

Основы промышленной автоматизации. Мультимедийный конспект лекций : учебное пособие

**Гоман Виктор Валентинович, к.т.н., зав. кафедрой ПМ
НТИ (ф) УрФУ
2012**

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
Нижнетагильский технологический институт (филиал)

Кафедра «Прикладная механика»

Гоман В.В.

Мультимедийный конспект лекций
«Основы промышленной автоматизации»:
учебное пособие
для студентов всех форм обучения специальностей
151001 – Технология машиностроения, 150202 - Оборудование и технология
сварочного производства, 140610 – Электрооборудование и электрохозяйство
предприятий, организаций и учреждений и 140604 – Электропривод и
автоматика промышленных установок и технологических комплексов.

Нижний Тагил
2012

УДК 621.3:658.2.016

Автор-составитель: В. В. Гоман

Научный редактор: канд. техн. наук, доц., зав. каф. АТПС НТИ (ф) УрФУ В.А. Иванушкин.

Основы промышленной автоматизации : мультимедийный конспект лекций : учебное пособие / авт.-сост. В. В. Гоман ; Нижний Тагил : НТИ (ф) УрФУ, 2012. – 111 слайдов.

Конспект лекций предназначен для использования в ходе изучения дисциплины «Автоматизация сварочных процессов» студентами всех форм обучения специальности 150202 – Оборудование и технология сварочного производства», дисциплины «Автоматизация производственных процессов в машиностроении» студентами всех форм обучения специальности 151001 – Технология машиностроения и дисциплины «Автоматизация технологических процессов» студентами всех форм обучения специальностей 140610 – Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений и 140604 – Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов.

В пособии описаны основные вопросы автоматизации, технические средства автоматизации и электроавтоматики, элементы систем автоматизации, вопросы проектирования систем автоматизации.

В пособии использованы демонстрационные материалы фирм Сименс, ЗАО «Сенсор», Pepperl+Fuchs.

Подготовлено кафедрой «Прикладная механика».
© ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет»
Нижнетагильский технологический институт (филиал)
© В.В. Гоман, 2012

Основные определения

Под *автоматизацией* производственных процессов понимается выполнение этих процессов с ограниченным участием человека.

Соответственно под системой автоматизации производственных процессов понимается совокупность приборов и устройств, связанных между собой, с персоналом, оборудованием, реализующим данный производственный процесс, и смежными службами, а также методы использования этой совокупности.

В последнее время автоматизация производственных процессов становится одним из основных направлений технического прогресса в машиностроении.

Основные определения

Автоматизация нулевого уровня имеет место быть, когда участие человека исключается только при выполнении рабочих ходов. Примером может служить включение и выключение вращения шпинделя или движения подачи инструментов. Автоматизация нулевого уровня называется также *механизацией*. Поэтому для проведения автоматизации необходимо прежде провести механизацию производственных процессов.

При автоматизации рабочего цикла в серийном и поточном производствах часто ограничиваются созданием устройств, исключающих участие человека в выполнении холостых ходов на отдельных агрегатах технологического оборудования. В этом случае говорят об *автоматизации первого уровня*. Автоматизация первого уровня не подразумевает связь рабочих машин между собой автоматической связью. Транспортировка и контроль обрабатываемых изделий осуществляется в этом случае с участием человека.

Основные определения

Автоматизация второго уровня сводится к автоматизации технологического процесса в целом. При втором уровне автоматизации обеспечивается решение задач автоматизации транспортировки, контроля изделия (детали), удаления отходов и управления системами машин. Этому уровню автоматизации соответствуют различного типа автоматические линии и гибкие производственные системы (ГПС).

Третьему уровню автоматизации соответствует комплексная автоматизация. *Комплексная автоматизация* охватывает все этапы и звенья производственного процесса, начиная от конструкторской и технологической подготовки производства (а также заготовительных процессов) и заканчивая проведением испытаний и отправкой готовых изделий. Комплексная автоматизация подразумевает реализацию всех предшествующих уровней автоматизации. Она требует высокой технической оснащенности производства и больших капитальных затрат [Шандров Б.В., Чудаков А.Д., Технические средства автоматизации: учебник. – М.: Академия, 2007].

Основные определения

К компонентам систем автоматизации производственных процессов (средствам автоматики) относятся:

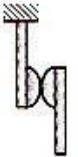
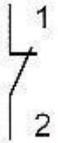
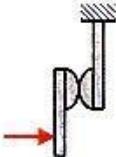
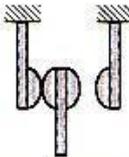
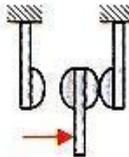
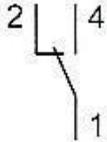
- датчики и чувствительные элементы параметров хода производственного процесса, измерительные преобразователи датчиков;
- усилители различного функционального назначения и различной физической природы;
- переключательные и логические элементы;
- программируемые логические контроллеры;
- регулирующие контроллеры и устройства;
- исполнительные сервоприводы различного функционального назначения и различной физической природы (электро-, гидро- пневмоприводы);
- устройства питания и защиты, стабилизаторы;
- устройства человеко-машинного интерфейса (кнопочные выключатели, посты и пульта операторов, панели операторов, персональные компьютеры).

Исполнительные механизмы

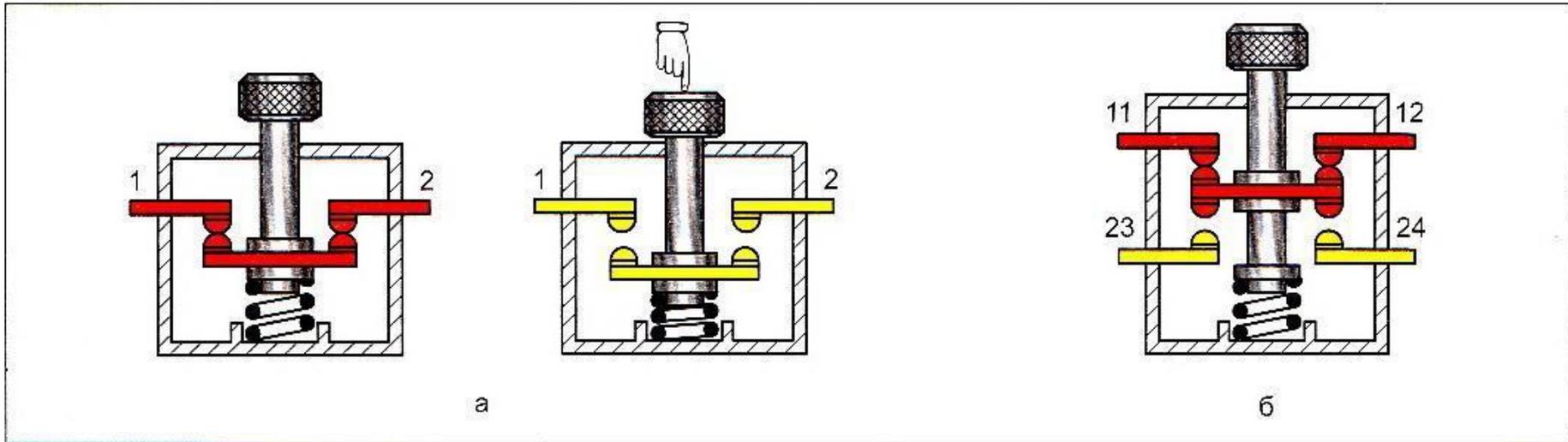
Критерий	Электроприводы	Гидроприводы	Пнеumoприводы
Затраты на энергоснабжение	Низкие	Высокие	Очень высокие
Передача энергии	На неограниченное расстояние со скоростью света $c \approx 300\,000$ км/с	На расстояния до 100 м, скорость — до 6 м/с, передача сигналов — до 100 м/с	На расстояния до 1000 м, скорость — до 40 м/с, передача сигналов — до 40 м/с
Накопление энергии	Затруднено	Ограничено	Легко осуществимо
Линейное перемещение	Затруднительно, дорого, малые усилия	Просто, большие усилия, хорошее регулирование скорости	Просто, небольшие усилия, скорость зависит от нагрузки
Вращательное движение	Просто, высокая мощность	Просто, высокий крутящий момент, невысокая частота вращения, широкий диапазон регулирования	Просто, невысокий крутящий момент, высокая частота вращения
Рабочая скорость исполнительного механизма	Зависит от конкретных условий	До 1,5 м/с	1,5 м/с и выше
Усилия	Большие усилия, не допускаются перегрузки	Усилия до 3 000 кН и выше, защищены от перегрузок	Усилия до 30 кН, защищены от перегрузок
Точность позиционирования	± 1 мкм и выше	До ± 1 мкм	До 0,1 мм
Жесткость	Высокая (используются механические промежуточные элементы)	Высокая (гидравлические масла практически несжимаемы)	Низкая (воздух сжимаем)
Утечки	Нет	Создают загрязнения	Нет вреда, кроме потерь энергии
Влияние окружающей среды	Нечувствительны к изменениям температуры	Чувствительны к изменениям температуры, пожароопасны при наличии утечек	Практически нечувствительны к изменениям температуры, взрывобезопасны

Релейно-контактная автоматика.

Виды контактов

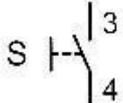
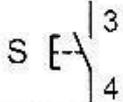
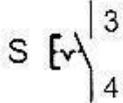
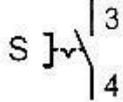
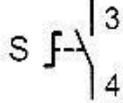
Наименование	Схема		Условное графическое обозначение
Размыкающий			
Замыкающий			
Переключающий			

Релейно-контактная автоматика. Кнопочный выключатель



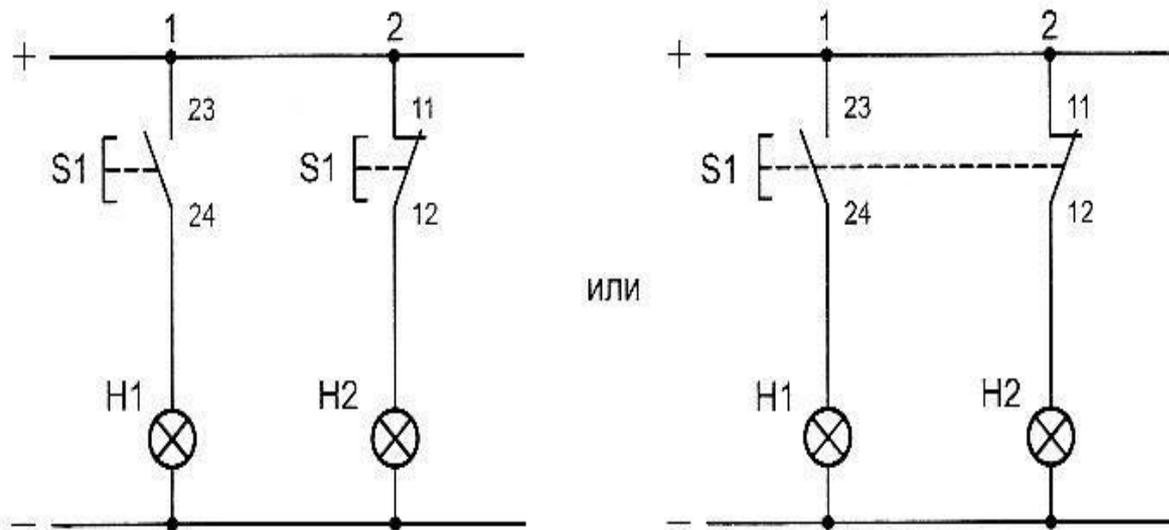
Релейно-контактная автоматика.

Обозначения кнопочных выключателей

	<p>Замыкающий контакт кнопочного выключателя (общее обозначение)</p>
	<p>Замыкающий контакт кнопочного выключателя, приводимого в действие нажатием кнопки</p>
	<p>Замыкающий контакт кнопочного выключателя с механической фиксацией положения</p>
	<p>Замыкающий контакт кнопочного выключателя, приводимого в действие вытягиванием кнопки</p>
	<p>Замыкающий контакт кнопочного выключателя, приводимого в действие путем поворота</p>

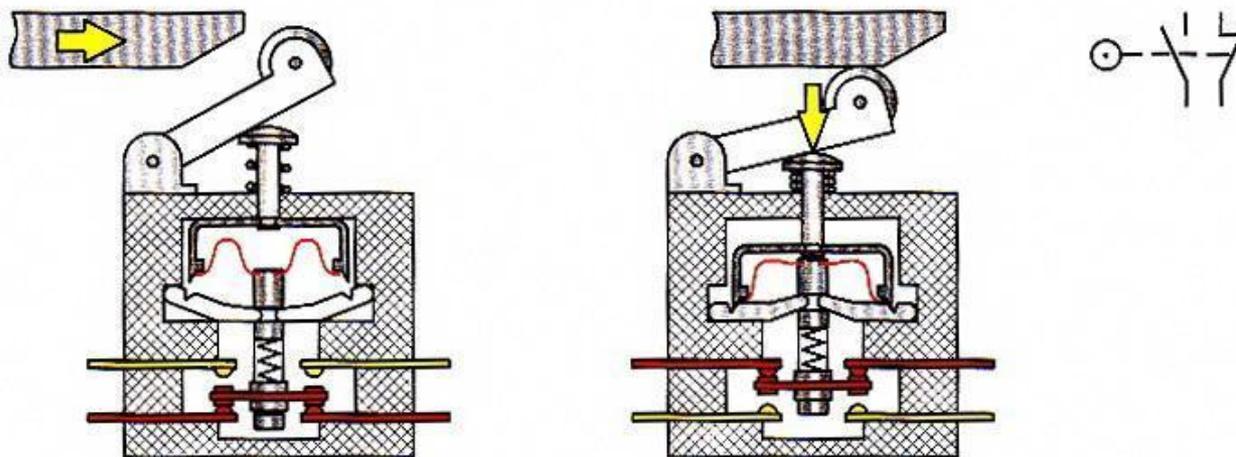
Релейно-контактная автоматика.

Пример схемы



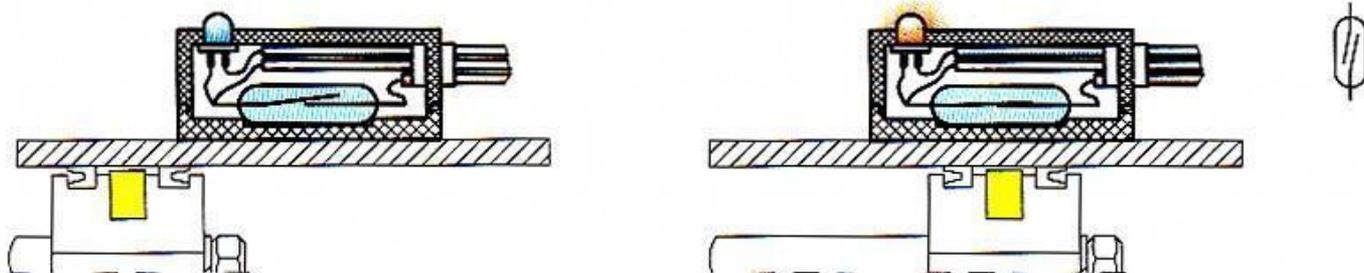
Релейно-контактная автоматика.

Концевые выключатели



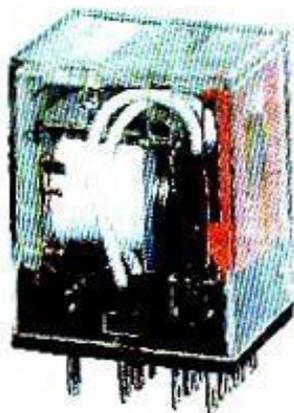
	<p>Переключающий контакт путевого выключателя</p>
	<p>Переключающий контакт путевого выключателя с управляющим воздействием от толкателя с "ломающимся" рычагом</p>
	<p>Переключающий контакт путевого выключателя активизированный в исходном состоянии контролируемым объектом</p>

Релейно-контактная автоматика. Герметичные контакты (герконы)



Релейно-контактная автоматика.

Реле.



Релейно-контактная автоматика.

Пример схемы с реле

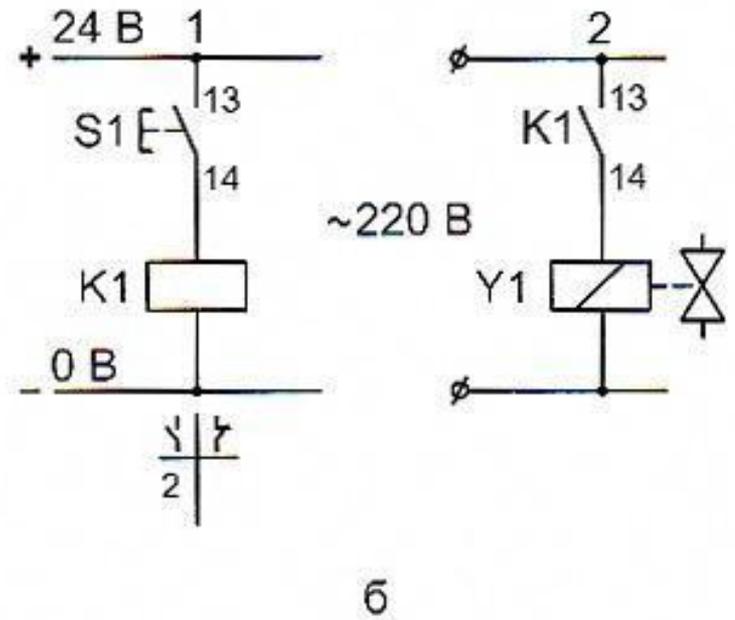
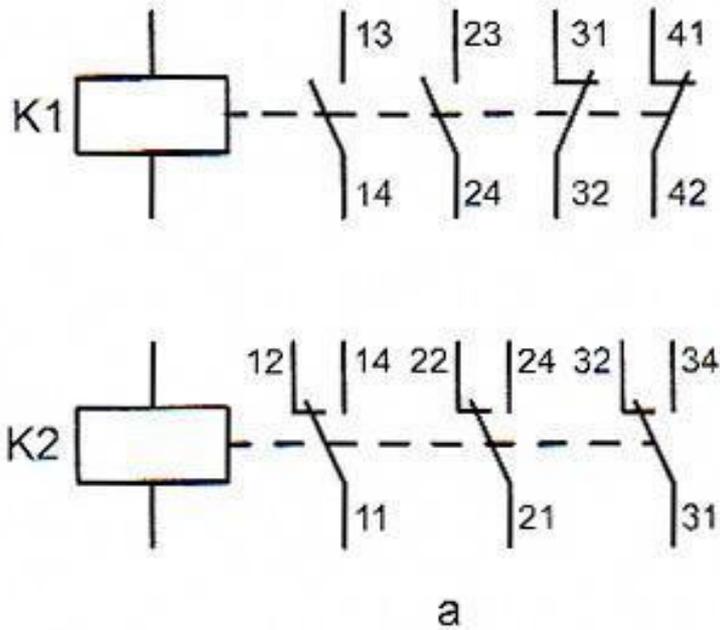
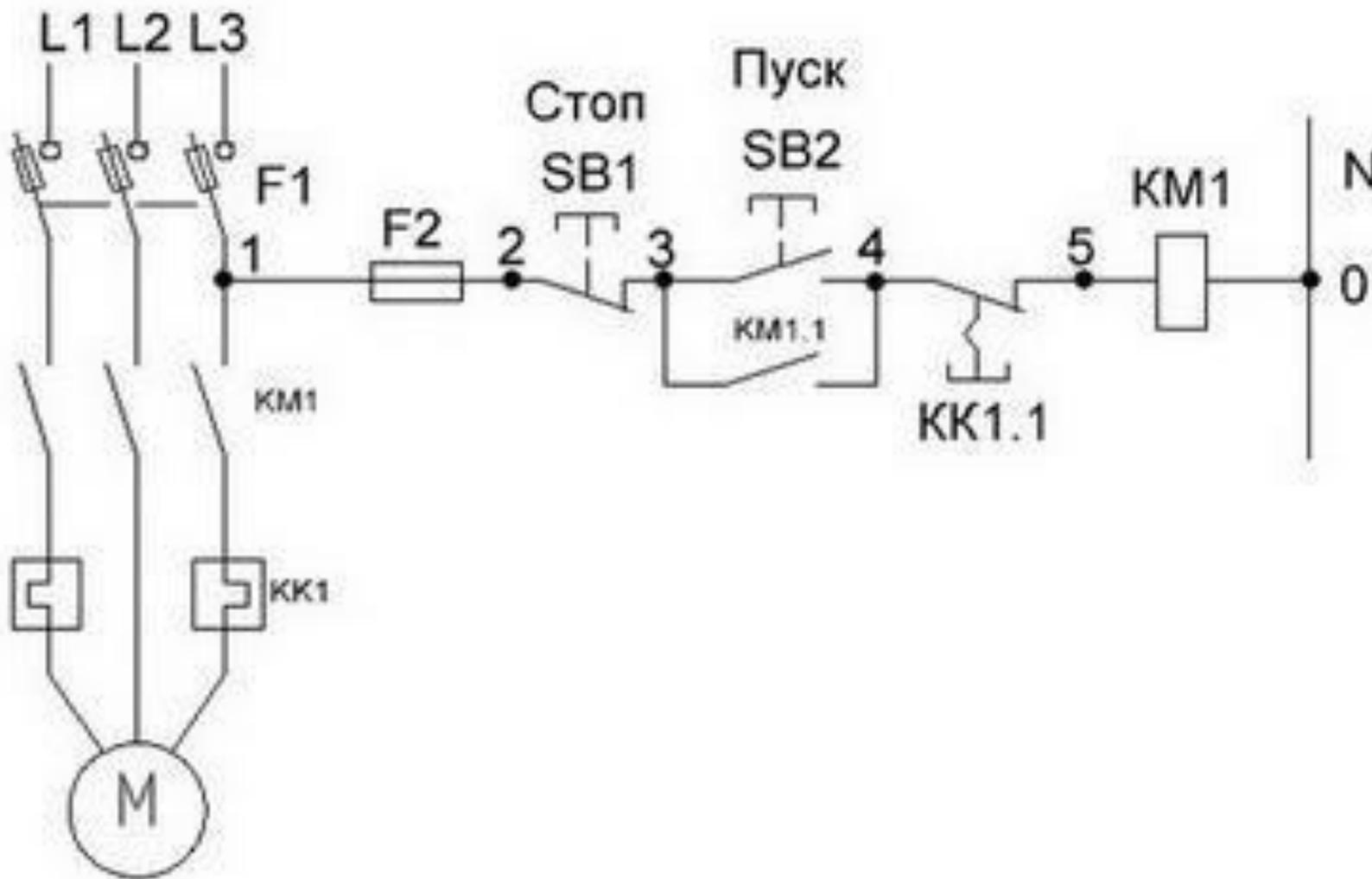


Схема нереверсивного управления асинхронным электродвигателем



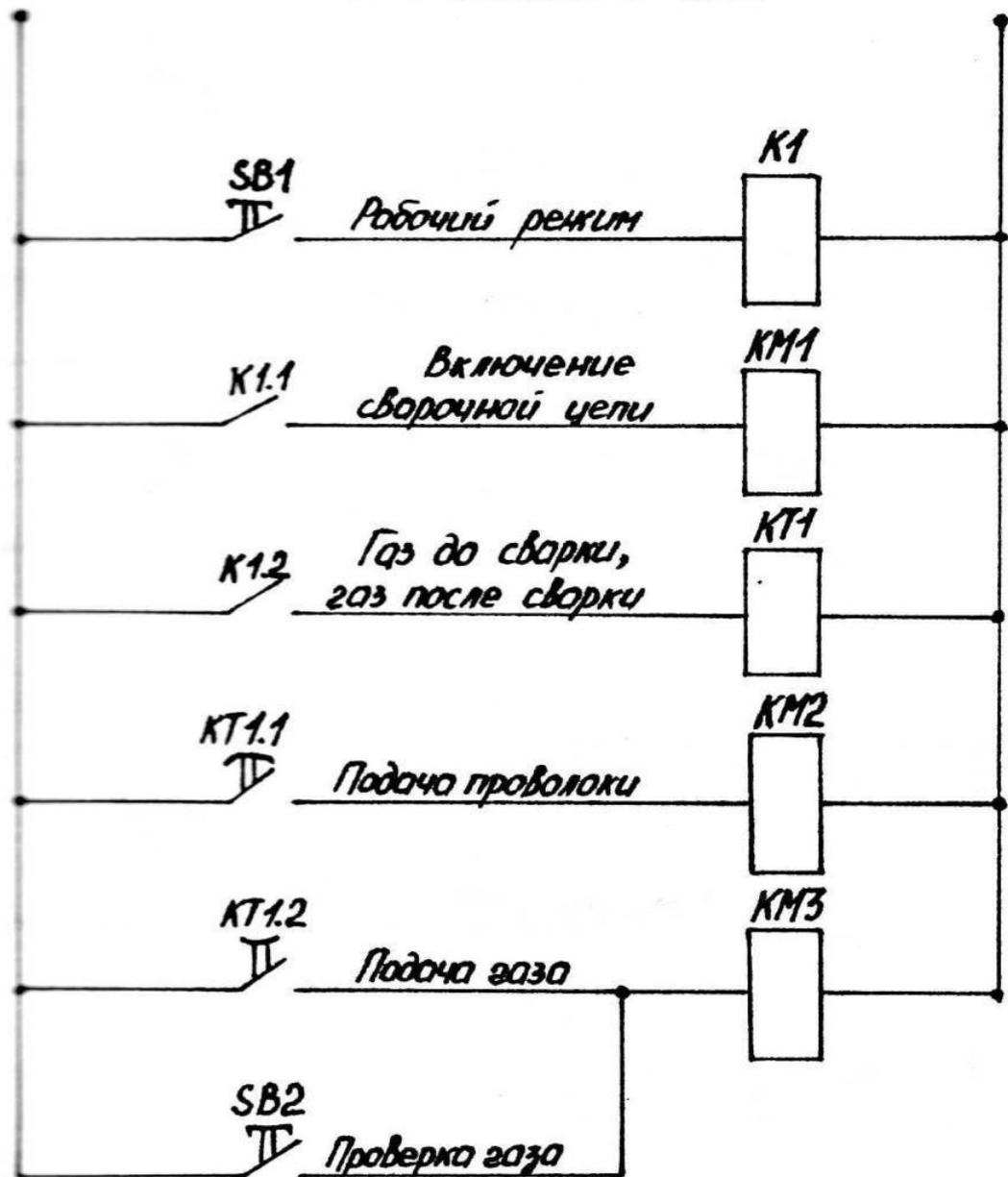
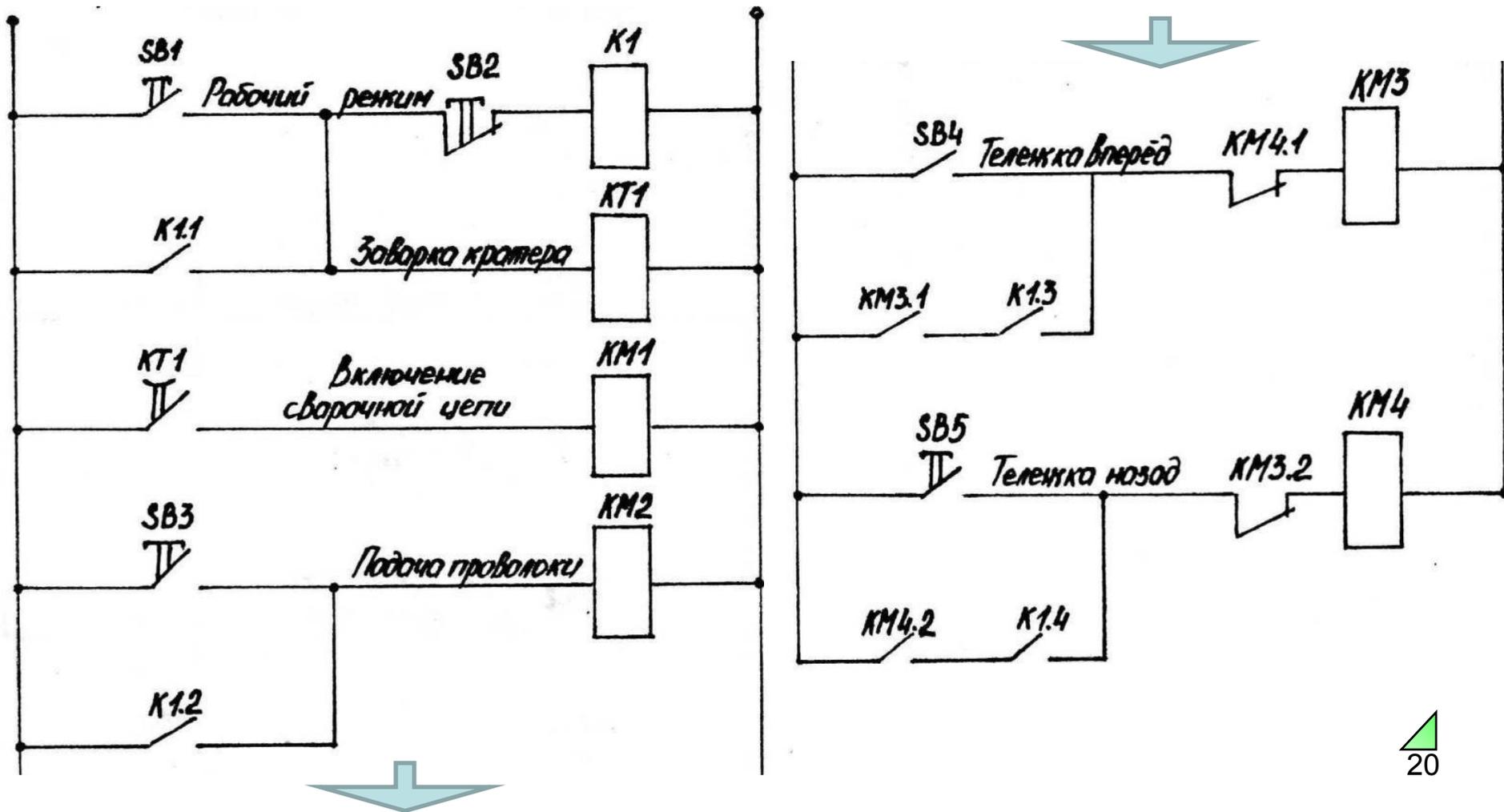


Схема управления сварочным полуавтоматом

Схема управления сварочным автоматом



Виды современных управляющих устройств в системах автоматике

1. Микроконтроллеры (AVR – Atmel, Atmega и др., Microchip Techn. – PIC (Periferal Interface Controller))
2. ПЛК различных производителей (Omron, Allen-Bradley, VIPA, Siemens (Simatic), Schnaider Electric (Twido), Mitsibushi (Alpha), Toshiba, Festo, Овен)
3. PC-based ПЛК – программный контроллер на базе ПК (Siemens WinAC)
4. Приборы, регуляторы аналоговых величин (температуры, давления и проч.)
5. Программируемые реле (миниПЛК), Siemens (Logo), Omron (Zen), Schn.El. (Zelio) и др.

Языки программирования ПЛК

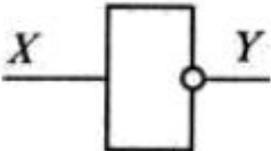
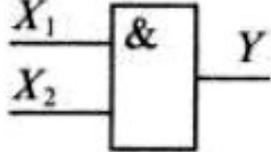
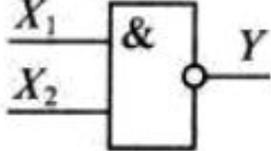
Стандарт МЭК (IEC) 61131-03:

- 1.LD** – Ladder Diagram – программная реализация релейно-контактных электрических схем. Визуальный язык, удобен электрикам.
- 2.FBD** – Function Block Diagram – функциональные блочные диаграммы, логические операции отображаются как в цифровой электронике. Визуальный язык.
- 3.IL** – Instruction List, у Siemens – STL (statement list) – низкоуровневый ассемблероподобный язык.
- 4.ST** – Structured Text, у Siemens – SCL (structured control language) – паскалеподобный язык программирования
- 5.SFC** – Sequential Function Chart – последовательностные функциональные диаграммы (у Siemens – Graph)

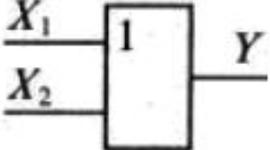
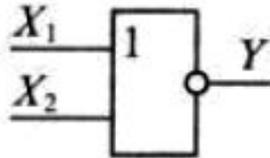
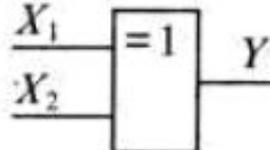
Программные средства программирования ПЛК

1. Универсальные средства: CodeSys, IsaGraf и другие.
2. Специализированное ПО производителей ПЛК, например у Siemens – Step 7, TIA Portal

Основные логические функции

Элемент	Схема	Таблица состояний		
		Вход	Выход	
НЕ		Вход	Выход	
		X	Y	
		0	1	
		1	0	
И		Вход	Выход	
		X_1	X_2	Y
		0	0	0
		0	1	0
		1	0	0
		1	1	1
И НЕ		Вход	Выход	
		X_1	X_2	Y
		0	0	1
		0	1	1
		1	0	1
		1	1	0

Основные логические функции

ИЛИ		Вход		Выход
		X_1	X_2	Y
		0	0	0
		0	1	1
		1	0	1
		1	1	1
ИЛИ-НЕ		Вход		Выход
		X_1	X_2	Y
		0	0	1
		0	1	0
		1	0	0
		1	1	0
Исключающее ИЛИ		Вход		Выход
		X_1	X_2	Y
		0	0	0
		0	1	1
		1	0	1
		1	1	0

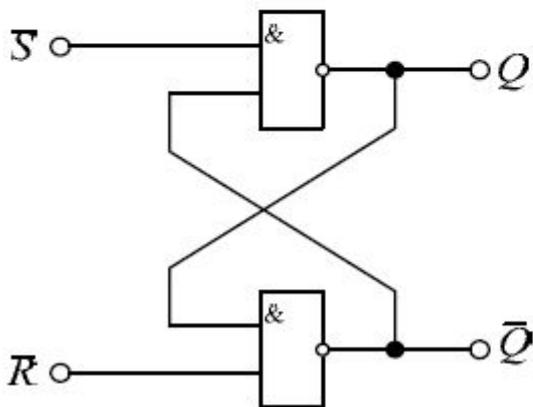
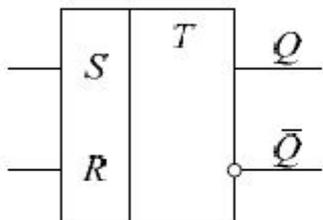
Триггеры

Наименование и условное обозначение.

Реализация триггера на логических элементах

Краткая характеристика и таблица состояний

RS-триггер



Имеет два информационных входа S и R . Подача на вход S сигнала 1, а на вход R сигнала 0 устанавливает на выходе Q триггера сигнал 1. Наоборот, при сигналах $S = 0$, $R = 1$ сигнал на выходе триггера $Q = 0$. Для RS триггера комбинация $S = 1$ и $R = 1$ является запрещенной. После такой комбинации информационных сигналов состояние триггера будет неопределенным: на выходе Q может быть 0 или 1.

R	S	Q_{n+1}
1	0	0
0	1	1
1	1	X
0	0	Q_n

Триггеры

Кроме RS-триггеров существуют и другие виды цифровых электронных устройств-триггеров.

При разработке программ для ПЛК используют программно-реализованные триггеры.

У них нет запрещенного состояния, как у реального RS-триггера.

Для этого программные триггеры подразделяют на два типа:

- RS-триггер с приоритетом сброса (в случае сигнала «1» на обоих входах происходит сброс). Используется чаще всего, из соображений безопасности;
- RS-триггер с приоритетом установки (в случае сигнала «1» на обоих входах происходит установка).

