

# ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

ПРИБОРНАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ

ЗАЩИТНЫЙ БАРЬЕР

АВАРИЙНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ

СВЕТОСИГНАЛЬНАЯ АППАРАТУРА

ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

# ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА

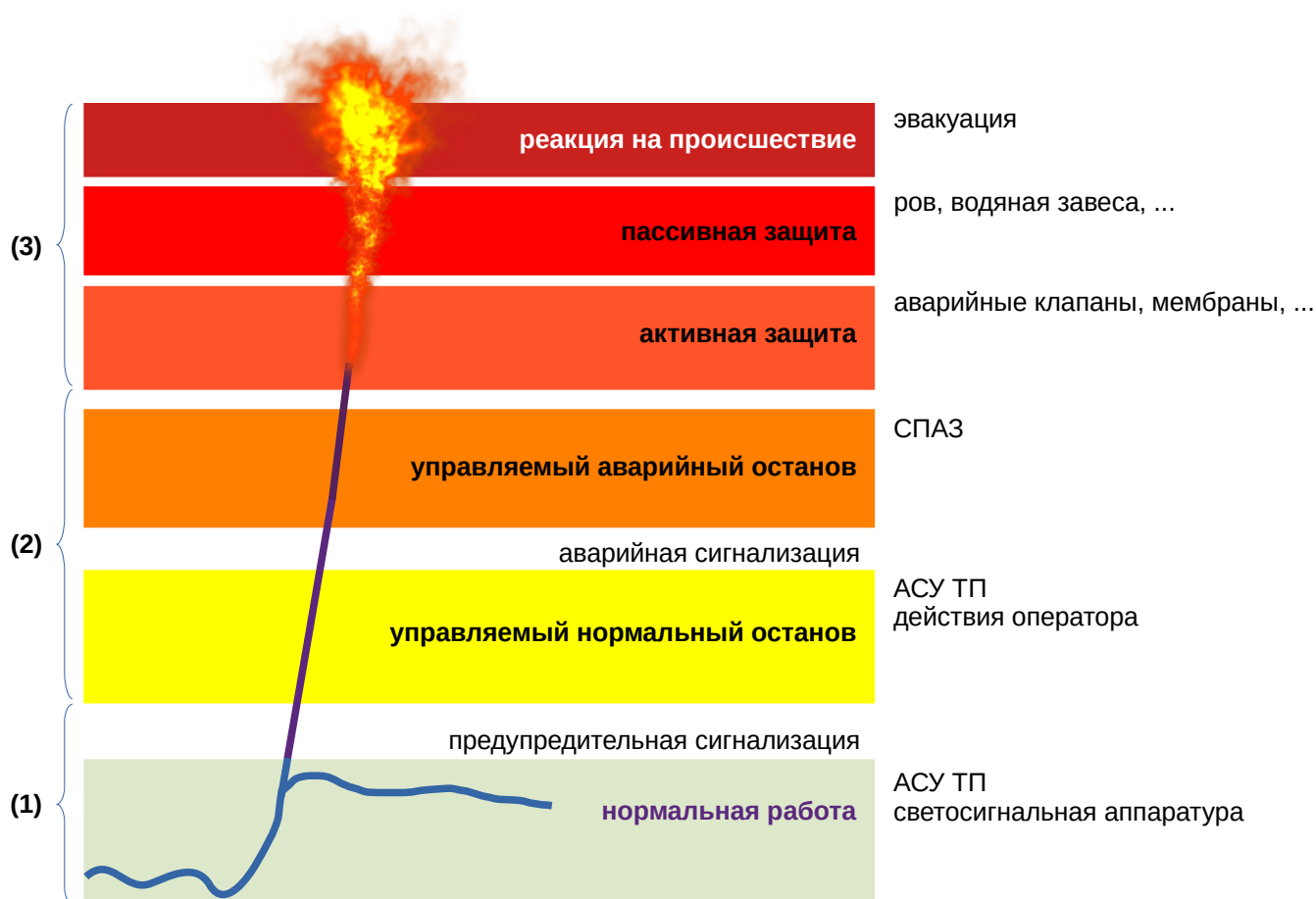
## ВВЕДЕНИЕ

**Противоаварийная защита (Safety)** — система методов и устройств, которые предназначены для быстрого прекращения развития аварии.

