



**ЭВОЛЮЦИЯ ИЛИ РЕВОЛЮЦИЯ:  
большие данные  
и большие ожидания в АСУ ТП**

**ДЛЯ НАСТОЯЩЕГО ХАРДКОРА:  
нужна надёжность –  
выбирай российское**

Электронная  
версия этого  
журнала



**СЕРЕБРО и ЗОЛОТО**  
отечественной автоматизации

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕНДЫ И АНАЛИТИКА ДЛЯ SCADA

# МОДУЛЬ АНАЛИТИКИ

Компонент АВАДС Historian (Сервер архивирования)

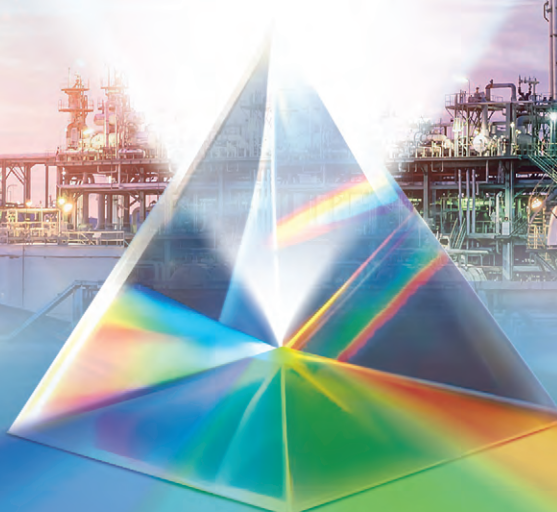


Реклама



insat.ru

**ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ  
 ДОВЕРЕННОСТЬ  
 НАДЁЖНОСТЬ**



# ПОЛНЫЙ СПЕКТР РЕШЕНИЙ

Модульные встраиваемые компьютеры серии МК900



## МК906

Процессор СКИФ (ЭЛВИС)  
 2×GbE, DisplayPort, 2×USB, 2×CAN, 2×COM  
 Степень защиты IP30



## МК907

Процессор Эльбрус-2С3 (МЦСТ)  
 2×GbE, VGA, 4×USB, 4×COM  
 Степень защиты IP67



## МК910

Процессор СКИФ (ЭЛВИС)  
 2×GbE, DisplayPort, 3×USB, 3×COM  
 Степень защиты IP65



## МК911

Процессор Эльбрус-2С3 (МЦСТ)  
 2×GbE, 2×DisplayPort, 2×USB, 1×CAN, 2×COM  
 Степень защиты IP30



## МК912

Процессор AMD Ryzen Embedded  
 2×2.5GbE, 2×DisplayPort, 2×USB, 1×COM  
 Степень защиты IP30



## МК920

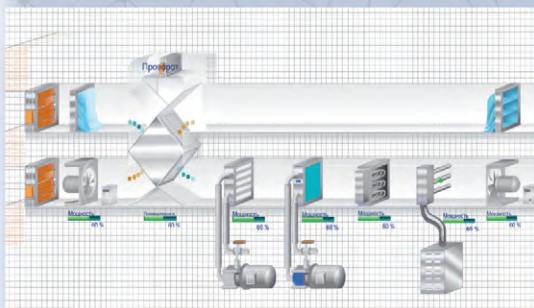
Процессор Baikal-T1  
 2×GbE, VGA, 2×USB, 2×CAN, 4×COM  
 Степень защиты IP30



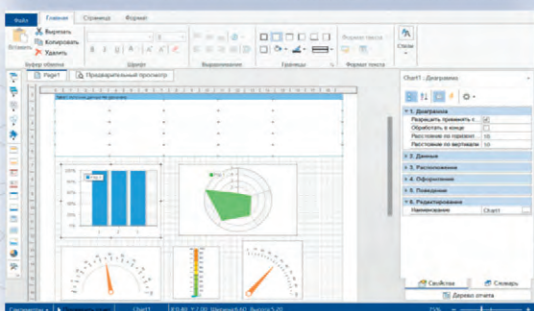
**MasterSCADA 4D от IEK DIGITAL** — российская программная платформа для разработки систем автоматизации и диспетчеризации в различных отраслях промышленности



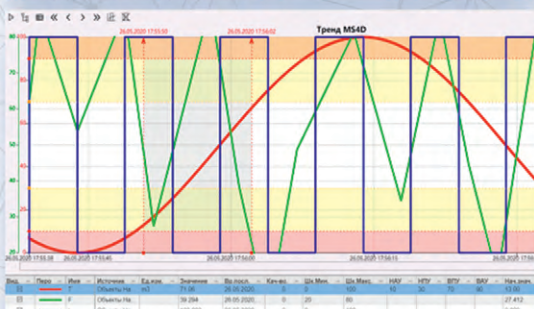
Внесена в реестр отечественного ПО № 13907



Визуализация технологического процесса



Формирование и выдача отчетов

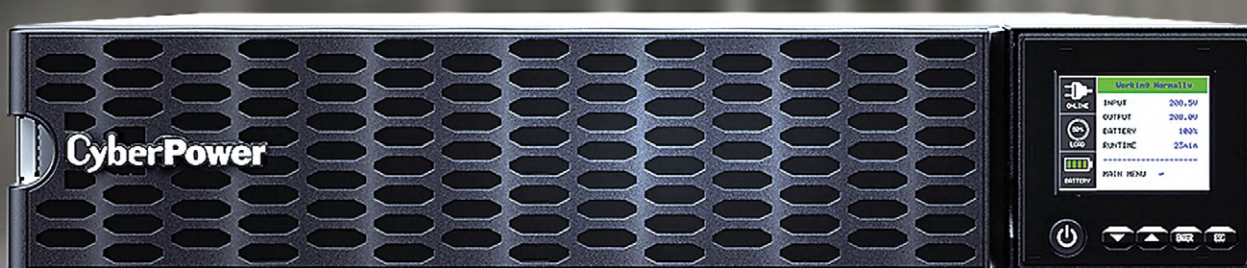


Хранение истории контролируемых параметров



**CyberPower**<sup>®</sup>  
Reliability. Quality. Value.

# Больше мощности на меньшей площади 6000 Вт в 2U



- Технология двойного преобразования (online)
- Коэффициент мощности = 1
- Встроенные аккумуляторные батареи
- Подключение до 10 внешних батарейных блоков
- Технология выравнивания заряда
- «Горячая» замена батарей через фронтальную панель
- Карта сетевого управления в комплекте

**ИБП CyberPower**  
**OL5KERTHD / OL6KERTHD**  
5000 Вт / 6000 Вт



**PROSOFT**<sup>®</sup>  
WWW.PROSOFT.RU

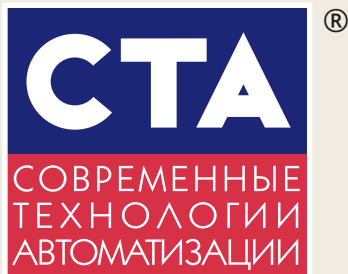
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

МОСКВА  
(495) 234-0636  
info@prosoft.ru

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
(812) 448-0444  
info@spb.prosoft.ru

ЕКАТЕРИНБУРГ  
(351) 239-9360  
ekaterinburg@regionprof.ru





Производственно-практический журнал  
«Современные технологии автоматизации»

Главный редактор С.А. Сорокин

Зам. главного редактора Ю.В. Широков

Редактор И.Г. Гуров  
Редакционная коллегия А.П. Гапоненко,  
А.В. Головастов,  
В.К. Жданкин,  
А.В. Малыгин,  
В.М. Половинкин,  
Д.П. Швецов,  
В.А. Яковлев

Дизайн и верстка А.Ю. Хортова  
Распространение Ю.А. Фенчева  
E-mail: shop@cta.ru  
Служба рекламы Н.А. Антипов  
E-mail: antipov.n@cta.ru

Учредитель и издатель ООО «СТА-ПРЕСС»  
Генеральный директор К.В. Седов  
Адрес учредителя, издателя и редакции:  
Российская Федерация, 117437, Москва,  
ул. Профсоюзная, дом 108, эт. техн., пом. № 1, ком. 67

Почтовый адрес: 117437, Москва,  
Профсоюзная ул., 108  
Телефон: (495) 234-0635  
Web-сайт: www.cta.ru  
E-mail: shop@cta.ru

Выходит 4 раза в год  
Журнал издаётся с 1996 года  
№ 2'2026 (119)  
Тираж 10 000 экземпляров

Издание зарегистрировано в Комитете РФ по печати  
Свидетельство о регистрации № 015020 от 25.06.1996  
Подписные индексы по каталогу «Урал-Пресс» –  
72419, 81872  
ISSN 0206-975X

Свободная цена

Отпечатано: ООО «МЕДИАКОЛОР»  
Адрес: Москва, Сигнальный проезд, 19,  
бизнес-центр Вэлдан  
Тел.: +7 (499) 903-6952

Перепечатка материалов допускается  
только с письменного разрешения редакции.

Ответственность за содержание рекламы  
несут рекламодатели.

Материалы, переданные редакции,  
не рецензируются и не возвращаются.

Ответственность за содержание статей несут авторы.

Мнение редакции не обязательно  
совпадает с мнением авторов.

Все упомянутые в публикациях журнала  
наименования продукции и товарные знаки являются  
собственностью соответствующих владельцев.

© СТА-ПРЕСС, 2026



Здравствуйте, уважаемые друзья!

Промышленная автоматизация сегодня развивается на стыке двух реальностей: с одной стороны – стремительное внедрение новых технологий, с другой – сохраняющиеся системные ограничения, связанные с качеством данных, надёжностью инфраструктуры и дисциплиной процессов. Этот номер наглядно показывает, что прогресс определяется не только уровнем цифровизации, но и глубиной проработки базовых инженерных и организационных решений.

Даже при широком распространении систем диагностики и аналитики значительная часть отказов по-прежнему связана с человеческим фактором, что требует перехода к более системным подходам оценки и управления эффективностью персонала. В то же время сохраняют свою актуальность и классические инженерные задачи, такие как корректная передача и изоляция сигналов, от которых напрямую зависит стабильность всей системы. Надёжность в промышленности по-прежнему формируется на всех уровнях – от элементной базы до архитектуры управления и условий эксплуатации оборудования.

Неуклонно возрастает роль данных как ключевого ресурса. Современные системы позволяют не только накапливать, но и анализировать огромные объёмы информации в реальном времени, превращая её в инструмент управления. Однако именно здесь проявляются основные ограничения: разрозненность данных, отсутствие единых моделей и недостаточная зрелость инфраструктуры сдерживают внедрение более сложных решений, включая искусственный интеллект.

На этом фоне продолжается развитие технологической базы – от интерфейсов и встраиваемых платформ до робототехнических систем нового поколения. Интеллектуализация оборудования, распространение модульных архитектур и перенос вычислений ближе к источнику данных открывают новые возможности для повышения гибкости и эффективности производственных процессов. Практика показывает, что такие подходы уже находят применение в задачах мониторинга, безопасности и управления в реальном времени.

В результате становится очевидно: ключевым фактором успеха становится не столько внедрение отдельных технологий, сколько способность выстроить целостную и устойчивую архитектуру данных, систем и процессов. Именно такой подход позволяет перейти от локальных улучшений к масштабируемым и долгосрочным результатам.

Читайте, анализируйте и применяйте.

Мы рады, что вы с нами!

