее номинанального значения; – частоты переключения элементов, которая должна быть меньше половины ее номинального значения, и – общего количества переключений, которое должно быть в 10 раз меньше запланированного количества, кроме этого должен быть предусмотрен метод проверки на электрическую прочность. Примечание – Снижение номинальных значений параметров должно иметь обоснование в проекте
Доведение неисправностей до минимума	Разделение функции безопасности на другие функции
Баланс между сложными и простыми процессами	Следует установить баланс между: – сложными процессами для достижения более совершенного управления и – простыми процессами для достижения большей надежности

D.4 Испытанные элементы

Элементы, перечисленные в таблице D.3, рассматриваются как испытанные, если они соответствуют ЕН 954-1:1996, ИСО 13849-1:1999 (пункт 6.2.2). Для доказательства пригодности и надежности применения испытанных элементов в таблице указаны также другие стандарты.

Испытанные элементы в одних применениях могут не подходить для других применений.

Таблица D.3 – Испытанные элементы

Испытанные элементы	Дополнительные условия для «испытаний»	Стандарт или технические условия
Переключатели с приведением в действие положительным воздействием (прямое действие включения), например: – кнопка; – позиционный переключатель; – кулачковый управляемый переключатель, например, для более эфективного включения	–	ЕН 60947-5-1:1997, МЭК 60947-5-1:1997 (приложение К)
Стоп-кран	–	ЕН 418 (ИСО 13850)
Плавкий предохранитель	–	ЕН 60269-1 (МЭК 60269-1)
Автоматический выключатель	–	ЕН 60947-2 (МЭК 60947-2)
Дифференциальный автоматический выключатель. Определитель остаточного тока	–	ЕН 60947-2:1996 (МЭК 60947-2:1995 (приложение В)
Основной контактор	Испытания подтверждаются, если: a) были учтены другие влияния, например вибрация, и b) согласно соответствующей методике были исключены повреждения, например, возникшие из-за сверхзаданных параметров (см. таблицу D.2), и c) напряжение тока ограничивается теплоизоляционным устройством, и схема защищена изоляционной защитой от перенапряжения	ЕН 60947-4-1 (МЭК 60947-4-1)
Контрольное и защитное переключающее устройство или оборудование (CPS)	–	ЕН 60947-6-2, (МЭК 60947-6-2)
Вспомогательный контактор (например, реле контактора)	Испытания подтверждаются, если: a) были учтены другие влияния, например вибрация, и b) используется положительное воздействие от напряжения, и c) согласно соответствующей методике были исключены повреждения, например, возникшие из-за сверхзаданных параметров (см. таблицу D.2), и d) ограничение тока в контактах, за исключением сварных контактов, осуществляется плавким предохранителем или масляным выключателем, и e) используемые для контроля контакты функционируют под положительным механическим воздействием	ЕН 50205, ЕН 60204-1:1997, МЭК 60204-1:1997 (пункты 5.3.2 и 9.3.3), ЕН 60947-5-1 (МЭК 60947-5-1)

Окончание таблицы D.3

Испытанные элементы	Дополнительные условия для «испытаний»	Стандарт или технические условия
Трансформатор	–	МЭК 60742
Кабель	Поверхность укладываемого кабеля должна быть защищена от механических повреждений (включая, например, вибрацию или изгиб)	ЕН 60204-1:1997, МЭК 60204-1:1997 (раздел 13)
Штепсельная вилка и розетка	–	В соответствии с электротехническим стандартом, связанным с применением по назначению. Для блокировки см. ЕН 1088 (ИСО 14119)
Температурный переключатель	–	По электротехнике см. ЕН 60947-5-1:1997, (МЭК 60947-5-1:1997, приложение К)
Переключатель давления	–	По электротехнике см. ЕН 60947-5-1:1997 (МЭК 60947-5-1:1997, приложение К). По давлению см. приложения В и С
Соленоидный клапан	–	В стандартах не оговорено

D.5 Анализ неисправностей и возможность их исключения

D.5.1 Введение

В таблицах D.4 – D.21 приведен перечень выявленных неисправностей и возможность их исключения. Дополнительные неисправности и их исключение – согласно 3.3.