Устройства защиты срабатывают автоматически или при внешнем управлении (например, с помощью операторативного персонала) в момент достижения одним из контролируемых параметров установленного значения (аварийная уставка), который может привести или уже привел к возникновению аварии. При включении человека-оператора в систему противоаварийной защиты в ряде случаев для него предусматриваются специальные средства защиты.

Противоаварийная защита может состоять из нескольких функциональных уровней:

1. Предупреждение
  - базовая автоматизированная система управления (АСУ ТП)
  - светосигнальная аппаратура
2. Предотвращение
  - базовая автоматизированная система управления (АСУ ТП)
  - система противоаварийной автоматической защиты (СПАЗ)
  - действия оператора
  - аварийная сигнализация
3. Смягчение
  - активная защита (аварийные клапаны, мембраны и т. п.)
  - пассивная защита (ров, водяные завесы и т. п.)
  - эвакуация (как реакция на происшествие)



# ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА

## ПРИБОРНАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ

**Приборная система безопасности (Safety Instrumented Systems, SIS)** - система контроля и управления, которая используется для выполнения функций безопасности и состоит из датчиков, логических устройств и исполнительных элементов.

Задача приборной системы безопасности — это гарантированно быстро перевести контролируемый процесс в безопасное состояние в случае возникновения угрозы.

В приборную систему безопасности обычно входят:

- чувствительные элементы
  - защитные барьеры
  - датчики безопасности (Safety Sensors)
- устройства управления и индикации
  - аварийные выключатели
  - реле безопасности
  - контрольные схемы (аварийная, тепловая)
  - станции ввода/вывода (Safety I/O)
  - ПЛК безопасности (Safety PLC)
  - устройства пуска двигателей с функцией безопасности
  - светосигнальная аппаратура
  - панели оператора
- исполнительные механизмы, клапаны безопасности (Safety Actuators)
- промышленные сети безопасности

Чувствительный элемент должен зафиксировать наличие аварийной ситуации в контролируемом процессе.

Устройство управления должно обработать полученную от датчика информации и выработать соответствующее управляющее воздействие для исполнительного механизма (**управляемый нормальный или аварийный останов**), а также сигнализировать оперативному персоналу о возникшей нештатной ситуации (например, средствами человеко-машинного интерфейса — панель оператора, светосигнальная аппаратура).

Исполнительный механизм, обычно, использует для своей работы «безотказные» силы природы (например, энергия предварительно сжатой пружины).

Приборная система безопасности должна строиться так, чтобы запуск контролируемого процесса после аварийного сбоя был невозможен, пока не будут устранены причины и не будет ручного подтверждения от оперативного персонала (**квитирование**).

Процесс управления безопасностью, в отличие от штатного процесса управления, является пассивным — т.е. приборная система безопасности должна находиться в постоянном ожидании возникновения опасной ситуации.

Также, система безопасности должна давать уверенность (гарантировать), что, в случае возникновения опасности, защита обязательно сработает.

# ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА

## ПРИБОРНАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ

Способы, повышающие гарантированное срабатывание защиты:

- резервирование и/или дублирование ключевых компонентов
  - контуры управления
  - датчики
  - цепи передачи контрольно-измерительных сигналов
  - сегменты промышленной сети передачи данных
  - блоки каналов В/В
  - блоки центрального процессора (ПЛК)
  - блоки сетевых интерфейсов
  - блоки питания
- непрерывная самодиагностика / самопроверка
- высокая отказоустойчивость (соответствующий уровень SIL)
- защита средств коммуникации и данных

# ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА

## ЗАЩИТНЫЙ БАРЬЕР

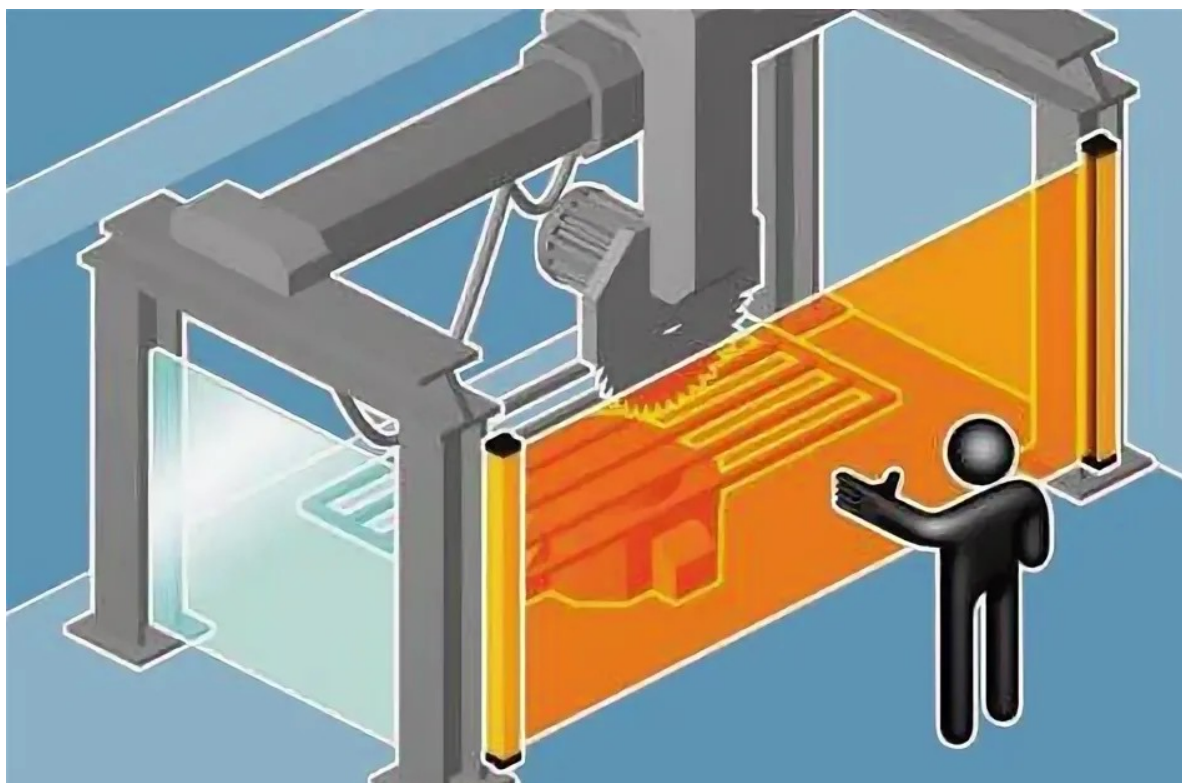
Защитный барьер (Safety Barrier) - это компонент (устройство), препятствующий попаданию в опасную зону, обычно использующийся для снижения риска в модели «Опасность - Барьер — Цель».

Защитные барьеры, обычно, применяются в контрольных схем (схемы цепей управления) — например, схема пуска механизма разорвана (не собирается), пока оператор находится в зоне защитного барьера.

Типы:

- Жесткие
  - стационарные или съемные ограждения
  - заборы, дорожные заграждения
- Мягкие
  - оптоэлектронные  
(бесконтактные световые и фото-завесы: одно-, многолучевые, лазерные)
  - электромагнитные  
(бесконтактные индуктивные датчики)
  - чувствительные к давлению  
(маты и кнопки безопасности)

Бесконтактные защитные барьеры используются для защиты рабочего и оперативного персонала от травм при работе с потенциально опасным для здоровья оборудованием: прессы, роботы, подъемники, обрабатывающие станки, экструдеры, штабелеукладчики и т. п.



# ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА

## ЗАЩИТНЫЙ БАРЬЕР

### Световая завеса

Light Curtain

Представляет собой излучатель и приемник, устанавливаемые друг против друга на некотором расстоянии и связанные друг с другом световыми лучами (одним или несколькими, в видимом или невидимом диапазонах — например, инфракрасном). Световой луч образует защитное поле, при прерывании которого генерируется сигнал для отключения механизма.

При использовании зеркального отражателя, можно получить защитное поле в нескольких сопряженных плоскостях (в объеме) или увеличить размеры этого поля — **функция каскадирования (cascading)**.

Программируя последовательность прерывания лучей, можно настроить систему безопасности на распознавание механизмов, животных и людей.

Базовые характеристики:

- категория безопасности
- количество лучей
- дистанция сканирования (расстояние от излучателя до приемника)
- разрешение (шаг / расстояние между соседними лучами)
- размер защитного поля (при использовании функции каскадирования)
- угол рабочей зоны, угловое разрешение и скорость сканирования (для лазерных)
- минимальный размер объекта, который может быть распознан
- выходной сигнал / интерфейс

### Мат безопасности

Safety Mat

Используется для ограждения площади пола вокруг потенциально опасного механизма. Если оператор наступит ногой на такой мат, то будет выдан сигнал на отключение механизма.