*Сорокин*

С. Сорокин



ДОСТУПНО  
И ПРОСТО  
НАДЕЖНО



## IES6300

промышленный  
управляемый коммутатор 2 уровня  
с поддержкой PoE++

- 8×10/100/1000Base-T(X) PoE++
- 2×SFP 100M/1G, 2×SFP 100M/1G/2.5G
- IEEE 802.3af/at/bt до 90 Вт на порт, общий PoE-бюджет до 360 Вт
- SW-Ring с временем восстановления до 20 мс
- 2×DI, 2×DO
- 50...55 В пост. ток, двойной ввод питания
- Диапазон рабочих температур: -40...+75°C



## ОБЗОРЫ

### 6 Методы оценки эффективности сменного персонала на промышленных предприятиях

Николай Лунцев

Несмотря на широкое применение систем параметрической диагностики и появившуюся тенденцию к внедрению систем предиктивной диагностики, количество отказов основного технологического оборудования на промышленных предприятиях России остаётся высоким. Зачастую причинами отказов являются несвоевременные и/или некорректные действия эксплуатационного персонала – это указывает на низкую квалификацию и/или дисциплину персонала. Практика показывает, что даже суровые наказания виновных в уже произошедшем отказе не повышают уровень дисциплины, так как такой подход не является системным – нарушения, не приведшие к отказу, не наказываются. Только системный подход к контролю эксплуатационного персонала позволяет исправить ситуацию. В статье описывается использование интегральных оценок для системного анализа эффективности действий сменного персонала. Эта статья ориентирована на технических руководителей промышленных предприятий.

### 12 Гальваническая развязка унифицированных сигналов 4...20 мА: почему она важна и как её добиться

Алексей Костерин

В современных автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП) ключевую роль играют надёжные и стандартизированные методы передачи данных. Одним из наиболее распространённых и проверенных временем способов передачи аналоговых сигналов являются унифицированные сигналы тока и сигналы напряжения.

### 18 Какие тренды сегодня в тренде

Владимир Решетников

Скорость и информативность визуализации не только исторических данных технологических параметров, но и данных реального времени давно являются инструментом снижения рисков и повышения надёжности работы систем промышленной автоматизации. АВАДС Historian (Сервер архивирования) с компонентом Модуль Аналитики эффективно закрывает потребность не только по скорости записи и извлечения данных, но и предоставляет встроенный удобный инструмент аналитики технологических параметров – как исторических, так и в реальном времени.

### 20 Как система «RAM klima» защищает дорогостоящее оборудование в шкафах управления

Александр Валентьев

Перегрев, конденсат, коррозия и отказ компонентов – классические проблемы любого инженера-проектировщика шкафов управления. В статье приведён обзор готовой экосистемы для контроля микроклимата от ДКС, которая решает эти задачи комплексно: от расчёта теплового баланса до удалённого мониторинга по RS-485.

### 22 Weintek: 30 лет инноваций. Как промышленные решения меняют бизнес и быт

Андрей Краснов

В статье представлен обзор, как решения Weintek трансформируют бизнес и позволяют предприятиям переходить к концепции интеллектуального производства. Технологии бренда помогают экономить ресурсы, минимизировать простои и создавать по-настоящему эффективные экосистемы будущего.

### 28 Физический ИИ – будущее промышленной автоматизации

Юрий Широков

Технологические прорывы раздвигают границы – задачи, которые когда-то были слишком сложными или дорогостоящими для автоматизации, теперь являются как технически выполнимыми, так и экономически жизнеспособными. Хотя традиционные промышленные роботы уже давно являются фундаментом автоматизации, их развитие на протяжении длительного времени сдерживалось ограниченной способностью к адаптации, а также высокими затратами на интеграцию и перенастройку под новые задачи. Сегодня промышленность вступает в качественно новую эпоху робототехники, в которой ключевую роль играют интеллектуальность и гибкость систем, обеспеченные конвергенцией передовых аппаратных решений, искусственного интеллекта и технологий компьютерного зрения. В совокупности эти факторы формируют принципиально новые возможности для применения робототехнических систем.

### 38 OSM (Open Standard Module) – система в корпусе для встраиваемых решений

Андрей Головастов

Сегодня инженеры, занимающиеся проектированием встраиваемых систем, сталкиваются с дилеммой: как увеличить производительность и добавить больше интерфейсов в постоянно уменьшающиеся устройства, не изобретая при этом каждый раз велосипед. Технический прогресс не стоит на месте, человеческая мысль движется всё дальше, делая существующие решения более совершенными и надёжными. И в качестве убедительного подтверждения этого появился стандарт OSM, с которым мы познакомимся в этой статье.

### 46 Умная система видеоналитики на основе встраиваемого ИИ

Дмитрий Швецов

В статье рассматривается архитектура интеллектуальной системы видеонаблюдения на базе встраиваемого искусственного интеллекта, ориентированной на обнаружение, подсчёт и отслеживание людей в реальном времени. Предложена распределённая конвейерная архитектура обработки видеопотоков с использованием нейронной сети MobileNet-SSD и специализированных аппаратных ускорителей VPU. Описаны аппаратно-программные компоненты системы, методы предварительной и постобработки данных, а также алгоритмы отслеживания объектов на основе фильтров Калмана. Приведён практический пример реализации в промышленной системе контроля опасных зон и обсуждены преимущества пограничных вычислений, включая низкую задержку, энергоэффективность и повышение конфиденциальности данных. Результаты показывают возможность обработки нескольких видеопотоков в реальном времени при низком энергопотреблении, что подтверждает перспективность встраиваемых платформ для интеллектуального видеонаблюдения и систем безопасности.

### 52 Отказоустойчивый ПТК Fastwel для АСУ ТП повышенной надёжности

Алексей Бармин

Конечной целью функционирования большинства АСУ ТП является в первую очередь повышение эффективности работы технологического оборудования. Но при этом в зависимости от характера производства и/или особенностей производимой продукции она должна также обеспечивать гарантированную непрерывность управления технологическим процессом, поскольку в противном случае аварийная остановка или некорректное его завершение могут привести к значительным экономическим потерям, стать угрозой здоровью людей или состоянию окружающей среды. В этой статье приведён обзор отказоустойчивого ПТК Fastwel для автоматизации критически важных процессов.

### 60 ИИ в АСУ ТП: большие данные – большие проблемы

Юрий Широков

Обзор состояния внедрения промышленного ИИ в 2026 году, проблемы и пути их решения. Согласно отчёту Industrial Data, Intelligence & AI Readiness Survey.



# Методы оценки эффективности сменного персонала на промышленных предприятиях

Николай Лунцев

Несмотря на широкое применение систем параметрической диагностики и появившуюся тенденцию к внедрению систем предиктивной диагностики, количество отказов основного технологического оборудования на промышленных предприятиях России остаётся высоким. Зачастую причинами отказов являются несвоевременные и/или некорректные действия эксплуатационного персонала – это указывает на низкую квалификацию и/или дисциплину персонала. Практика показывает, что даже суровые наказания виновных в уже произошедшем отказе не повышают уровень дисциплины, так как такой подход не является системным – нарушения, не приведшие к отказу, не наказываются. Только системный подход к контролю эксплуатационного персонала позволяет исправить ситуацию. В статье описывается использование интегральных оценок для системного анализа эффективности действий сменного персонала. Эта статья ориентирована на технических руководителей промышленных предприятий.

## Введение

На промышленных предприятиях одной из основных причин отказа технологического оборудования являются несвоевременные и/или ошибочные действия эксплуатационного персонала. Стоит отметить, что даже в тех случаях, где причиной отказа установлен износ оборудования, косвенными причинами могут также являться бездействия и/или ошибочные действия персонала, совершённые ранее на протяжении определённого периода эксплуатации отказавшего впоследствии оборудования. Ведь ошибочные действия и/или бездействие сменного персонала с высокой долей вероятности способствуют повышенному износу оборудования.

Зачастую системный контроль за действиями эксплуатационного персонала касается только проверки своевременного и качественного выполнения регламентных работ. При этом сменный персонал (диспетчеры, смен-

ные инженеры и т.д.) контролируется только в части заполнения необходимых отчётных документов, а их действия, касающиеся непосредственного управления оборудованием, анализируются только в случае возникновения инцидентов и нештатных ситуаций.

Такой подход приводит к формальному отношению к своим обязанностям сменного персонала. Это особенно заметно, если сравнивать работу ночных и дневных смен. Качество продукции, выпускаемой в ночные смены, зачастую бывает ниже, чем в дневные смены, а отказ оборудования и аварии чаще происходят в ночные смены. Всё это следствие снижения непосредственного контроля за действиями сменного персонала со стороны руководителей, которые находятся на предприятии только днём.

В предыдущих статьях рассказывалось о способах выявления предпосылок к отказу оборудования (прогнозировании отказов оборудования) с

использованием классических методов анализа: численного, математического и статистического анализа (СТА. 2025. № 4) и анализа данных моделями машинного обучения (СТА. 2026. № 1). Однако спрогнозировать ошибочные действия и/или бездействие сменного персонала невозможно. Снизить риски отказа оборудования, связанные с ошибочными действиями и/или бездействием сменного персонала, можно только при системном контроле эффективности работы этого персонала.

Именно поэтому в Системе Поддержки Принятия Решений Sdisol PAD (далее по тексту – СПИР Sdisol PAD) предусмотрены функции расчёта интегральных оценок, с помощью которых можно организовать эффективный контроль за действиями сменного персонала.

## Постановка задачи

Нам необходимо было предусмотреть эффективный инструмент для оценки работы сменного персонала, ко-

торый будет удобно использовать руководителям промышленных предприятий.

Мы учитывали, что на крупных промышленных предприятиях имеются различные технические службы (служба главного механика, служба главного энергетика, служба главного технолога и т.д.). Руководители этих служб оценивают работу сменного персонала по-разному в соответствии со своей зоной ответственности. Именно поэтому в своём инструменте для оценки работы сменного персонала мы предусмотрели формирование оценок эффективности по разным критериям.

Также мы учитывали, что нагрузка у руководителей высокая, а значит, и форма отчёта должна быть краткой, наглядной и не требующей долгого изучения.

## Проблема оценки эффективности сменного персонала

В основные обязанности сменного персонала входит обеспечение стабильности технологического режима в соответствии с уставками и производственной программой:

- постоянное наблюдение за контролируемыми параметрами процесса;
- прогнозирование возможных отклонений, принятие превентивных мер до наступления аварийной ситуации;
- оперативное реагирование на сигналы тревог и предупреждений.

Задачи наблюдения за контролируемыми параметрами и прогнозирования возможных отклонений успешно решают системы предиктивной и параметрической диагностики, в том числе СППР Sdisol PAD. Однако если оперативный персонал игнорирует или несвоевременно реагирует на сигналы тревог и предупреждений АСУ ТП, то и системы параметрической и предиктивной диагностики будут неэффективны, так как на их предупреждения также не будет своевременной реакции.

На некоторых предприятиях, где мы внедряли СППР Sdisol PAD, первоначальный эффект от внедрения отсутствовал. Впоследствии выяснилось, что сменный персонал в ряде случаев игнорировал срабатывания предупредительных сигнализаций АСУ ТП, а на прогнозы СППР Sdisol PAD системы вообще не обращал внимания.

Учитывая изложенное, оценка эффективности работы сменного персонала сводится к оценке реагирования

сменного персонала на сигналы тревог и предупреждений и состоит из следующих метрик:

- количество предупредительных и аварийных событий за смену;
- время от момента возникновения события до выполнения корректирующих действий (время реакции на событие);
- суммарная продолжительность каждого события за смену.

Все эти метрики можно рассчитать, изучив журнал событий. Но на ежедневное изучение журнала событий по каждой смене требуется значительное время. В большинстве случаев ни один руководитель не будет систематически анализировать журнал событий по каждой смене.