Для валидации требуется обоснование постоянных неисправностей и кратковременных повреждений.

Момент проявления неисправностей может оказаться критическим (см. 7.1).

D.5.2 Провода и соединители

Таблица D.4 – Провода, кабели

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Короткое замыкание между любыми двумя проводами	Короткого замыкания можно избежать, если провода являются: – постоянно соединенными (скрепленными) и защищенными от внешнего повреждения, например, в канальной системе для кабелей, в арматуре, или – отдельными многожильными кабелями, или – находящимися внутри электроизоляции (см. примечание 1), или – индивидуально защищенными заземлением	1) Если провода и их изоляция соответствуют требованиям ЕН 60204-1 (МЭК 60204-1)

Окончание таблицы D.4

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Короткие замыкания в открытой проводящей части провода, или провода с землей, или между проводами при сварке	Коротких замыканий можно избежать, если проводник и любая открытая проводящая часть будут надежно изолированы (см. графу примечания 1)	1) Если провода и их изоляция соответствуют требованиям ЕН 60204-1 (МЭК 60204-1)
Обрыв цепи на любом проводе	Нет	–

Таблица D.5 – Печатные платы, узлы

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Короткое замыкание между двумя смежными проводниками в дорожках, колодках	Исключение короткого замыкания между смежными проводниками в соответствии с графой примечаний 1) – 3)	1) Основные материалы должны использоваться в соответствии с МЭК 60249, пути утечки тока и воздушные зазоры должны измеряться согласно МЭК 60664-1:1992 со степенью загрязнения не менее 2 и категорией установки III. 2) Печатные стороны собранной платы должны быть покрыты лаком, устойчивым к старению, или защитным слоем покрытия, покрывающим все токопроводящие дорожки в соответствии с МЭК 60664-3. 3) Все включения безопасных частей системы управления, включая дистанционное управление, следует обеспечивать степенью защиты не менее IP 54 [см. ЕН 60529 (МЭК 60529)] согласно определенным указаниям
Обрыв цепи на любой дорожке	Нет	–

Таблица D.6 – Контактная колодка

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Короткое замыкание между смежными контактами	Исключение короткого замыкания между смежными контактами в соответствии с графой примечаний 1) и 2)	1) Используемые контакты должны соответствовать стандартам СЕНЭЛЕК или МЭК и требованиям ЕН 60204-1:1997, МЭК 60204-1:1997 (пункт 14.1.1). 2) Конструкция должна обеспечивать предупреждение от короткого замыкания, например, посредством формирования усадки в точке изгиба сквозь изолированную трубку
Обрыв цепи в отдельных контактах	Нет	–

Таблица D.7 – Многоразъемное соединение

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Короткое замыкание между любыми двумя смежными разъемами	Исключение короткого замыкания между смежными разъемами в соответствии с графой примечаний 1) и 2)	1) Следует пользоваться манжетами или другими подходящими средствами для многожильных проводов. Значения путей утечки тока, воздушных зазоров и расстояний по изоляции должны измеряться согласно МЭК 60664-1:1992 с категорией установки III. 2) Собранную плату следует устанавливать согласно IP 54 [см. ЕН 60529 (МЭК 60529)], печатные стороны собранной платы должны быть покрыты износоустойчивым лаком или защитным слоем другого покрытия в соответствии с МЭК 60664-3.
Перестановка или неправильная установка разъема, если для этого не предусмотрено устройство автоматической защиты	Нет	–
Короткое замыкание любого провода в разъемном соединении (см. графу примечания 3) на землю, или проводящую часть, или на защитный провод	Нет	3) Жила кабеля является проводящей частью многоразъемного соединения
Обрыв цепи в отдельных разъемах	Нет	–