### Кромка (концевик) чувствительности

Safety Strip

Крепится на кнопки движущихся частей механизмов (например, шлагбаумов, ворот). Если движущийся механизм с таким концевиком касается, например, человека, то выдается сигнал на его отключение.

# ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА

## АВАРИЙНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ

Применяются, обычно, в контрольных схемах (схема цепи управления) для экстренного аварийного отключения электрооборудования.

### Кнопка аварийного отключения

Emergency Stop Button

«Красная кнопка», «Грибок»

При нажатии, кнопка фиксируется в нажатом положении, разрывая электрическую цепь управления и останавливает таким образом контролируемый механизм. Возврат кнопки в исходное состояние, в зависимости от конструкции, осуществляется повторным нажатием на нее, или путем ее вытягивания с одновременным поворотом, или с помощью специального замочного ключа (квитирование аварийной ситуации).



### Трос аварийного отключения

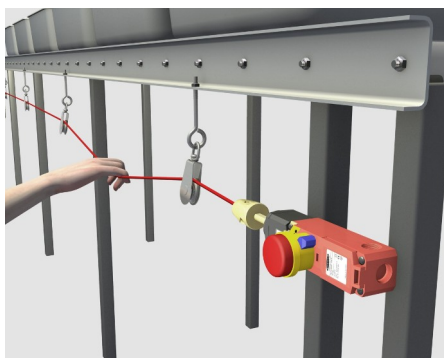
Emergency Stop Cable

Представляет собой трос и механизм отключения.

Трос может быть протянут по всему периметру рабочей зоны какого-то механизма (например, по периметру станка). При возникновении аварийной ситуации, оператору не нужно бежать или тянуться до ближайшей «Красной кнопки» - достаточно коснуться троса или потянуть его в любом месте.

Трос, как и «Красная кнопка», фиксируется после срабатывания, разрывая контрольную схему и останавливая рабочий механизм. Возврат в исходное положение, в зависимости от конструкции, осуществляется нажатием специальной кнопки или с помощью замочного ключа (квитирование аварийной ситуации).

Может использоваться совместно с кнопкой аварийного отключения, либо вместо нее.



# ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА

## АВАРИЙНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ

### Выключатель кнопочный

Pushbutton

Представляет собой обычную кнопку. Нажатие одним пальцем.

### Выключатель ладонный

Palm Switcher

Нажимается ладонью (как комнатный выключатель или «Грибок»).

### Выключатель кулачковый

Cam Switcher

Коммутация осуществляется кулачковым механизмом с помощью ручки-переключателя.

### Выключатель пакетный

Batch Switcher

Разновидность кулачкового выключателя, где используется набор из нескольких кулачковых механизмов (пакет), позволяющий коммутировать сразу несколько цепей.

### Выключатель многопозиционный

Stepping Switcher

Разновидность кулачкового пакетного выключателя с несколькими положениями ручки-переключателя (например, «Выкл.», «Местный режим», «Дистанционный режим»).

### Выключатель ножной

Foot Switcher

Педальный выключатель. Нажимается ногой оператора.

### Выключатель двуручный

Two-hand Switcher

При нажатии задействуются две руки. Обычно применяется в качестве кнопки «Пуск» (например, чтобы при пуске станка-гильотины одна из рук случайно не попала под нож).



кнопочный



ладонный



кулачковый



двуручный



# ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА

## СВЕТОСИГНАЛЬНАЯ АППАРАТУРА

### Лампа сигнальная

Signal Lamp, Panel Lamp, Panel Alarm

Лампа, обычно светодиодная (диаметр примерно 22 мм), на 12, 24 или 220 В.

Цвет: красный, желтый, зеленый, белый (есть синий, голубой).

Для монтажа в пульты и шкафы (например, шкаф управления / ШУ).

### Маяк проблесковый

Flashing Beacon, Rotating Lamp

Цветная «мигалка» или вращающаяся лампа. Устанавливается на шкаф.

### Сирена, Оповещатель звуковой

Horn, Siren, Alarm

Звуковое сигнальное устройство с различными тональностями и уровнями громкости.