Идеальным вариантом было бы оценивать действия сменного персонала одним числом, например, принимающим значения от 0% до 100%, где 0% – максимально неэффективно, а 100% – максимально эффективно. Тогда можно за секунды определять эффективность работы смен и сравнивать их между собой. Такая оценка подходит руководителям для системного анализа. При этом, если одна из оценок покажется низкой, всегда можно открыть журнал событий, детально ознакомиться с последовательностью возникновения и продолжительностью событий в интересующую смену и уже на основании этих данных принять решение о правильности действий сменного персонала.

## Интегральная оценка эффективности сменного персонала

Очевидно, что из вышеуказанных метрик суммарная продолжительность события агрегирует две остальные метрики: количество событий и время реакции на них, так как суммарная продолжительность каждого предупредительного или аварийного события зависит от количества этих событий и времени от момента их возникновения до выполнения корректирующих воздействий.

Учитывая изложенное, для расчёта оценки эффективности работы сменного персонала из трёх имеющихся метрик мы использовали только метрику суммарной продолжительности каждого предупредительного или аварийного события за заданный интервал времени (например, смену).

Так как различные события имеют разную степень критичности, мы так-

же предусмотрели весовой коэффициент критичности для каждого события.

По сути, оценка эффективности работы сменного персонала является интегральной оценкой продолжительности определённых событий за заданный интервал времени.

Расчёт интегральной оценки сводится к отношению суммы общей продолжительности каждого произошедшего события с учётом его весового коэффициента к сумме максимально возможной продолжительности всех событий с учётом их весовых коэффициентов. Формула расчёта интегральной оценки за заданный интервал времени (например, смену) представлена ниже.

$$R_t = \frac{\sum_{i=1}^N (W_i \times T_i)}{\sum_{i=1}^N (W_i \times t)}$$

В вышеуказанной формуле расчёта интегральной оценки приняты следующие обозначения:  $R_t$  – значение интегральной оценки за заданный интервал времени (например, смену);  $W_i$  – весовой коэффициент степени критичности для заданного события  $i$ ;  $T_i$  – суммарная продолжительность события  $i$  за заданный интервал времени  $t$ ;  $N$  – количество событий в конфигурации интегральной оценки;  $t$  – интервал времени (например, смена), за который рассчитывается интегральная оценка.

Значения интегральной оценки, рассчитанные по вышеуказанной формуле, всегда будут находиться в диапазоне от 0 до 1, где 0 будет соответствовать полному отсутствию событий за заданный интервал времени, а 1 – наличию всех предусмотренных событий продолжительностью весь заданный интервал времени, за который рассчитывается интегральная оценка.

Из вышеуказанной формулы видно, что увеличение количества событий в конфигурации интегральной оценки будет приводить к уменьшению вклада каждого возникшего события в само значение оценки. Учитывая, что в абсолютном большинстве случаев малое количество событий из конфигурации будут актуальны в интервал времени, по которому выполняется расчёт, значение рассчитанной оценки всегда будет близко к 1. Для того чтобы более рационально использовать все возможные значения шкалы интегральной оценки от 0 до 1, мы предусмотрели возможность возведения в заранее заданную степень рассчитанного значения интегральной оценки. При таком подходе цена деления шкалы будет

Таблица 1. Перечень событий для расчёта интегральной оценки по механической части с указанием весовых коэффициентов

№ п/п	Наименование события	Тип события	Весовой коэффициент
1	VXY_LPC_0708-Н. Достигнута верхняя предупредительная уставка по вибрации передней опоры компрессора	Предупредительное	3
2	VXY_LPC_0708-НН. Достигнута верхняя аварийная уставка по вибрации передней опоры компрессора	Аварийное	10
3	VXY_LPC_0910-Н. Достигнута верхняя предупредительная уставка по вибрации задней опоры компрессора	Предупредительное	3
4	VXY_LPC_0910-НН. Достигнута верхняя аварийная уставка по вибрации задней опоры компрессора	Аварийное	10
5	VZ_LPC_11-Л. Достигнута нижняя предупредительная уставка по осевому сдвигу вала компрессора	Предупредительное	3
6	VZ_LPC_11-ЛЛ. Достигнута нижняя аварийная уставка по осевому сдвигу вала компрессора	Аварийное	8,75
7	VZ_LPC_11-Н. Достигнута верхняя предупредительная уставка по осевому сдвигу вала компрессора	Предупредительное	3
8	VZ_LPC_11-НН. Достигнута верхняя аварийная уставка по осевому сдвигу вала компрессора	Аварийное	8,75
9	TI_LPC_SUP3-Н. Достигнута верхняя предупредительная уставка по температуре опорного подшипника (задняя опора компрессора)	Предупредительное	2,5
10	TI_LPC_SUP3-НН. Достигнута верхняя аварийная уставка по температуре опорного подшипника (задняя опора компрессора)	Аварийное	7,5
11	TI_LPC_SUP4-Н. Достигнута верхняя предупредительная уставка по температуре опорно-упорного подшипника (передняя опора компрессора)	Предупредительное	2,5
12	TI_LPC_SUP4-НН. Достигнута верхняя аварийная уставка по температуре опорно-упорного подшипника (передняя опора компрессора)	Аварийное	7,5
13	SPD_TURB-Н. Достигнута верхняя предупредительная уставка по скорости вращения вала компрессора	Предупредительное	2,5
14	SPD_TURB-Н. Достигнута верхняя аварийная уставка по скорости вращения вала компрессора	Аварийное	6,75

Таблица 2. Перечень событий для расчёта интегральной оценки по технологии с указанием весовых коэффициентов

№ п/п	Наименование события	Тип события	Весовой коэффициент
1	TI_FROM_STG-Н. Достигнута верхняя предупредительная уставка по температуре газа на нагнетании	Предупредительное	2
2	TI_FROM_STG-НН. Достигнута верхняя аварийная уставка по температуре газа на нагнетании	Аварийное	10
3	PI_FROM_STG-Н. Достигнута верхняя предупредительная уставка по давлению газа на нагнетании	Предупредительное	1
4	PI_FROM_STG-НН. Достигнута верхняя аварийная уставка по давлению газа на нагнетании	Аварийное	8
5	PI_FROM_STG-Л. Достигнута нижняя предупредительная уставка по давлению газа на нагнетании	Предупредительное	3
6	PI_FROM_STG-ЛЛ. Достигнута нижняя аварийная уставка по давлению газа на нагнетании	Аварийное	10

уменьшаться с приближением к верхней границе – единице.

Также для удобства восприятия оценки мы перевели её значение в проценты и зеркально отображали, чтобы значение 100% соответствовало максимально эффективной работе сменного персонала, а 0% – максимально неэффективной.

$$E_t = 100\% - (R_t)^p \times 100\%,$$

где  $E_t$  – оценка эффективности работы сменного персонала, а  $p$  – степенной коэффициент интегральной оценки.

В СППР Sdisol PAD мы предусмотрели возможность конфигурирования неограниченного количества интегральных оценок, для того чтобы каждый руководитель соответствующей службы мог оценивать работу сменного персо-

нала в соответствии со своим набором событий.

Так, для главного механика, отвечающего за техническую исправность основного технологического оборудования, в конфигурацию интегральной оценки для компрессора могут попасть 14 событий (для простоты будем рассматривать векторные суммы вибраций по осям OX и OY, а не их отдельные значения), представленных в табл. 1.

Для главного технолога, отвечающего за соблюдение технологического режима, в конфигурацию интегральной оценки того же компрессора попадут всего 6 событий, представленных в табл. 2.

Так как весовые коэффициенты степени критичности указывают на вклад каждого события в общую оценку, то и

выбор значения коэффициента для каждого события зависит от значений аналогичных коэффициентов для других событий из конфигурации. Наглядное отображение значений весовых коэффициентов значительно упрощает конфигурирование интегральных оценок, особенно при значительном количестве событий в конфигурации. Именно поэтому в СППР Sdisol PAD мы предусмотрели форму конфигурирования интегральной оценки с наглядным графическим отображением значений весовых коэффициентов (см. рис. 1).

Выбор перечня событий для конфигураций и подбор значений весовых коэффициентов должны производиться согласованно со специалистами, которые будут эти оценки анализировать.

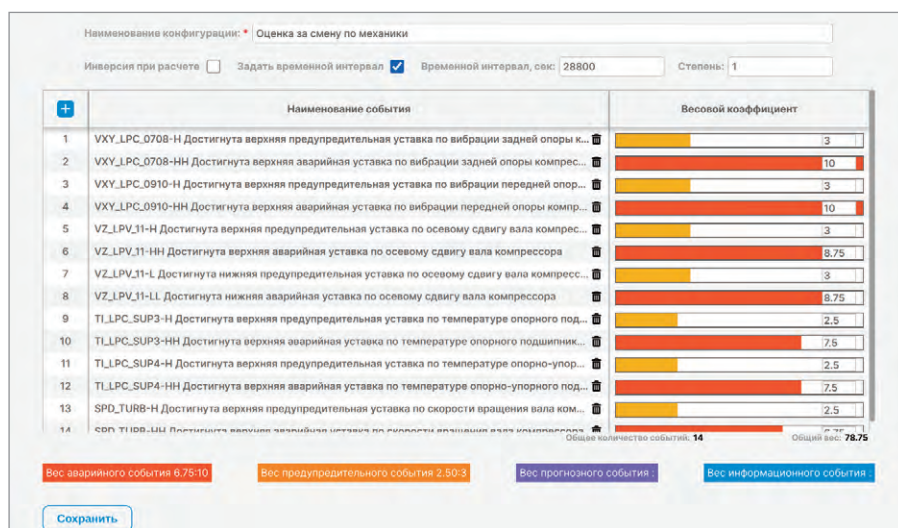


Рис. 1. Форма конфигурирования интегральной оценки

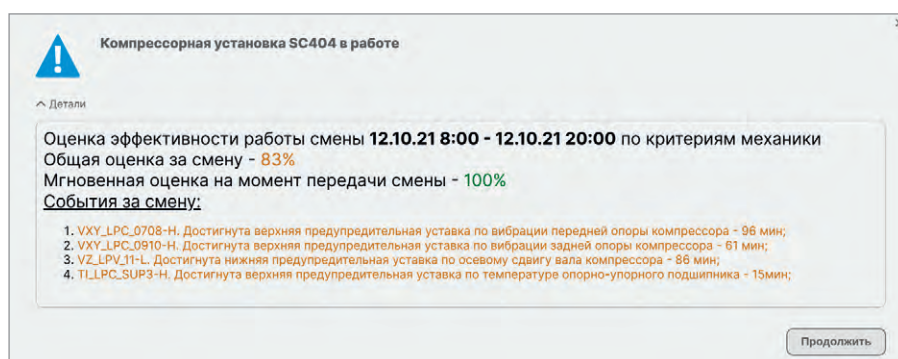


Рис. 2. Форма отчёта об эффективности работы смены

В итоге мы получили наглядные оценки эффективности работы сменного персонала в процентах. Эти оценки отражают общую продолжительность негативных событий из заданного перечня за смену с учётом степени критичности. Каждой из этих оценок достаточно для принятия решения о необходимости детального анализа журнала событий.

Необходимо отметить, что в определённых конфигурациях интегральных оценок значение 0% теоретически недостижимо. В нашем примере конфигурации интегральной оценки для главного механика события верхних и нижних границ осевого сдвига не могут быть актуальны в один момент времени.

Расчёт оценок эффективности по приведённым конфигурациям выполняется после каждой смены, а результат расчёта направляется по почте соответствующим специалистам либо доступен для просмотра в интерфейсе СППР Sdisol PAD. Пример формы отчёта об эффективности работы смены приведён на рис. 2.