D.5.3 Переключатели

Таблица D.8 – Электромеханический позиционный переключатель, ручной переключатель (например, кнопка, переключатель возвратного действия, переключатель типа DIP, магнитоуправляемые контакты, язычковый переключатель, реле давления, датчик температуры)

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Разомкнутый контакт	Нет	1) Токопроводящие части не должны соприкасаться между собой изоляцией
Замкнутый контакт	Применяемые контакты должны соответствовать ЕН 60947-5-1:1997, (МЭК 60947-5-1:1997, приложение К)	
Короткое замыкание между смежными контактами, изолированными друг от друга	В переключателях можно исключить короткое замыкание, если соблюдать требования ЕН 60947-5-1 (МЭК 60947-5-1) (см. графу примечания 1)	
Короткое замыкание между тремя периодически переключаемыми контактами	Возможность исключения короткого замыкания для переключателей в соответствии с ЕН 60947-5-1 (МЭК 60947-5-1) (см. графу примечания 1).	
Примечание – Списки неисправностей для механических систем представлены в приложении А.		

Таблица D.9 – Электромеханические устройства (например, реле, релейные выключатели)

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Если катушка обесточена, все контакты остаются под напряжением (например, по причине механической неисправности)	Нет	–
Все контакты остаются обесточенными, когда прикладывается усилие (например, по причине механической неисправности, обрыва цепи)	Нет	
Разомкнутый контакт	Нет	
Замкнутый контакт	Нет	
Короткое замыкание между тремя периодически переключаемыми контактами	Короткое замыкание можно исключить, если будут выполняться требования [см. графу примечаний 1) и 2)]	1) Пути утечки тока и воздушные зазоры, по крайней мере, должны измеряться согласно ИСО 60664-1:1992 со степенью загрязнения не менее 2 и категорией установки III. 2) Контактирующие токопроводящие части между собой не должны соприкасаться изоляцией
Короткое замыкание между двумя парами контактов и (или) между контактами и клеммами катушки	Короткое замыкание можно исключить, если будут выполняться требования [см. графу примечаний 1) и 2)]	
Одновременное срабатывание разомкнутых и замкнутых контактов	Одновременное срабатывание контактов можно исключить, если будут выполняться требования (см. графу примечания 3)	3) Необходимо использовать жестко соединенные (или механически соединенные) контакты

Таблица D.10 – Неконтактные переключатели

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Постоянно низкое сопротивление на выходе	Нет (см. графу примечания 1)	1) См. ЕН 60947-5-3 (МЭК 60947-5-3)
Постоянно высокое сопротивление на выходе	Нет (см. графу примечания 2)	2) Следует составить мероприятия по предупреждению неисправностей
Прерывание энергоснабжения	Нет	–
Холостой ход переключателя, обусловленный механическим повреждением	Данную неисправность можно избежать, если будут выполняться требования (см. графу примечания 3)	3) Следует, чтобы все элементы переключателя были хорошо закреплены. По вопросам механических систем см. приложение А
Короткое замыкание между тремя клеммами переключателя	Нет	–

Таблица D.11 – Соленоидные клапаны

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Не включаются	Нет	–
Не выключаются	Нет	
Примечание – Списки неисправностей по механическим аспектам пневматических и гидравлических клапанов содержатся в приложениях В и С.		