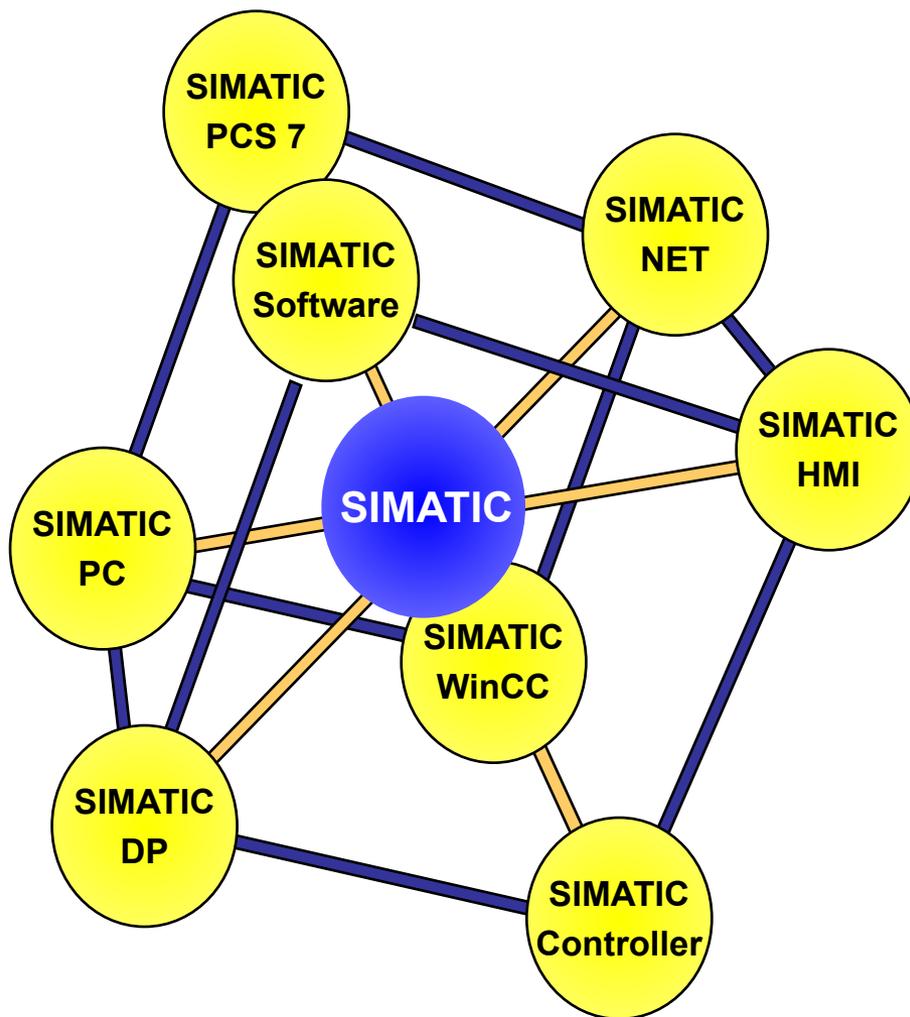
Циклическая работа ПЛК

Рабочий цикл PLC состоит из нескольких стадий:

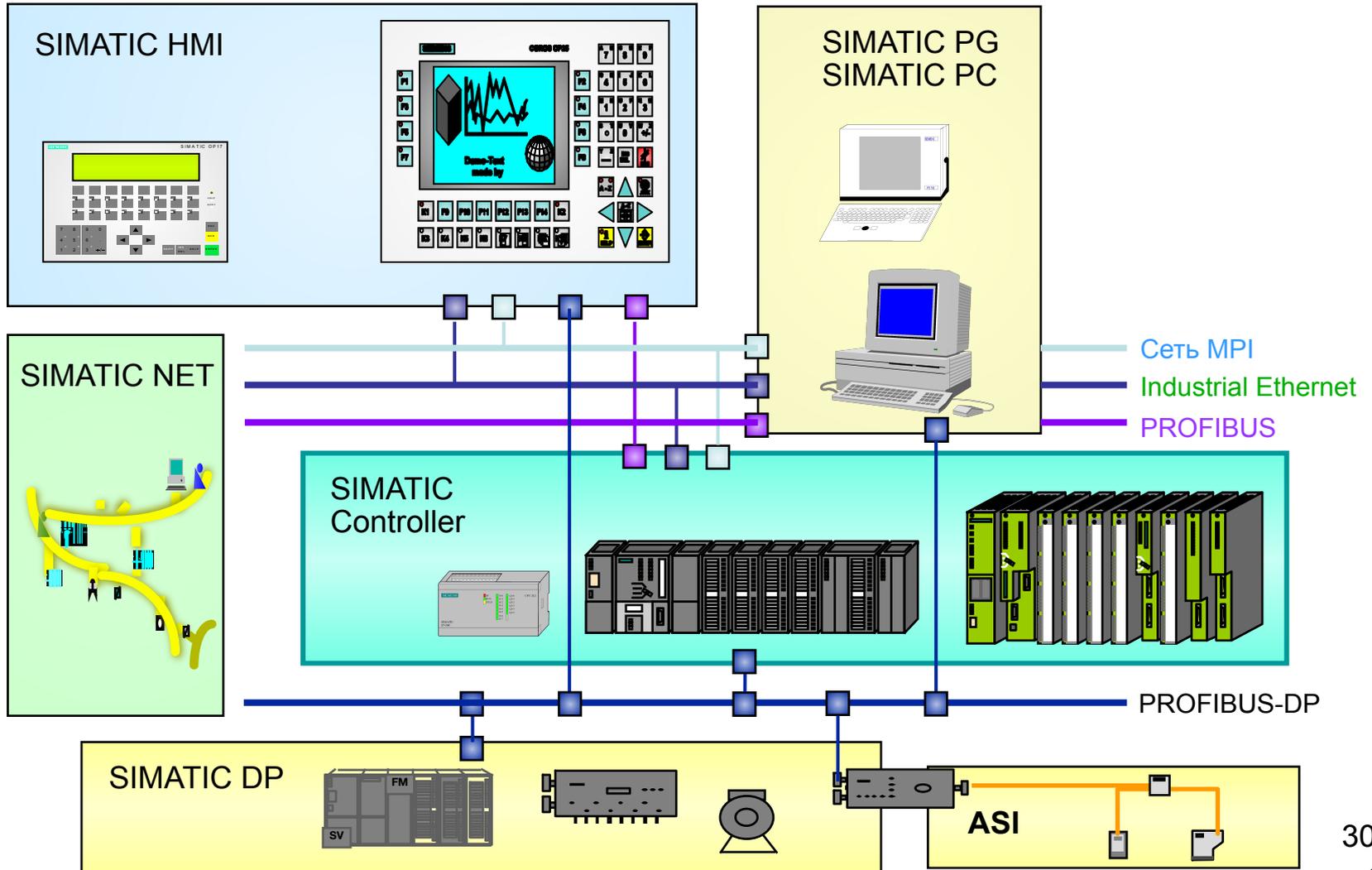
1. Начало цикла.
2. Чтение состояния входов.
3. Выполнение кода программы пользователя.
4. Запись состояния выходов.
5. Обслуживание аппаратных ресурсов PLC и мониторинг состояния устройства.
6. Переход на начало цикла.

Время цикла – единицы, десятки миллисекунд.  28

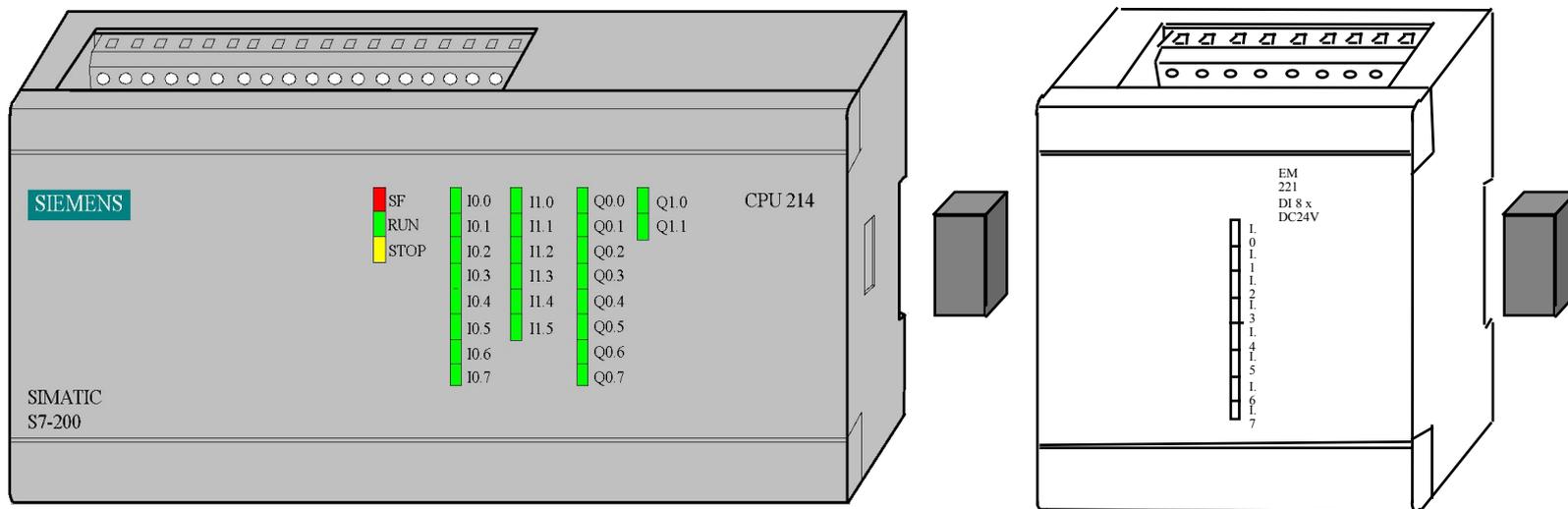
Семейство SIMATIC S7



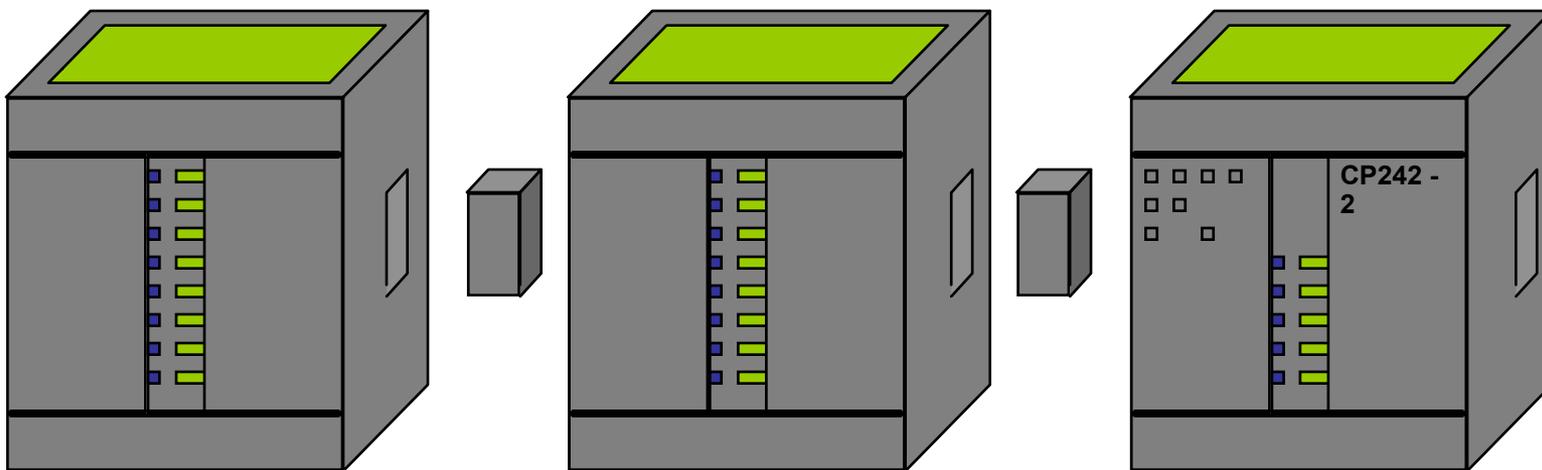
Обзор SIMATIC



ПЛК S7-200



Модули S7-200

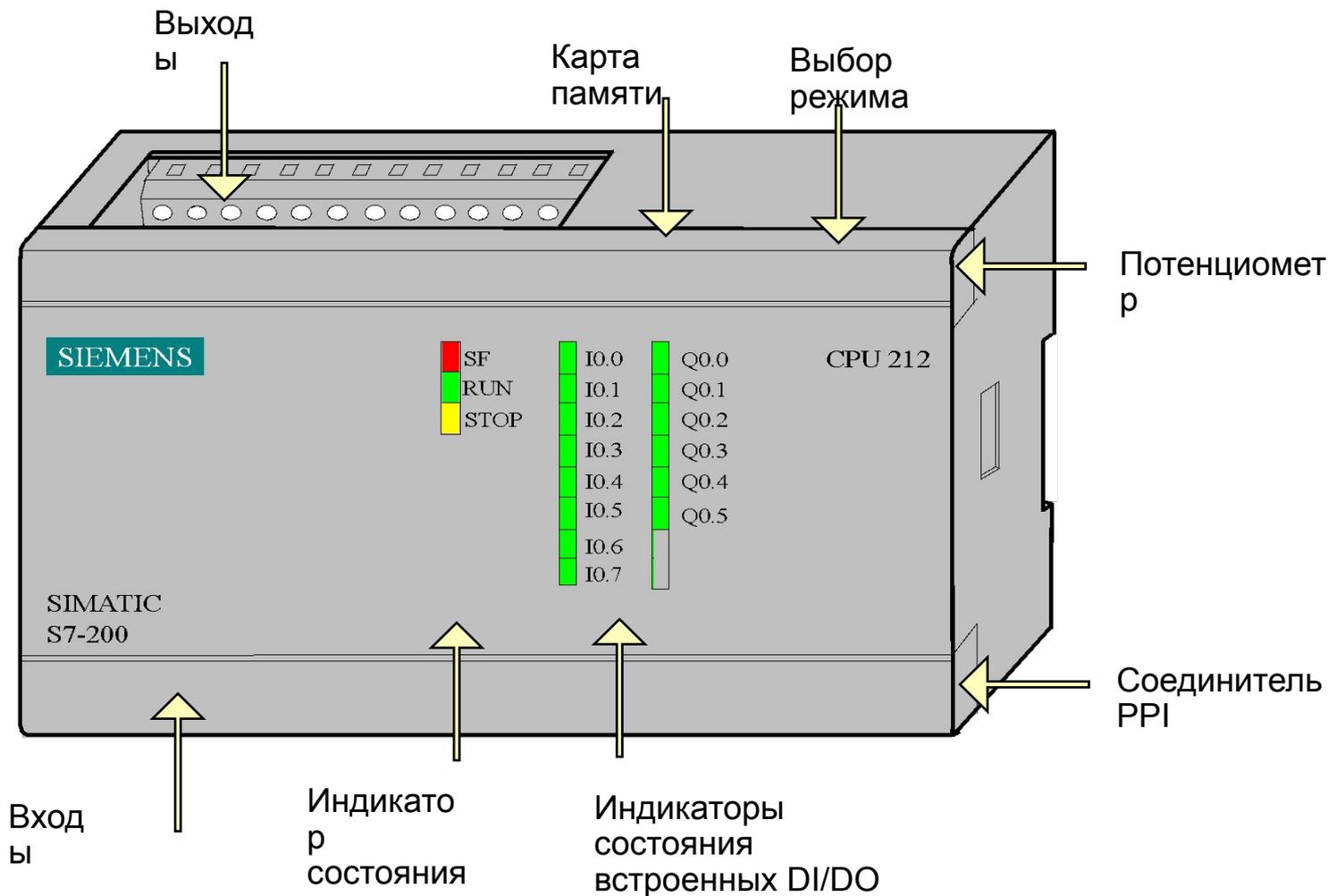


EM

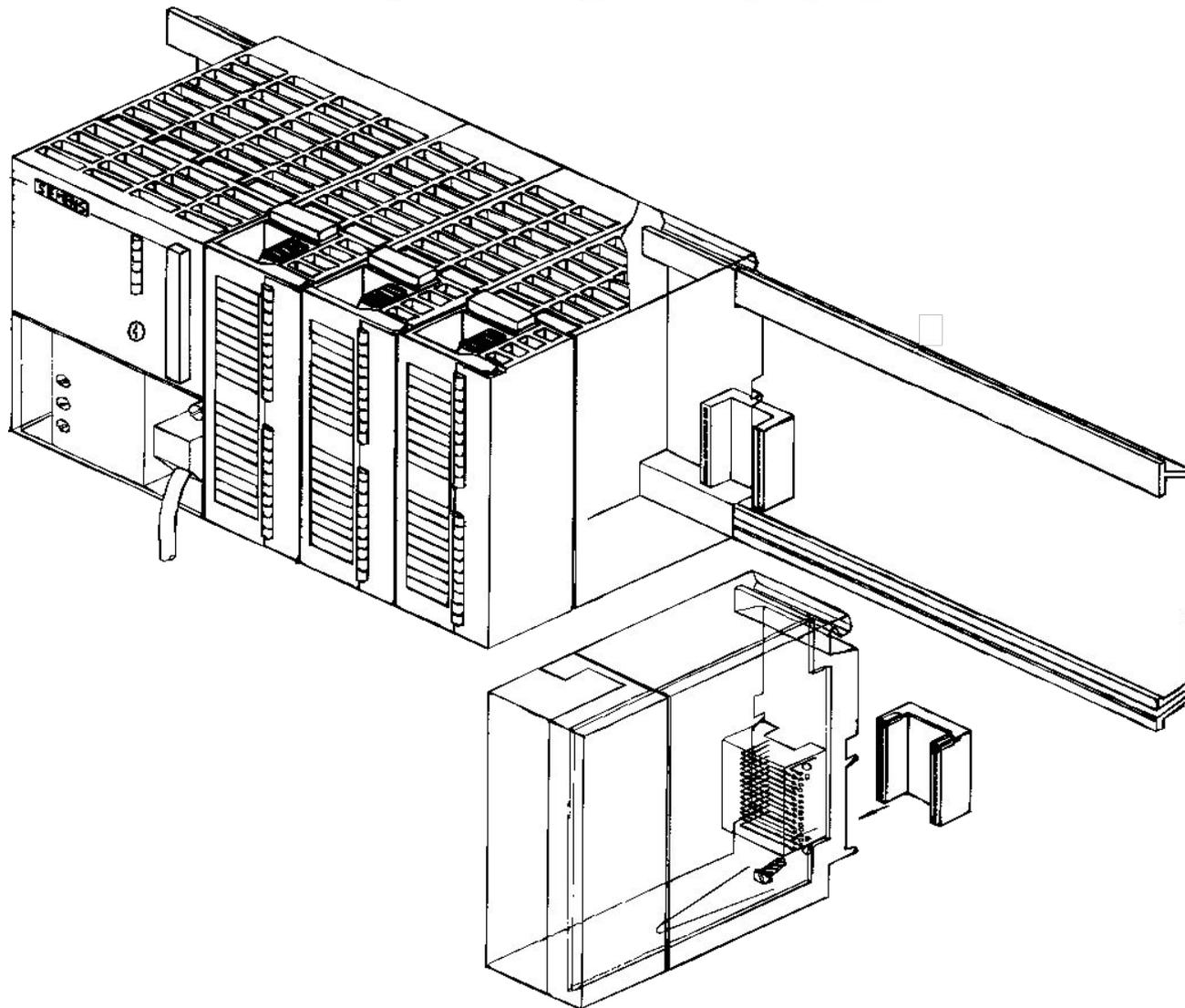
EM

CP

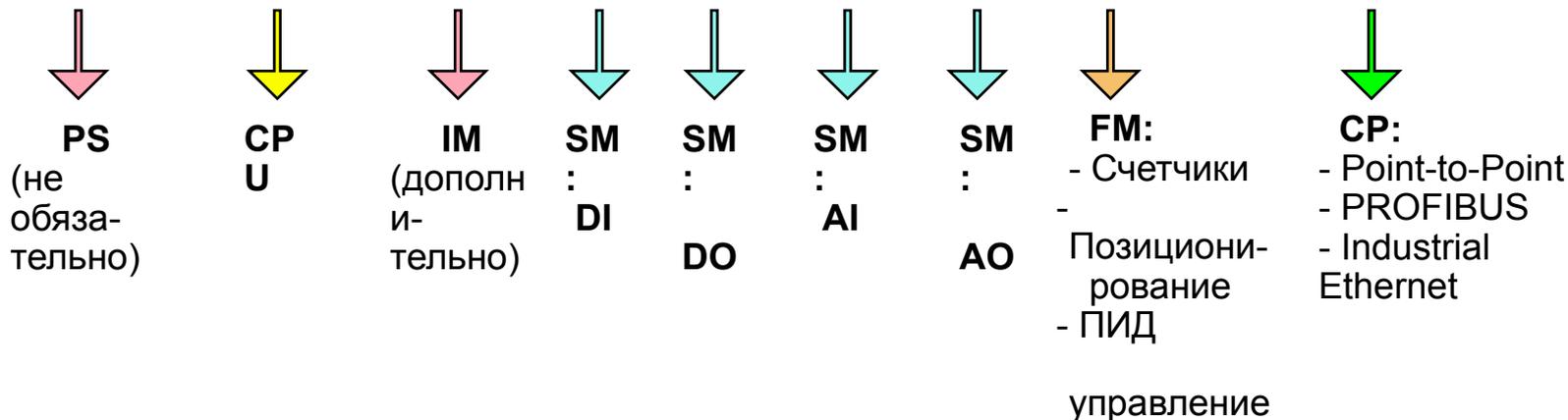
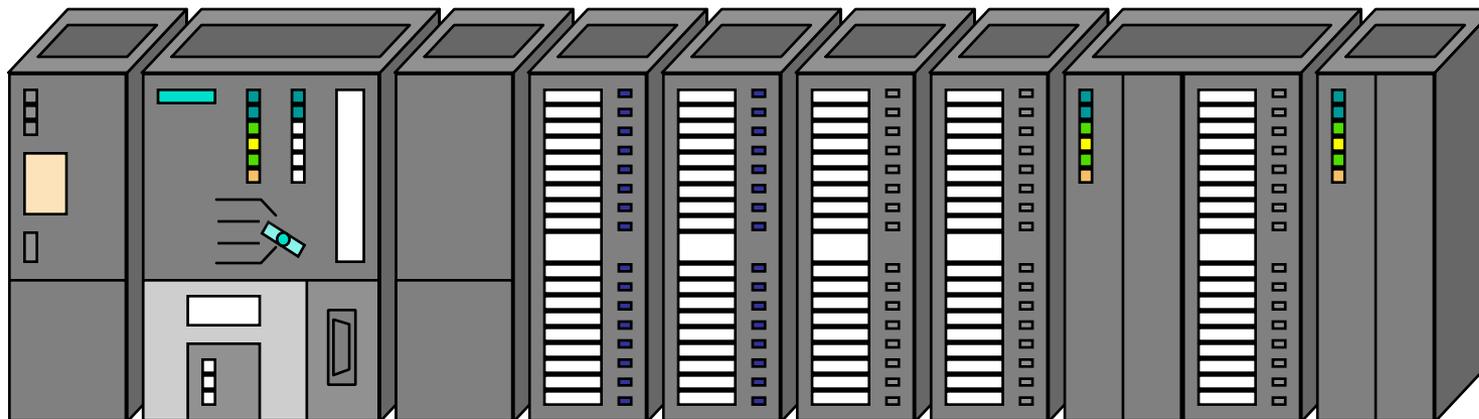
Конструкция CPU S7-200



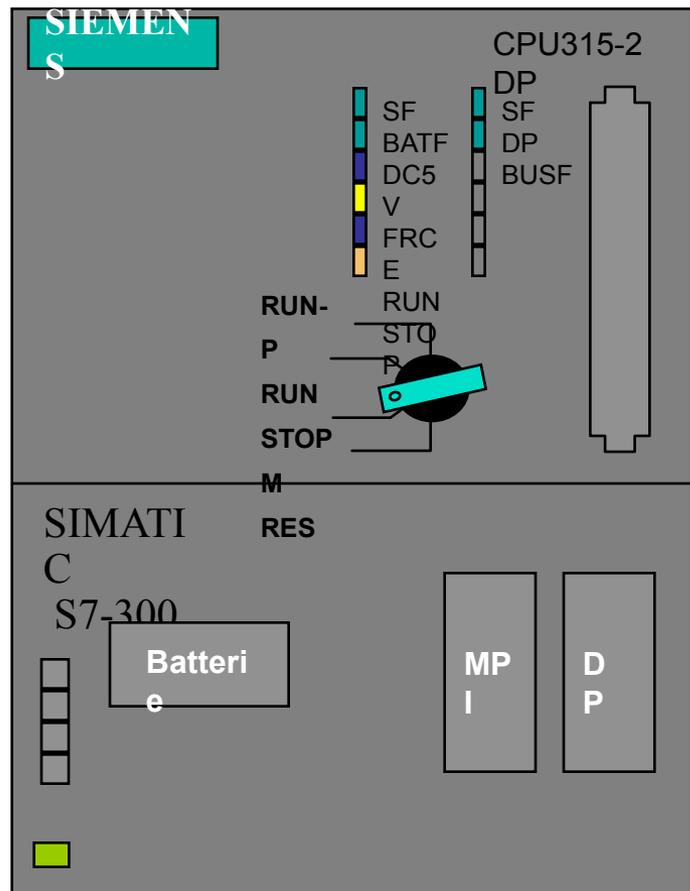
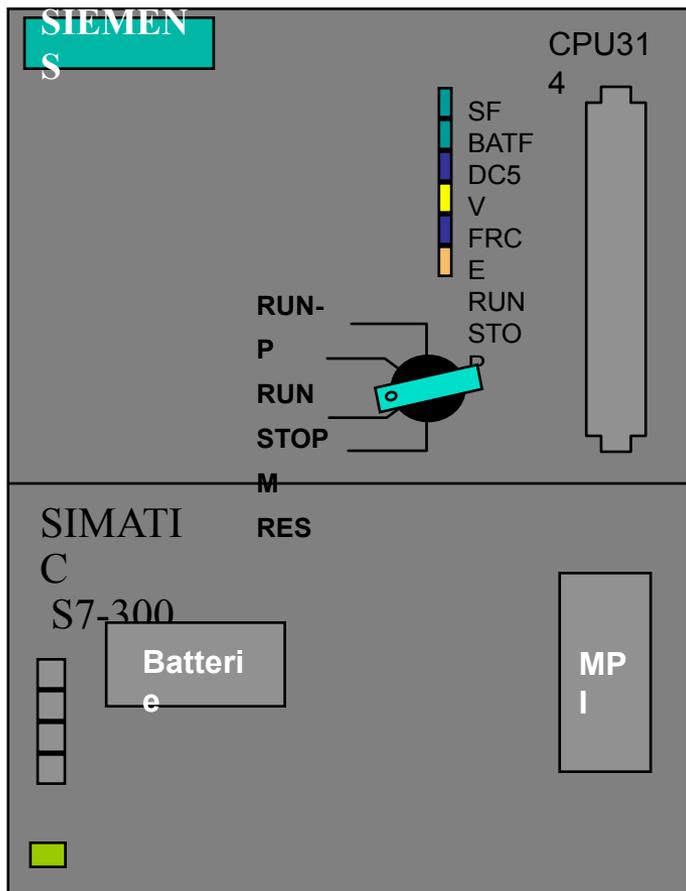
ПЛК S7-300