В приведённой форме отчёта, помимо оценки за смену, указана мгновенная интегральная оценка, о которой

речь пойдет ниже. В контексте отчёта эта оценка показывает количественную меру негативных событий, которые были актуальны на момент передачи смены. Эта оценка важна, так как обобщает начальные условия работы следующей смены.

Помимо вышеуказанных отчётов, мы предусмотрели в СППР Sdisol PAD возможность непрерывного расчёта интегральных оценок скользящим окном. В этом случае рассчитанные значения интегральных оценок непрерывно рассчитываются и записываются во внутренние переменные, значения которых можно отображать на мнемосхемах или временных диаграммах. Такой подход позволяет наблюдать изменения интегральных оценок в реальное время, что должно быть особенно полезно диспетчерам предприятий, отвечающим за согласованную работу цехов.

### Мгновенная интегральная оценка деградации технологического процесса и/или установки

До настоящего момента мы рассматривали только предупредительные и аварийные события в конфигурациях

интегральных оценок. Но эти события характеризуют только статическое состояние технологического процесса и/или оборудования (не считая уставок по скорости изменения какой-либо переменной и размаху её значений), а для оценки переходных процессов необходимо анализировать события, характеризующие динамическое состояние.

В СППР Sdisol PAD предусмотрены прогнозные события, среди которых наиболее распространённым является событие выявления тенденции на изменение значений переменной в сторону уставки. Подробно о методах выявления тенденций было рассказано в статье «Численный и математический анализ при диагностике динамического оборудования» (СТА. 2025. № 4). Отметим лишь, что событие выявления тенденции становится активным («приходит»), как только значение соответствующей переменной начинает меняться в сторону уставки, и сбрасывается («уходит»), как только изменение значений переменной прекращается. Из вышеуказанного следует, что прогнозные события выявления тенденции характеризуют динамическое состояние технологического процесса и/или оборудования.

Использование этих событий в конфигурациях интегральных оценок позволяет оценивать степень деградации состояния технологического процесса и/или оборудования.

Наиболее подходящими для анализа степени деградации технологического процесса и/или оборудования являются мгновенные интегральные оценки. Расчёт мгновенных интегральных оценок, предусмотренный в СППР Sdisol PAD, выполняется непрерывно. Конфигурации мгновенных интегральных оценок могут предусматривать любые типы событий, не обязательно прогнозные. При расчёте мгновенных интегральных оценок учитываются только актуальные события в момент расчёта без учёта их продолжительности. Формула расчёта мгновенной интегральной оценки представлена ниже.

$$R = \frac{\sum_i W_i}{\sum_{j=1}^N W_j}$$

В вышеуказанной формуле расчёта мгновенной интегральной оценки приняты следующие обозначения:  $R$  – значение мгновенной интегральной оценки;  $W_i$  – весовой коэффициент степени критичности для актуального в заданный интервал времени события  $i$ ;  $W_j$  –

Таблица 3. Перечень событий для расчёта мгновенной интегральной оценки степени деградации по механике с указанием весовых коэффициентов

№ п/п	Наименование события	Тип события	Весовой коэффициент
1	VXY_LPC_0708-INCREASE. Выявлена тенденция на рост вибрации задней опоры компрессора	Прогнозное	10
2	VXY_LPC_0910-INCREASE. Выявлена тенденция на рост вибрации передней опоры компрессора	Прогнозное	10
3	VZ_LPC_11-DECREASE. Выявлена тенденция на изменение осевого сдвига в сторону задней опоры компрессора	Прогнозное	6
4	VZ_LPC_11-INCREASE. Выявлена тенденция на изменение осевого сдвига в сторону передней опоры компрессора	Прогнозное	6
5	TI_LPC_SUP3-INCREASE. Выявлена тенденция на рост температуры опорного подшипника компрессора (задняя опора)	Прогнозное	3
6	TI_LPC_SUP4-INCREASE. Выявлена тенденция на рост температуры опорно-упорного подшипника компрессора (передняя опора)	Прогнозное	3

весовой коэффициент степени критичности для каждого события  $j$  из конфигурации мгновенной интегральной оценки;  $N$  – количество событий в конфигурации мгновенной интегральной оценки.

Для удобства восприятия степени деградации мы так же, как и для оценки эффективности, предусмотрели степенной коэффициент и перевели его значение в проценты, так, чтобы 0% соответствовало минимальной степени деградации (отсутствию деградации), а 100% – максимальной степени деградации.

$$D = R^p \times 100\%,$$

где  $D$  – степень деградации технологического процесса и/или оборудования, а  $p$  – степенной коэффициент интегральной оценки.

Для оценки степени деградации нашего компрессора по механической части в конфигурации мгновенной интегральной оценки мы предусмотрим события, приведённые в табл. 3.

Важно отметить, что при смене режима работы установки оценка степени деградации будет высокой – это нормально, так как в большинстве случаев смена режима работы установки сопровождается ростом и/или снижением тех или иных параметров. Анализ оценки деградации необходимо выполнять только на установившихся режимах работы установки.

В большинстве случаев высокие значения степени деградации и отсутствие реакции на них со стороны сменного персонала будут приводить к возникновению предупредительных событий и, как следствие, снижению оценки эффективности сменного персонала.

На рис. 3 представлена временная диаграмма изменения оценки степени деградации по механической части (красный цвет) и мгновенной интегральной оценки эффективности смен-

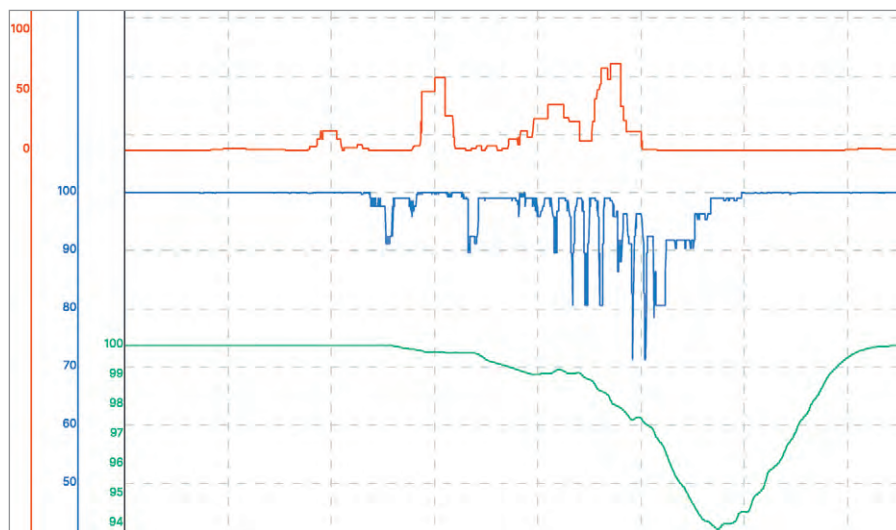


Рис. 3. Временная диаграмма степени деградации и оценок эффективности

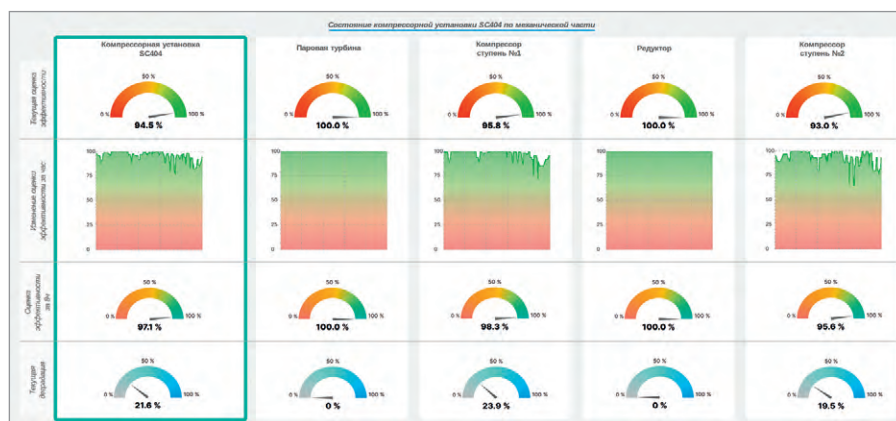


Рис. 4. Дашборд состояния компрессорной установки

ного персонала (синий цвет), а также интегральной оценки сменного персонала за два часа (зелёный цвет). При этом глубина временного отрезка диаграммы соответствует восьми часам.

Из диаграммы видно, что степень деградации начинает расти как минимум за 30 минут до снижения мгновенной оценки эффективности – фактической регистрации негативных событий.

Таким образом, интегральные оценки – это не только инструмент контроля за работой сменного персонала, но и инструмент контроля за технологиче-

ским процессом и/или оборудованием для сменного персонала.

Временные диаграммы – мощный инструмент анализа данных, который получил широкое распространение в современных АСУ ТП, однако для руководителей они не всегда удобны, так как требуют значительного времени для работы с ними.

Более подходящим инструментом визуализации данных для руководителей являются дашборды, которые агрегируют ключевые метрики состояния объекта на одной форме.

На рис. 4 представлен дашборд состояния компрессорной установки, состоящей из паровой турбины, первой ступени компрессора, повышающего обороты редуктора и второй ступени компрессора.

Дашборд разделён на 5 областей, каждая из которых содержит информацию по определённому механизму: «Компрессорная установка SC404» – область, содержащая обобщённую информацию по всей компрессорной установке, «Паровая турбина» – область, содержащая информацию только по паровой турбине, и т.д.

Каждая область отображает 4 метрики:

- «Текущая оценка эффективности» – это мгновенная интегральная оценка, в конфигурации которой предусмотрены только предупредительные и аварийные события;
- «Изменения оценки эффективности за час» – это история изменения «Текущей оценки эффективности» за последний час;
- «Оценка эффективности за 8 ч» – это интегральная оценка за 8 часов, в конфигурации которой предусмотрены

только предупредительные и аварийные события;

- «Текущая деградация» – это мгновенная интегральная оценка, в конфигурации которой предусмотрены только прогнозные события.

«Текущая деградация» показывает, насколько быстро в текущий момент времени меняется состояние установки или её отдельного узла. «Оценка эффективности за 8 ч» характеризует эффективность управления установкой или её отдельным узлом сменным персоналом за последние 8 часов. «Изменения оценки эффективности за час» отражают историю изменения эффективности сменного персонала за последний час. «Текущая оценка эффективности» показывает состояние установки или её отдельного узла в текущий момент времени.

Такой способ визуализации информации воспринимается гораздо легче, чем сложные мнемосхемы с большим количеством отображаемых значений контролируемых параметров или временные диаграммы с одновременным отображением большого количества параметров.

## Заключение

Интегральные оценки позволяют организовать системный подход к контролю эффективности работы сменного персонала.

Несмотря на это, привязывать взыскания сменному персоналу к низким значениям оценок его эффективности недопустимо, так как причинами возникновения аварийных и предупредительных событий могут быть внешние факторы.

Низкие оценки эффективности лишь указывают на необходимость выполнения подробного анализа действий сменного персонала, по результатам которого и необходимо принимать решение о взыскании или поощрении.