D.5.4 Дискретные электрические элементы

Таблица D.12 – Трансформаторы

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Обрыв цепи в одной из обмоток	Нет	–
Короткое замыкание между разными обмотками	Короткое замыкание между разными обмотками можно исключить, если будут выполняться требования (см. графу примечания 1)	1) Необходимо выполнять требования МЭК 60742. Кроме этого, при номинальном напряжении менее 500 Вт должна быть изоляция, которая соответствовала бы значениям определенного при испытаниях переменного тока 2500 Вт. Следует избегать коротких замыканий в катушках и обмотках, предпринимая соответствующие меры, например: – пропитка катушек должна заполнять все полости между отдельными витками и корпусом катушки и сердечника и – использование изолированных и выдерживающих максимальные температурные характеристики жил обмотки. 2) В случае повторного короткого замыкания накаливание не должно быть выше температуры, установленной в документации
Короткое замыкание в одной обмотке	Короткое замыкание в одной обмотке можно исключить, если будут выполняться требования (см. графу примечания 1)	
Изменение эффективного коэффициента трансформации	Можно исключить изменение эффективного коэффициента трансформации, если выполняются требования (см. графу примечания 1). Дополнительно см. графу примечания 2)	

Таблица D.13 – Индукторы

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Обрыв цепи	Нет	–
Короткое замыкание	Короткое замыкание можно исключить, если будет выполняться требование (см. графу примечания 1)	1) Катушка имеет одно из покрытий, эмалированное или из изолирующего материала, и установлена по оси с осевым сращиванием проводов
Вероятность изменения значений: $0{,}5L_N < L < L_N$ + допуск, где L_N является номинальным значением индуктивности (см. графу примечания 2)	Нет	2) Выбор конструкции другого типа должен быть обоснован

Таблица D.14 – Резисторы

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Обрыв цепи	Нет	–
Короткое замыкание	Короткое замыкание можно исключить, если выполняется требование (см. графу примечания 1). Нет исключений для резисторов, используемых при технологическом поверхностном монтаже	1) Применяется резистор пленочного или проволочного типа с защитой, предотвращающей в случае поломки от раскручивания проволоки, установленной по оси с осевым сращиванием проводов и лаковым покрытием
Вероятность изменения значений: $0{,}5R_N < R < 2R_N$ + допуск, где R_N является номинальным значением сопротивления (см. графу примечания 2)	Нет	2) Выбор конструкции другого типа должен быть обоснован

Таблица D.15 – Резисторные схемы

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Обрыв цепи	Нет	–
Короткое замыкание во всех контактах	Нет	
Короткое замыкание между двумя контактами	Нет	
Вероятность изменения значений: $0{,}5R_N < R < 2R_N$, где R_N является номинальным значением сопротивления (см. графу примечания 1)	Нет	1) Выбор конструкции другого типа должен быть обоснован

Таблица D.16 – Потенциометры

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Обрыв цепи в одном из соединений	Нет	–
Короткое замыкание во всех соединениях	Нет	
Короткое замыкание между любыми двумя соединениями	Нет	
Вероятность изменения значений: $0{,}5R_p < R < 2R_p$, где R_p является номинальным значением сопротивления (см. графу примечания 1)	Нет	1) Выбор конструкции другого типа должен быть обоснован

Таблица D.17 – Конденсаторы

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Обрыв цепи	Нет	–
Короткое замыкание	Нет	
Вероятность изменения значений: $0,5C_N < C < C_N$ + допуск, где C_N является номинальным значением пропускной способности (см. графу примечания 1)	Нет	1) Выбор конструкции другого типа должен быть обоснован
Изменение значения тангенса δ	Нет	–

D.5.5 Электронные компоненты

Таблица D.18 – Дискретные полупроводниковые приборы (например, диоды, полупроводниковые стабилитроны, транзисторы, симисторы, регуляторы напряжения, кварцевые кристаллы, фототранзисторы, светодиоды

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Обрыв цепи в одном из соединений	Нет	–
Короткое замыкание между любыми двумя соединениями	Нет	
Короткое замыкание во всех соединениях	Нет	
Изменение характеристик	Нет	

Таблица D.19 – Оптроны

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Обрыв цепи в одном из соединений	Нет	–
Короткое замыкание между любыми двумя соединениями на входе	Нет	
Короткое замыкание между любыми двумя соединениями на выходе	Нет	
Короткое замыкание между любыми двумя соединениями на входе и выходе	Короткого замыкания на входе или выходе можно избежать, если выполняется требование (см. графу примечания 1)	Материал должен соответствовать МЭК 60249, и пути утечки тока и воздушные зазоры должны измеряться в соответствии с МЭК 60664-1:1992 со степенью загрязнения 2 и категорией установки III

Таблица D.20 – Непрограммируемые интегральные схемы

Примечание 1 – В настоящем стандарте интегральные схемы с менее чем 1000 входами и (или) с менее чем 24 выходами, операционными усилителями, регистрами сдвига и гибридными модулями рассматриваются как несложные. Данное определение является условным.