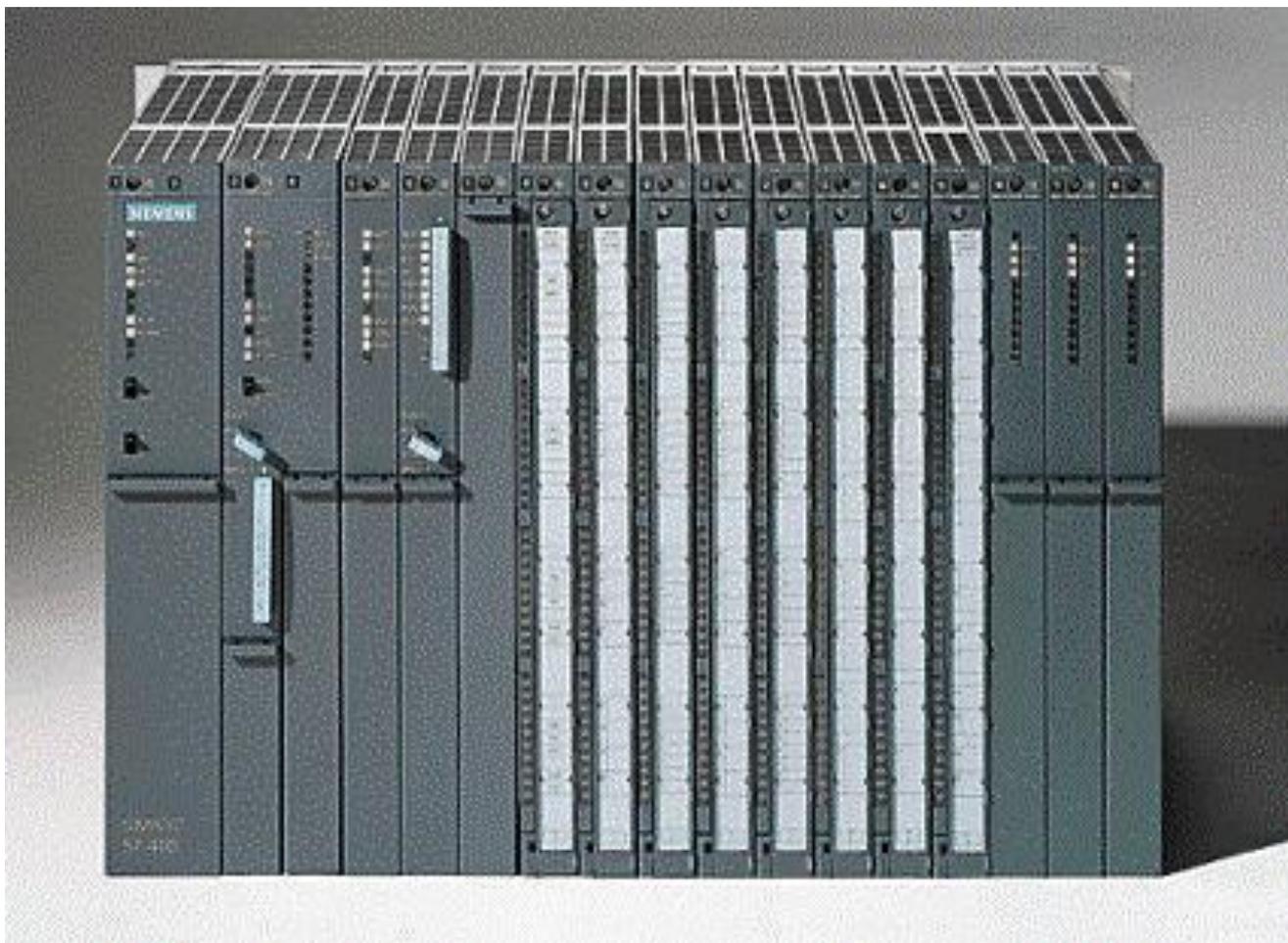
Модули S7-300



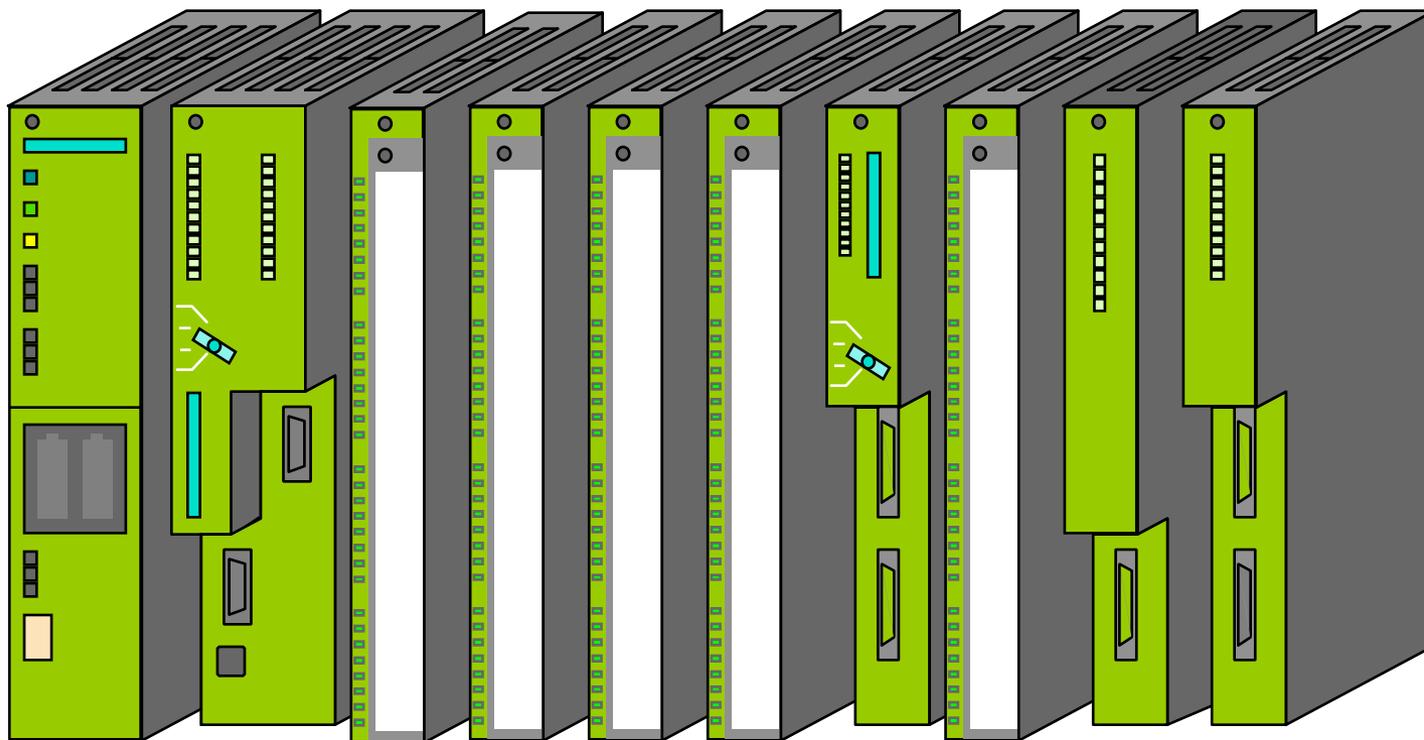
Конструкция CPU S7-300



ПЛК S7-400



Модули S7-400



PS



CPU



SM:
DI



SM:
DO



SM:
AI



SM:
AO



CP



FM



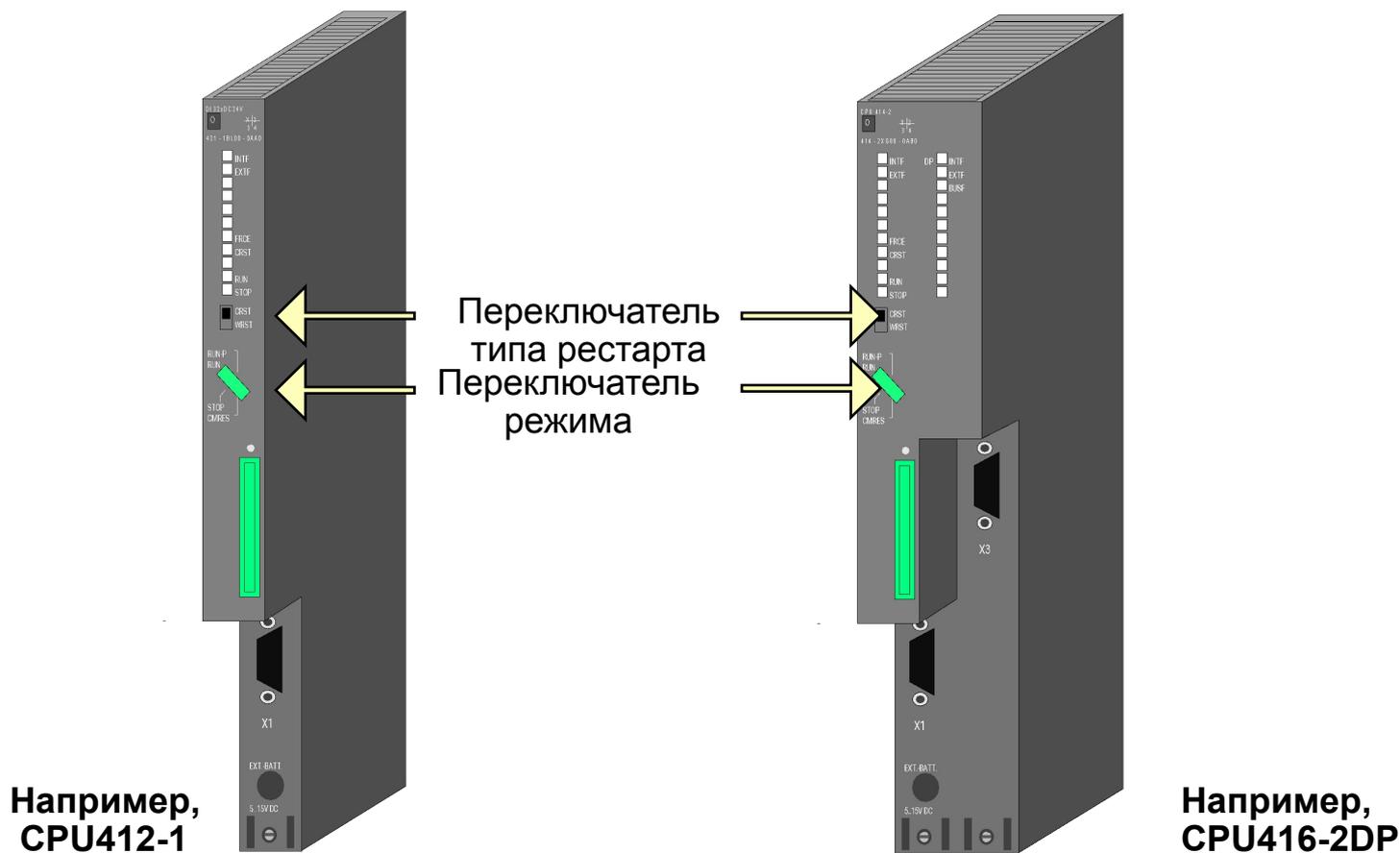
SM



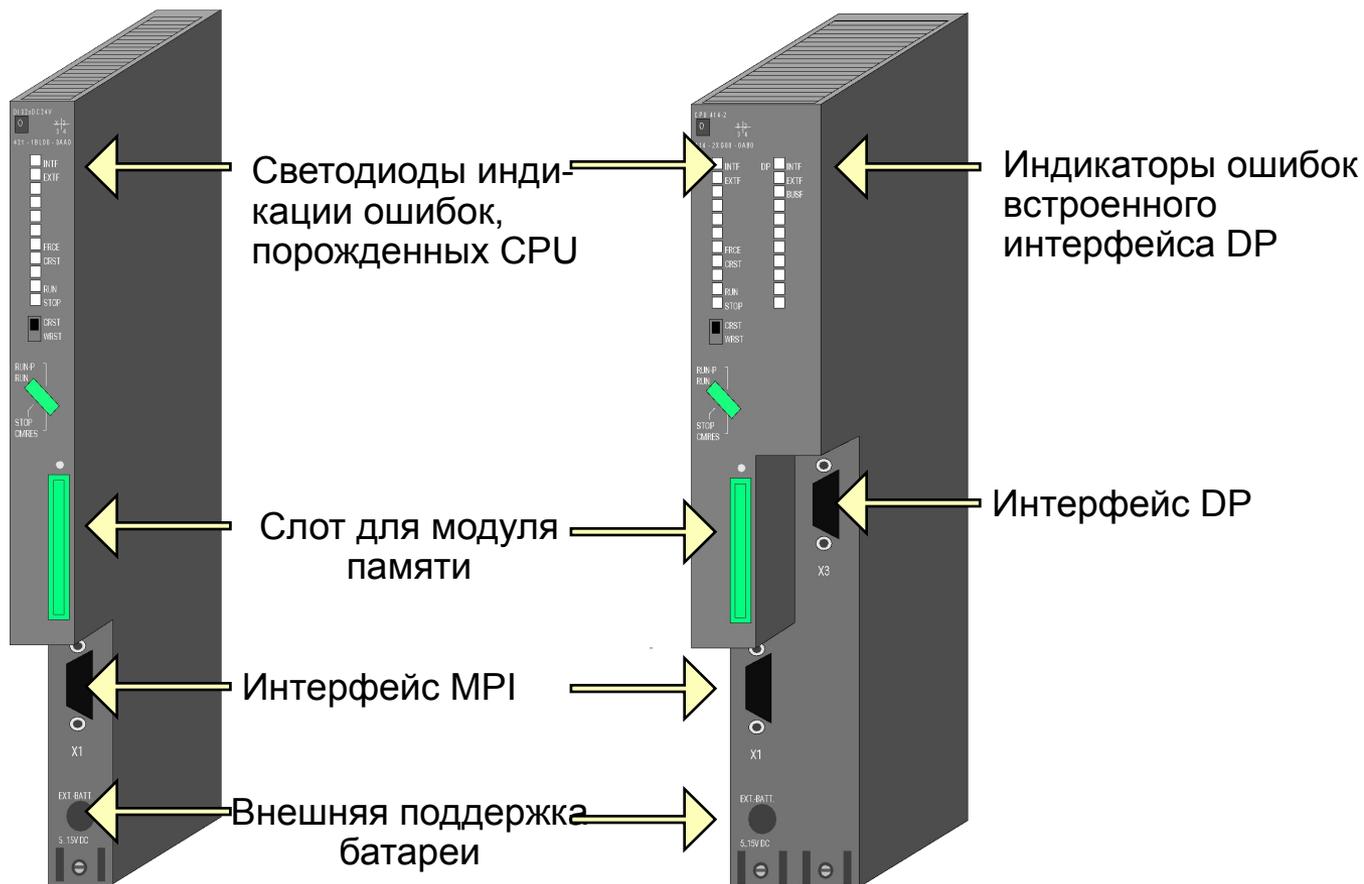
IM



Конструкция CPU S7-400 (Часть 1)



Конструкция CPU S7-400 (Часть 2)



ПЛК S7-1200



ПЛК S7-1200

CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
		
Рабочая память объемом 25 Кбайт	Рабочая память объемом 25 Кбайт	Рабочая память объемом 50 Кбайт
Загружаемая память объемом 1 Мбайт,	Загружаемая память объемом 1 Мбайт,	Загружаемая память объемом 2 Мбайт,
расширяемая картой памяти SIMATIC Memory Card емкостью до 24 Мбайт		
1x PROFINET, RJ45, 10/100 Мбит/с	1x PROFINET, RJ45, 10/100 Мбит/с	1x PROFINET, RJ45, 10/100 Мбит/с
Два аналоговых входа 0...10 В/ 10 бит	Два аналоговых входа 0...10 В/ 10 бит	Два аналоговых входа 0...10 В/ 10 бит
Шесть дискретных входов =24 В	Восемь дискретных входов =24 В	Четырнадцать дискретных входов =24 В
Четыре дискретных выхода	Шесть дискретных выходов	Десять дискретных выходов
Расширение: <ul style="list-style-type: none"> одна сигнальная плата SB, до трех коммуникационных модулей CM 	Расширение: <ul style="list-style-type: none"> одна сигнальная плата SB, до трех коммуникационных модулей CM, до двух сигнальных модулей SM 	Расширение: <ul style="list-style-type: none"> одна сигнальная плата SB, до трех коммуникационных модулей CM, до восьми сигнальных модулей SM
Модификации: питание ~120/230 В, релейные выходы; питание =24 В, транзисторные выходы (два импульсных выхода 2 x 100 кГц); питание =24 В, релейные выходы		
Скоростной счет/ измерение частоты: 3 x 100 кГц	Скоростной счет/ измерение частоты: 4 x 100 кГц	Скоростной счет/ измерение частоты: 3 x 100 кГц + 3 x 30 кГц

ПЛК S7-1200

Три типа центральных процессоров различной производительности.
Три модификации каждого типа процессора, отличающиеся напряжениями питания и видом дискретных выходов.

- Встроенный интерфейс PROFINET с поддержкой:
 - PG/OP функций связи,
 - S7 функций связи в режиме S7 клиента или S7 сервера,
 - открытого обмена данными через Ethernet на основе транспортных протоколов TCP/IP, ISO на TCP и UDP;
 - функций контроллера PROFINET IO (в CPU от V2.0);
 - функций Web сервера.
- Мощный набор встроенных технологических функций:
 - скоростного счета, измерения частоты или длительности периода, ПИД регулирования, - управления перемещением.
- Набор встроенных входов и выходов (аналоговых и дискретных).
- Отсек для установки карты памяти SIMATIC Memory Card.
- Интерфейсы расширения.
- Поддержка функций обновления операционной системы.

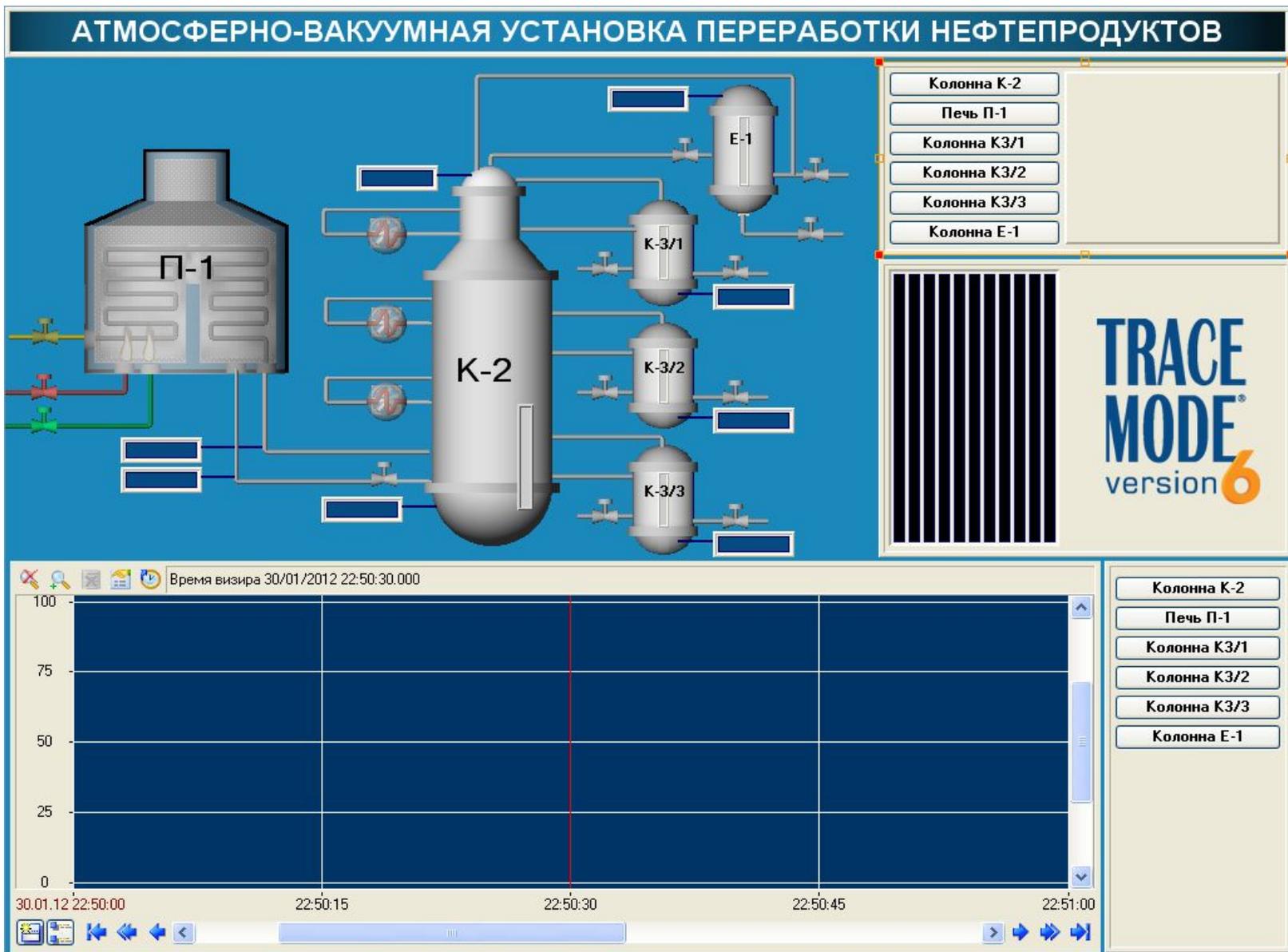
Особенности проектирования систем управления на базе ПЛК

1. Необходимо оценить необходимость применения ПЛК. Простые задачи управления легко и дешево решаются на релейно-контактной технике. Возможно имеет смысл применить программируемое реле, по сути являющееся миниПЛК с ограниченными возможностями.
2. Сформулировать требования к быстродействию ПЛК, совместимости с существующими устройствами и системами управления и диспетчеризации.
3. Определиться с фирмой производителем.
4. Определиться с необходимым числом дискретных и аналоговых входов и выходов.
5. Определиться с коммуникационными, функциональными модулями, используемым программным обеспечением.
6. Разработать структуру системы в случае, если используется несколько ПЛК и SCADA (supervisory control and data acquisition) система.
7. На основе технического задания разработать программу

Пример экрана SCADA системы



Пример экрана SCADA системы



Основные функции SCADA систем



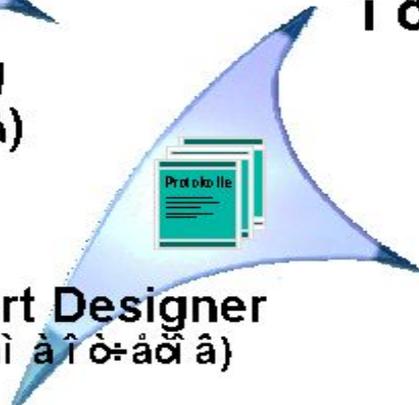
Alarm Logging
(Ñè ñòàì à ñî î áù áí èé)



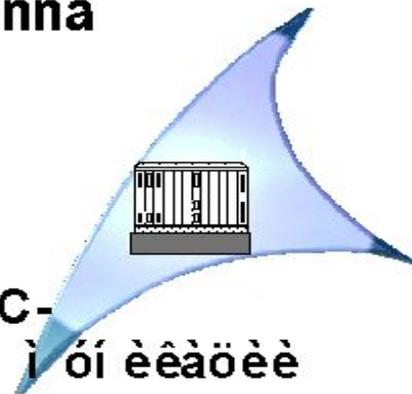
Âèçóàëèçàöèÿ
î õî öãññà



Tag Logging
(Äöèèâèõî âàí èâ)



Report Designer
(Ñè ñòàì à î ò-âõî â)



PLC-
èî ì ì óí èèàöèè

ДАТЧИКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО управления

Датчик – это преобразователь контролируемой физической величины в сигнал, удобный для последующего использования в системе. В общем случае датчик содержит чувствительный элемент ЧЭ и преобразующий элемент ПЭ.

В большинстве современных систем автоматики выходной сигнал датчика является электрическим и представляется током или напряжением. ПЛК также воспринимают сигналы с датчиков в виде токового сигнала или сигнала напряжения.

Выходной сигнал датчика может быть аналоговым или дискретным (цифровым, импульсным, позиционным).

Классификация датчиков

По виду сигнала на выходе:

- **Генераторный датчик** – выдает электрический заряд, напряжение или ток, пропорциональные измеряемой величине;
- **Параметрический датчик** – изменяет сопротивление, индуктивность или емкость, пропорционально входной измеряемой величине.

Классификация датчиков

По виду сигнала на входе:

- Датчики положения, скорости, ускорения и т.д.;
- Датчики электрических величин;
- Датчики температуры;
- Датчики объема, давления, влажности, веса и других технологических параметров.

Основные типы датчиков и выключателей по принципу действия

- Индуктивный (явление самоиндукции)
- Индукционный (явление наведения ЭДС)
- Емкостный
- Оптический, лазерный
- Ультразвуковой
- Потенциометрический контактный
- Радиометрический
- Контактный
- Видеодатчики
- Магнитный (например, герконы)
- Радиоволновой

Датчики скорости и положения

1. Косвенное измерение скорости
(тахометрический мост, измерение через ЭДС
ДПТ и др.)

2. Прямое измерение скорости:

- Тахогенераторы постоянного и переменного тока;
- Тахометры (энкодеры) различного принципа действия (оптические, магнитные, емкостные). Часто используются в качестве датчиков положения (абсолютный энкодер, оптическая линейка).

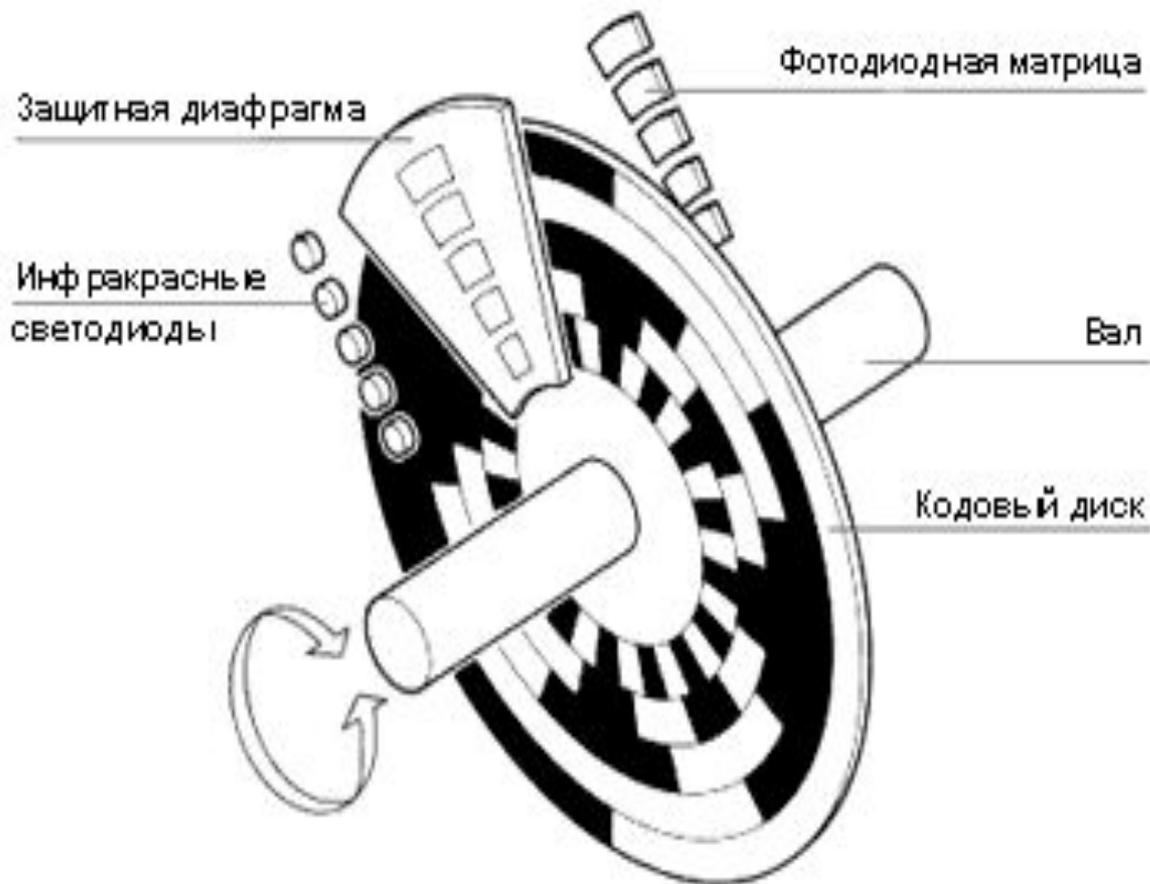
Инкрементальный энкодер



Инкрементальный энкодер

- **Инкрементальные энкодеры** предназначены для определения скорости вращения валов различных механизмов.
- Внутри энкодера жестко с валом закреплен стеклянный диск с темными рисками. Источник света и фотоприемник располагаются по разные стороны от диска. Количество света, приходящего на фотоприемник, изменяется в зависимости от положения рисков. Электронная плата преобразует сигнал, полученный от фотоприемника, в дискретный выходной сигнал.
- **Количество импульсов сигнала на один оборот вала** в самом простом случае **совпадает с количеством рисков на диске инкрементального энкодера**. Выходной сигнал имеет два канала, в которых импульсы сдвинуты на 90 градусов друг относительно друга. Это позволяет определять⁵⁴ направление вращения.

Абсолютный энкодер



Абсолютный энкодер

- Под абсолютными энкодерами подразумевают датчики угла поворота, каждому положению вала которых соответствует определённый уникальный код, формируемый на его выходе (сигнал положения передаётся в виде цифрового кода).
- **Абсолютные энкодеры**, кодирующие положение в пределах одного оборота называются **однооборотными**, а энкодеры со счётчиком оборотов называются **многооборотными**.
- Наиболее распространённые типы выходов – это параллельный код, интерфейсы SSI, CAN-open, Profibus DP.
- По принципу действия различают **магнитные энкодеры** и **оптические**. Последние фиксируют вращение оптического диска, а магнитные регистрируют прохождение магнитных полюсов мимо чувствительного элемента датчика. Встроенный аккумулятор позволяет энкодеру отслеживать положение вала при выключенном питании, однако передача кода положения происходит только при наличии питания.