Интегральные оценки позволяют исключить необходимость выполнения подробного анализа действий сменного персонала в ситуациях, когда это не требуется, – когда оценки эффективности высокие, а значит, и продолжительность негативных событий невысока. ●

Автор - технический директор  
ООО «СЦР»  
info@sdisol.ru

**innodisk**

Industrial  
**SATADOM-MV**  
3ME4 Series

**SATADOM — ИДЕАЛЬНОЕ ЗАГРУЗОЧНОЕ РЕШЕНИЕ**

Компактные твердотельные накопители с интерфейсом SATA III с высокой скоростью передачи данных

**PROSOFT®**

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636  
INFO@PROSOFT.RU

[WWW.PROSOFT.RU](http://WWW.PROSOFT.RU)



Реклама



# Гальваническая развязка унифицированных сигналов 4...20 мА: почему она важна и как её добиться

Алексей Костерин

В современных автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП) ключевую роль играют надёжные и стандартизированные методы передачи данных. Одним из наиболее распространённых и проверенных временем способов передачи аналоговых сигналов являются унифицированные сигналы тока и сигналы напряжения.

## Почему унифицированный токовый сигнал 4...20 мА?

Унифицированные сигналы применяются не только для связи с первичными датчиками, но и для связи между собой других устройств промышленной автоматики: регистраторов, регуляторов, контроллеров и исполнительных устройств. Среди стандартных сигналов наиболее удобным и популярным является токовый сигнал 4...20 мА.

Широкое распространение токового унифицированного сигнала 4...20 мА объясняется следующими причинами: 1) на передачу токовых сигналов не оказывает влияния сопротивление соединительных проводов, поэтому требования к диаметру и длине со-

единительных проводов (а значит, и к стоимости) снижаются;

2) токовый сигнал работает на низкоомную (по сравнению с сопротивлением источника сигнала) нагрузку, поэтому наведённые электромагнитные помехи в токовых цепях малы по сравнению с аналогичными цепями, в которых используются сигналы напряжения;

3) обрыв линии передачи токового сигнала 4...20 мА однозначно и легко определяется измерительными системами по нулевому уровню тока в цепи (в нормальных условиях он должен быть не меньше 4 мА);

4) токовый сигнал 4...20 мА позволяет не только передавать полезный информационный сигнал, но и обес-

печивать электропитание современных датчиков;

5) сигнал 4...20 мА позволяет применять HART-протокол для двунаправленной передачи цифровых сигналов.

## Задача гальванической развязки сигнала 4...20 мА

Гальваническая развязка – это передача сигнала между цепями без непосредственного электрического контакта. Для информационных сигналов чаще всего применяют индуктивную, ёмкостную и оптоэлектронную развязки. Когда требуется передать и энергию – применяется индуктивная (она же трансформаторная) развязка.

Существуют две основные проблемы, две задачи, когда в системе автомати-

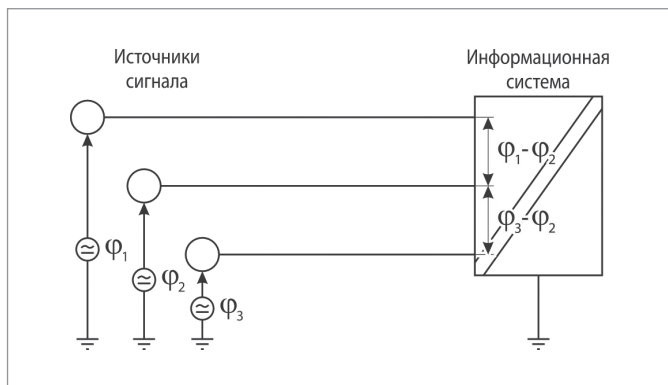


Рис. 1. Многоканальная система с неизолированными источниками сигналов

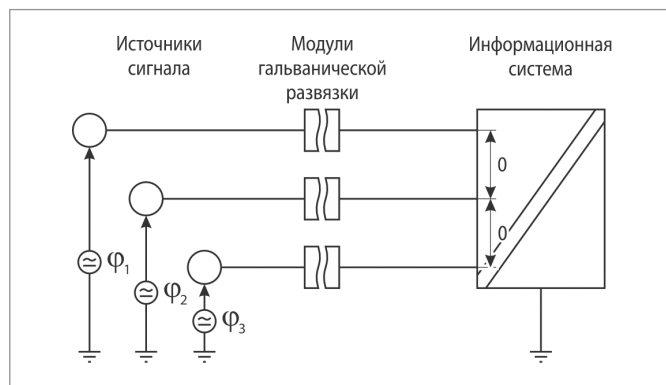


Рис. 2. Многоканальная система с поканальной гальванической развязкой

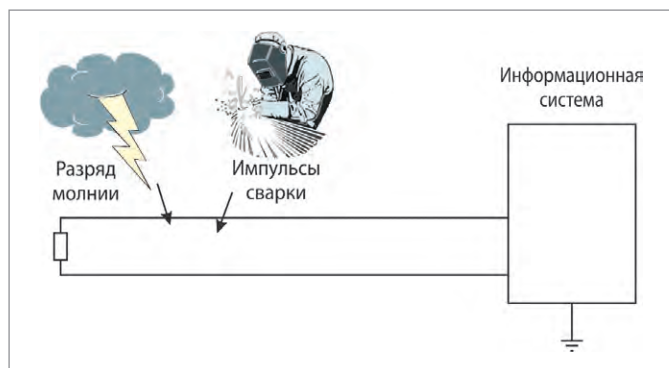


Рис. 3. Высокочастотные электромагнитные помехи

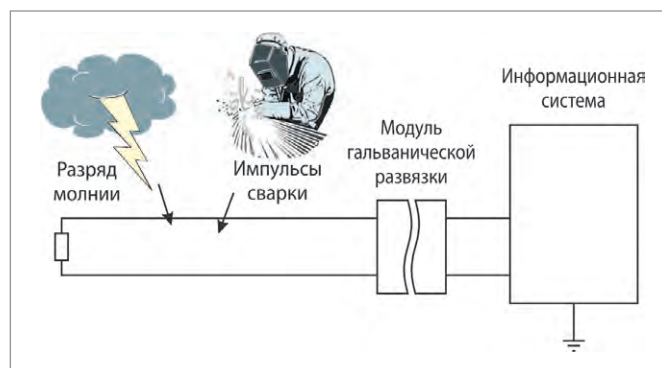


Рис. 4. Гальваническая развязка для защиты от высокочастотных помех

зации необходимо применять гальваническую развязку.

**Первая задача** – это использование в многоканальной системе различных источников сигналов, которые не изолированы и находятся под разными потенциалами. Например, при измерении действующих значений напряжения в сети сигнал заведомо является высокочастотным.

Даже заземлённые источники, расположенные на некотором удалении друг от друга, подвержены воздействию электромагнитных наводок и токов утечки от силовых цепей, создающих между ними разность потенциалов. Наличие данных потенциалов обусловлено электромагнитными наводками и токами утечки от силовых цепей (рис. 1).

Эта проблема особенно актуальна в энергоёмких промышленных условиях. Даже при наличии групповой развязки в многоканальной системе отсутствие поканальной гальванической развязки также может вывести из строя измерительную систему из-за разности потенциалов между каналами.

Решение – поставить модуль гальванической изоляции в каждую сигнальную линию (рис. 2).

**Вторая задача** – повышение устойчивости системы к воздействию высокочастотных электромагнитных помех. Система может подвергаться помехам, которые вызваны короткими импульсами тока в силовых цепях. Например, такие импульсы могут возникать при работе сварочных аппаратов, индукторов, частотных преобразователей, тиристорных и электромагнитных коммутаторов, а также при грозовых разрядах. Линии связи выступают в роли антенн.

Помехи могут достигать уровня единиц и десятков вольт и значительно превышать уровень полезного сигнала (рис. 3). Высокоамплитудные импульсы могут вывести из строя измерительные

системы. Кроме того, этот электромагнитный «мусор» смешивается с полезным измеренным сигналом и искажает полученную информацию.

В этом случае гальваническая развязка не только предохраняет измерительные цепи от разрушения из-за воздействия таких высокочастотных помех, но и повышает качество полезного сигнала (рис. 4).

Итак, гальваническая развязка необходима при измерении практически всех видов сигналов, особенно если линии связи длинные.

### Модули гальванической развязки: обзор, сравнение и выбор

Для решения задач гальванической развязки удобно применять специализированные приборы – модули (блоки) гальванической развязки.

Обсудим различные типы таких приборов на примере номенклатуры научно-производственной фирмы «КонтрАвт» – известного нижегородского разработчика и производителя средств автоматизации технологических процессов.

НПФ «КонтрАвт» предлагает несколько групп приборов, специально предназначенных для гальванического разделения сигналов 4...20 мА, причём как в общепромышленном, так и во взрывозащищённом исполнении (рис. 5).



Рис. 5. Группа модулей гальванического разделения токовой петли НПСИ-200-ГРТПх производства НПФ «КонтрАвт»

В первую группу входят одно-, двух- и четырёхканальные модули гальванического разделения токовой петли НПСИ-200-ГРТПх, которые преобразуют и гальванически развязывают активный сигнал 4...20 мА на входе модуля в такой же активный сигнал 4...20 мА на выходе.

Одноканальный преобразователь размещён в малогабаритном узком корпусе шириной всего 8,5 мм (габариты 91,5×62,5×8,5 мм), двухканальный и четырёхканальный – в корпусе шириной 22,5 мм (габариты 115×105×22,5 мм).

Некоторые важные характеристики данных модулей приведены на рис. 6.

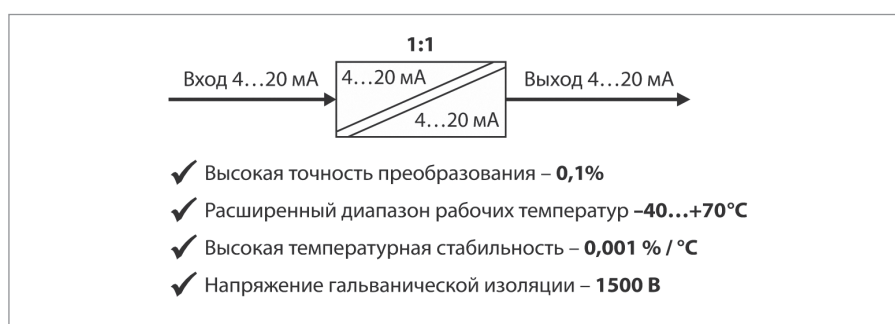


Рис. 6. Характеристики модуля НПСИ-200-ГРТПх

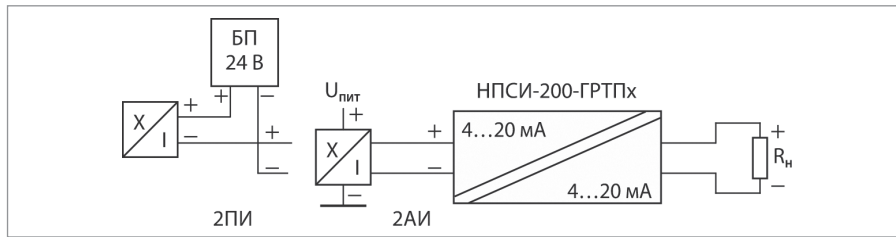


Рис. 7. Подключение одного канала НПСИ-200-ГРТПх к активному источнику

Эта группа приборов характеризуется тем, что сами модули запитываются от входного сигнала и дополнительный источник питания не требуется. Поэтому решение на базе разделителей токовой петли НПСИ-200-ГРТПх является весьма экономичным. Варианты подключения к источникам активных и пассивных сигналов показаны на рис. 7. В последнем случае требуется дополнительный источник питания. Таким образом, модуль развязки, по сути, является трансформатором постоянного тока.