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Обрыв цепи в одном из соединений	Нет	–
Короткое замыкание между любыми двумя соединениями	Нет	

Окончание таблицы D.20

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Ошибка типа «постоянная» (например, короткое замыкание в «1» и «0» с отдельным входом или отсоединенным выходом). Помехи сигнала «0» и «1» на всех входах и выходах, каждый отдельно или вместе	Нет	–
Побочные колебания на выходах	Нет	
Изменение значений (например, напряжение моделирующих устройств на входе или выходе)	Нет	

Таблица D.21 – Программируемые и (или) сложные интегральные схемы

Примечание 2 – В настоящем стандарте интегральная схема рассматривается как сложная, если она состоит из более чем 1000 входов и (или) более чем 24 выходов. Такое определение является условным. Для определения и учета дополнительных неисправностей, влияющих на функцию безопасности, необходимо проводить анализ.

Рассматриваемая неисправность	Возможность исключения неисправности	Примечания
Неисправности во всей схеме или в ее отдельной части, включая ошибки программного обеспечения	Нет	–
Обрыв цепи в одном из соединений	Нет	
Короткое замыкание между любыми двумя соединениями	Нет	
Ошибка типа «постоянная» (например, короткое замыкание в «1» и «0» с отдельным входом или отсоединенным выходом). Помехи сигнала «0» и «1» на всех входах и выходах, каждый отдельно или вместе	Нет	
Побочные колебания на выходах	Нет	
Изменение значений (например, напряжение моделирующих устройств на входе или выходе)	Нет	
Неустановленные неисправности в аппаратном обеспечении, которые не проявляются из-за сложности интегральных схем	Нет	

Библиография

[1]	Европейский стандарт EN 292-2:1991 (ISO/TR 12100-2:1992) [ЕН 292-2:1991 (ИСО/ТО 12100-2:1992)]	Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 2: Technical principles and specifications (Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 2. Технические правила и технические требования)
[2]	Европейский стандарт EN 418 (ISO 13850) [ЕН 418 (ИСО 13850)]	Safety of machinery – Emergency stop equipment, functional aspects – Principles for design (Безопасность машин. Установки аварийного выключения. Функции. Принципы проектирования)
[3]	Европейский стандарт EN 854 (ISO 4079-1) [ЕН 854 (ИСО 4079-1)]	Rubber hose and hose assemblies – Textile reinforced hydraulic type – Specification (Рукава резиновые и рукава в сборе из армированной текстилем резины для гидравлических жидкостей. Технические условия)
[4]	Отчет СЕН CR 954-100 (ISO 13849-100:2000) [CR 954-100 (ИСО 13849-100:2000)]	Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 100: Guide on the use and application of EN 954-1:1996 (Безопасность оборудования. Элементы безопасности систем контроля и управления. Часть 100. Руководство по использованию и применению ЕН 954-1:1996)
[5]	Европейский стандарт EN 982:1996 (ЕН 982:1996)	Safety of machinery – Safety requirements for fluid power systems and their components – Hydraulics (Безопасность машин. Требования безопасности к гидравлическим и пневматическим системам и устройствам. Гидравлические системы)
[6]	Европейский стандарт EN 983:1996 (ЕН 983:1996)	Safety of machinery – Safety requirements for fluid power systems and their components – Pneumatics (Безопасность машин. Требования безопасности к гидравлическим и пневматическим системам и устройствам. Пневматические системы)
[7]	Европейский стандарт EN 1037:1995 (ISO 14118:2000) [ЕН 1037:1995 (ИСО 14118:2000)]	Safety of machinery – Prevention of unexpected start-up (Безопасность машин. Предотвращение случайного пуска)
[8]	Европейский стандарт EN 1050:1996 (ISO 14121:1999) [ЕН 1050:1996 (ИСО 14121:1999)]	Safety of machinery – Principles for risk assessment (Безопасность машин. Принципы оценки риска)
[9]	Европейский стандарт EN 1088:1995 (ISO 14119:1998) [ЕН 1088:1995 (ИСО 14119:1998)]	Safety of machinery – Interlocking devices associated with quards – Principles for designand selection (Безопасность машинного оборудования. Блокировочные устройства для защитных приспособлений. Принципы конструирования и выбора)
[10]	Европейский стандарт EN 50205:2002 (ЕН 50205:2002)	Relais with forcibly guided (mechanically linked) contacts [Реле с контактами, приводимыми в действие с приложением силы (механически связанными)]
[11]	Европейский стандарт EN 60204-1:1997 (ЕН 60204-1:1997)	Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements (IEC 60204-1:1997) [Безопасность машин. Электрическое оборудование машин. Часть 1. Общие требования (МЭК 60204-1:1997)]