Энкодеры

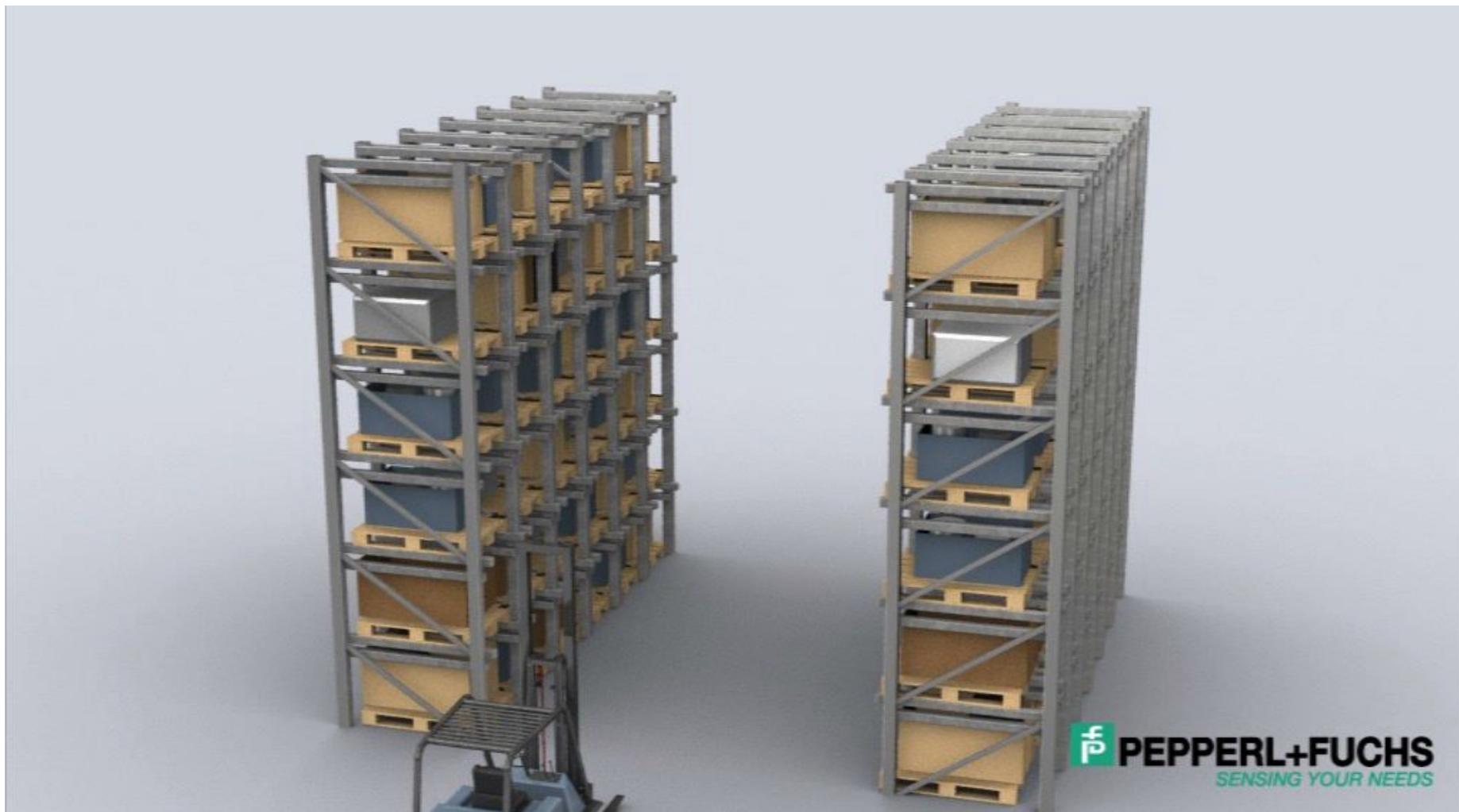


PF PEPPERL+FUCHS
SENSING YOUR NEEDS

Энкодеры



Энкодеры



Энкодеры



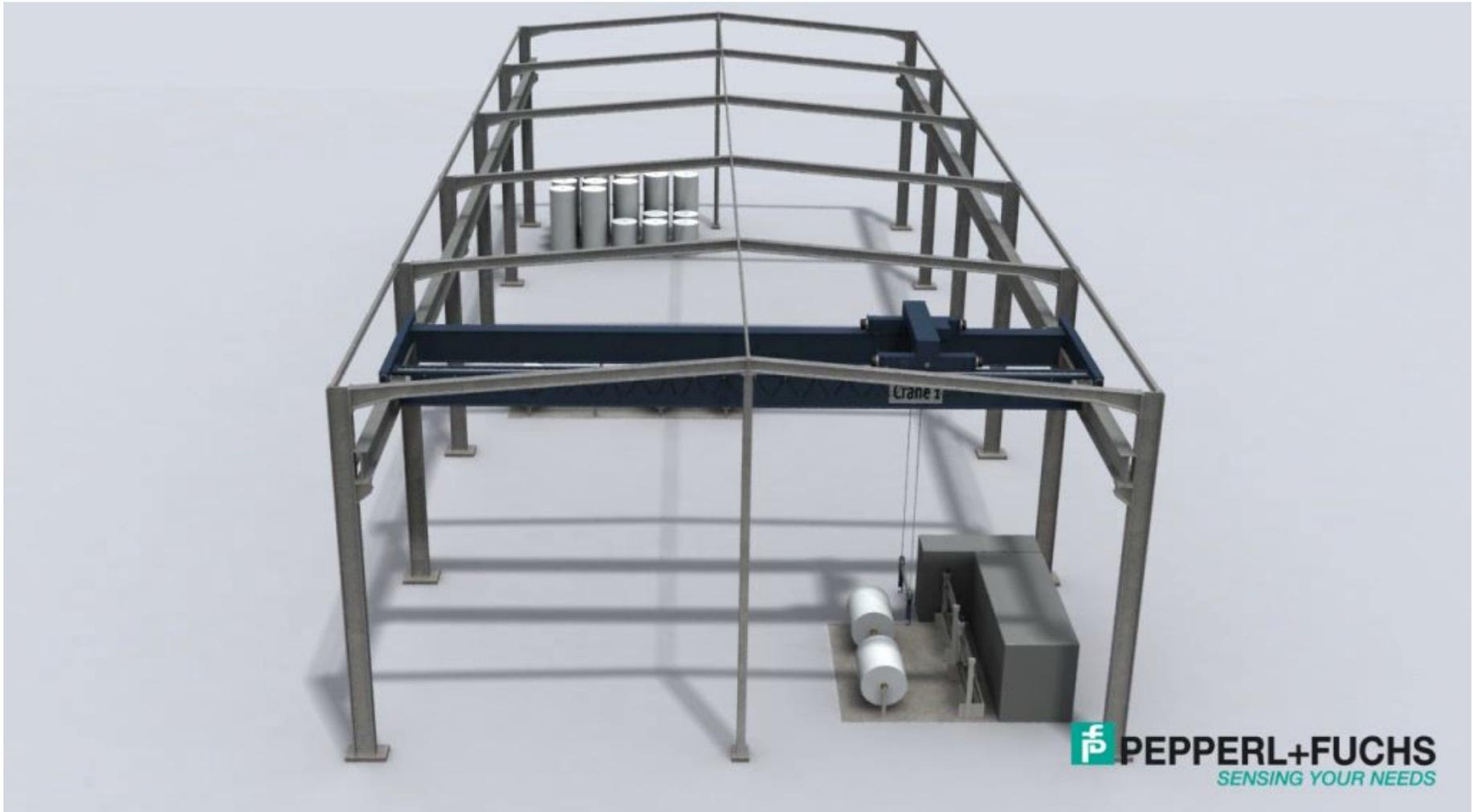
Энкодеры



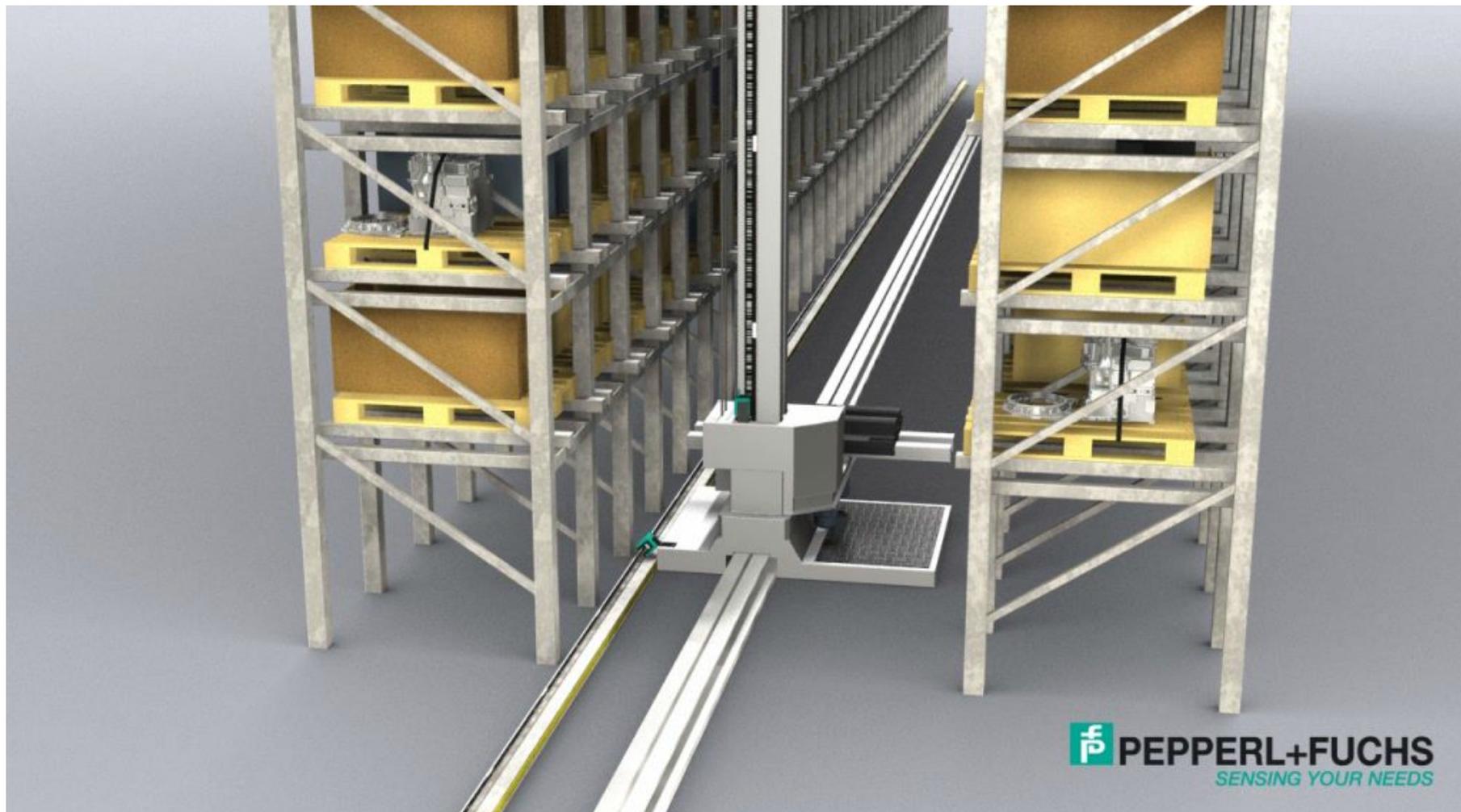
Позиционирование



Позиционирование



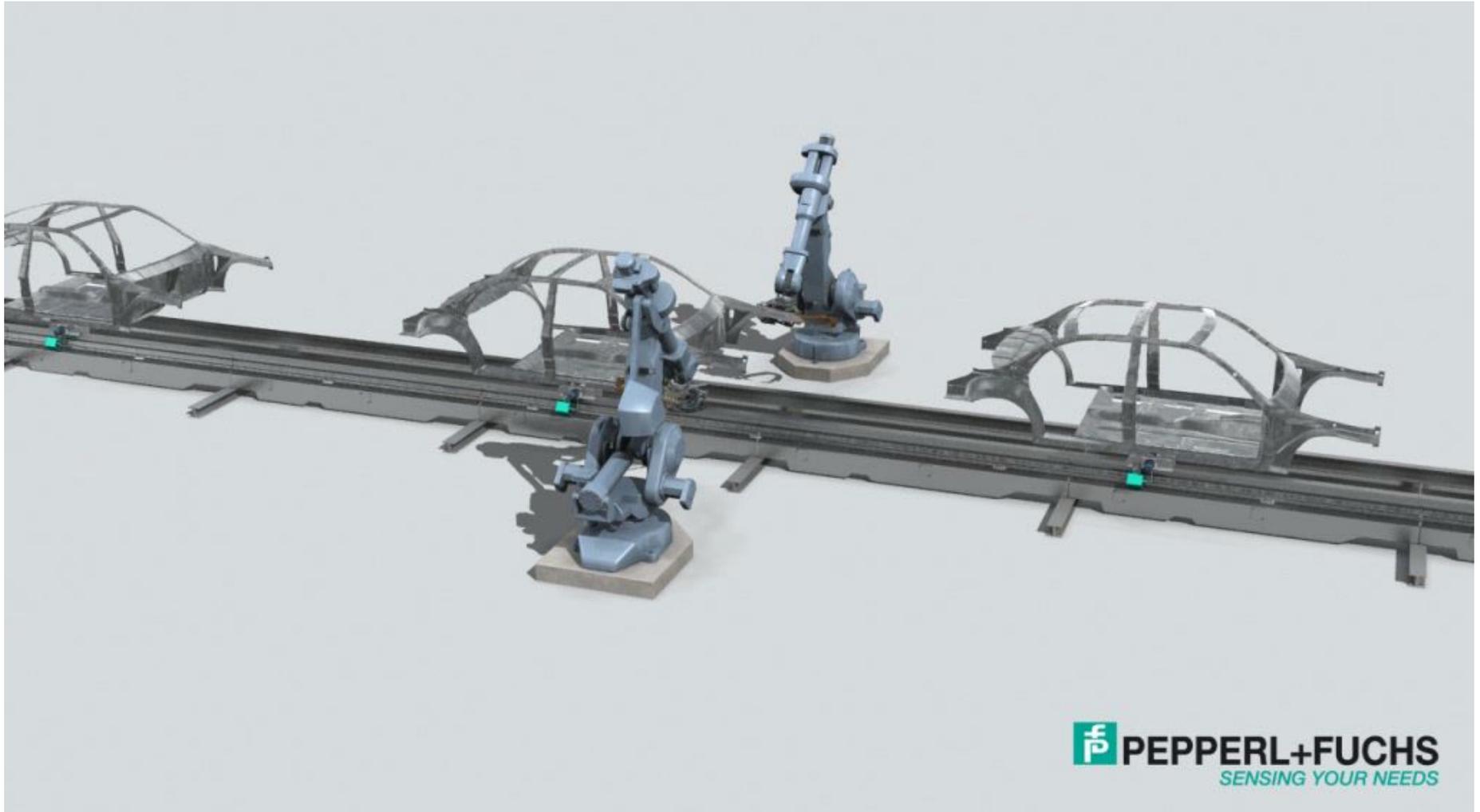
Позиционирование



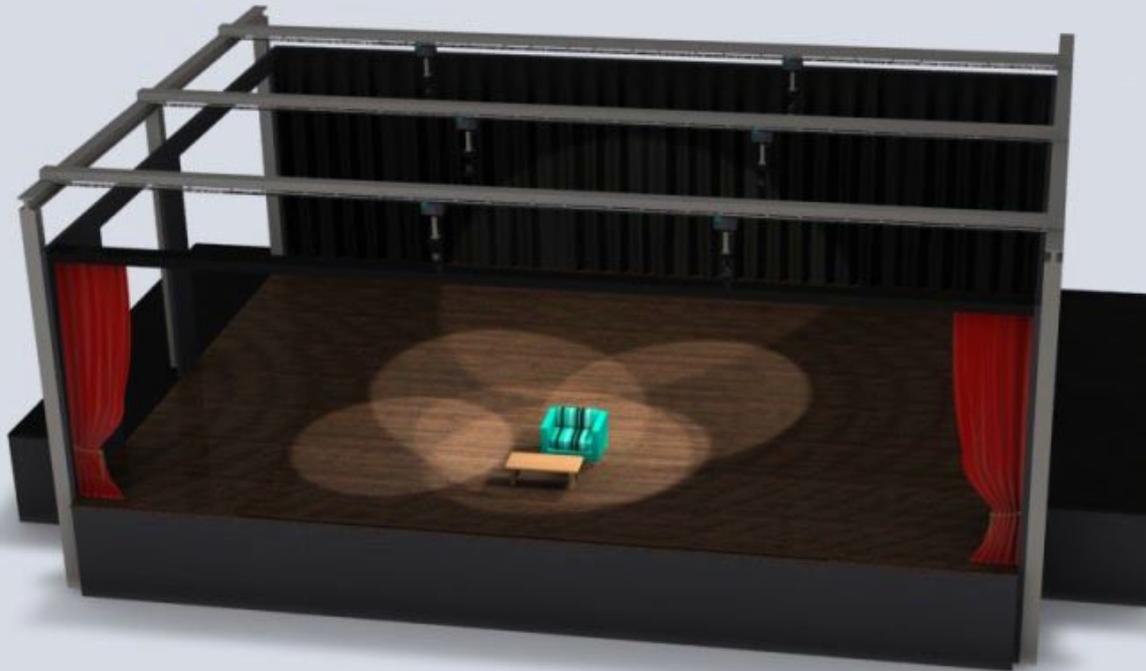
Позиционирование



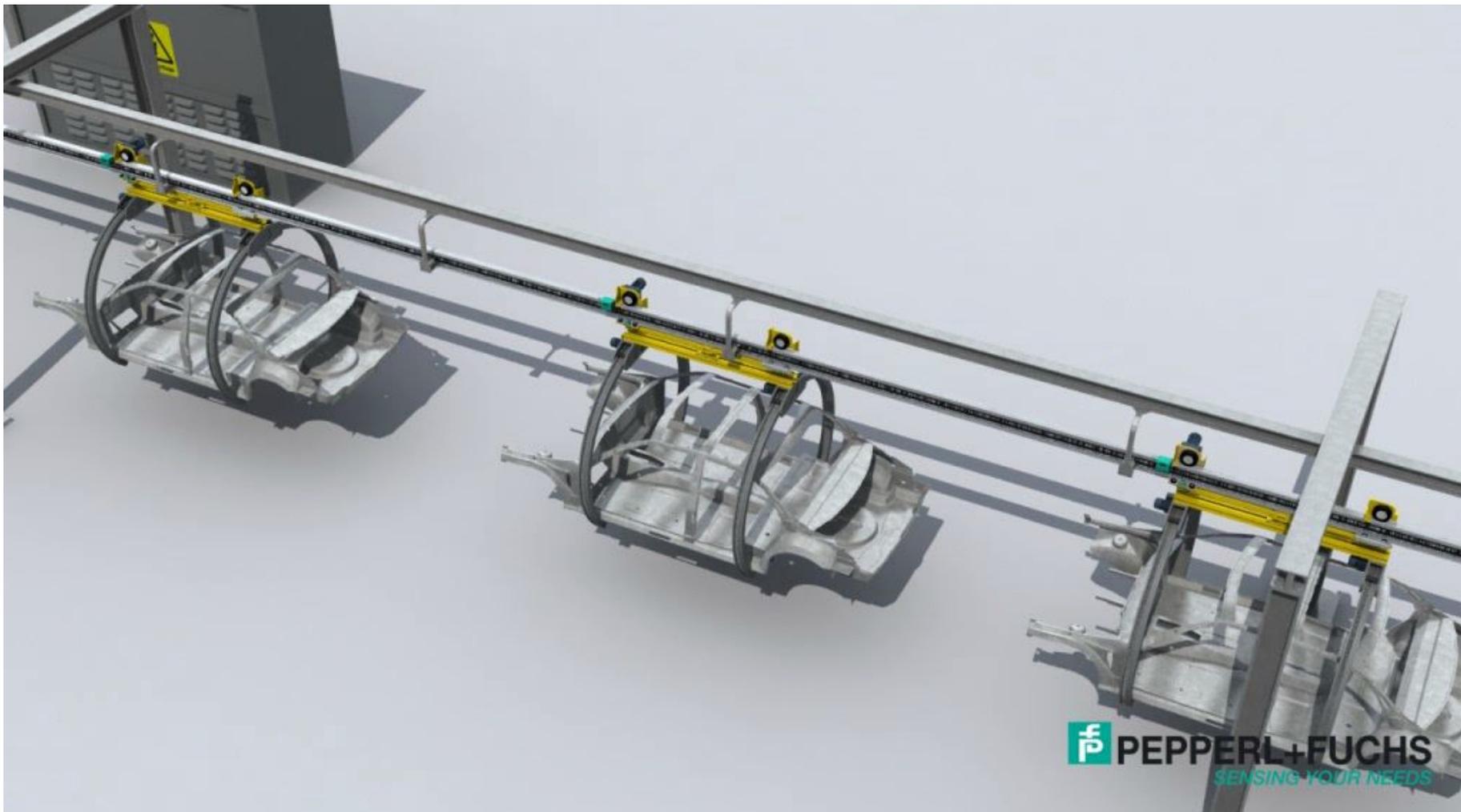
Позиционирование



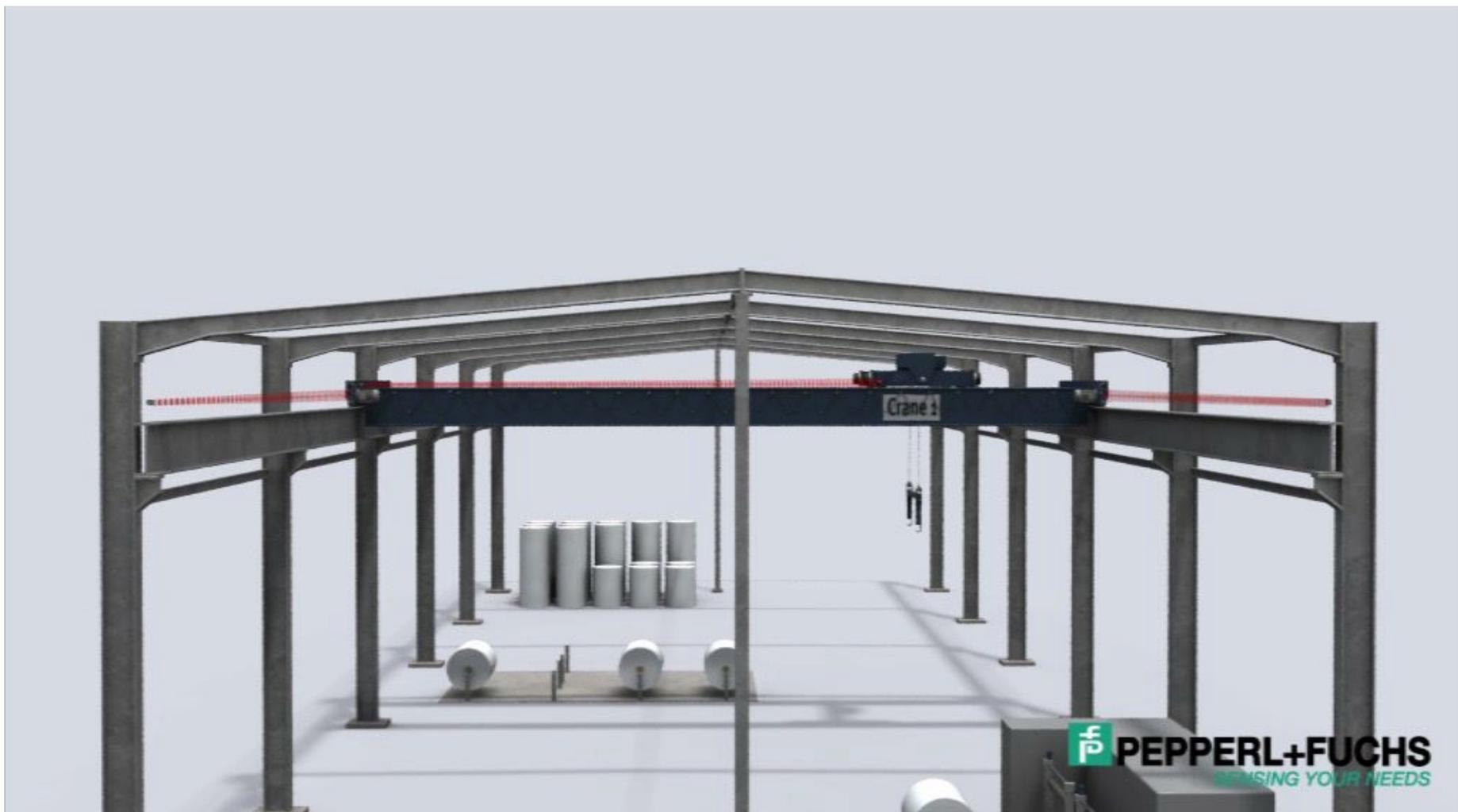
Позиционирование



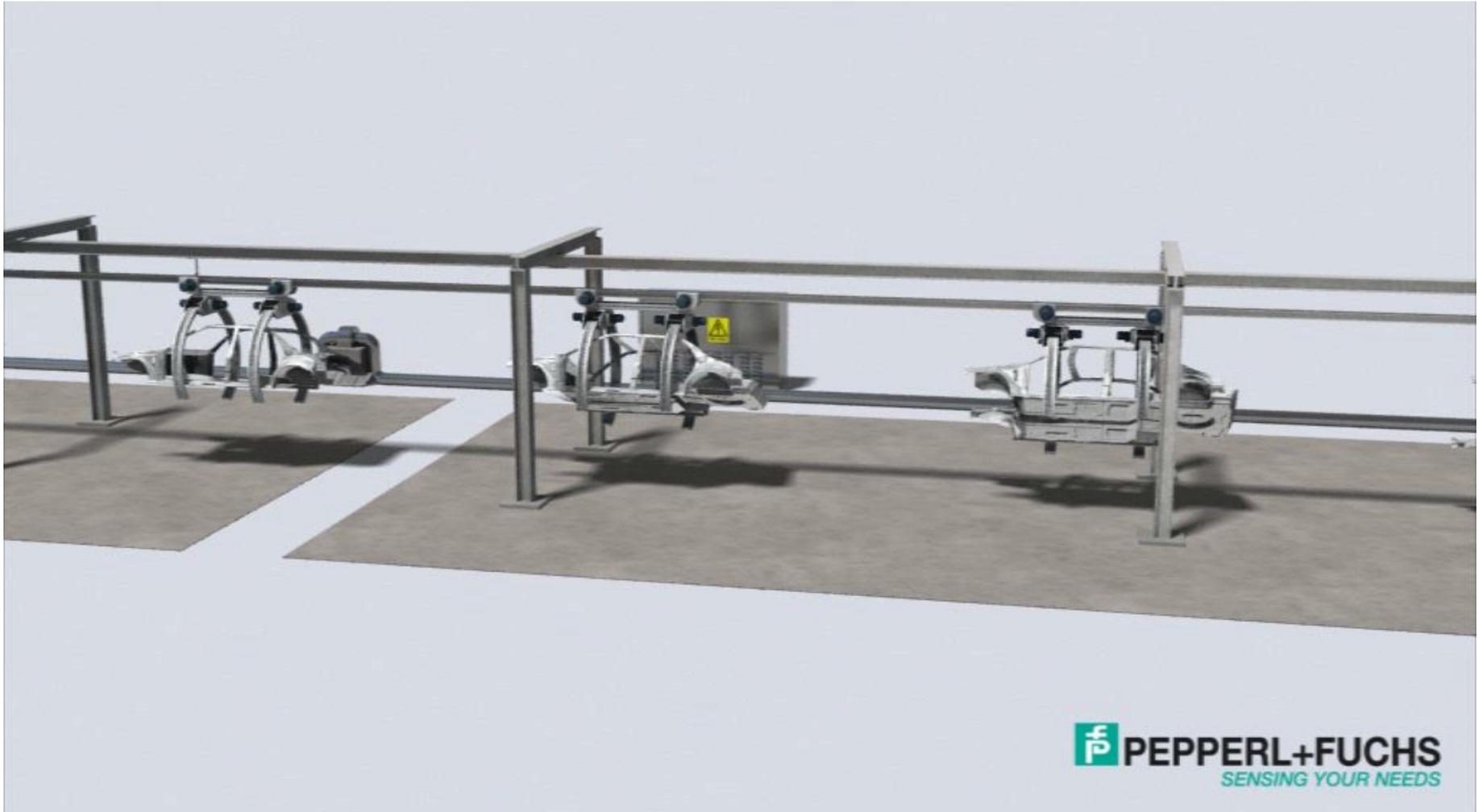
Позиционирование



Позиционирование

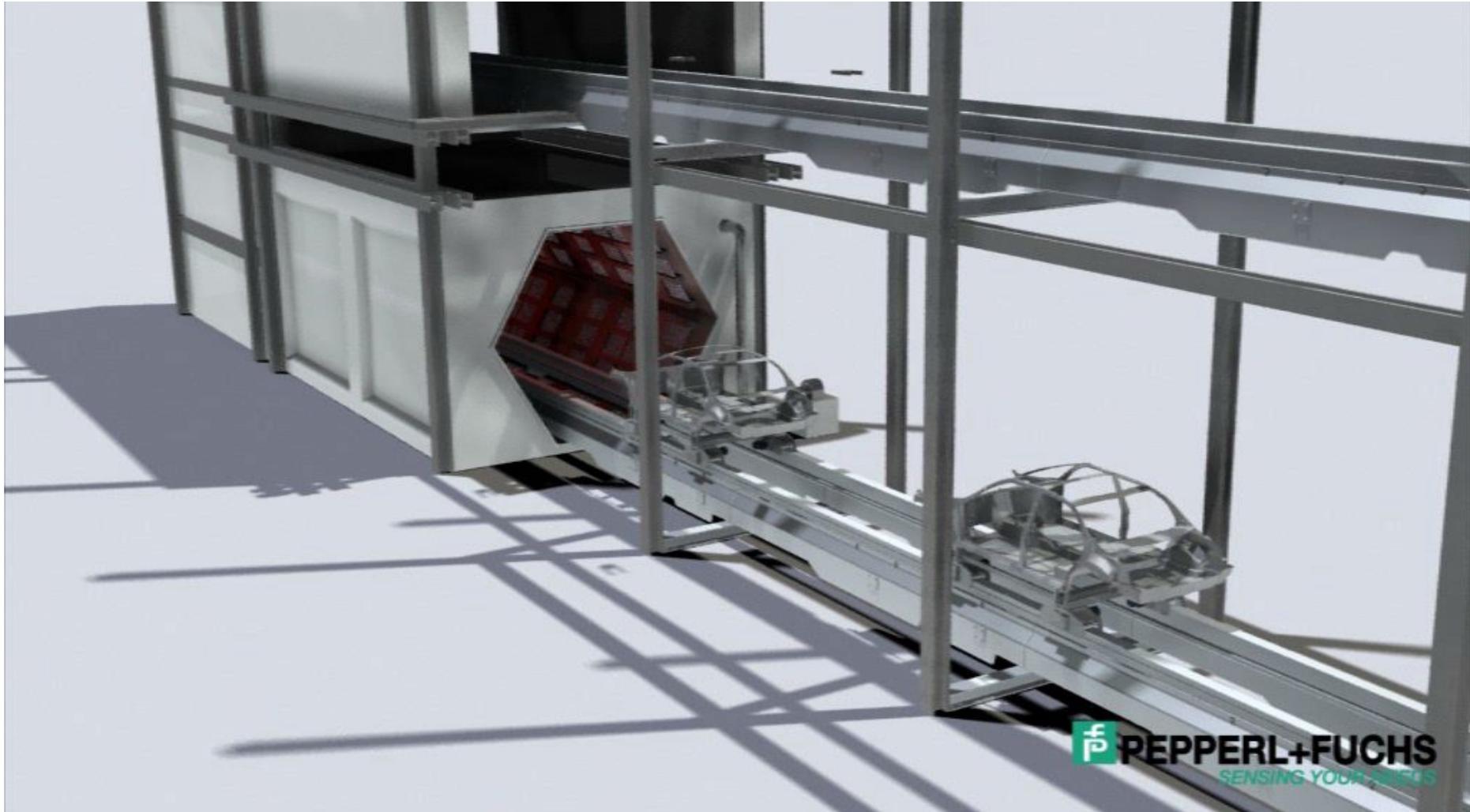


Позиционирование

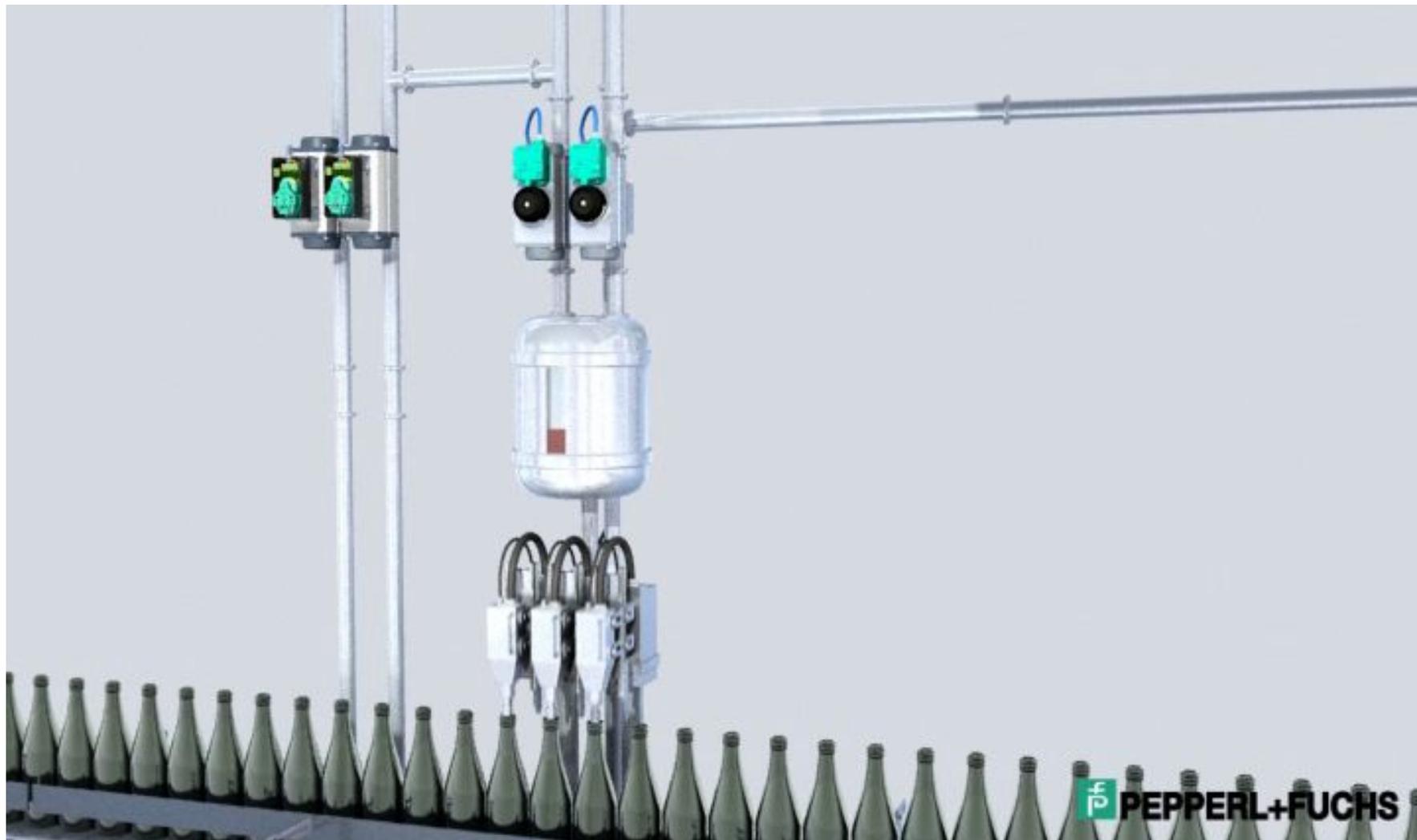


Позиционирование

Позиционирование



Позиционирование



Позиционирование



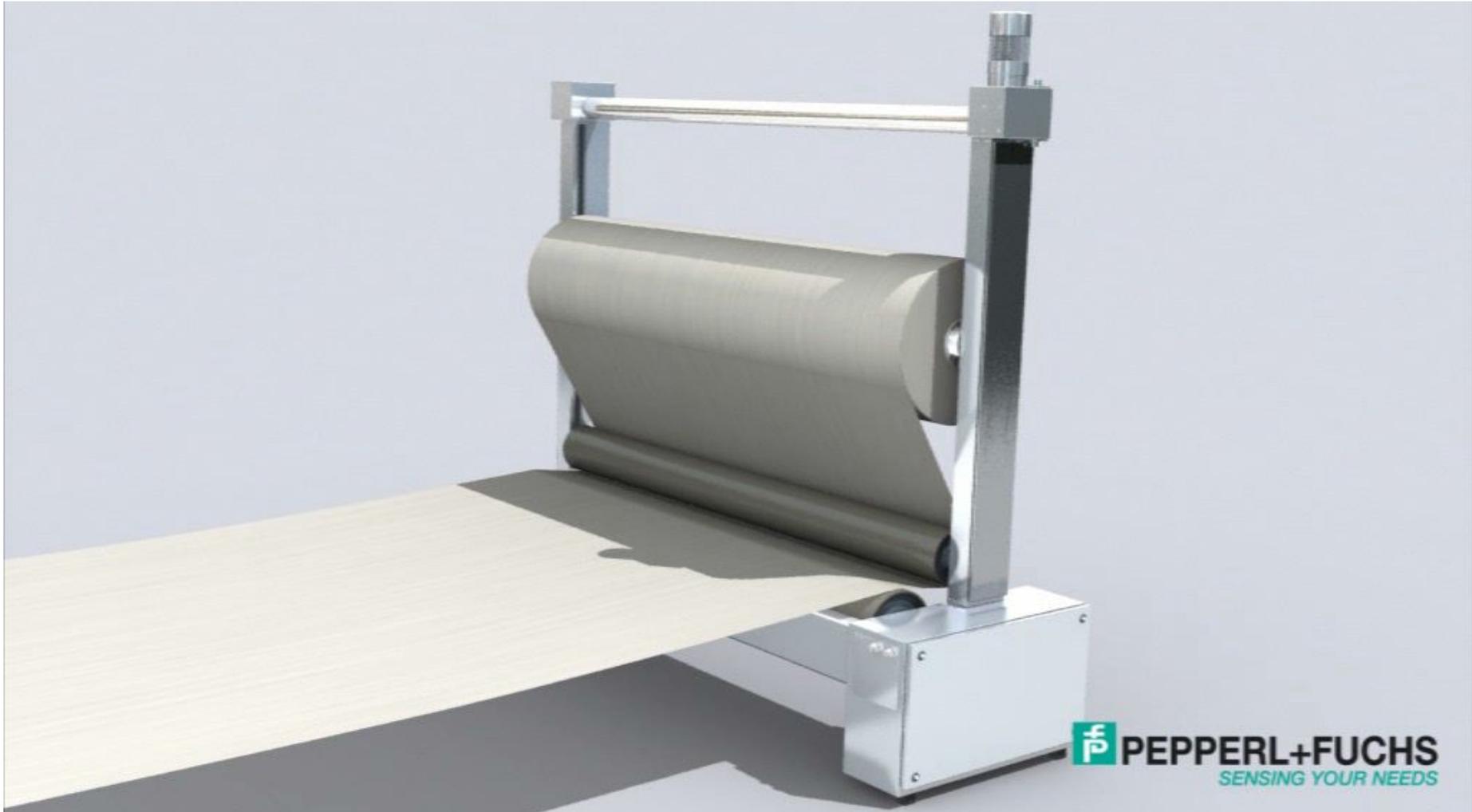
Позиционирование



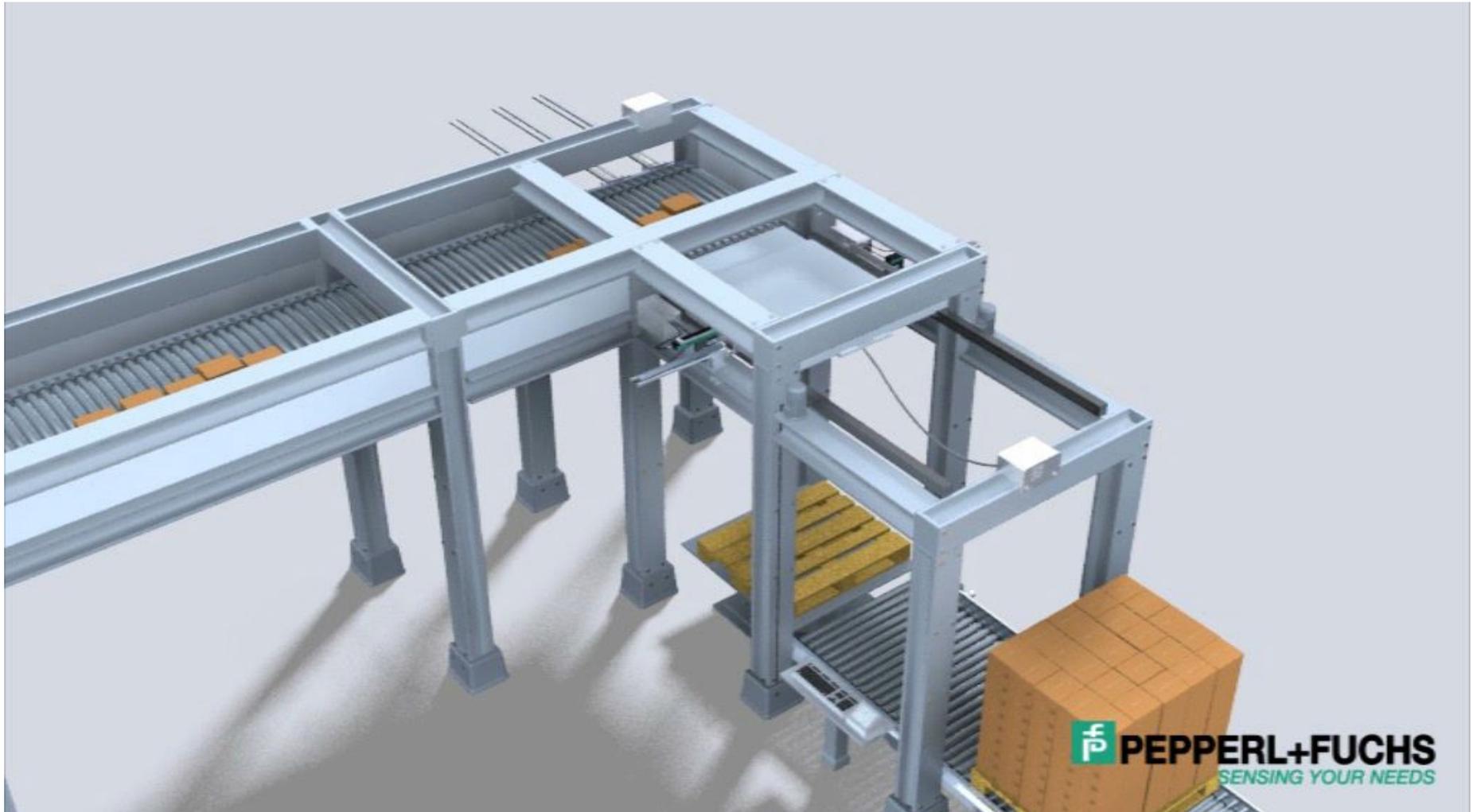
Позиционирование



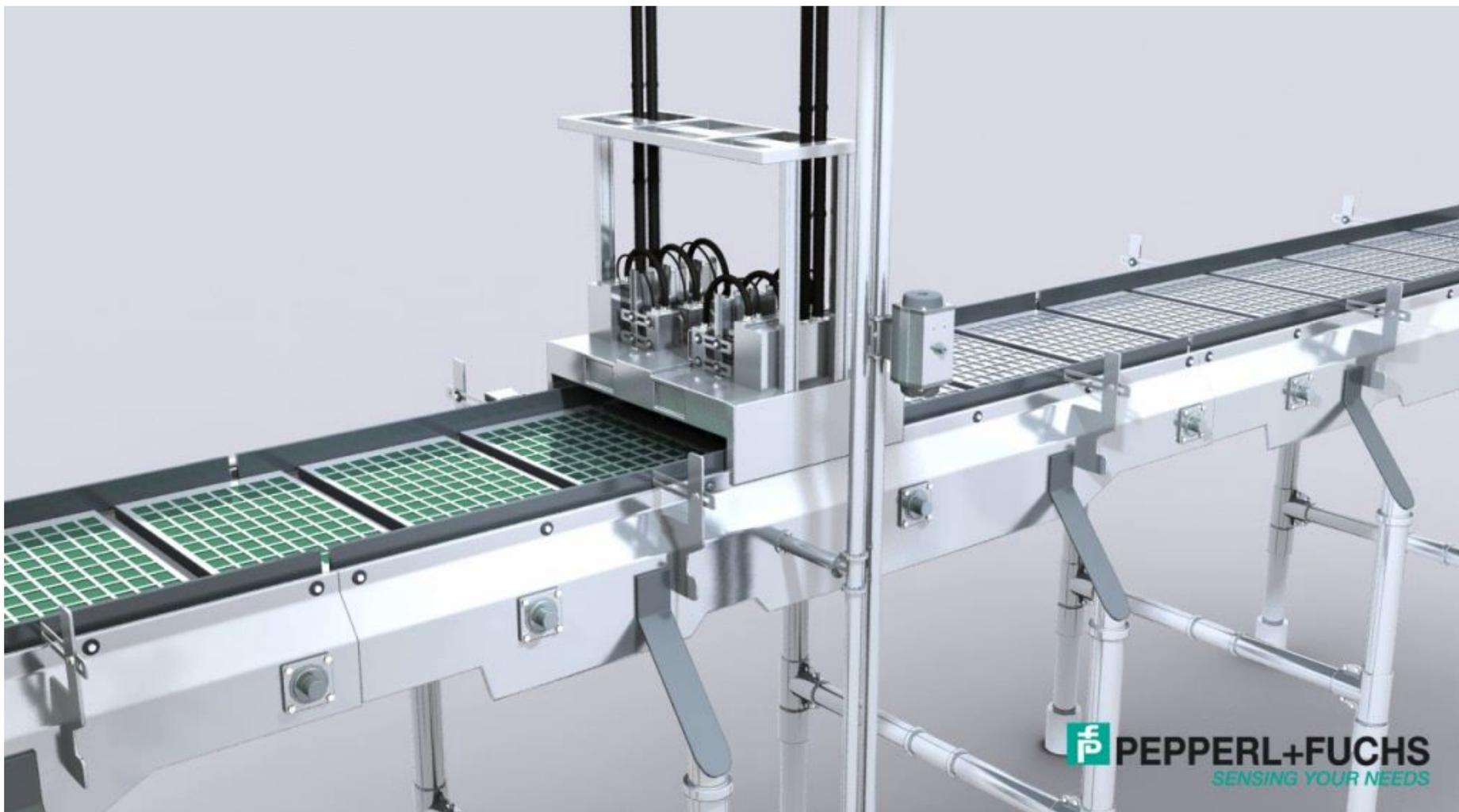
Позиционирование



Позиционирование



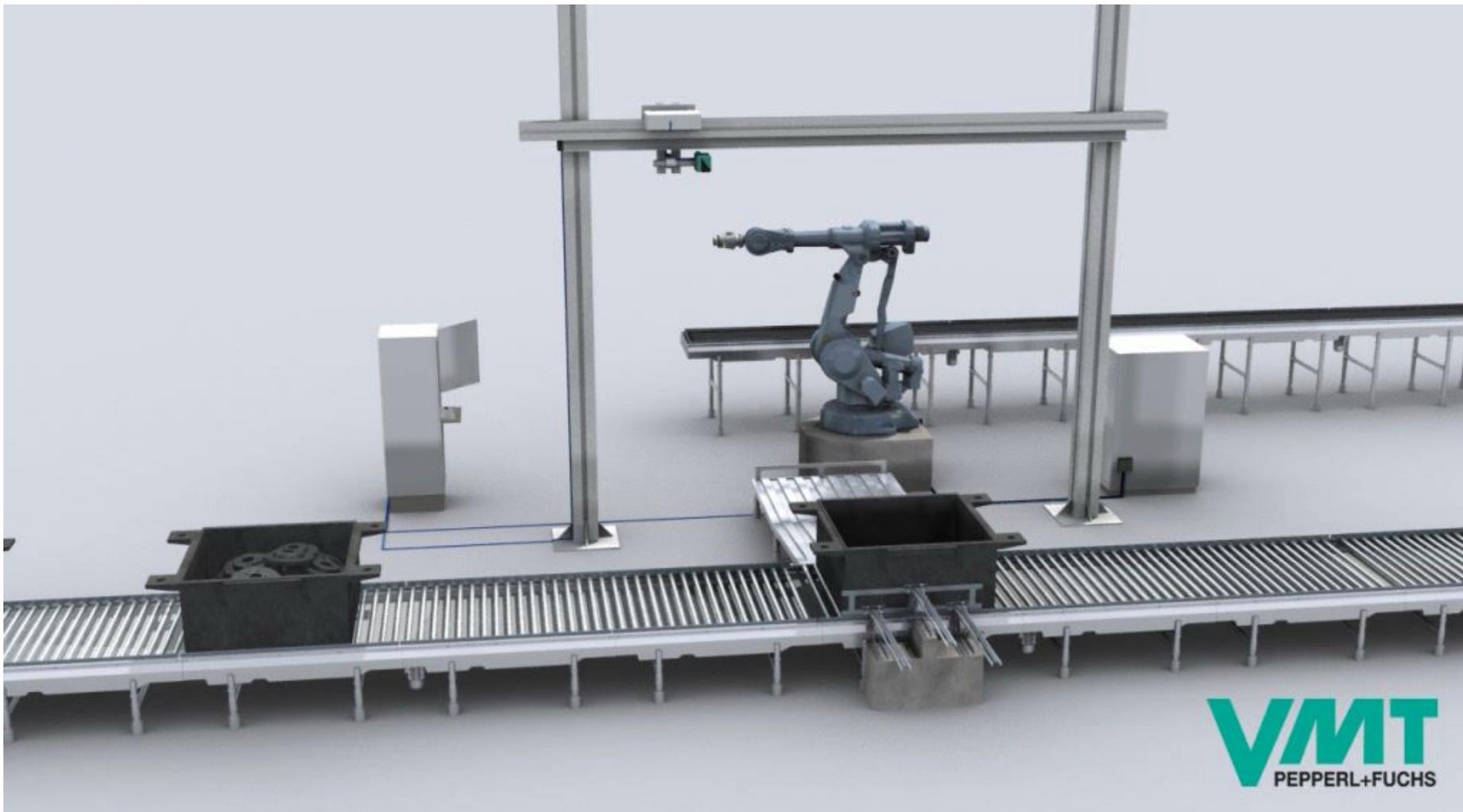
Позиционирование



Видеосенсоры



Видеосенсоры



Контроллер кулачкового переключателя

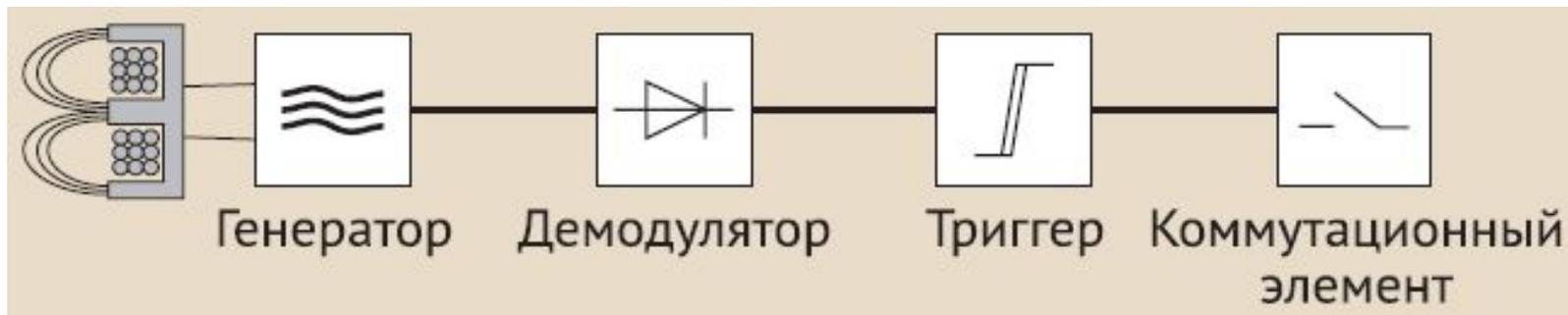
Индуктивные датчики и выключатели

Индуктивные бесконтактные выключатели (ВБИ) имеют чувствительный элемент в виде катушки индуктивности с открытым в сторону активной поверхности магнитопроводом.