В связи с этим параметры нагрузки в выходной цепи определяют требования к источнику сигнала на входе. Источник сигнала должен обеспечивать на входе модуля напряжение не менее чем:  $U_{ВХ} = 1,7 \text{ В} + I_{ВХ} \times R_{НАГР}$ . Это минимальное напряжение на входе, необходимое для работы прибора.

В многоканальных модификациях НПСИ-200-ГРТП2 и НПСИ-200-ГРТП4 все каналы полностью не связаны между собой. С этой точки зрения работоспособность одного из каналов никак не влияет на работу других каналов.

Применение многоканальных преобразователей НПСИ-200-ГРТП2 и НПСИ-200-ГРТП4 снижает цену канала по сравнению с одноканальным НПСИ-200-ГРТП1.

Компактные модули гальванической развязки НПСИ-200-ГРТПх экономичны, а также обладают высокой линейностью и температурной стабильностью преобразования. Несмотря на это, научно-производственная фирма «КонтрАвт» дополнительно предлагает для гальванической развязки сигнала 4...20 мА и другие модели модулей.

Дело в том, что, как мы уже сказали, НПСИ-200-ГРТПх работает исключительно с активными входными сигналами. Он транслирует 1 в 1 активный сигнал 4...20 мА на выходе, однако не может работать с пассивными сигналами, поскольку не обеспечивает питание датчика.

Кроме того, модуль НПСИ-200-ГРТПх для своего питания использует энергию

входного активного сигнала 4...20 мА, и эту же энергию он трансформирует в выходной сигнал. С одной стороны, это большое преимущество такого решения, поскольку не требуется дополнительное питание для самого модуля. Но, с другой стороны, нагрузка на выходе модуля полностью переносится на источник сигнала.

При больших сопротивлениях нагрузки (свыше 500 Ом) это налагает дополнительные условия на выходное напряжение источника сигнала:  $U_{ВХ} = 1,7 \text{ В} + 22 \text{ мА} \times R_{НАГР}$ .

Иное решение задачи гальванической развязки тока 4...20 мА предлагает другая группа приборов – модули гальванической развязки НПСИ-200-



Рис. 8. Группа модулей гальванической развязки токового сигнала 4...20 мА НПСИ-200-ГР1/ГР2 производства НПФ «КонтрАвт»

ГР1 для одного канала и НПСИ-200-ГР2 для двух каналов (рис. 8).

У данной другой группы модулей имеется встроенный блок питания в каждом канале, который позволяет работать не только с активными, но и с пассивными источниками сигнала без применения дополнительных блоков питания.

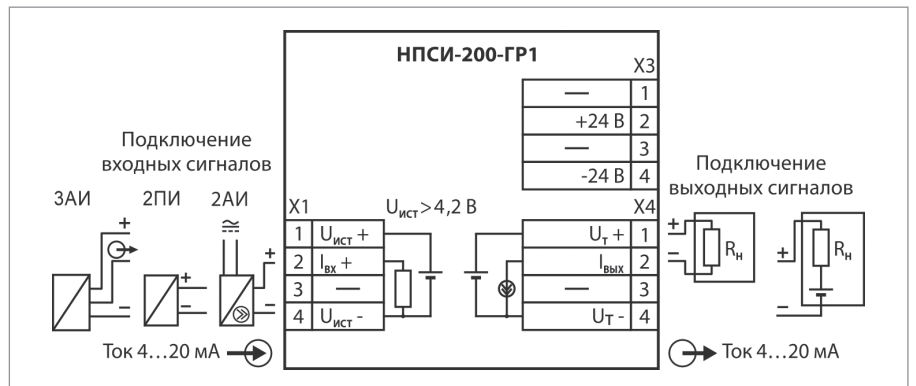


Рис. 9. Схемы подключения модуля гальванической развязки сигнала 4...20 мА НПСИ-200-ГР1 по двух- и трёхпроводным схемам для активных и пассивных источников

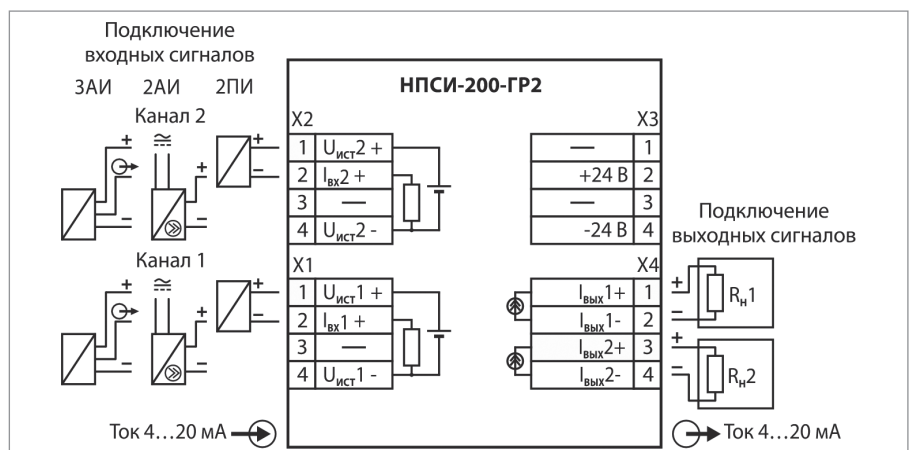


Рис. 10. Схемы подключения модуля гальванической развязки токового сигнала 4...20 мА НПСИ-200-ГР2 по двух- и трёхпроводным схемам для активных и пассивных источников

# КонтрАвт

СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

 **33 ГОДА**  
на рынке

**НОРМИРУЮЩИЕ  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ**

**СЕРИИ НПСИ**



Класс точности 0.1



**БАРЬЕРЫ  
ИСКРОЗАЩИТЫ**

**СЕРИИ КА5000Ex**



В реестре Минпромторга



отгрузка сразу со склада • бесплатная опытная эксплуатация  
межповерочный интервал – 5 лет • гарантия на продукцию – 3 года



[www.contravt.ru](http://www.contravt.ru)  
+7 (831) 260-13-08  
[sales@contravt.ru](mailto:sales@contravt.ru)

**ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ИЗ  
НИЖНЕГО НОВГОРОДА**



Реклама



Рис. 11. Модуль гальванической развязки и разветвления сигнала 4...20 мА НПСИ-200-ГР1.2 производства НПФ «КонтрАвт»

При этом одноканальный преобразователь НПСИ 200 ГР1 на выходе формирует либо активный сигнал, либо пассивный, а НПСИ 200 ГР2 – только активный. Эти возможности подключения входных и выходных сигналов иллюстрируют схемы подключения на рис. 9 и 10. На рисунках 9 и 10: 2 ПИ – источник сигнала с пассивным выходом с двухпроводной схемой подключения; 2 АИ – источник сигнала с активным выходом с двухпроводной схемой подключения; 3 АИ – источник сигнала с активным выходом с трёхпроводной схемой подключения.

Обратим внимание на то, что для одноканальной модификации НПСИ-200-ГР1 существует возможность формирования не только активного сигнала на выходе, но и пассивного для измерительных систем с активным входом. Подключения входных сигналов у двухканальной модификации НПСИ-200-ГР2 аналогичны одноканальной, однако на выходе формируются только активные сигналы.

Применение двухканальных модулей НПСИ-200-ГР2 снижает цену канала по сравнению с одноканальным НПСИ-200-ГР1, а также позволяет сэкономить место в шкафу управления.

Для решения задачи не только гальванического разделения цепей, но и разветвления сигнала «1 в N» НПФ «КонтрАвт» предлагает отдельный специализированный прибор – разветвитель токового сигнала 4...20 мА НПСИ-200-ГР1.2 (рис. 11). Прибор имеет один вход для приёма сигнала и два выхода, гальванически изолированных от входа, питания и между собой.

Напряжение гальванической изоляции между всеми цепями составляет

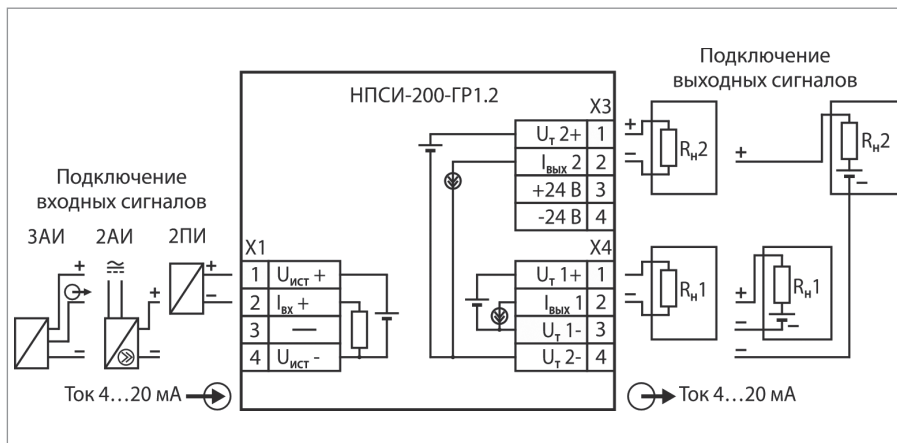


Рис. 12. Схемы подключения разветвителя токового сигнала 4...20 мА НПСИ-200-ГР1.2 по двух- и трёхпроводным схемам для активных и пассивных источников

Таблица. Характеристики общепромышленных модулей гальванической развязки сигнала 4...20 мА

Характеристики	НПСИ-200-РП1	НПСИ-200-РП2	НПСИ-200-РП4	НПСИ-200-ГР1	НПСИ-200-ГР2	НПСИ-200-ГР2.2
Направление передачи сигнала	Приемники и передатчики					
Количество каналов ввода	1	2	4	1	2	Разветвитель 1 в 2
Погрешность, %	0,1					
Быстродействие, мс	5			35		
Тип входного сигнала и схема подключения	2 АИ			2 ПИ, 2 АИ, 3 АИ		
Встроенный блок питания 24 В	Нет			Да		
Тип выхода	Активный 4...20 мА			Активный/пассивный 4...20 мА	Активный 4...20 мА	Активный/пассивный 4...20 мА
Напряжение питания, В	Не требуется (от входного сигнала)			18...30 В / 150...265 В	18...30 В	18...30 В
Ширина корпуса, мм	6,2	22,5				
Ширина корпуса на 1 канал, мм	6,2	11,25	5,63	22,5	11,25	22,5
Условия эксплуатации, °С	-40...+70					

1500 В. Источники сигнала могут быть как активными, так и пассивными. Так же, как и одноканальный прибор НПСИ-200-ГР1, разветвитель НПСИ-200-ГР1.2 формирует на выходе и активные, и пассивные сигналы 4...20 мА.

Варианты подключения источника сигнала по двух- и трёхпроводным схемам для активных и пассивных источников приведены на рис. 12.

Если выход используется как активный, то дополнительный источник питания выходной цепи не требуется. При необходимости источник сигнала может быть запитан от встроенного в преобразователь источника напряжения 24 В (25 мА). Выше представлена таблица основных характеристик опи-

санных модулей гальванической развязки сигнала 4...20 мА в общепромышленном исполнении.

Надеемся, что представленная информация поможет выбрать необходимое решение для конкретной технической задачи. ●

**НПФ «КонтрАвт», г. Нижний Новгород**  
**Телефон: +7 (831) 260-1308**  
**E-mail: sales@contravt.ru**  
**www.contravt.ru**

Более подробно о работе каждого вида преобразователей смотрите на официальном сайте НПФ «КонтрАвт»



## Новая модель 7" панели оператора от Weintek



В промышленной сфере 7-дюймовые панели управления традиционно являются одними из самых востребованных благодаря сочетанию своих габаритов, стоимости и удобству использования. Но с приходом эпохи Индустрии 4.0 требования к устройствам стали гораздо жестче: теперь даже небольшие производственные линии нуждаются в управлении большим объёмом

сложных данных и поддержке современных стандартов беспроводной связи.