[12]	Европейский стандарт EN 60269-1 (ЕН 60269-1)	Low-voltage fuses – Part 1: General requirements (IEC 60269-1:1998) [Предохранители плавкие низковольтные. Часть 1. Общие требования (МЭК 60269-1:1998)]
[13]	Европейский стандарт EN 60529 (ЕН 60529)	Degrees of protection provided by enclosures (IP code) (IEC 60529:1989) [Степени защиты, обеспечиваемые корпусами (IP-код) (МЭК 60529:1989)]
[14]	Европейский стандарт EN 60947-2:1996 (ЕН 60947-2:1996)	Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers (IEC 60947-2:1995) [Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 2. Силовой выключатель (МЭК 60947-2:1995)]
[15]	Европейский стандарт EN 60947-4-1:2001 (ЕН 60947-4-1:2001)	Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4-1: Contactors and motor-starters – Electromechanical contactors and motor-starters (IEC 60947-4-1:2000) [Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 4-1. Контакторы и пускатели. Электромеханические контакторы и пускатели (МЭК 60947-4-1:2000)]
[16]	Европейский стандарт EN 60947-5-1:1997 [ЕН 60947-5-1:1997]	Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-1: Control circuit devicer and switching elements – Requirements for proximity devices with defined behaviour under fauit conditions (PDF) (IEC 60947-5-1:1997) [Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 5-1. Аппараты и коммутационные элементы цепей управления. Электромеханические аппараты для цепей управления (МЭК 60947-5-1:1997)]
[17]	Европейский стандарт EN 60947-5-3:1999 (ЕН 60947-5-3:1999)	Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-3: Control circuit devicer and switching elements – Requirements for proximity devices with defined behaviour under fauit conditions (PDF) (IEC 60947-5-3:1999) [Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 5-3. Аппараты и коммутационные элементы цепей управления. Требования к приборам с высокой плотностью монтажа с заданным поведением в неисправном состоянии (PDF) (МЭК 60947-5-3:1999)]
[18]	Европейский стандарт EN 60947-6-2 (ЕН 60947-6-2)	Low-voltage switchgear and controlgear – Part 6: Multiple function equpment – Section 2: Control and protective switching devices (or equipment) (CPS) (IEC 60947-6-2:1992) [Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 6. Многофункциональные устройства. Раздел 2. Контрольные и защитные переключающие устройства (или оборудование) (CPS) (МЭК 60947-6-2:1992)]
[19]	Международный стандарт ISO 4960 (ИСО 4960)	Cold-reduced caduced carbon steel strip with a carbon content over 0,25 % (Сталь углеродистая полосовая, обжатая в холодном состоянии, с содержанием углерода свыше 0,25 %)
[20]	Международный стандарт IEC 60249 series (серия МЭК 60249)	Base materials for printed circuits (Основные материалы для печатной схемы)
[21]	Международный стандарт IEC 60664-1: 1992 (МЭК 60664-1:1992)	Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests (Координация изоляции для оборудования низковольтных систем. Часть 1. Принципы, требования и испытания)