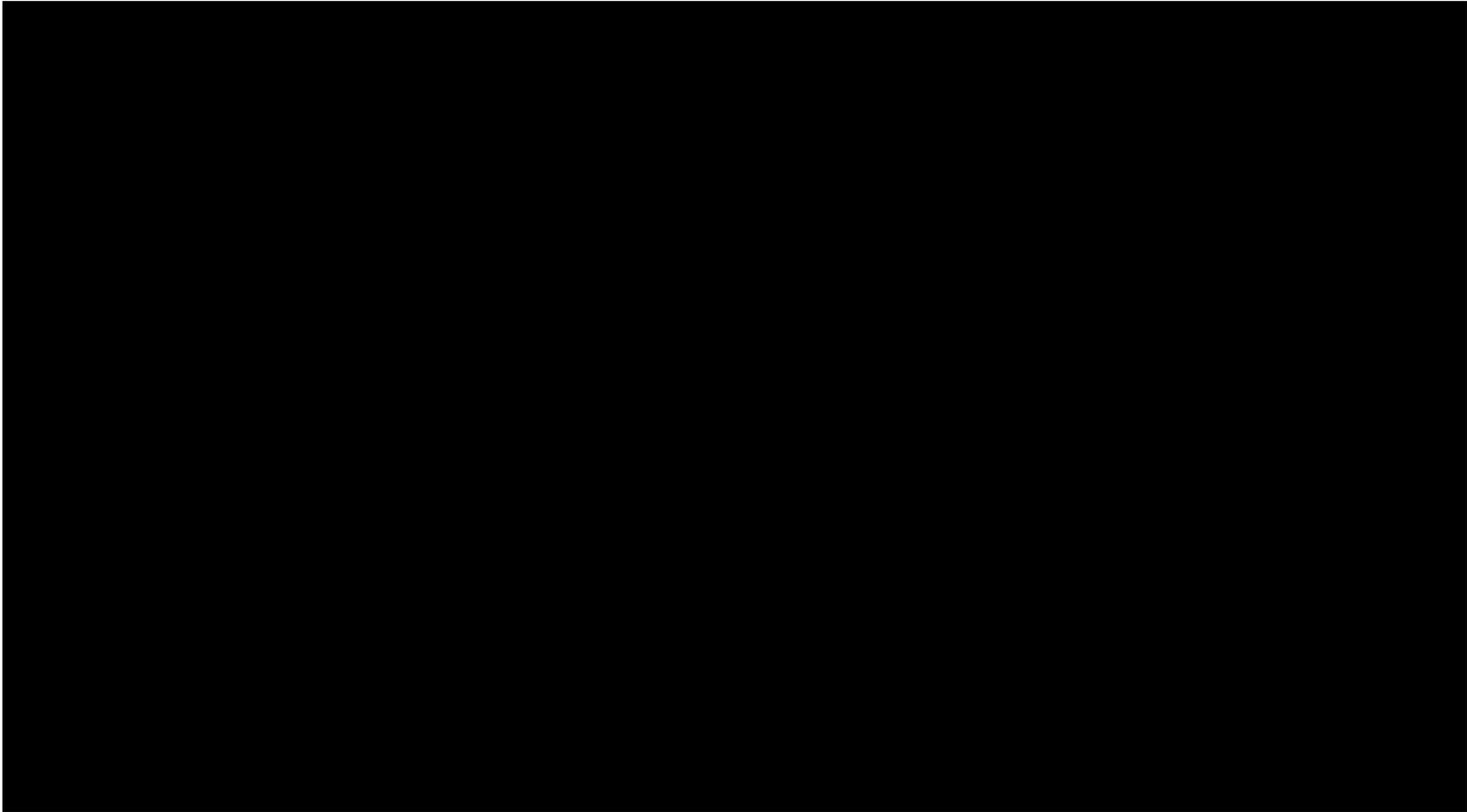
Перед активной поверхностью ВБИ образуется электромагнитное поле. При внесении металлического объекта в это поле колебания генератора затухают, демодулированное напряжение падает, триггер срабатывает, коммутационный элемент переключается.

ВБИ выпускаются в латунных никелированных или пластмассовых корпусах различной формы с расстояниями срабатывания от 1 до 150 мм. Как правило индуктивные бесконтактные выключатели имеют встроенную индикацию состояния выхода, которая позволяет при эксплуатации оперативно проверить срабатывание бесконтактного выключателя.