Чтобы соответствовать постоянно меняющимся требованиям, компания Weintek представляет свою новую модель – cMT3072XH3. Она является первым представителем 7-дюймовых панелей оператора (среди продуктов Weintek), поддерживающим модуль расширения Wi-Fi серии M02. Разработанная специально для автоматизации заводов, стремящихся к цифровой трансформации, модель cMT3072XH3 сочетает высокую вычислительную мощность, богатое разнообразие подключений и уникальную возможность интегрирования беспроводного модуля Wi-Fi стандарта M02, задающего новые стандарты эффективности и функциональности. Возможность подключения модуля расширения Wi-Fi позволяет организовать беспроводную передачу данных с места производства, устраняя проблемы, связанные с необходимостью укладки кабельной инфраструктуры, особенно при реализации проектов реконструкции или в нестандартных условиях эксплуатации. Помимо этого, панель оснащена двумя Ethernet-портами, последовательными COM-портами с поддержкой RS-232/485, двумя USB и одним microSD-слотами, что существенно упрощает сбор данных и интеграцию с существующими системами.

Server и Modbus, обеспечивая безопасность и высокую скорость обмена информацией с ИТ-инфраструктурой предприятий (SCADA, ERP).

- **Интеграция с SQL-базами данных.** Синхронизация исторических данных и журналов тревог с внешними SQL-базами данных, оптимизированная для аналитики больших массивов данных и эффективного мониторинга производственного цикла.
- **Безопасное подключение к облачным платформам.** С поддержкой протокола MQTT обеспечивается бесперебойная интеграция с ведущими глобальными облачными инфраструктурами, такими как Amazon Web Services (AWS IoT) и Microsoft Azure IoT Hub, обеспечивая передачу данных в реальном времени с высочайшим уровнем информационной безопасности.

### Высокоэффективная аппаратная начинка промышленного класса

Помимо эффективной работы с программным обеспечением, панель cMT3072XH3 построена на надёжных компонентах промышленного уровня, демонстрируя превосходную производительность даже в самых требовательных условиях: четырёхядерный процессор и память объёмом 4 Гбайт Flash и 1 Гбайт ОЗУ гарантирует быстрый отклик системы и отличную производительность даже при интенсивной работе с большими объёмами данных и одновременной обработкой многочисленных коммуникационных протоколов. Особое внимание уделено защите устройства при работе в неблагоприятных условиях эксплуатации. Благодаря специальному покрытию печатной платы она устойчиво работает на высоте до 3000 метров над уровнем моря. Передняя резистивная панель выполнена согласно строгим стандартам защиты IP66 и NEMA 4, исключая попадание влаги и пыли внутрь корпуса, увеличивая ресурс эксплуатации. ●

### Подробные характеристики cMT3072XH3

Модель	cMT3072XH3	
Экран	7" (WVA), резистивный	
Разрешение	1024×600	
Яркость (кд/м <sup>2</sup> )/Контрастность	550/800:1	
Угол обзора	85/85/85/85	
Процессор	Quad-core RISC	
Flash/RAM	4 Гбайт / 1 Гбайт	
Ethernet	LAN1: 10/100 Base-T×1	
	LAN2: 10/100 Base-T×1	
COM Port	Con.A: COM2 RS-485 2W/4W, COM3 RS-485 2W Con.B: COM1 RS-232 4W, COM3 RS-232 2W	
Wi-Fi	M02 модуль расширения (опционально)	
USB Host	USB 2.0×2	
Габариты Ш×В×Г	200,3×146,3×36 мм	
Монтажный вырез	192×138 мм	
Степень защиты	NEMA4 / IP66 по передней панели	
Рабочая температура	0° ~ 55°C (32° ~ 1131°F)	
Корпус	Пластик	
Входное напряжение	24±20% VDC	
ПО	EasyBuilder Pro	V6.10.01 или позже
	Weincloud	EasyAccess 2.0 (опционально)
		Dashboard (опционально)
	CODESYS®	Опционально

### Полноценные возможности PoT для внешних платформ

cMT3072XH3, являясь представителем продвинутой линейки серии cMTx, полностью реализует функционал EasyBuilder Pro и поддерживает такие сервисы, как Weincloud и CODESYS, превращаясь в центральный узел обработки данных непосредственно на производстве без необходимости дополнительного аппаратного оснащения. Среди ключевых особенностей также можно выделить следующее.

- **Расширенная поддержка IoT-протоколов.** Поддерживает стандартные промышленные протоколы вроде OPC UA





# Какие тренды сегодня в тренде

Владимир Решетников

**Скорость и информативность визуализации не только исторических данных технологических параметров, но и данных реального времени давно являются инструментом снижения рисков и повышения надёжности работы систем промышленной автоматизации. АВАДС Historian (Сервер архивирования) с компонентом Модуль Аналитики эффективно закрывает потребность не только по скорости записи и извлечения данных, но и предоставляет встроенный удобный инструмент аналитики технологических параметров – как исторических, так и в реальном времени.**

В условиях реализации концепций Industry 4.0 и перехода к предиктивной аналитике объём информации, генерируемой полевым уровнем, растёт в геометрической прогрессии. Если ещё десять лет назад глубина архивирования в несколько месяцев при дискретности опроса в одну секунду считалась достаточной, то сегодня требования изменились кардинально. Современному предприятию требуется миллисекундная точность, хранение данных за десятилетия и, что самое важное, мгновенный доступ к этому массиву для анализа в режиме реального времени. В настоящее время при проектировании АСУ ТП интеграторами закладывается архитектура, способная обеспечить целый ряд факторов стабильной бесперебойной работы систем архивирования и средств визуализации в целом.

Ключевыми характеристиками таких систем являются:

- высокая скорость записи – критический фактор, определяющий надёжность, отзывчивость и экономическую эффективность всей АСУ ТП;
- хорошая отзывчивость интерфейса с низкой задержкой вывода (выборки) при запросе архивных данных;
- гибкость настроек отображения, таких как изменение масштаба, наложение на тренд данных аналоговых и дискретных сигналов, возможность работы с двумя временными шкалами (для быстрого визуального сравнения параметров работы объекта в различных диапазонах времени (например, вчера и сегодня));

- простота интеграции с системами SCADA, аналитики и AI/ML;
- с ростом требований по глубине хранения исторических данных актуальной стала также компактность записи технологических архивов.

Очевидно, что инвестиции в качественную визуализацию легко окупаются за счёт предотвращения хотя бы одного серьёзного инцидента либо за счёт оптимизации параметров основного технологического процесса всего на несколько процентов. Кроме того, информативный тренд даже с базовой аналитикой способен в несколько раз ускорить принятие оперативного решения при обнаружении аномальных отклонений в работе оборудования. Графическое отображение делает незаметные в таблицах изменения очевидными: рост вибрации, дрейф температуры, скачки давления. Это даёт возможность принять корректирующие меры до того, как отклонение перерастёт в аварийную

остановку. Наличие всех необходимых данных с требуемым циклом записи по каждому критическому тегу позволяет обнаруживать аномалии (утечки тока, перегрев, динамику частоты вибраций наблюдаемого узла и т.п.) на самых ранних стадиях, снижая затраты на ремонт и практически исключая простои технологических линий.

При этом современные средства визуализации способны ускорить расследование инцидентов и анализ первопричин их возникновения. При возникновении брака, остановки линии или срабатывании аварийной защиты инженеру необходимо восстановить хронологию событий. Быстрый доступ к архивным трендам с возможностью наложения нескольких параметров (температура, расход, состояние клапанов, сигналы тревог) позволяет за минуты, а не часы, определить корневую причину события. Системы с качественной визуализацией исторических данных значительно сокращают время анализа инцидентов и повышают точность выводов, а следовательно, и время на устранение аномального поведения оборудования.

Тренды – это основа для оптимизации технологических режимов. Сравнивая графики работы производственной линии или технологической установки за разные периоды, специалисты могут:

- выявить «узкие места» и неэффективные режимы;
- оценить влияние изменений в рецептуре или настройках ПИД-регуляторов;

## Отличительная особенность

Наряду со скоростью записи/выборки, точностью и надёжностью хранения исторических данных технологических архивов необходимо отметить и глубину хранения, которая зачастую регламентируется либо законодательно, либо задекларирована в отраслевых стандартах. Способность компактно сохранять большие объёмы данных, сохранив к ним при этом оперативный доступ, выгодно отличает качественный Historian от обычного. ●

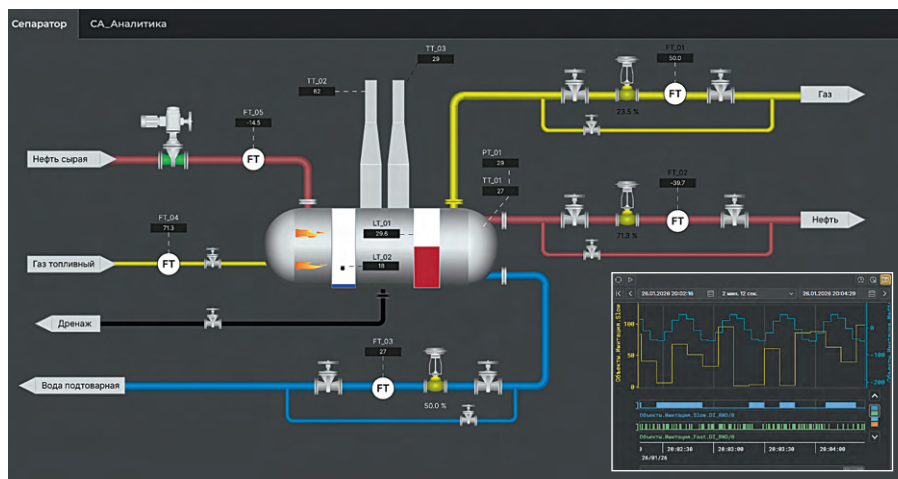


Рис. 1. Встраивание тренда в окно проекта SCADA с помощью iFrame: внешний вид и данные через url-параметры



Рис. 2. Быстрый просмотр архивных данных в виде трендов с вычислением статистических параметров

- обосновать модернизацию оборудования на основе объективных данных.

Визуализация делает сложные массивы данных наглядными для принятия управленческих решений, что напрямую влияет на рост выхода годной продукции и снижение себестоимости её производства.

Например, современные стратегии ТОиР (стратегии технического обслуживания и ремонта) строятся на анализе деградации параметров во времени. Тренды позволяют отслеживать динамику критически важных параметров работы узлов и агрегатов технологических линий (рост потребляемой мощности двигателей/актуаторов, увеличение времени срабатывания исполнительных механизмов, снижение КПД и т.п.).

Полный набор данных в такой аналитике даёт возможность перейти от ППР к предиктивному обслуживанию, сокращая незапланированные простои и оптимизируя затраты на запчасти и сервис.

## АВАДС Historian: функциональные тренды и встроенная аналитика для SCADA

Что умеет АВАДС Historian? Быстро записать миллионы записей, быстро выдать их на тренд, быстро проанализировать поведение интересующего объекта и, соответственно, быстро принять решение в случае выявления аномалий.