### Светосигнальная колонна

Signal Tower

Комбинированное устройство, включающее в себя, в зависимости от конструкции, набор из нескольких сигнальных ламп разных типов (статические, мигающие) и цветов, а также звуковой оповещатель.



*сигнальные лампы*



*маяк проблесковый*



*оповещатель звуковой*



*светосигнальная колонна*

# ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА

## ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА

**Система противоаварийной автоматической защиты (СПАЗ, далее ПАЗ)** — это аппаратно-программный комплекс, который входит в приборную систему безопасности и используется для автоматического контроля состояния потенциально опасных процессов, а также для предупреждения возникновения аварийной ситуации и перевода этого процесса в безопасное состояние в случае возникновения аварийной ситуации.

ПАЗ, как правило, включается в общую систему управления процесса (АСУ ТП). При этом, общая система управления не должна влиять на работу системы ПАЗ.

### Основные задачи

- Сбор данных с датчиков системы безопасности
- Обработка полученных данных
- Анализ потенциально опасных изменений контролируемого процесса
- Формирование управляющих воздействий (команд)
- Выдача управляющих команд на исполнительные механизмы системы безопасности *(в основном это сигналы двухпозиционного управления — вкл/выкл, откр/закр)*
- Выделение первопричины срабатывания системы безопасности *(формирование отчета)*
- Передача данных о состоянии системы безопасности в общую систему управления *(для индикации, сигнализации и архивирования)*
- Дистанционное ручное управление исполнительными механизмами безопасности *(с инженерной станции или со специальной оперативной панели ПАЗ)*
- Самодиагностика / самопроверка контуров системы безопасности
- Аппаратное резервирование (дублирование, троирование, ...) ключевых компонентов *(модули питания, процессоры, каналы В/В, шины и сети передачи данных)*

### Основные компоненты

- Станции (или модули) ввода/вывода (Safety I/O)
- ПЛК (Safety PLC)
- Специальное программное обеспечение *(среда программирования, окружение для инженерной станции, сервисные утилиты)*



**ПЛК REGUL R5000S (ПРОСОФТ)**  
для построения систем ПАЗ опасных объектов

# ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА

## СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

- **МЭК-61508** (IEC-61508) / **ГОСТ Р МЭК 61508**
- МЭК-61511 (IEC-61511)
- TÜV

Стандарт МЭК-61508 (IEC-61508) (для РФ - ГОСТ Р МЭК 61508) является базовым стандартом функциональной безопасности для всех отраслей промышленности.

### Допустимая вероятность отказа

Основная мера оценки функциональной безопасности компонентов систем - чем опаснее процесс или оборудование, тем выше требования к надежности функций системы безопасности.

Стандарт МЭК-61508 определяет четыре уровня допустимой вероятности отказа — это **уровень полноты безопасности (SIL, Safety Integrity Level)**.

SIL	Допустимая вероятность отказа	Степень опасности, контроль которой должен быть обеспечен Область применения
<b>SIL4</b>	$10^{-5} \dots 10^{-4}$  1 сбой в 10000 лет	Общая техногенная катастрофа.  Самый высокий уровень безопасности, применяемый для систем критически важных объектов, где отказ может привести к катастрофическим последствиям.  Атомная энергетика, Гидро-электростанции Нефтегазовая, химическая, добывающая промышленность
<b>SIL3</b>	$10^{-4} \dots 10^{-3}$  1 сбой в 1000 лет	Гибель персонала или населения.  Высокий уровень безопасности, применяемый для систем, где отказ может вызвать серьезные аварии или травмы.  Нефтегазовая, химическая, добывающая промышленность Металлургия Медицинское оборудование
<b>SIL2</b>	$10^{-3} \dots 10^{-2}$  1 сбой в 100 лет	Травматизм персонала.  Средний уровень безопасности, применяемый для систем, где отказ может привести к серьезным последствиям.  Общепромышленное применение для критических процессов.
<b>SIL1</b>	$10^{-2} \dots 10^{-1}$  1 сбой в 10 лет	Повреждение оборудования, продукции.  Для систем с минимальными требованиями к безопасности.

Соответствующий SIL присваивается как аппаратным, так и программным компонентам (например, OCPB FreeRTOS соответствует SIL2, а в версии Safety — SIL3).