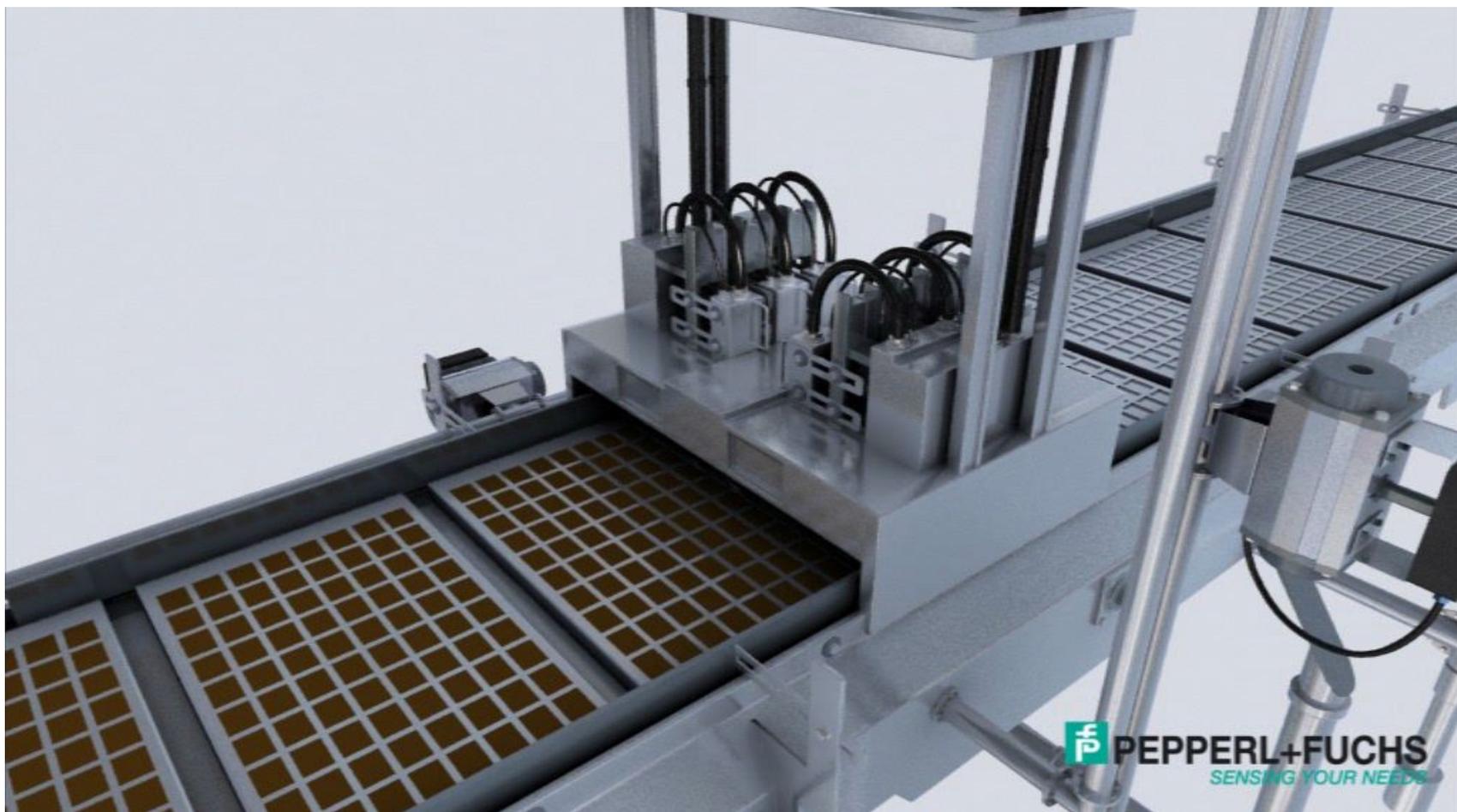
Упрощенная функциональная схема ВБИ



Индуктивные датчики

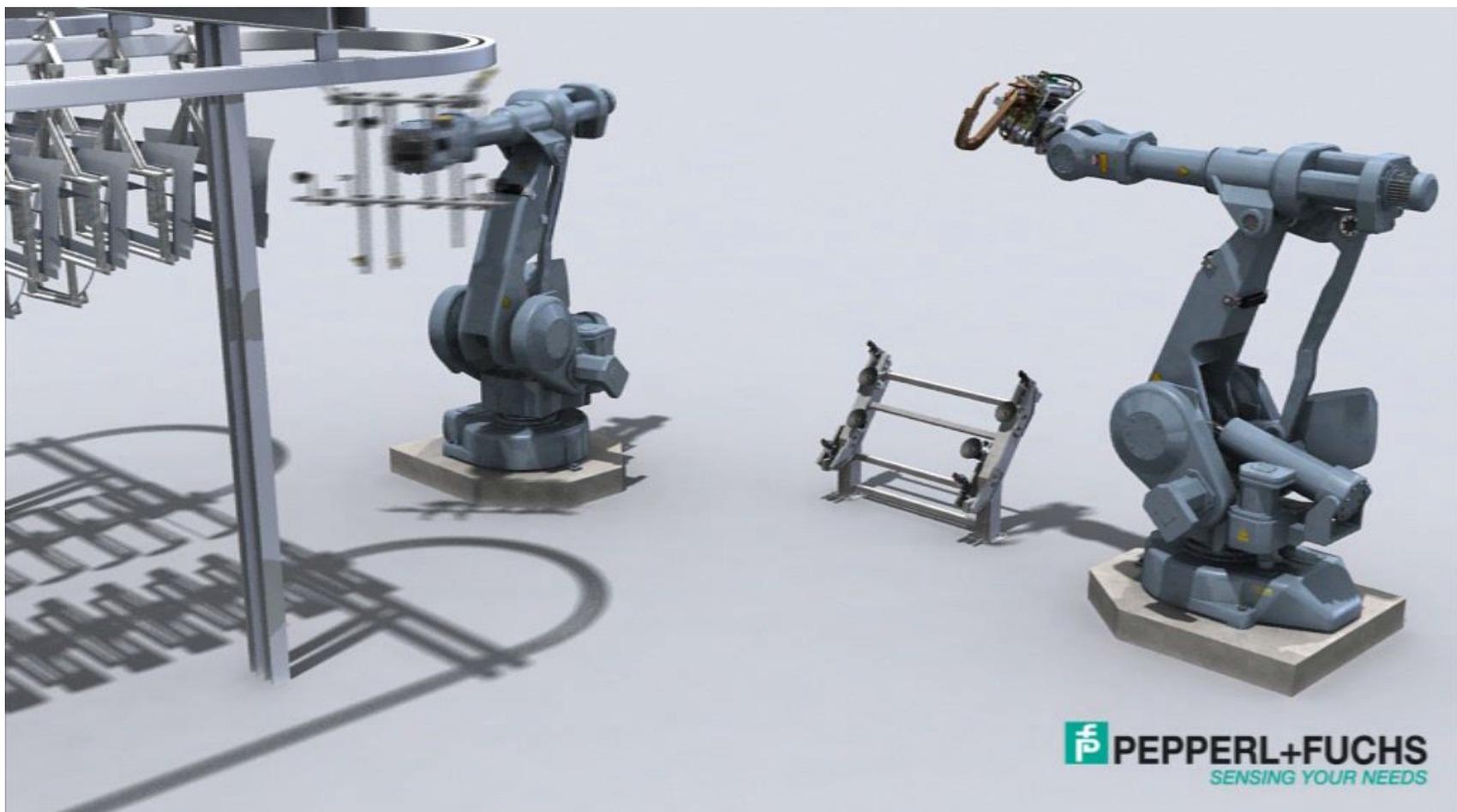


Индуктивные датчики

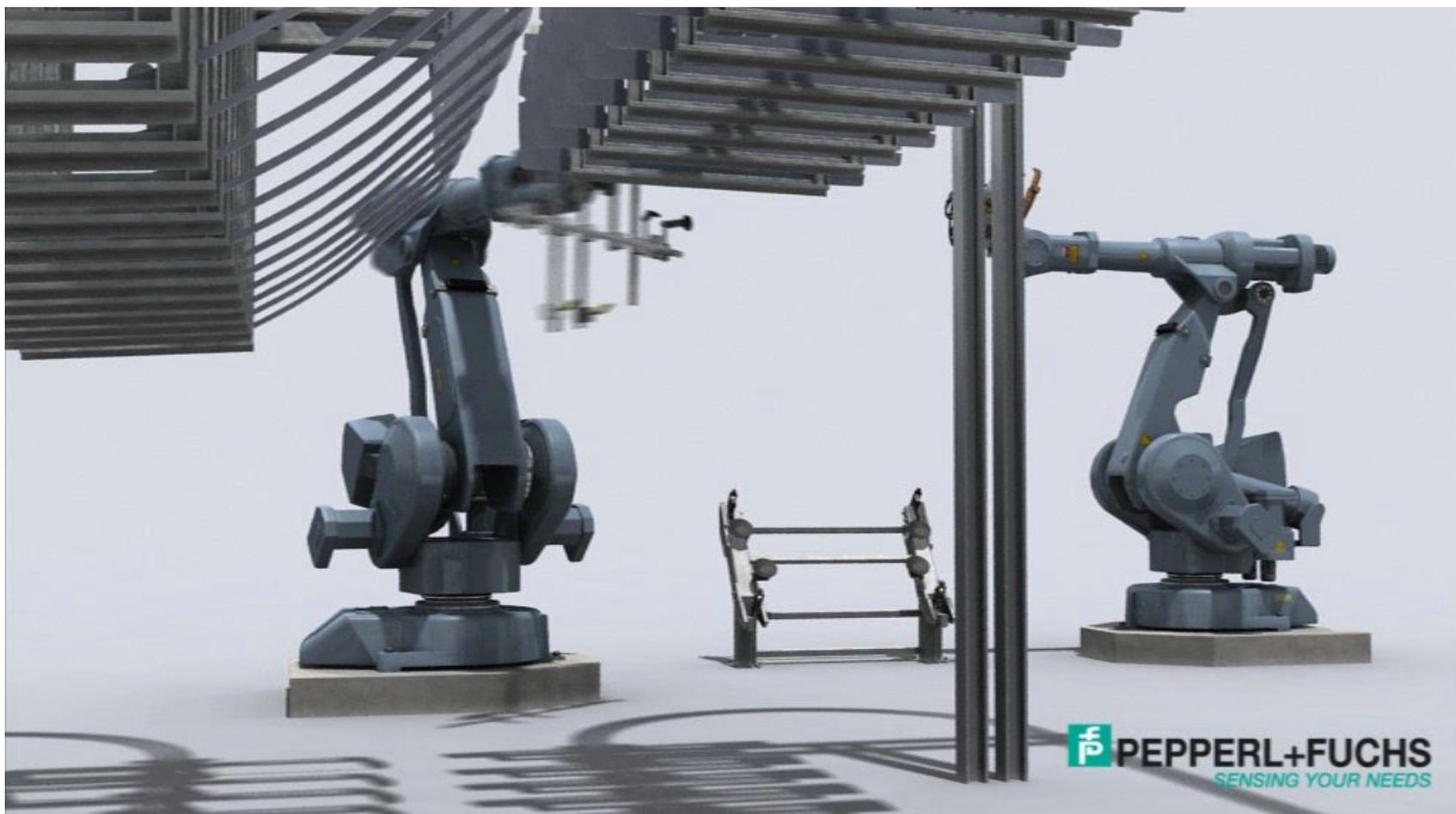


pf PEPPERL+FUCHS
SENSING YOUR NEEDS

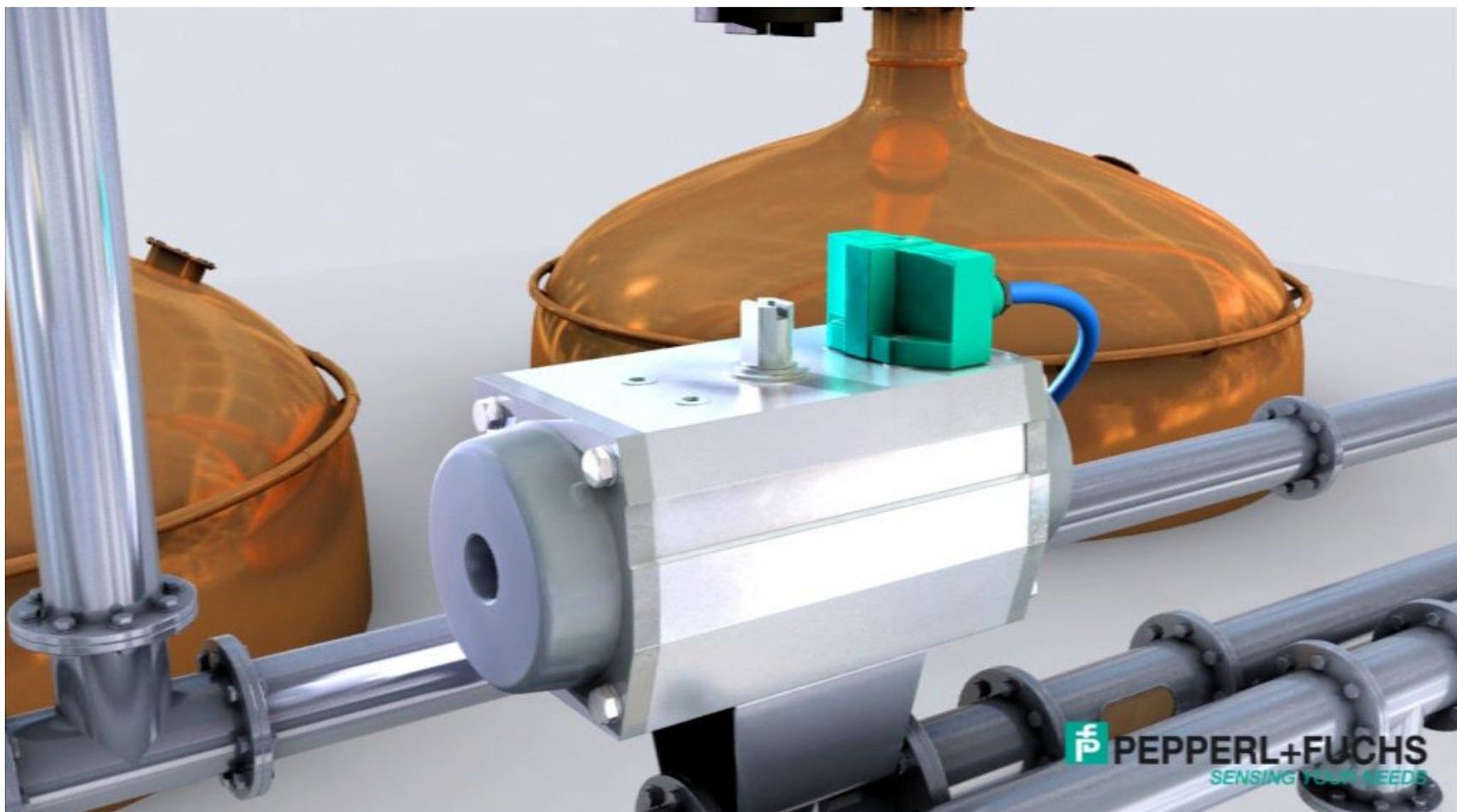
Индуктивные датчики



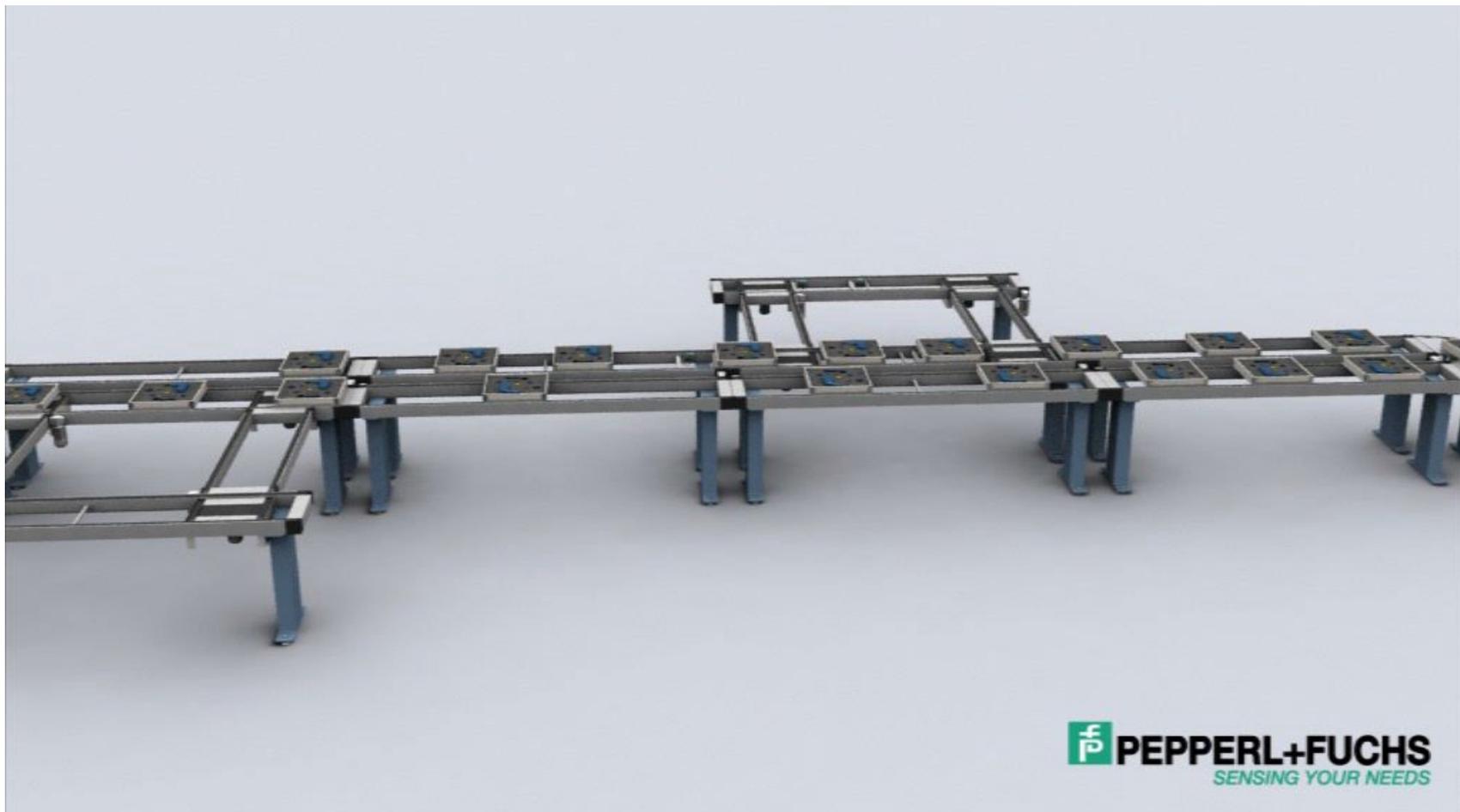
Индуктивные датчики



Индуктивные датчики



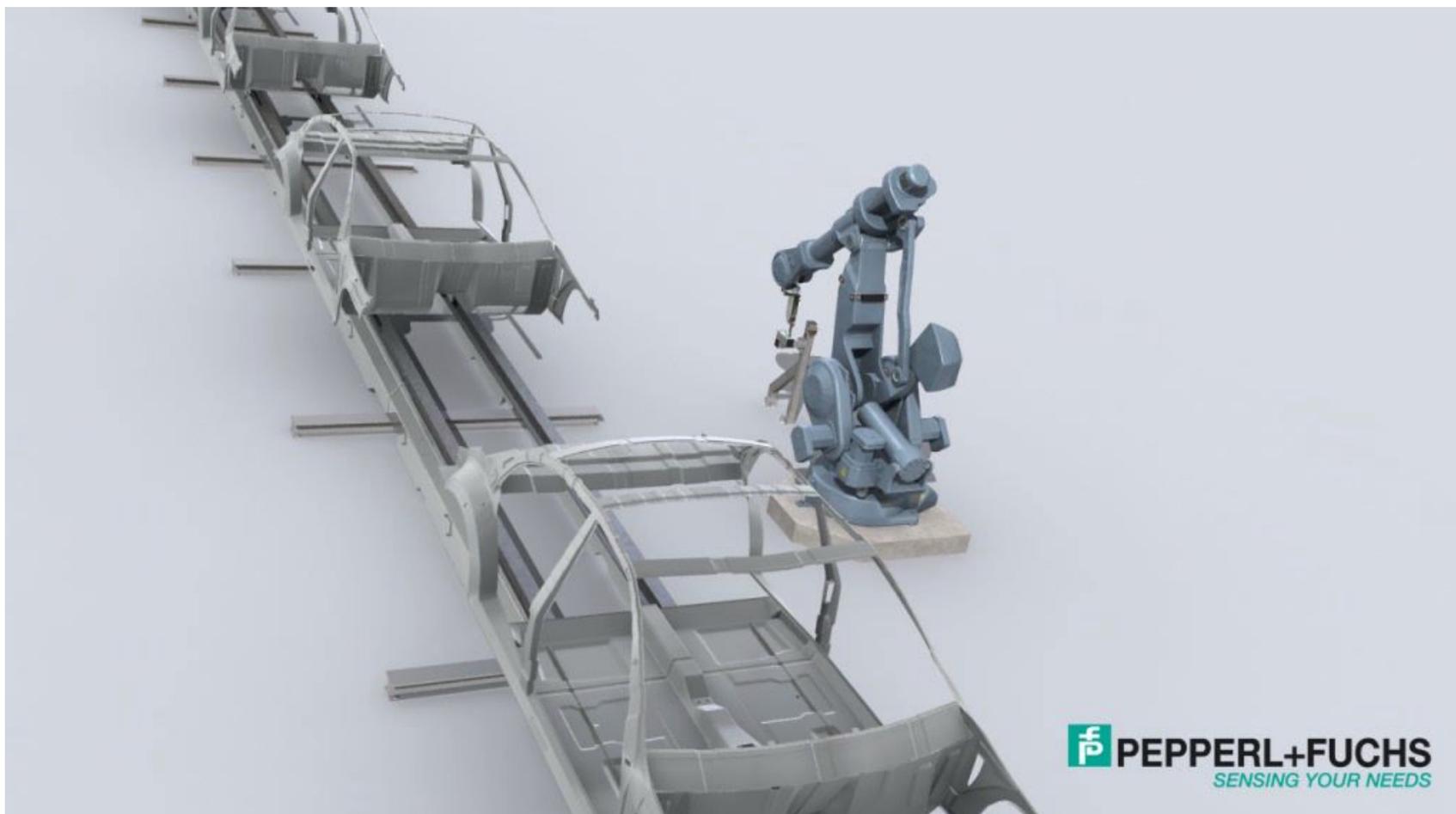
Индуктивные датчики



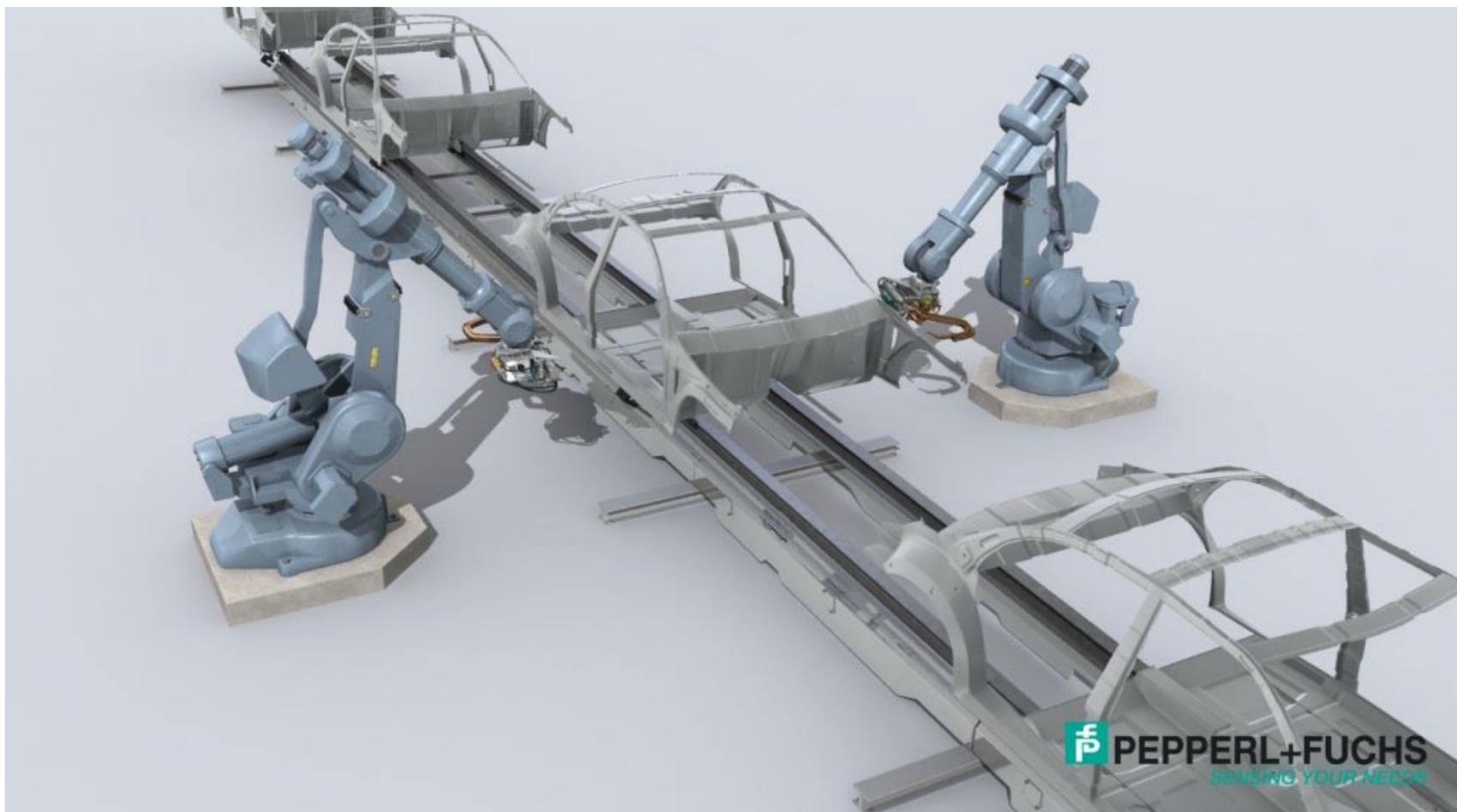
Индуктивные датчики



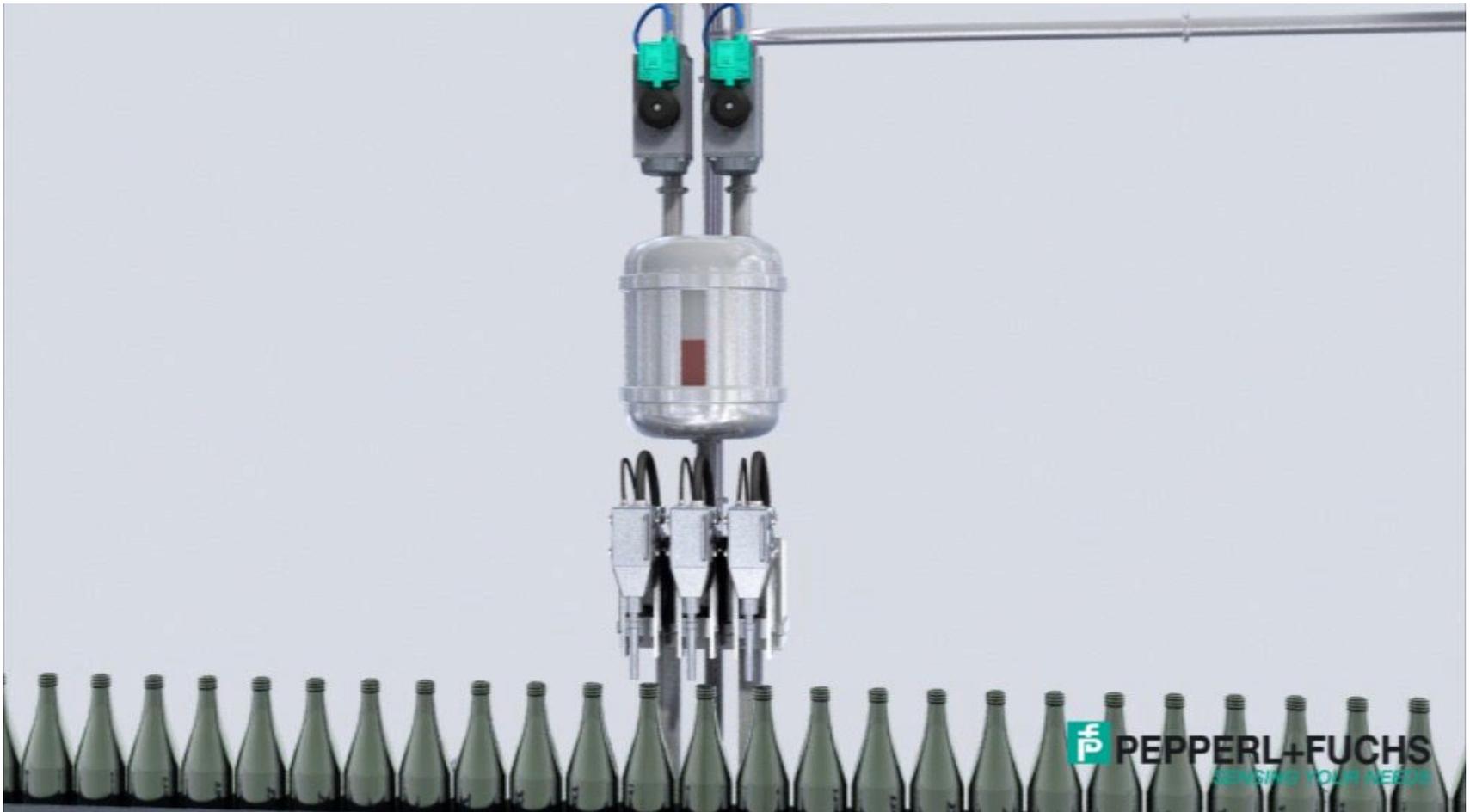
Индуктивные датчики



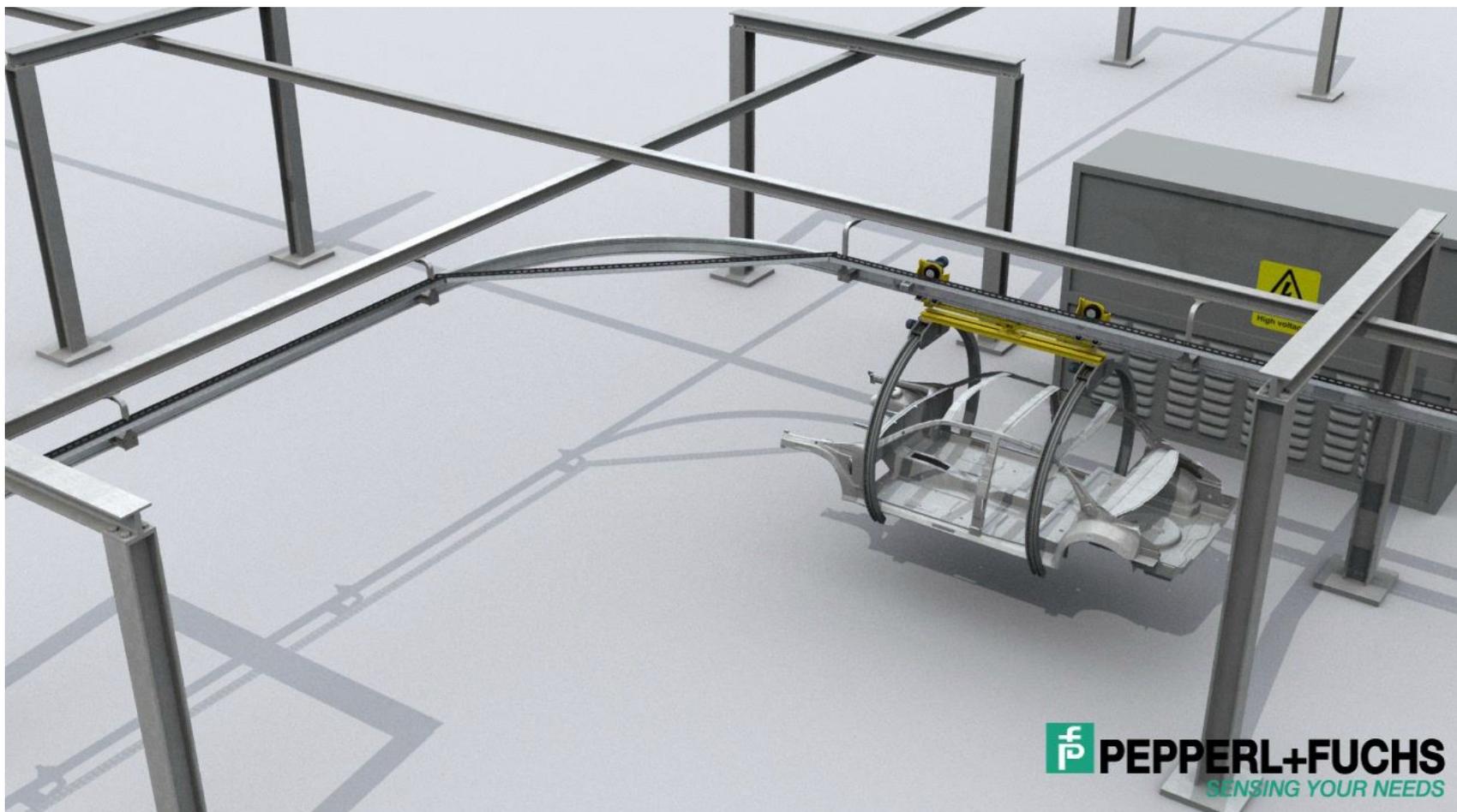
Индуктивные датчики



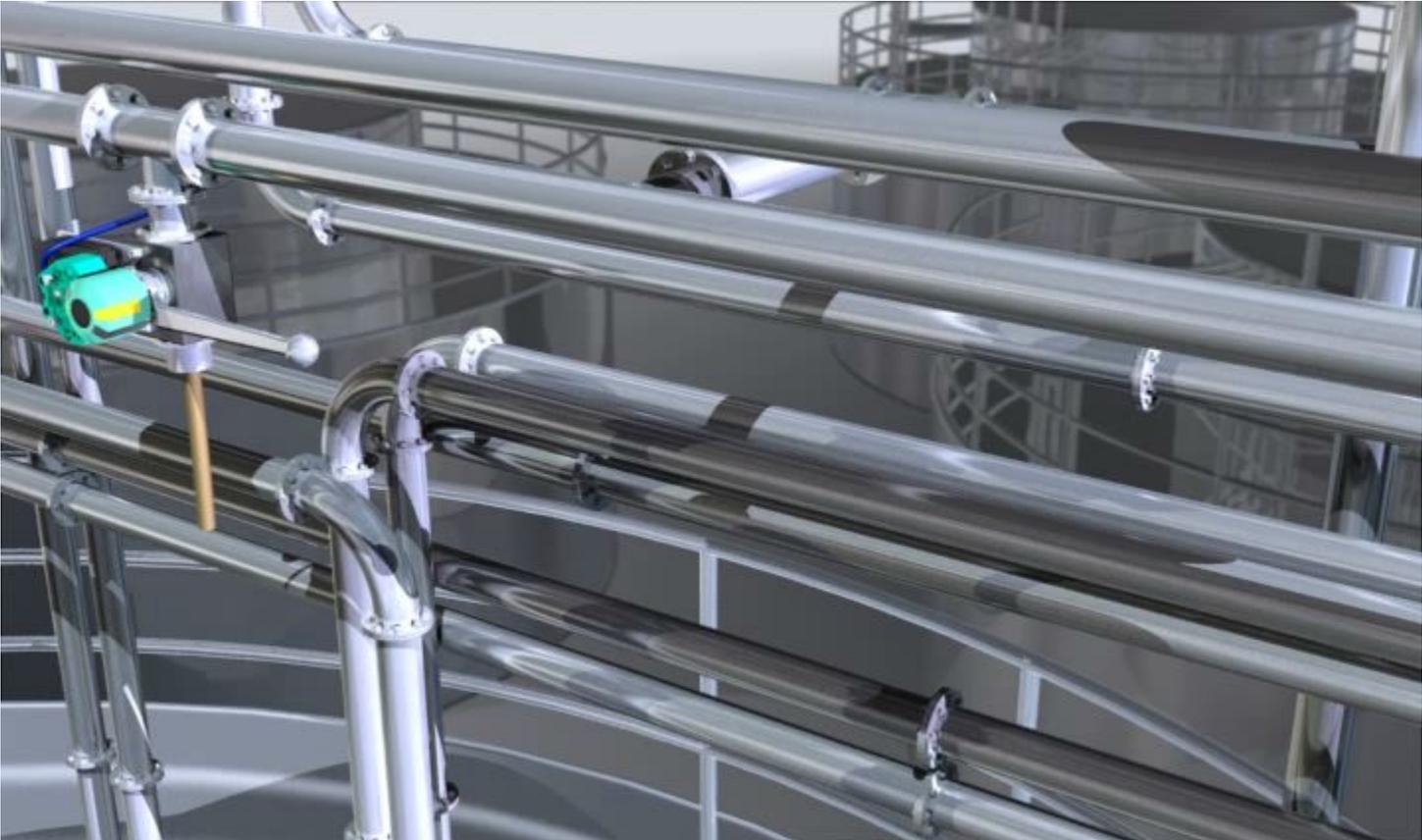
Индуктивные датчики



Индуктивные датчики



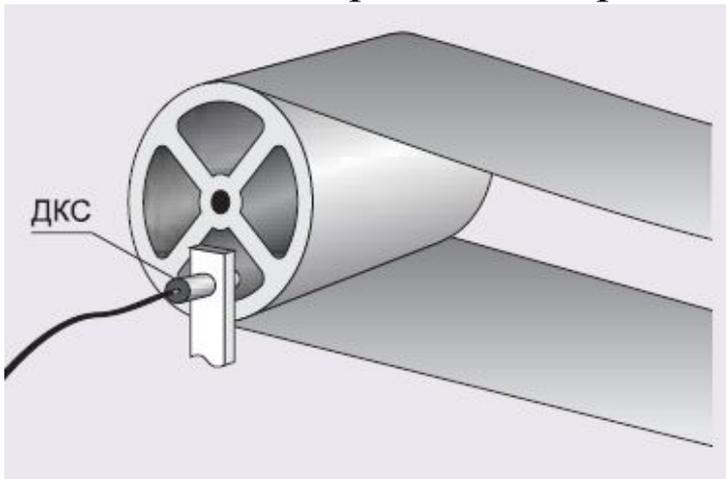
Индуктивные датчики



Индуктивные датчики контроля скорости (пример)

Датчик контроля скорости серии ДКС предназначен, в первую очередь, для контроля остановки или снижения скорости вращения (движения) различных устройств, таких, как конвейеры, транспортеры, барабаны. Может применяться для выявления аварийного проскальзывания ленты на транспортере. ДКС представляет собой индуктивный датчик со схемой контроля частоты воздействия, управляющей выходным коммутационным элементом.

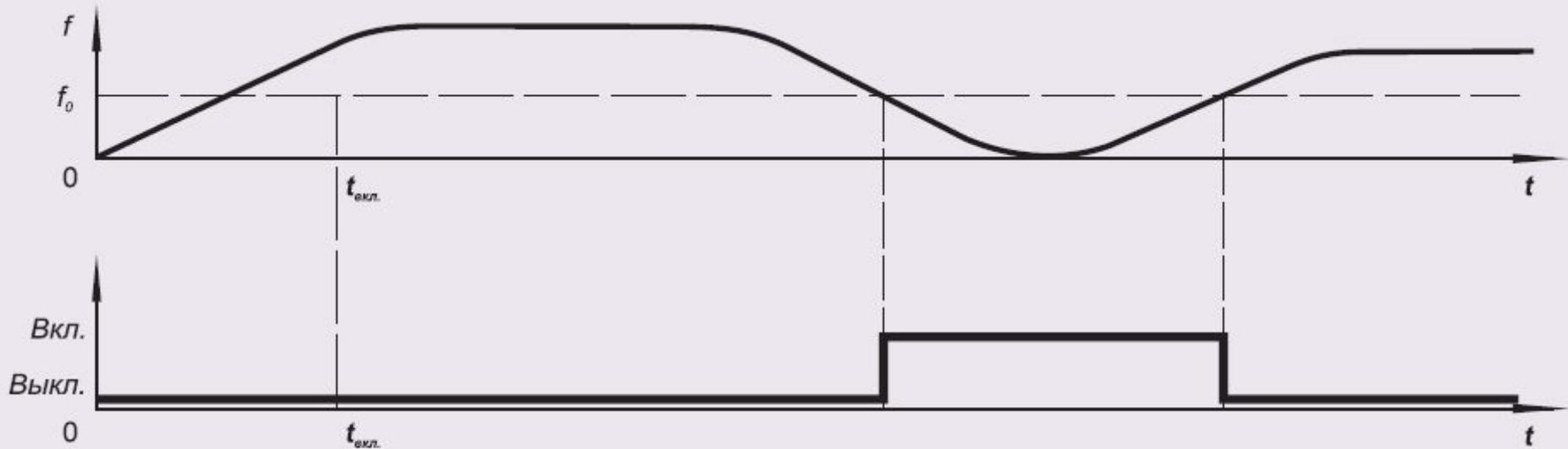
Контролируемый вращающийся объект (например, спицы шкива) либо непосредственно, либо с помощью соединенного с ним металлического предмета воздействует на чувствительную поверхность датчика с частотой, пропорциональной частоте вращения. Схема контроля частоты сравнивает частоту воздействия с пороговой частотой. Если частота ниже, то нормально открытый (НО) коммутационный элемент замыкается, а нормально закрытый (НЗ) размыкается.



Сравнение частоты, а, следовательно, и переключение коммутационного элемента становится возможным по истечении первоначальной задержки включения (твкл), которая предназначена для разгона механизмов после подачи напряжения питания на оборудование.

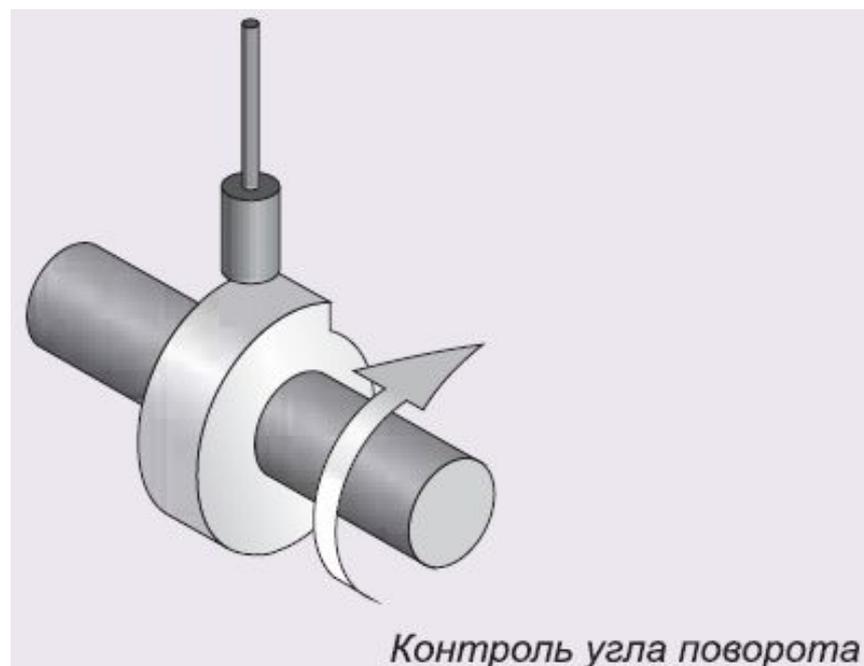
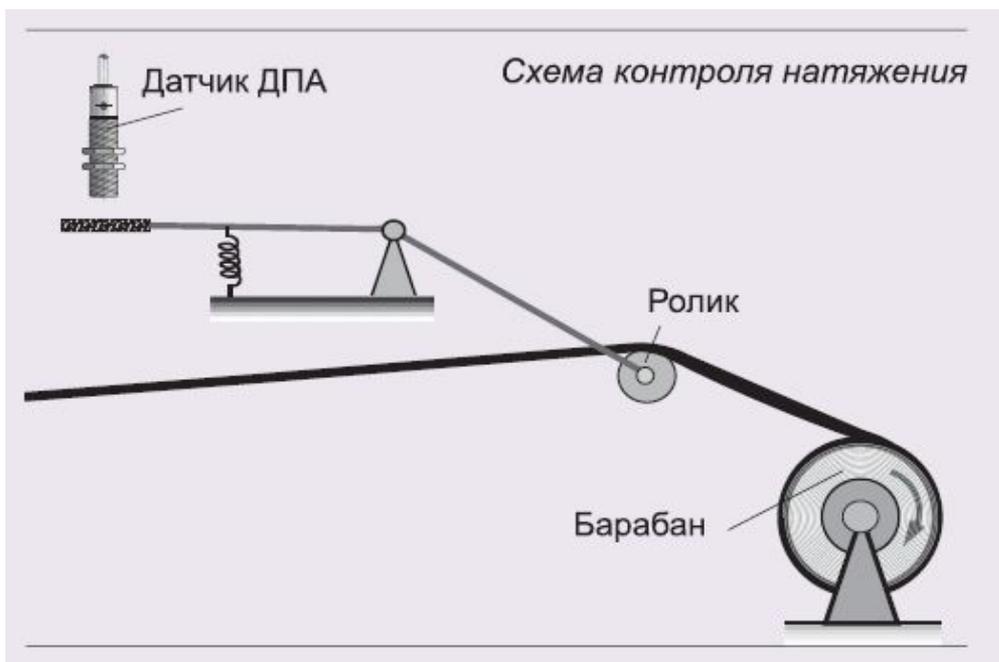
Индуктивные датчики контроля скорости (пример)

Датчик срабатывает при снижении скорости



- f — частота воздействия на датчик контроля скорости;
- f_0 — установленная пороговая частота воздействия, при которой происходит срабатывание датчика контроля скорости;
- $t_{\text{вкл.}}$ — первоначальная задержка срабатывания датчика, для разгона механизмов.

Индуктивные датчики (пример)



Индуктивные датчики положения с аналоговым выходом преобразуют значение расстояния между активной поверхностью датчика и объектом воздействия в величину токового сигнала на выходе. Датчик применяется как простой и малоинерционный датчик регулятора положения в системах управления. Датчик может реагировать непосредственно на металлический объект или на металлический флажок, механически связанный с объектом.

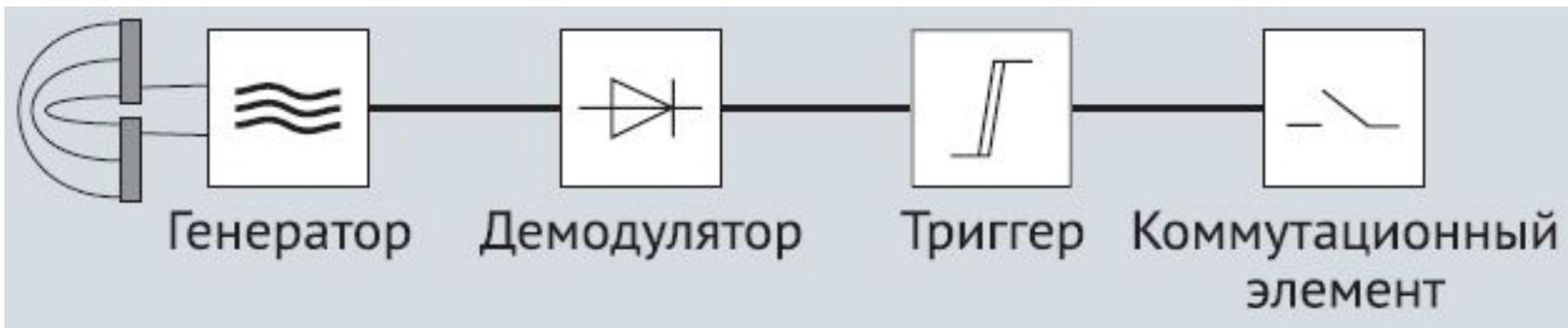
ДПА применяется в системах регулировки натяжения ленты, троса, провода в кабельном производстве и т. п.

Емкостные датчики и выключатели

Емкостные бесконтактные выключатели (ВБЕ) имеют чувствительный элемент в виде вынесенных к активной поверхности пластин конденсатора.

Приближение объекта из любого материала к активной поверхности ведет к изменению емкости конденсатора, параметров генератора и в конечном итоге к переключению коммутационного элемента.

Объекты из металла или из диэлектрика с большей диэлектрической постоянной, например, вода, сильнее воздействуют на ВБЕ. Мелкие или тонкие объекты слабо воздействуют на ВБЕ.

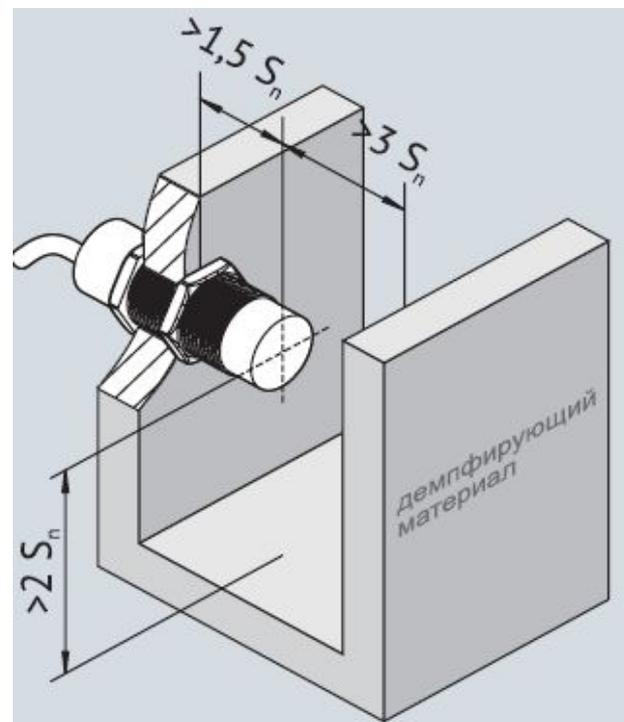


Емкостные датчики и выключатели

При проектировании размещения ВБЕ неутапливаемого исполнения следует учитывать минимально допустимые стандартом расстояния до окружающих элементов конструкций из металла. Для ВБЕ, имеющих фланцевый корпус, перед активной поверхностью также требуется зона, свободная от демпфирующего материала (металла) на расстоянии, равном 3 расстояниям срабатывания. На практике допустимо размещение ВБЕ с меньшими расстояниями до металла, при этом необходимо уменьшить его чувствительность.

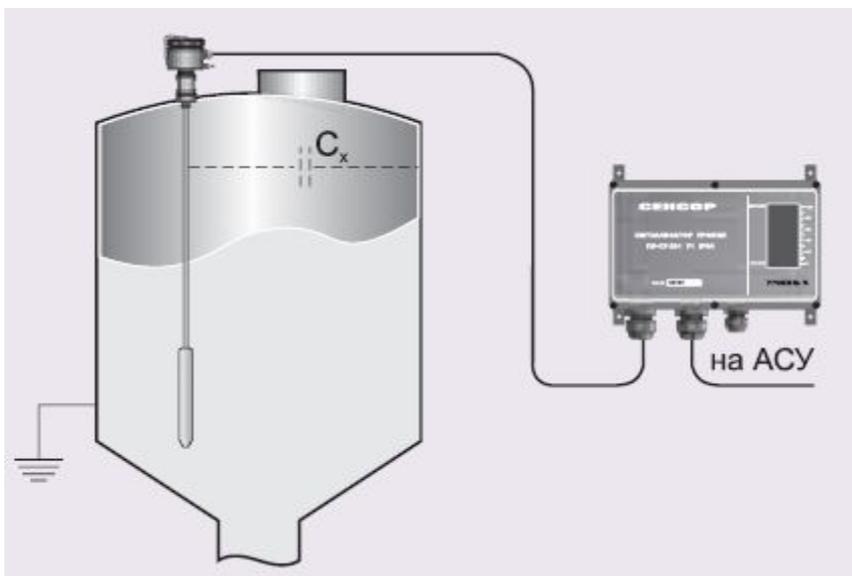
При монтаже и эксплуатации производится настройка срабатывания ВБЕ с помощью встроенного многооборотного потенциометра регулировки чувствительности. Как правило, емкостные бесконтактные выключатели имеют встроенную индикацию состояния выхода, которая позволяет при эксплуатации оперативно проверить срабатывание бесконтактного выключателя.

При контроле уровня в резервуарах из диэлектрика датчик может быть установлен снаружи. В резервуаре из металла датчик может устанавливаться за люком в стенке. Люк делается на уровне контроля и закрывается пластиной из диэлектрика (стекло, оргстекло, фторопласт).



Емкостные датчики и выключатели

Система измерения уровня состоит из емкостного датчика уровня удаленного блока вторичного преобразования. Допустимое удаление блока от датчика до 150 м. Система измерения уровня предназначена для непрерывного измерения уровня сыпучих и жидких сред, контроля и сигнализации двух заданных предельных положений измеряемого уровня в технологических и товарных резервуарах, танках, силосах, бункерах и т.п. стационарных установках.



Система измерения уровня используется для передачи измерительной информации другим устройствам систем автоматизированного управления (АСУ). Если бункер не металлический, то для работы емкостного датчика требуется заземленный и соединенный с корпусом датчика электрод (например металлическая полоса на стенке резервуара).

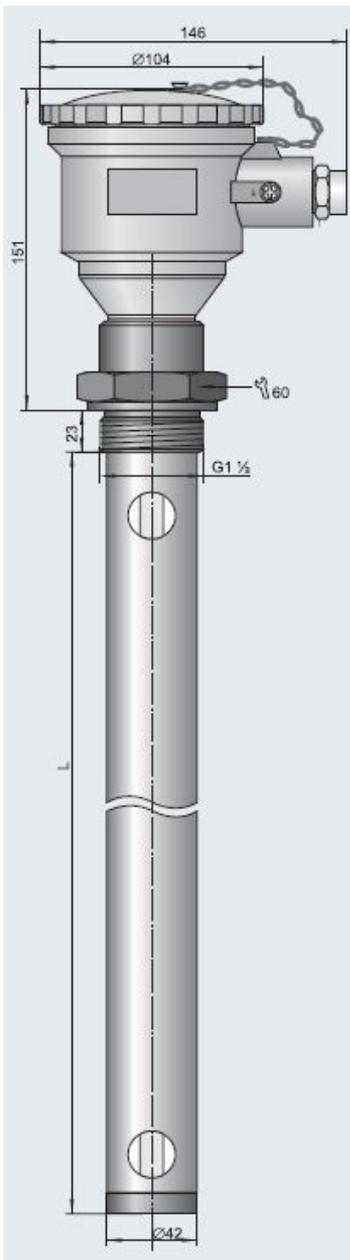
Емкостные датчики и выключатели

Принцип действия датчика основан на зависимости электрической емкости чувствительного элемента датчика от глубины его погружения в контролируемую среду.

Датчик вырабатывает выходной сигнал 0-10 В постоянного тока, значение которого зависит от уровня контролируемой среды.

Блок вторичного преобразователя выполняет следующие функции:

- преобразует аналоговый сигнал с датчика в непрерывный токовый выходной сигнал 4-20 мА;
- отображает значение уровня на 20-ти сегментном индикаторе в относительных единицах;
- управляет работой выходных реле минимального и максимального уровня и световой сигнализацией;
- формирует пороги срабатывания выходных реле для каждой из двух независимых предельных уставок уровня, задаваемых пользователем;
- осуществляет самодиагностику и сигнализацию отказов.

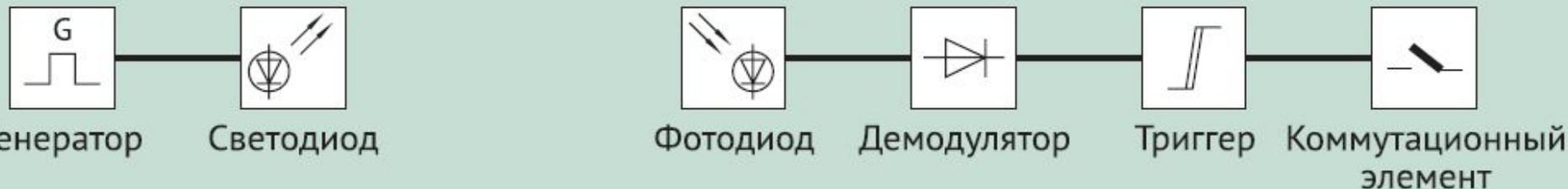


ОПТИЧЕСКИЕ (ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ) ДАТЧИКИ И ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

В соответствии с ГОСТ Р 50030.5.2 оптические бесконтактные выключатели (ВБО) классифицируются на три группы:

- **тип Т** – с приемом прямого луча от излучателя;
- **тип R** – с приемом луча, возвращенного от отражателя;
- **тип D** – с приемом луча, рассеянно отраженного от объекта.

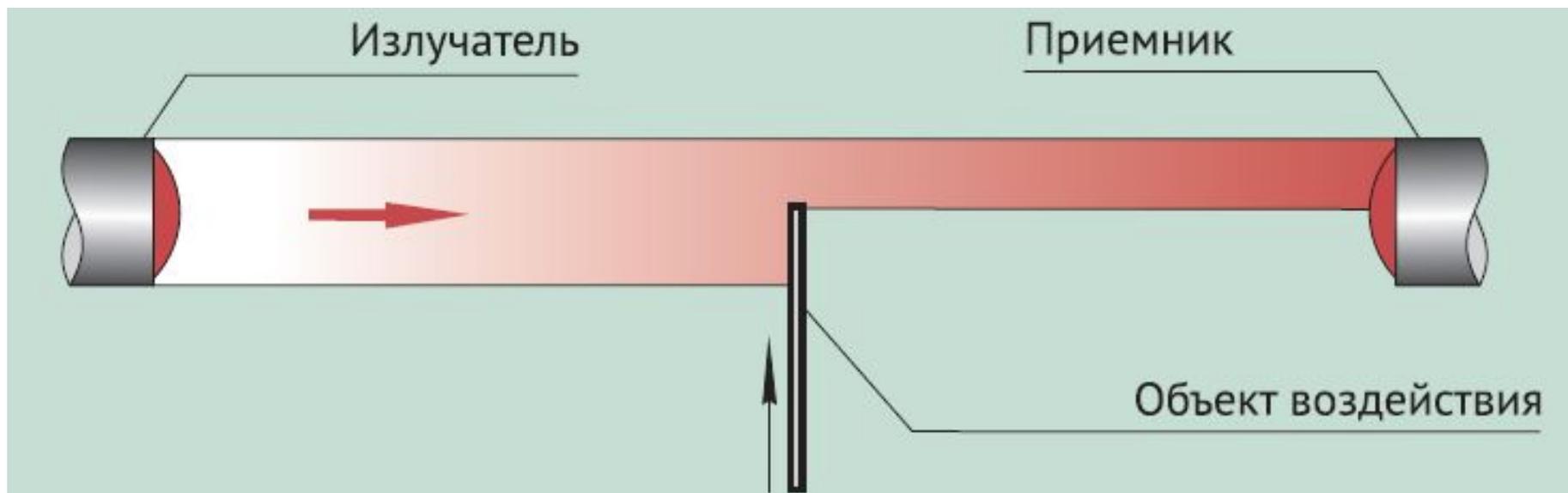
Функциональная схема фотодатчиков



Оптические (фотоэлектрические) датчики и выключатели

Тип Т

ВБО типа Т характеризуется тем, что излучатель и приемник размещены в отдельных корпусах. Прямой оптический луч идет от излучателя к приемнику и может быть перекрыт объектом воздействия. Излучатель и приемник могут получать напряжение питания от различных источников питания. Индикатор излучателя сигнализирует о подаче напряжения питания. Индикатор приемника сигнализирует о срабатывании приемника. Элемент коммутации расположен в приемнике.