[22]	Международный стандарт IEC 60664-3 (МЭК 60664-3)	Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coatings to achieve insulation co-ordination of printed board assemblies (Оборудование в низковольтных системах, координация изоляции. Часть 3. Применение покрытий для достижения координации изоляции сборок печатных плат)
[23]	Международный стандарт IEC 60742 (МЭК 60742)	Isolating transformers and safety isolating transformers – Requirements (Разделительный трансформатор и разделительные трансформаторы для безопасности. Требования)
[24]	Международный стандарт IEC 60812 (МЭК 60812)	Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA) [Техника анализа для надежности систем. Процедура анализа причин и последствий отказов (FMEA)]
[25]	Международный стандарт IEC 61025 (МЭК 61025)	Fault tree analysis (FTA) [Анализ дерева отказов (FTA)]
[26]	Международный стандарт IEC 61508 series (серия МЭК 61508)	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems (Функциональная безопасность электрических/электронных/программируемых электронных систем, связанных с безопасностью)
[27]	Международный стандарт IEC 62061 (МЭК 62061)	Safety of machinery – Functional safety – Electrical, electronic and programmable electronic control systems (standard in preparation) [Безопасность машин. Функциональная безопасность. Электрические, электронные и программируемые электронные системы контроля (стандарт разрабатывается)]
[28]	Directive 87/404/EEC (Директива 87/404/ЕЭС)	Council Directive of 25 June 1987 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to simple pressure vessels (Директива Совета от 25 июня 1987 г. относительно сближения законодательств государств-членов, касающихся простых сосудов под давлением)
[29]	Directive 90/488/EEC (Директива 90/488/ЕЭС)	Council Directive of 17 September 1990 amending Directive 87/404/EEC on the harmonisation of the laws of the Member States relating to simple pressure vessels (Директива Совета от 17 сентября 1990 г., вносящая изменения в Директиву 87/404/ЕЭС относительно сближения законодательств государств-членов, касающихся простых сосудов под давлением)
[30]	Directive 97/23/EC (Директива 97/23/ЕС)	Directive 97/23/EC of the European Parliament and of the Council of 29 May 1997 on the approximation of the laws of the Member States concerning pressure equipment (Директива Европейского Парламента и Совета от 29 мая 1997 г. по сближению законодательств государств-членов, касающихся оборудования, работающего под давлением)

Приложение Е
(справочное)

Сведения о соответствии международных стандартов, на которые даны ссылки, государственным стандартам, принятым в качестве идентичных государственных стандартов

Таблица Е.1

Обозначение и наименование европейского стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование государственного стандарта
ИСО/ТО 12100-1:1992 Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 1. Основные термины, методика	IDT	ГОСТ ИСО/ТО 12100-1-2001 Безопасность оборудования. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 1. Основные термины, методика
ИСО 13849-1:1999 Безопасность машин. Элементы безопасности систем управления. Часть 1. Общие принципы конструирования	IDT	СТБ ИСО 13849-1 Безопасность машин. Элементы безопасности систем управления. Часть 1. Общие принципы конструирования

Ответственный за выпуск В.Л. Гуревич

Сдано в набор 15.09.2005. Подписано в печать 17.10.2005. Формат бумаги 60×84/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Arial. Печать ризографическая. Усл. печ. л. 6,05 Уч.- изд. л. 3,18 Тираж экз. Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение
НП РУП «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации (БелГИСС)»
Лицензия № 02330/0133084 от 30.04.2004.
220113, г. Минск, ул. Мележа, 3.

gost.e-ecolog.ru