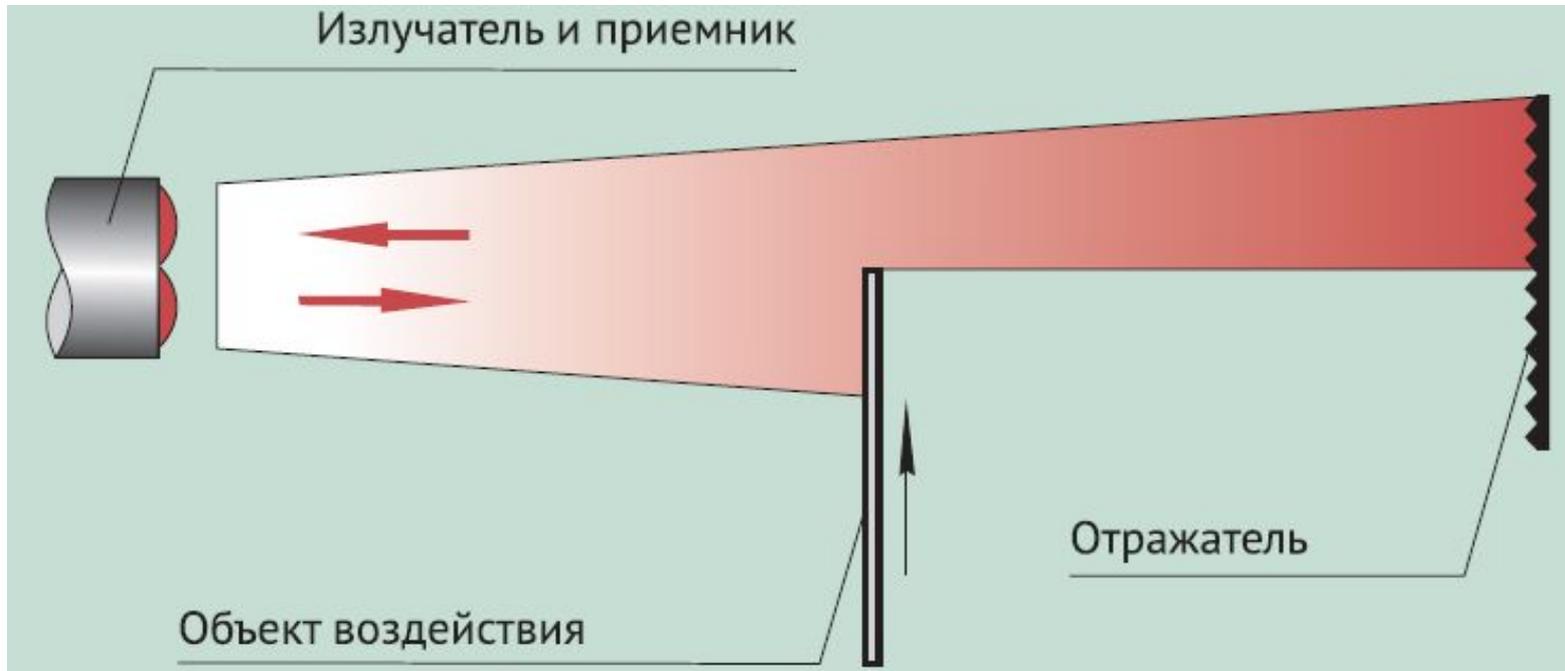


ОПТИЧЕСКИЕ (ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ) ДАТЧИКИ И ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Тип R

ВБО типа **R** имеет размещенный в одном корпусе излучатель и приемник. Приемник принимает луч излучателя, отраженный от специального отражателя. При этом возможны два варианта использования этих изделий:

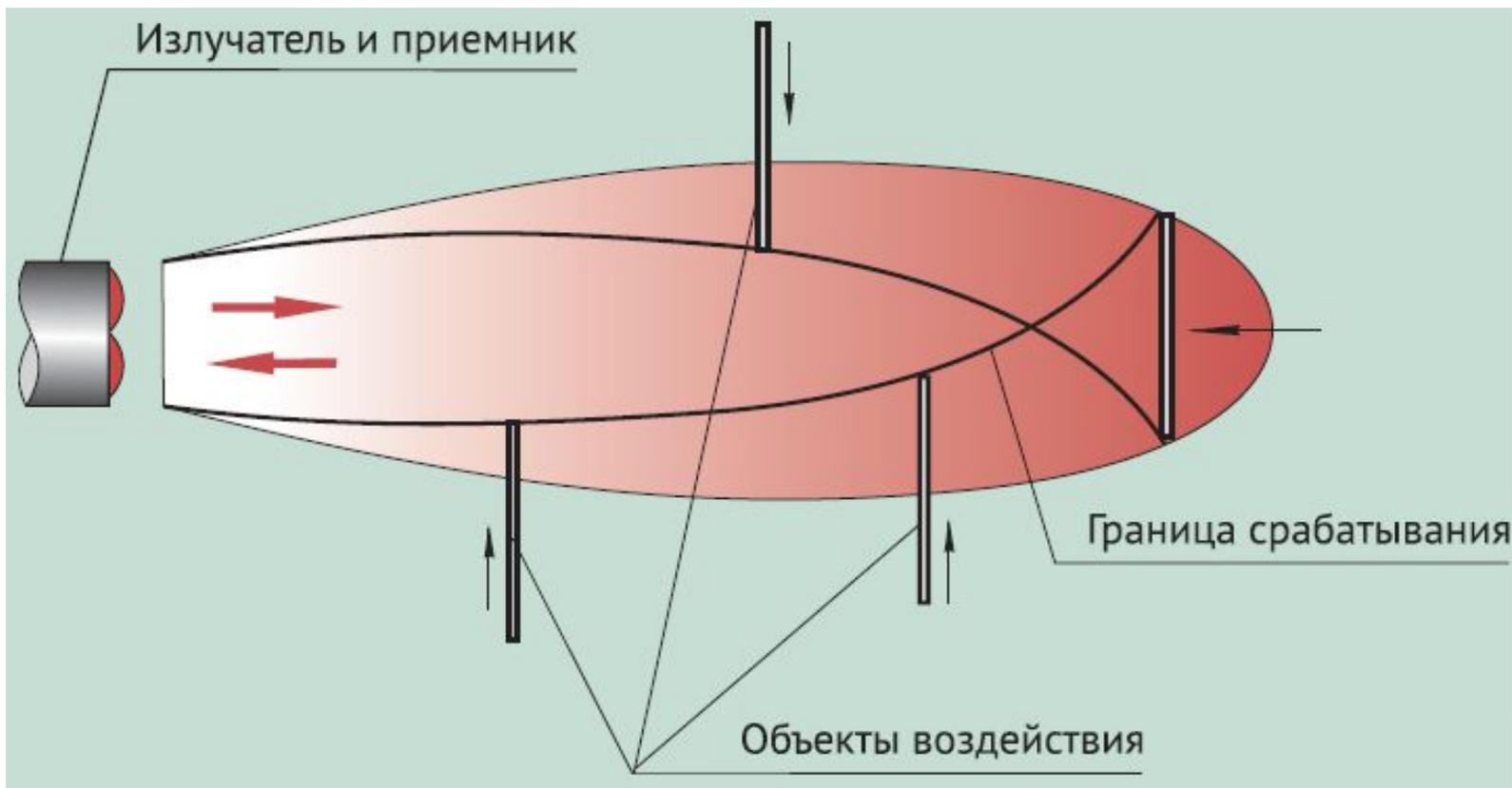
- объект воздействия прерывает луч при неподвижно закрепленном отражателе;
- отражатель закрепляется на подвижном объекте.



ОПТИЧЕСКИЕ (ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ) ДАТЧИКИ И ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Тип D

ВБО типа D имеет размещенный в одном корпусе излучатель и приемник. Приемник принимает луч, рассеянно отраженный от объекта воздействия. Объект может перемещаться как вдоль относительной оси, так и под углом к ней.



ОПТИЧЕСКИЕ (ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ) ДАТЧИКИ И ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Особенности эксплуатации ВБО определяются особенностями распространения инфракрасного излучения. Наличие факторов, ухудшающих его, ведет к уменьшению расстояния воздействия. Такими факторами могут быть пыль, дым, атмосферные осадки и т.п.

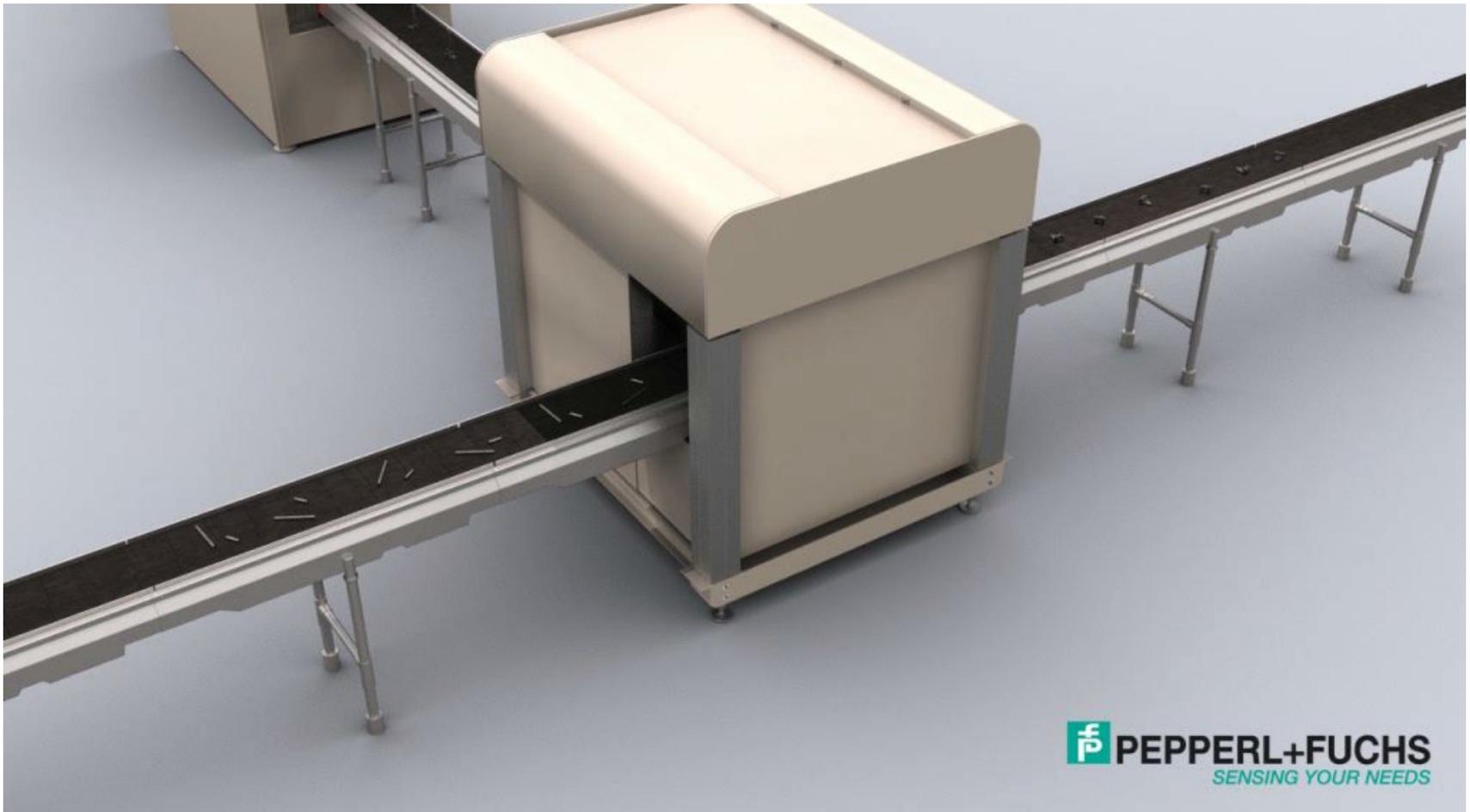
Для компенсации влияния фоновых объектов и подстройки под реальные условия эксплуатации часть ВБО имеет регулировку чувствительности.

Регулировка чувствительности, также как и правильный выбор исполнения датчика, позволяет устранить ложные срабатывания ВБО от посторонних, фоновых объектов.

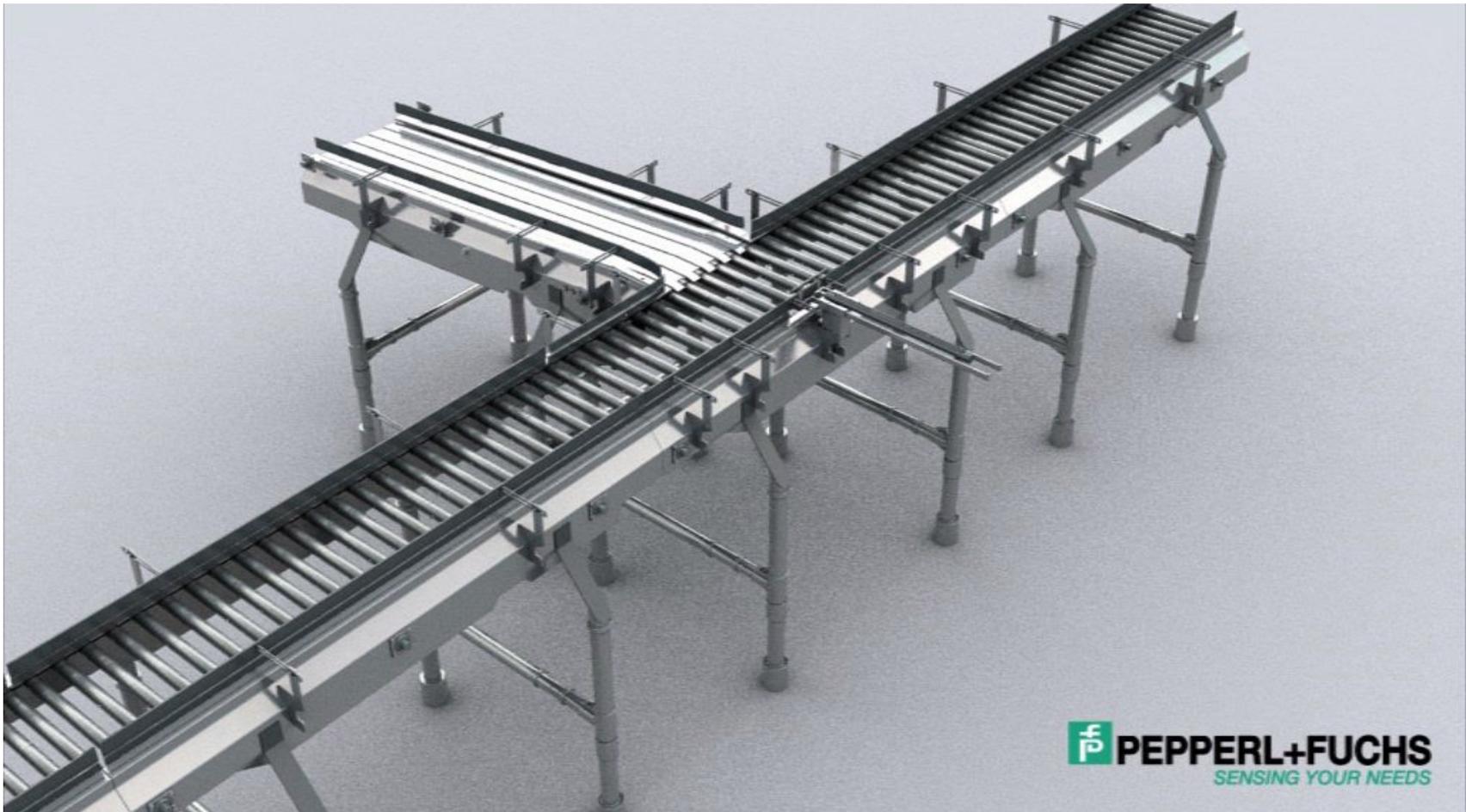
В случае появления при минусовых температурах инея, изморози на линзе датчика работа его не гарантируется, требуется принятие мер, устраняющих появление инея или применение холодоустойчивого ВБО.

Для повышения помехоустойчивости в ВБО используется кодированное излучение.

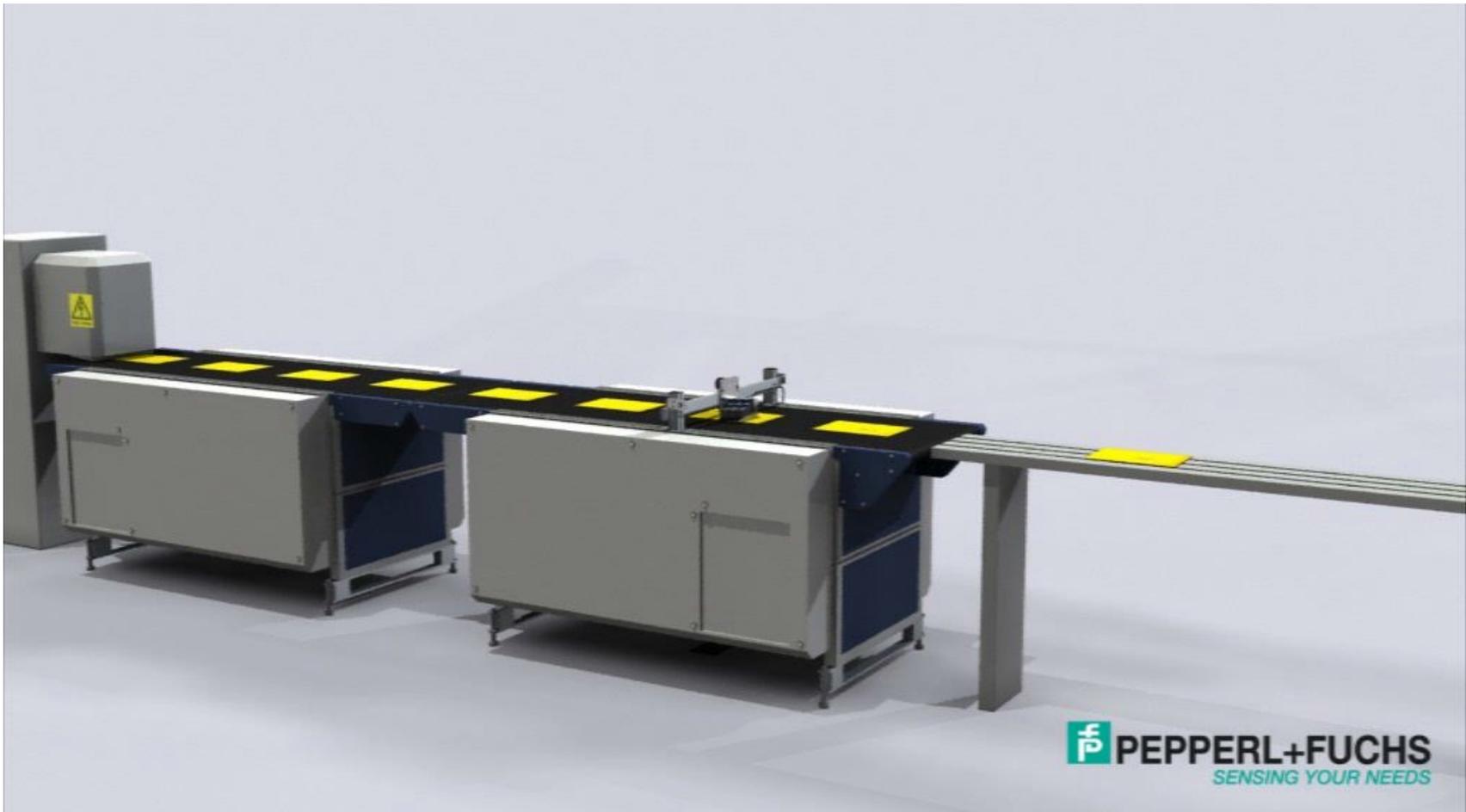
Оптические (фотоэлектрические) датчики и выключатели



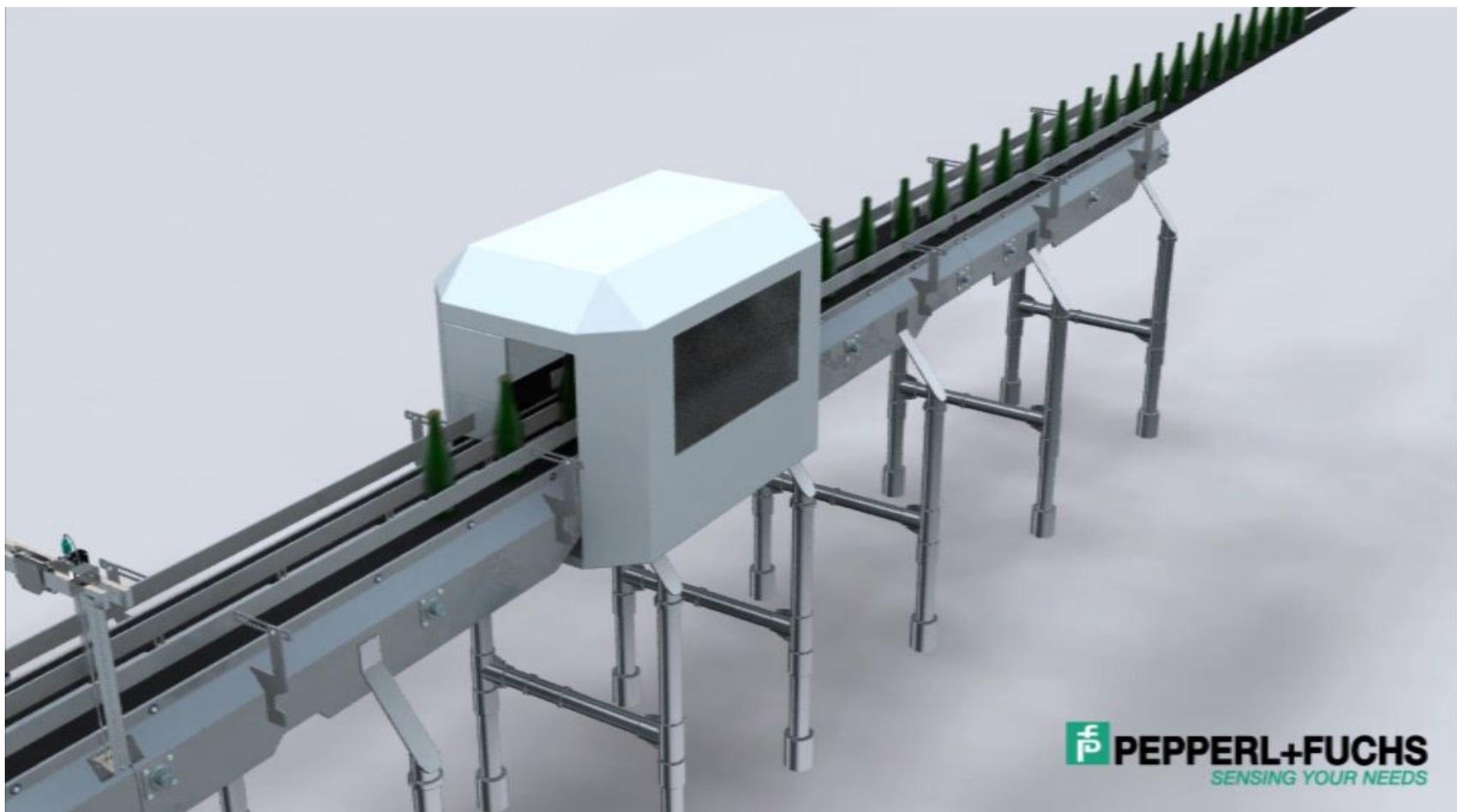
Оптические (фотоэлектрические) датчики и выключатели



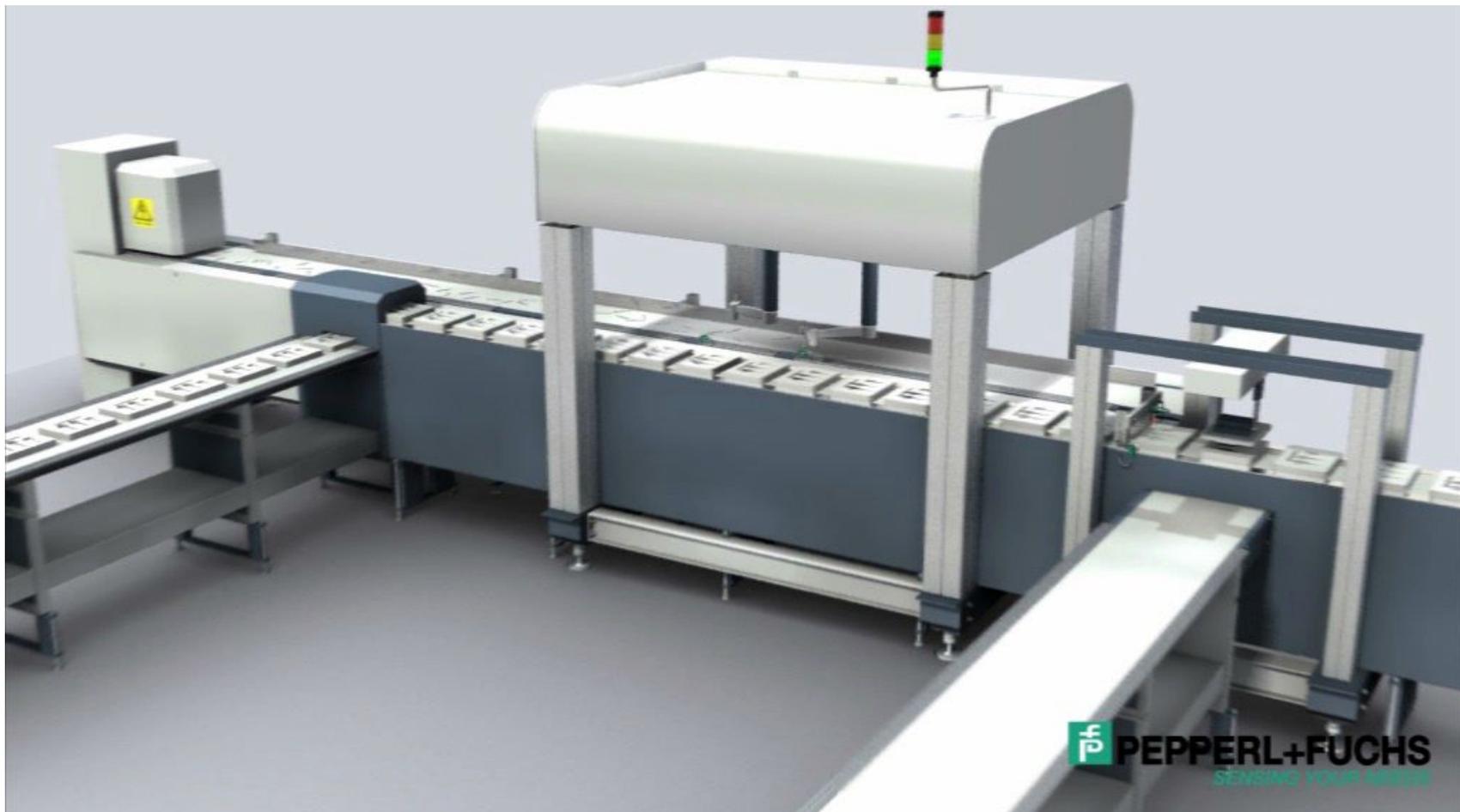
Оптические (фотоэлектрические) датчики и выключатели



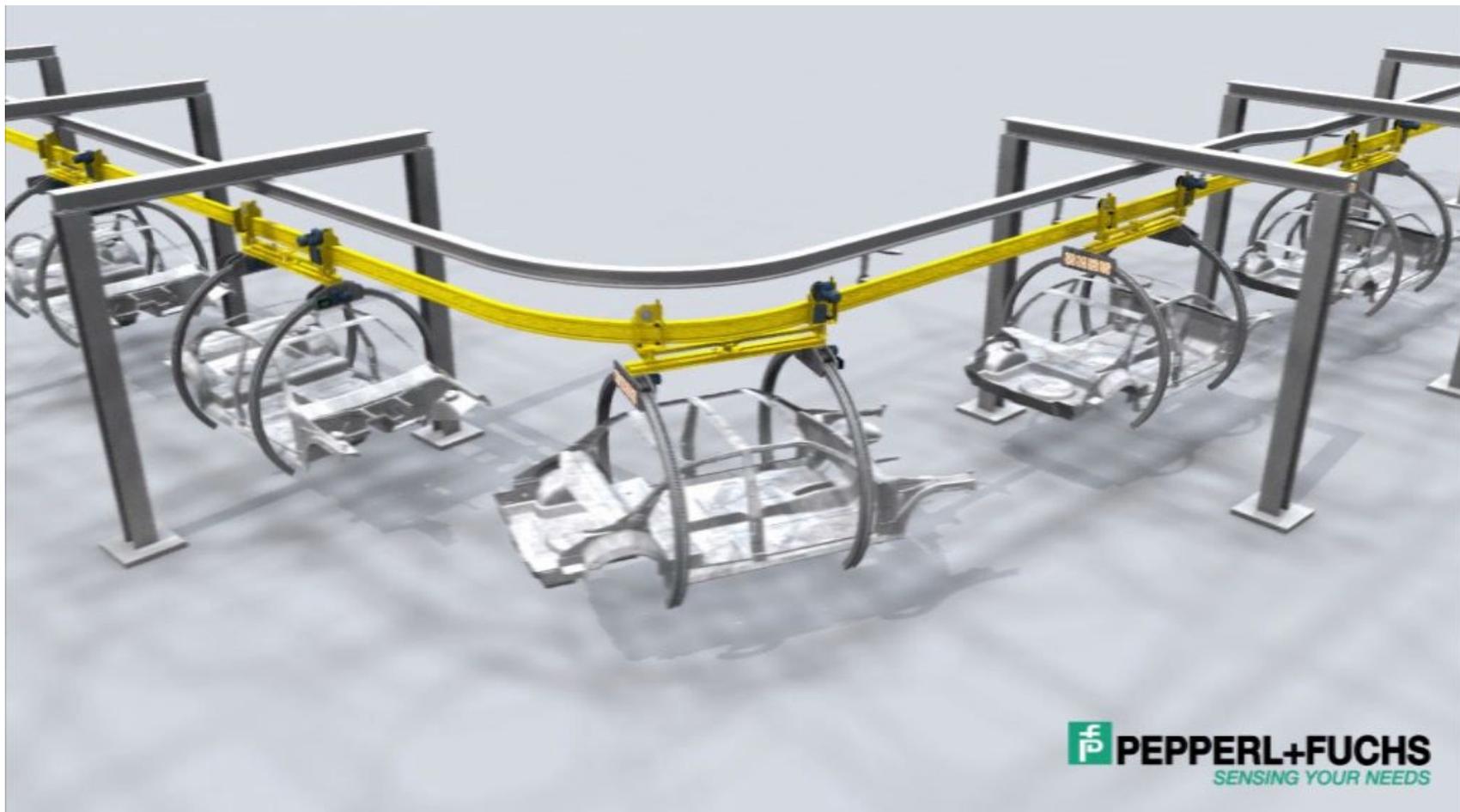
Оптические (фотоэлектрические) датчики и выключатели



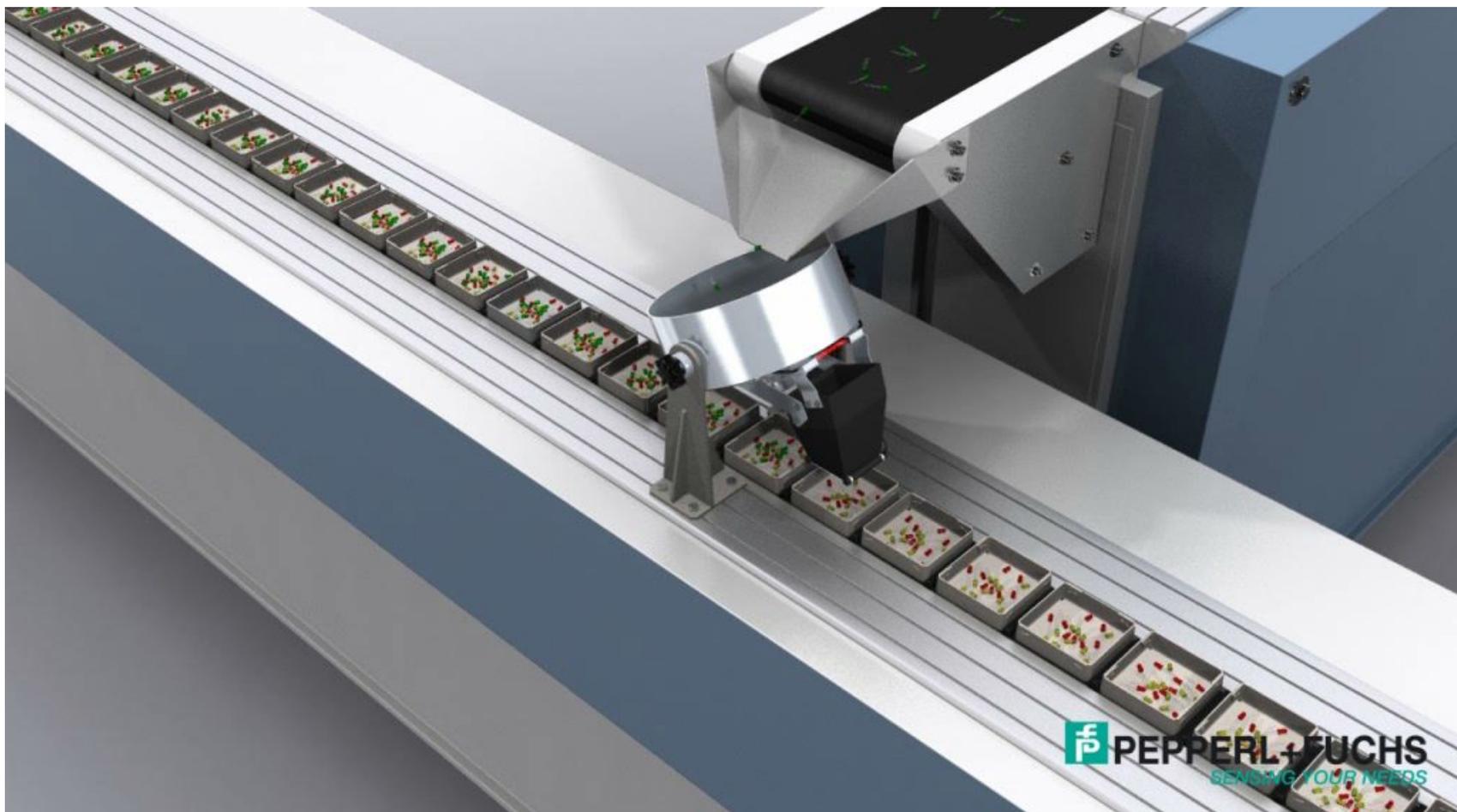
Оптические (фотоэлектрические) датчики и выключатели



Оптические (фотоэлектрические) датчики и выключатели



Оптические (фотоэлектрические) датчики и выключатели



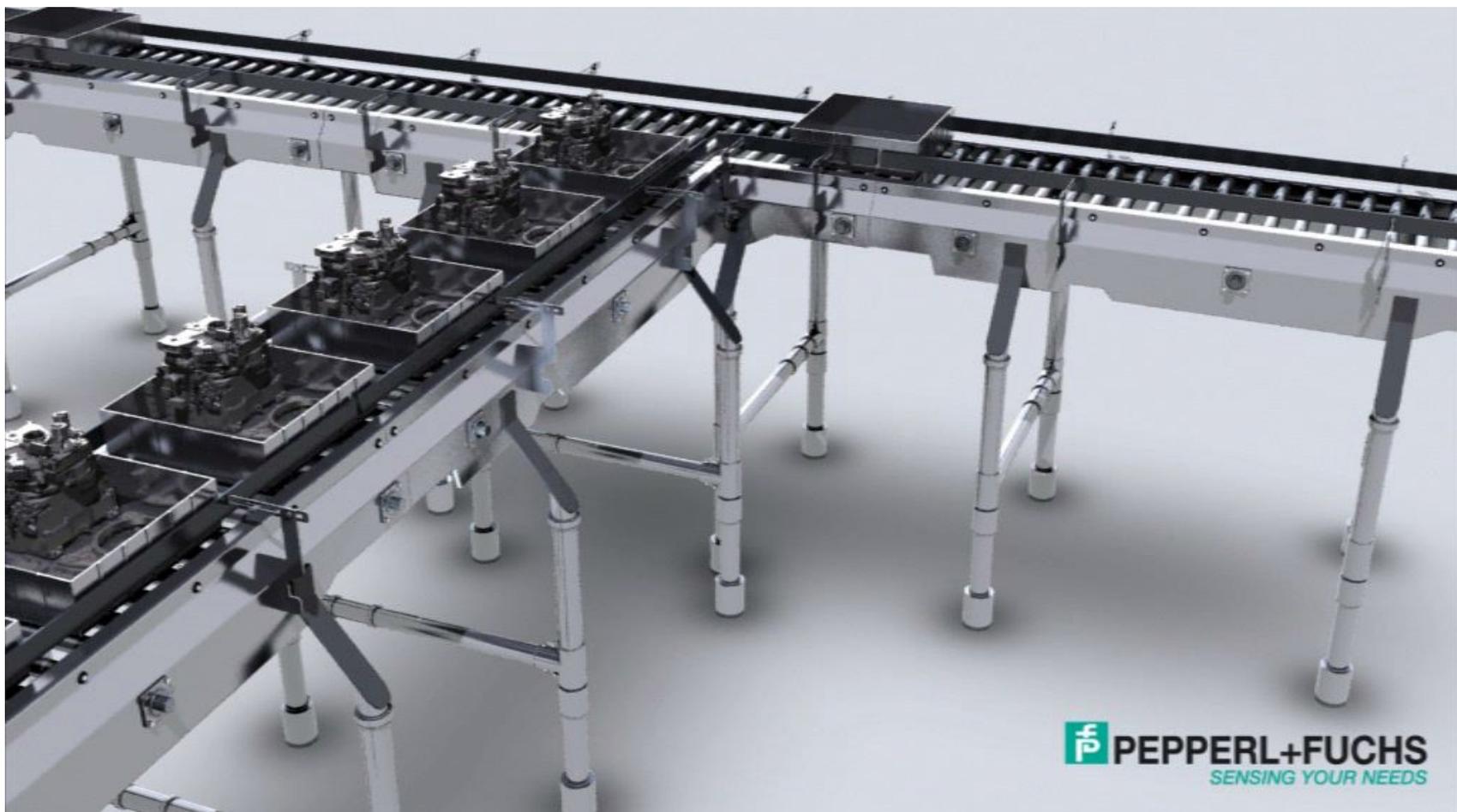
Оптические (фотоэлектрические) датчики и выключатели



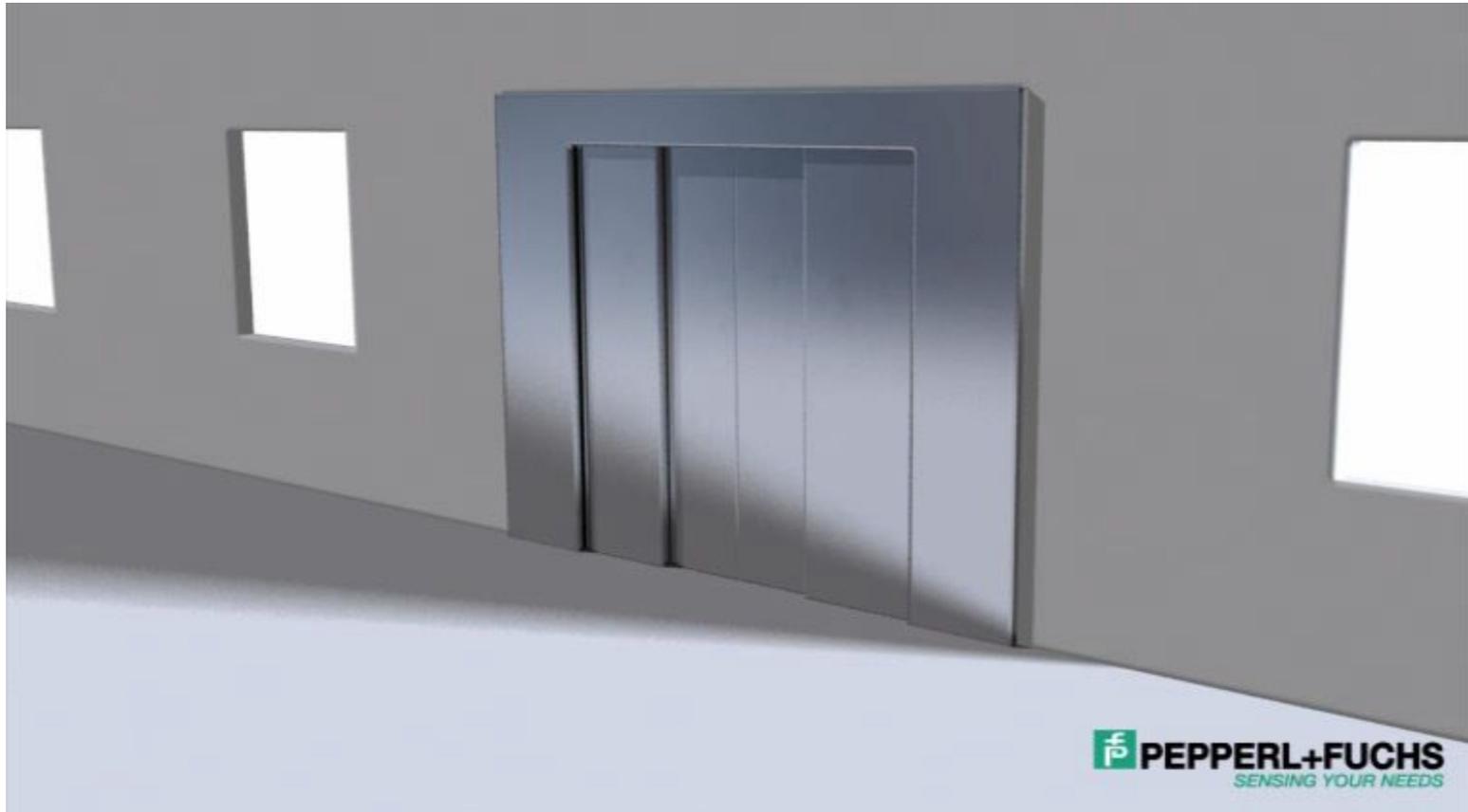
Оптические (фотоэлектрические) датчики и выключатели



Оптические (фотоэлектрические) датчики и выключатели



Оптические (фотоэлектрические) датчики и выключатели

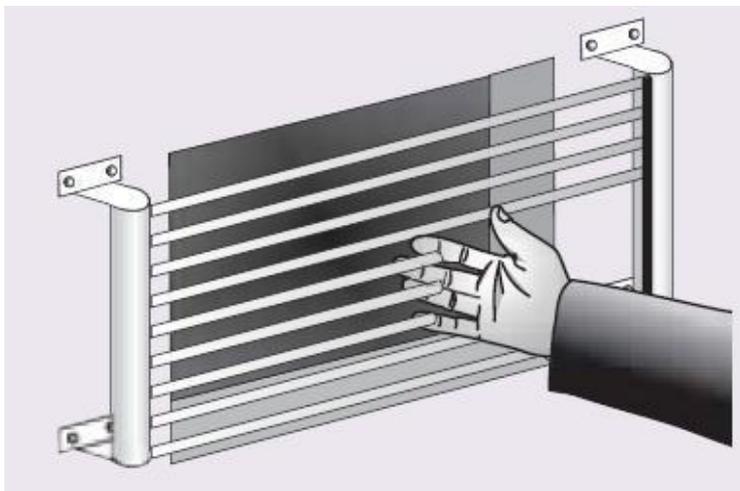


Оптические защитные барьеры

Серия многолучевых оптических защитных барьеров относится к оптическим датчикам типа Т. Комплект состоит из многолучевого источника инфракрасного излучения и приемника.

Расположенные в ряд с шагом 20 мм светодиоды излучателя барьера и соответствующие фотодиоды приемника формируют параллельные лучи, расположенные в одной плоскости.

Высота контролируемой плоскости определяется типоразмером защитного барьера (до 1 м), а ширина – разнесением излучателя и приемника (максимально до 4 или до 16 м).



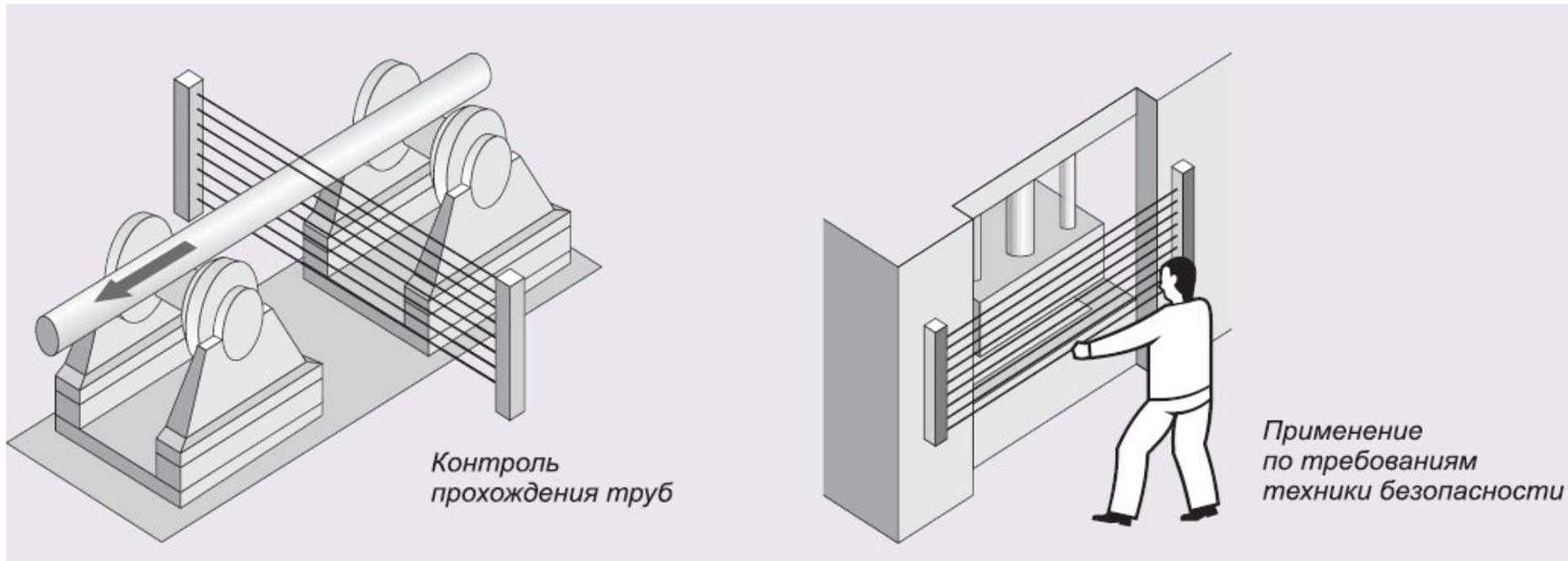
При проникновении через контролируемую плоскость объекта воздействия (например, руки человека) происходит срабатывание коммутационного элемента защитного барьера и отключение установки.

Устройство управления барьером исключает срабатывание выходного коммутационного элемента при случайном кратковременном пересечении лучей. Оптический защитный барьер обеспечивает предотвращение нахождения рук человека или самого человека в опасной зоне при работе автоматизированного оборудования.

Оптические защитные барьеры

Наиболее широкое применение он находит в прессовом оборудовании для решения задач техники безопасности.

Данное изделие может также использоваться как многолучевой датчик для решения задач автоматизации. В частности, для контроля положения (или прохождения) труб малого диаметра на рольгангах прокатного оборудования при значительных колебаниях положения трубы по высоте (отскоки и др.).

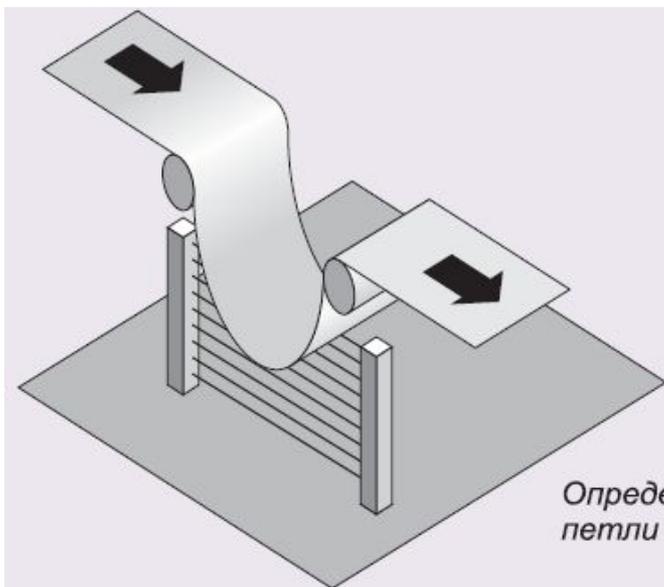


Оптическая многолучевая линейка

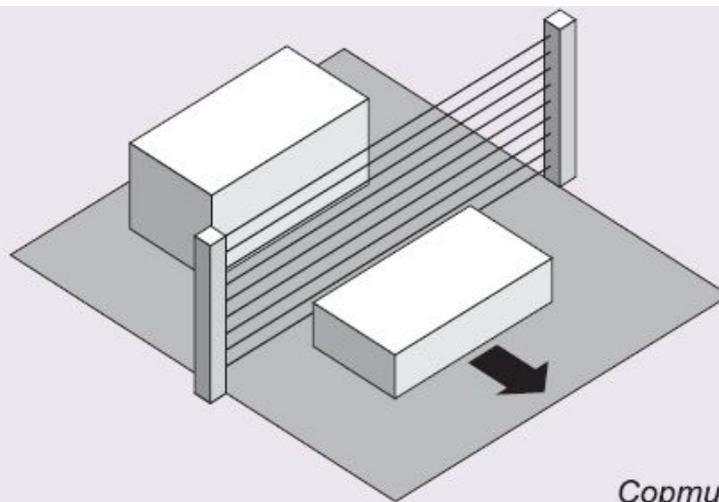
Комплект состоит из многолучевого источника инфракрасного излучения и приемника. Лучи располагаются в одной плоскости с шагом 20 мм. Высота контролируемой плоскости определяется типоразмером оптической линейки (1 м), а ширина – разнесением излучателя и приемника (максимально до 8 м).

При пересечении контролируемым объектом плоскости лучей на выходе линейки выдается аналоговый сигнал, пропорциональный количеству лучей линейки, перекрытых контролируемым объектом.

В системах автоматики технологических процессов оптическая линейка ДПО используется как аналоговый датчик управления. В частности, в прокатном производстве она используется для управления размером петли листового металла.



*Определение размера
петли листового материала*



*Сортировка
объектов по размеру*

Оптические датчики метки

Оптические датчики метки применяются в автоматических установках парфюмерной, пищевой, легкой промышленности, а конкретнее – в системах позиционирования объектов с цветной меткой. Метка наносится на объект для его ориентировки или остановки для последующей технологической операции. Объектами могут быть упаковочная пленка, тюбики в парфюмерии, упаковка в пищевой промышленности и т. п.

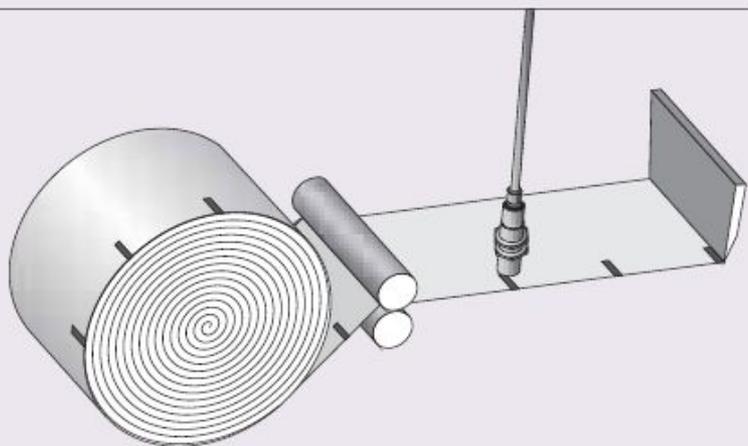
Датчики работают на рассеянное отражение от объекта (тип D) в видимой области спектра и могут иметь излучение красного, зеленого, голубого цвета.

При выборе датчика метки нужно указывать цвет излучателя, который следует подбирать, исходя из конкретного сочетания цвета метки и цвета фона метки. Вариантов цветовых сочетаний может быть много, но для подбора цвета излучателя датчика нужно знать следующие закономерности.

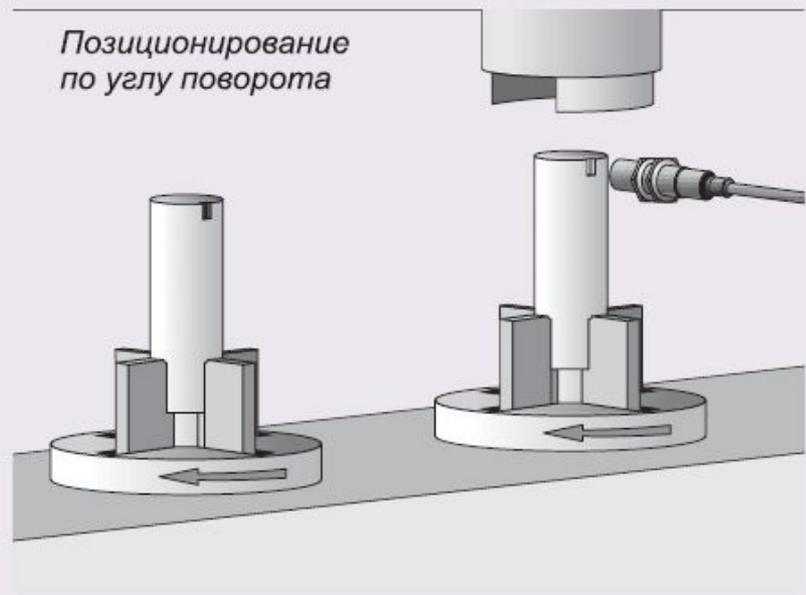
Датчик плохо различает метку цвета своего излучателя на белом (светлом) фоне. Датчик надежно работает в том случае, если цвет метки (на цветовом круге) диаметрально противоположен цвету излучателя, а фон имеет цвет излучателя. Обратная комбинация цветов метки и фона также обеспечивает надежную работу датчика. Желательна различная степень насыщения цветом метки и фона.

Датчики ДОУ применяются в качестве датчиков контроля обрыва точной нити в швейном производстве.

Оптические датчики метки



*Позиционирование по меткам
на рулонном материале*



*Позиционирование
по углу поворота*

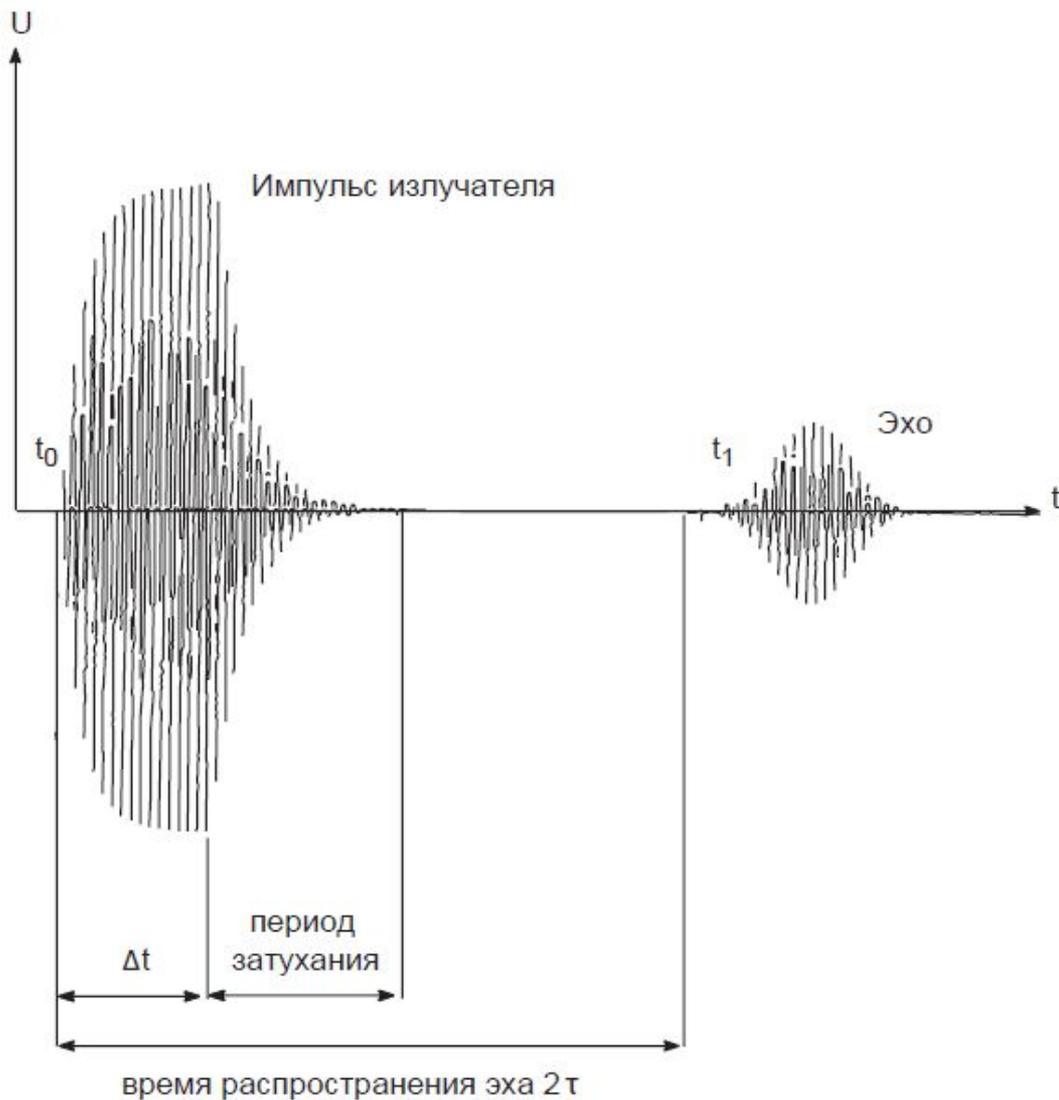
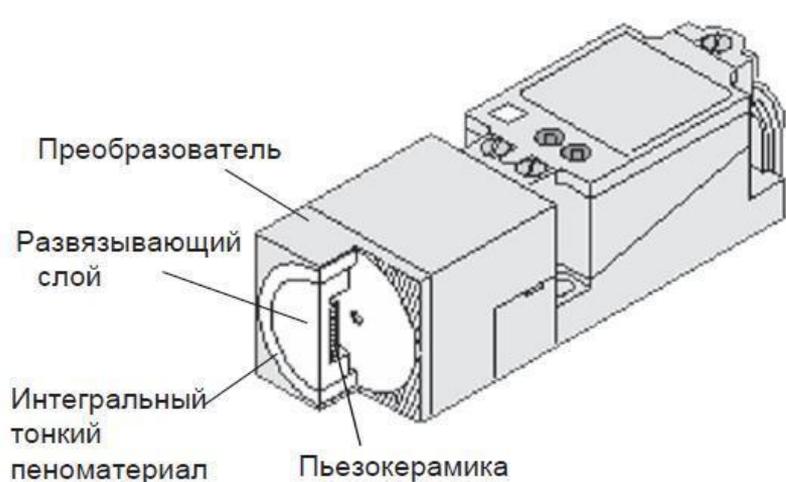
Ультразвуковые датчики

Звук с частотой более чем 16 кГц не воспринимается человеческим слухом. Подобные звуки называют ультразвуками. Акустика ультразвуковых частот движется со скоростью 344 м/с в воздушной среде - равно как и слышимый звук. Оценивая скорость звука и его рабочий цикл, можно определить точное расстояние до предмета.

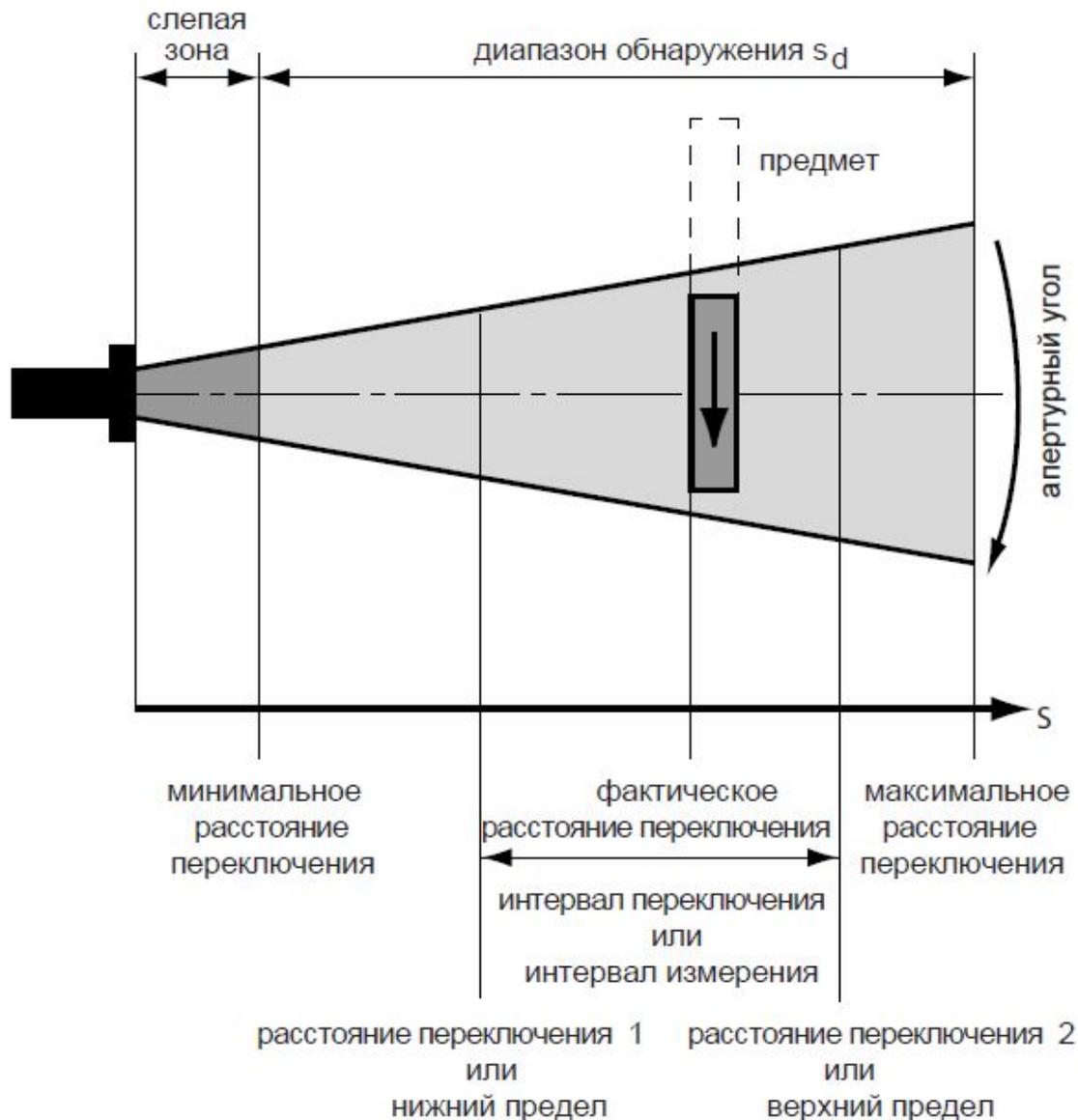
Ультразвуковые датчики работают с пьезоэлектрическим преобразователем, который является как звуковым излучателем, так и приемником. Здесь используется запатентованная развязывающая пленка из специального материала - для расщепления акустики ультразвуковых частот от воздуха - акустически тонкая среда.

Преобразователь посылает пакет звуковых импульсов и преобразовывает импульс эха в напряжение. Интегрируемый контроллер вычисляет расстояние по времени эха и скорости звука. Длительность излучаемого импульса Δt и время затухания звукового преобразователя являются причиной для формирования слепой зоны, в которой ультразвуковой датчик не может обнаружить предмет. Ультразвуковая частота находится между 65 кГц и 400 кГц, в зависимости от типа датчика; частота следования импульсов между 14 Гц и 140 Гц.

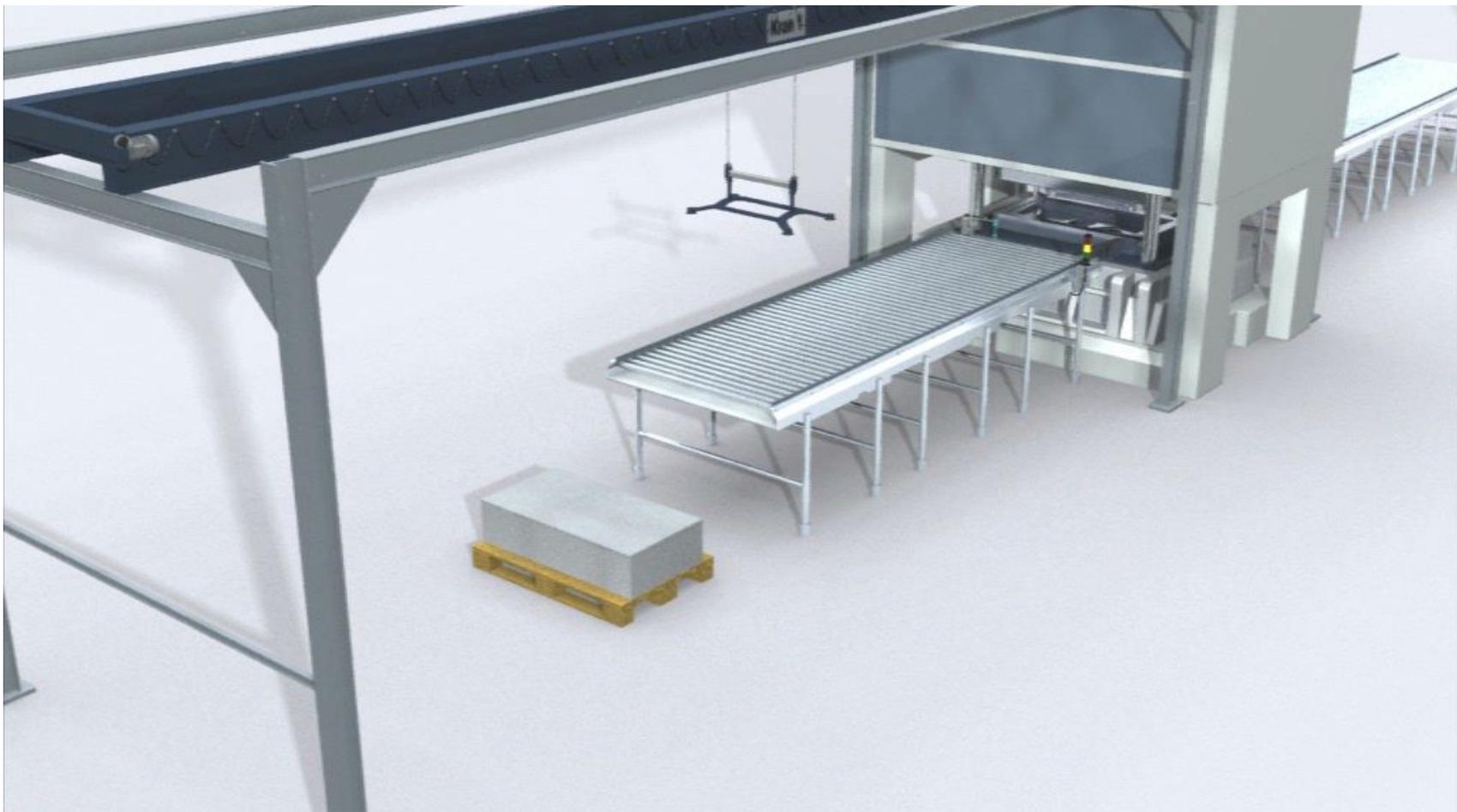
Ультразвуковые датчики



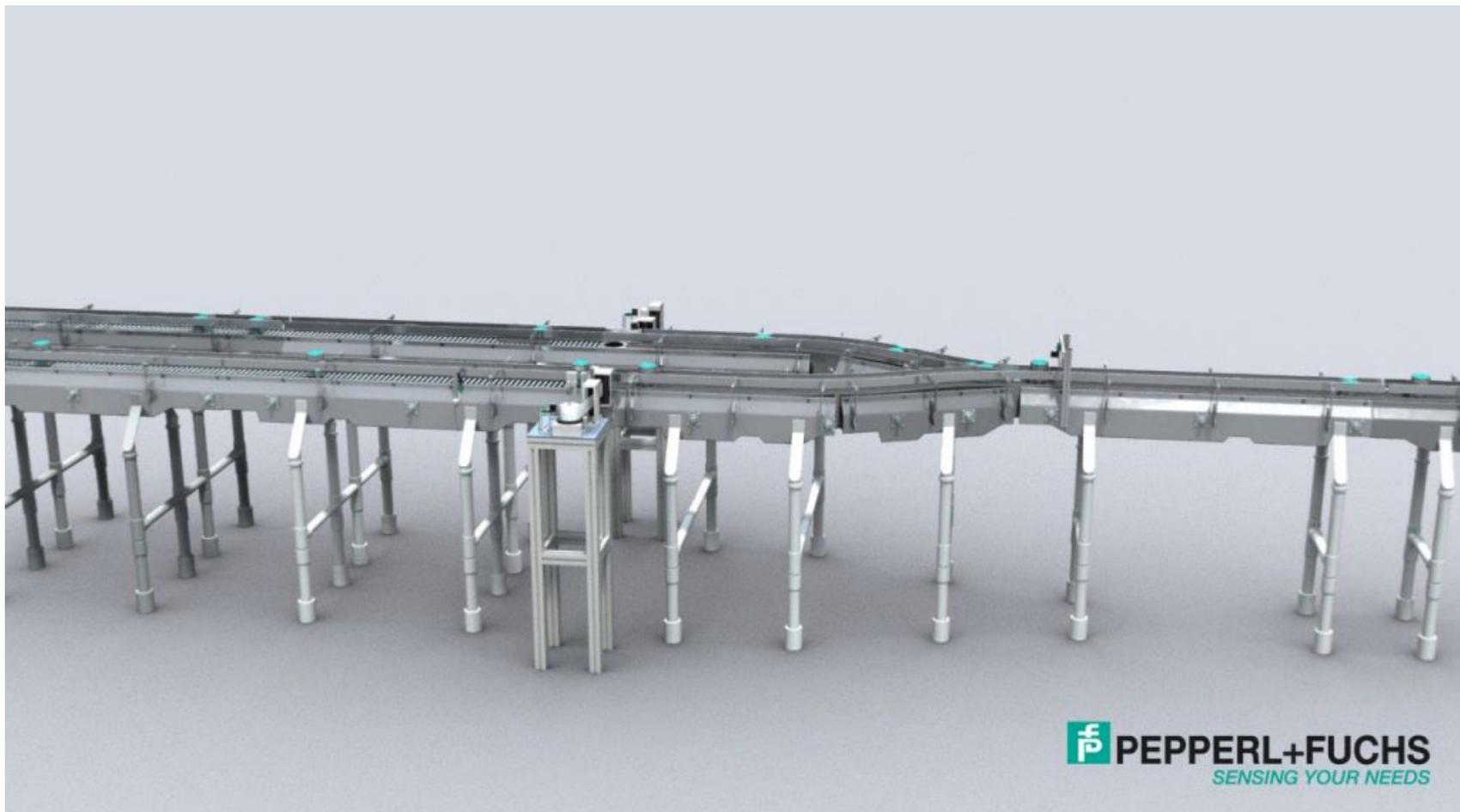
Ультразвуковые датчики



Ультразвуковые датчики



Ультразвуковые датчики



Общие рекомендации по выбору и применению датчиков

- Выбор при проектировании нового или модернизации существующего оборудования желательно проводить, учитывая три группы функциональных и эксплуатационных параметров
- вид объекта, воздействующего на чувствительный элемент датчика;
- требуемые параметры коммутационного элемента выключателя или интерфейса датчика;
- параметры условий эксплуатации и конструктивные особенности оборудования.

Выбор по виду воздействующего объекта

- Индуктивные датчики срабатывают при приближении объектов из металла. Объектом может служить как металлический элемент конструкции, так и металлическая пластина, прикрепленная к контролируемой движущейся части оборудования.
- Емкостные датчики применяют для контроля перемещения или наличия любого материала, в том числе жидкого или сыпучего (иногда и через стенку).
- Оптические датчики применяют для определения перемещения, наличия или контроля размеров объектов из любого непрозрачного материала

Выбор по параметрам коммутационного элемента

- Электрические параметры коммутационного элемента выключателя выбирают, исходя из параметров схемы питания (постоянным или переменным током) и характера коммутируемой нагрузки (вид нагрузки: активная, индуктивная; коммутируемый ток; вид необходимого контакта: размыкающий, замыкающий, переключающий; релейный выход и т.д.)
- Для датчиков выбирается вид выходного сигнала (ток, напряжение), и его диапазоны изменения (0-10 В, +/-10 В, 1-5 В, 0-20 мА, 4-20 мА, +/- 20 мА), протокол (AS-I, HART, Profibus, I/O link и др.)

Выбор по условиям эксплуатации

- Исходя из конструктивных особенностей оборудования выбираются габариты корпуса датчика и расстояние срабатывания. При наличии значительных люфтов движущихся частей оборудования желательно применять выключатели с увеличенным расстоянием срабатывания. Конструктивные особенности оборудования определяют условия установки индуктивных и емкостных датчиков.
- Условия эксплуатации могут быть достаточно жесткими, поэтому необходимо обращать внимание на степень защиты корпуса (IP).
- Имеет значение способ механического монтажа и подключения (электрического монтажа).