А ещё АВАДС Historian с помощью своего нового компонента Модуль Аналитики легко встраивается в любой проект SCADA с помощью iFrame (рис. 1). Вам достаточно описать в параметрах

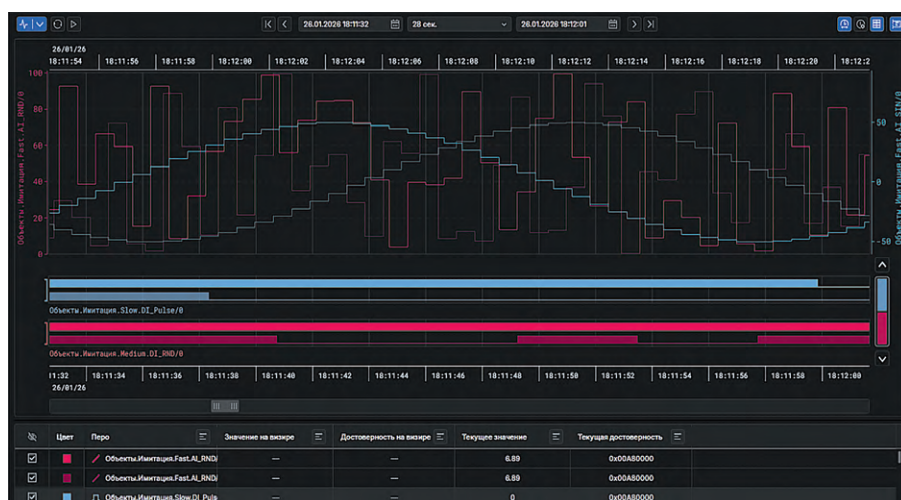


Рис. 3. Визуальное сравнение значений параметров за разные промежутки времени

url состав (теги или группы тегов), данные и внешний вид (цвет линий, число осей, масштаб и т.д.) отображаемого в окне проекта тренда. Кроме того, он уже сейчас имеет нативную поддержку известных SCADA-систем таких как Master-SCADA 4D, SCADA+ и SCADA SIMP Light. Ведутся работы по интеграции АВАДС Historian в другие SCADA.

Модуль Аналитики является компонентом АВАДС Historian, расширяющим его возможности в области обработки статистических данных параметров аналоговых и дискретных трендов. Достаточно указать необходимый диапазон (выделить мышкой или задать с клавиатуры необходимый диапазон времени в соответствующих полях), и практически мгновенно вы получите статистические данные (рис. 2):

- для аналоговых сигналов – минимум/максимум, среднее значение и интеграл;
- для дискретных сигналов – наработка/простой в часах и процентах.

Модуль Аналитики в АВАДС Historian обладает ещё одной интересной и полезной особенностью: с помощью двух временных шкал и нескольких трендов он может сравнивать значения параметров за разные промежутки времени. Например, аналогичный временной диапазон за вчерашний день и текущий. Такой подход позволяет отслеживать динамику требуемых параметров работы оборудования и быстро фиксировать аномальные отклонения (рис. 3).

Загрузите демоверсию АВАДС Historian с сайта разработчика (avads.ru) для оценки производительности, функциональности и удобства работы с современной высокоскоростной базой данных реального времени (TSDB) со встроенным Модулем Аналитики. ●



000 «ИнСАТ»

Тел.: +7 (495) 989-2249

<https://insat.ru> | [sales@insat.ru](mailto:sales@insat.ru)



# Как система «RAM klima» защищает дорогостоящее оборудование в шкафах управления

Александр Валентьев

Перегрев, конденсат, коррозия и отказ компонентов – классические проблемы любого инженера-проектировщика шкафов управления. В статье приведён обзор готовой экосистемы для контроля микроклимата от ДКС, которая решает эти задачи комплексно: от расчёта теплового баланса до удалённого мониторинга по RS-485.

Оборудование внутри любого электротехнического шкафа похоже на живой организм. Оно выделяет тепло, боится влаги и требует стабильных температурных условий для работы. Температурный скачок или конденсат на клеммах выводят из строя дорогостоящие ПЛК, частотные преобразователи и системы питания.

Система контроля микроклимата «RAM klima» от ДКС – это не просто набор кондиционеров и обогревателей. Это типовое, предсказуемое и совместимое решение для защиты инвестиций в автоматизацию (рис. 1).



Рис. 1. Пример установки системы управления микроклиматом «RAM klima»

## Решение ключевых проблем

Система контроля микроклимата от ДКС эффективно решает основные проблемы.

- **Отвод тепла.** Зачастую температура внутри шкафа не должна превышать +50°C. Для этого в системе есть два типа охлаждения:
  - **вентиляция** (пассивная и активная). Когда температура снаружи ниже, чем внутри, решение проблемы простое. Вентиляторы RV и решётки RF с фильтрами класса G3 обеспечивают защиту до IP54. Монтаж – без инструментов, защёлками;
  - **кондиционирование.** Для жарких цехов или уличных шкафов (рис. 2).

Кондиционеры полностью изолируют внутренний объём от внешней среды, охлаждая до заданной температуры в диапазоне от +25°C до +40°C при внешней температуре до +55°C (и даже от –60°C для уличного исполнения).

- **Предотвращение образования конденсата.** При резком охлаждении влага из воздуха оседает на компонентах, вызывая коррозию и угрозу КЗ. Чтобы этого не случилось, нужен обогрев. Линейка обогревателей «RAM klima» мощностью от 5 до 2000 Вт с технологией РТС прогревает шкаф, не допуская достижения точки росы.
- **Управление и контроль.** Автоматика поддерживает режим без участия



Рис. 2. Кондиционеры и вентиляционные решетки «RAM klima»

оператора. Для этого в системе есть термостаты, гигростаты и гигротермы – механические и электронные, для монтажа на DIN-рейку.

## Готовые решения под любую задачу

Ассортимент системы структурирован и позволяет точно подобрать оборудование под конкретные условия.

### Для охлаждения

- **Внутри помещений:** навесные (300...6000 Вт), потолочные (500...4000 Вт) и плоские (серии Slim, 1000...4000 Вт) кондиционеры. Исполнения: из окрашенной стали (RAL 7035), нержавеющей стали AISI 304 и AISI 316 для агрессивных сред.
- **Уличное исполнение:** модели мощностью 500...6000 Вт с климатическим исполнением УХЛ1. Работают в диапазоне от -60°C до +55°C со степенью защиты IP55.

### Для обогрева

- **Компактные модели** на DIN-рейку (5...150 Вт) для локального подогрева.

- **Модели с вентилятором** (250...2000 Вт) для эффективного распределения тепла в больших шкафах.
- **Модели в защитном кожухе** для безопасности персонала.

### Для управления

- **Термостаты:** механические (с регулировкой и фиксированной температурой), модульные (1 модуль шириной), сдвоенные (NO+NC), электронные.
- **Гигростаты и гигротермы:** для контроля и управления влажностью.

## Почему проектировщики выбирают «RAM klima» от ДКС

- **Предсказуемость.** Все компоненты спроектированы для совместной работы. Интерфейс RS-485 позволяет объединить до 32 кондиционеров в единую сеть для удалённого мониторинга и управления.
- **Безопасность.** Хладагент R134a безопасен для людей и окружающей среды. Кондиционеры имеют функцию автоматического испарения конденсата. Обогреватели оснащены термо-

предохранителями на случай отказа вентилятора.

- **Сокращение эксплуатационных расходов.** Фильтры в кондиционерах и вентиляционных решётках меняются без инструментов – не требуется остановка оборудования.
- **Техническая поддержка.** Специалисты ДКС проводят расчёт теплового баланса. На сайте компании доступен также онлайн-конфигуратор для подбора оборудования.

Система контроля микроклимата «RAM klima» от ДКС – это инженерный подход к созданию стабильных условий для работы автоматики. Комплексное решение снимает с проектировщика риски, связанные с подбором совместимого оборудования, и гарантирует надёжность в течение всего срока службы шкафа. Готовы рассчитать ваш проект и предложить вам оптимальное решение. Воспользуйтесь конфигуратором на [dkc.ru](http://dkc.ru) или запросите консультацию у технических специалистов ДКС. ●

**Автор – сотрудник компании ДКС**

**Телефон: 8 (800) 250-5263**

**E-mail: [support@dkc.ru](mailto:support@dkc.ru)**

**[www.dkc.ru](http://www.dkc.ru)**



Art Technology – производитель промышленных устройств сбора данных, компонентов встраиваемых систем и компьютеров



- CompactPCI и PXI шасси и контроллеры
- Встраиваемые компьютеры
- PCIe, cPCI, PXI, PC/104 процессорные платы, многофункциональные платы сбора данных, высокоскоростные АЦП - ЦАП, платы дискретного ввода-вывода
- Модули преобразования сигналов, распределенного ввода-вывода и управления движением

**PROSOFT®**

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636  
INFO@PROSOFT.RU

[WWW.PROSOFT.RU](http://WWW.PROSOFT.RU)



Реклама



# Weintek: 30 лет инноваций. Как промышленные решения меняют бизнес и быт

Андрей Краснов

В статье представлен обзор, как решения Weintek трансформируют бизнес и позволяют предприятиям переходить к концепции интеллектуального производства. Технологии бренда помогают экономить ресурсы, минимизировать простои и создавать по-настоящему эффективные экосистемы будущего.

## Вступление

В 2025 году компания Weintek отметила своё тридцатилетие – значимый рубеж, который подчёркивает не только долгую историю, но и богатый опыт, накопленный за годы работы на рынке промышленной автоматизации. За это время Weintek прошла путь от небольшой компании до одного из ведущих мировых производителей оборудования для человеко-машинного интерфейса (HMI) и решений для автоматизации производства. С момента своего основания инновации стали для Weintek не просто словом, а главным принципом развития. Компания последовательно совершенствует технологии HMI, расширяя их применение по всему миру (рис. 1).

Сегодня решения Weintek охватывают весь спектр задач: от управления отдельными машинами до построения современной, полностью интегрированной архитектуры, объединяющей облако, периферию и полевые устрой-

ства. Такой подход позволяет воплощать в жизнь концепцию интеллектуального производства. В основе экосистемы Weintek лежат платформа Weincloud, программное обеспечение для визуализации EasyBuilder, высокопроизводительные HMI серии cMT X, а также шлюзы и модули удалённого ввода-вывода iR. Вместе эти компоненты могут формировать комплексное решение – от сбора данных до принятия интеллектуальных решений на производстве. К своему юбилею компания подошла с внушительным портфелем реализованных проектов, широкой линейкой продукции и репутацией надёжного партнёра для тысяч предприятий по всему миру. Опыт, полученный за три десятилетия, позволил Weintek не только адаптироваться к быстро меняющимся требованиям индустрии, но и стать одним из драйверов инноваций в области автоматизации.

Несколько примеров применения оборудования Weintek в различных от-

раслях показывают, как современные решения компании помогают предприятиям повышать эффективность, надёжность и удобство управления производственными процессами.

## Объединяя разрозненное: интеллектуальные линии и рост эффективности в электронной промышленности

В условиях стремительного развития электронной промышленности эффективность и точность становятся ключевыми факторами успеха, особенно учитывая роль микроэлектроники и полупроводников в современном мире. Однако на многих предприятиях до сих пор производственные линии по-прежнему остаются разрозненными: оборудование работает изолированно, а данные фиксируются вручную. Это приводит к образованию так называемых «островов информации», затрудняет оперативный контроль и замедляет принятие решений.

Внедрение современных HMI-решений и шлюзов промышленного класса позволяет преодолеть эти барьеры. Интеграция оборудования обеспечивает обмен данными в реальном времени, автоматизирует мониторинг и связывает производственный цех с корпоративными системами управления (MES, ERP).

Такой подход не только оптимизирует производственные и сервисные процессы, но и выводит всю цепочку соз-



Рис. 1. Продукция компании Weintek

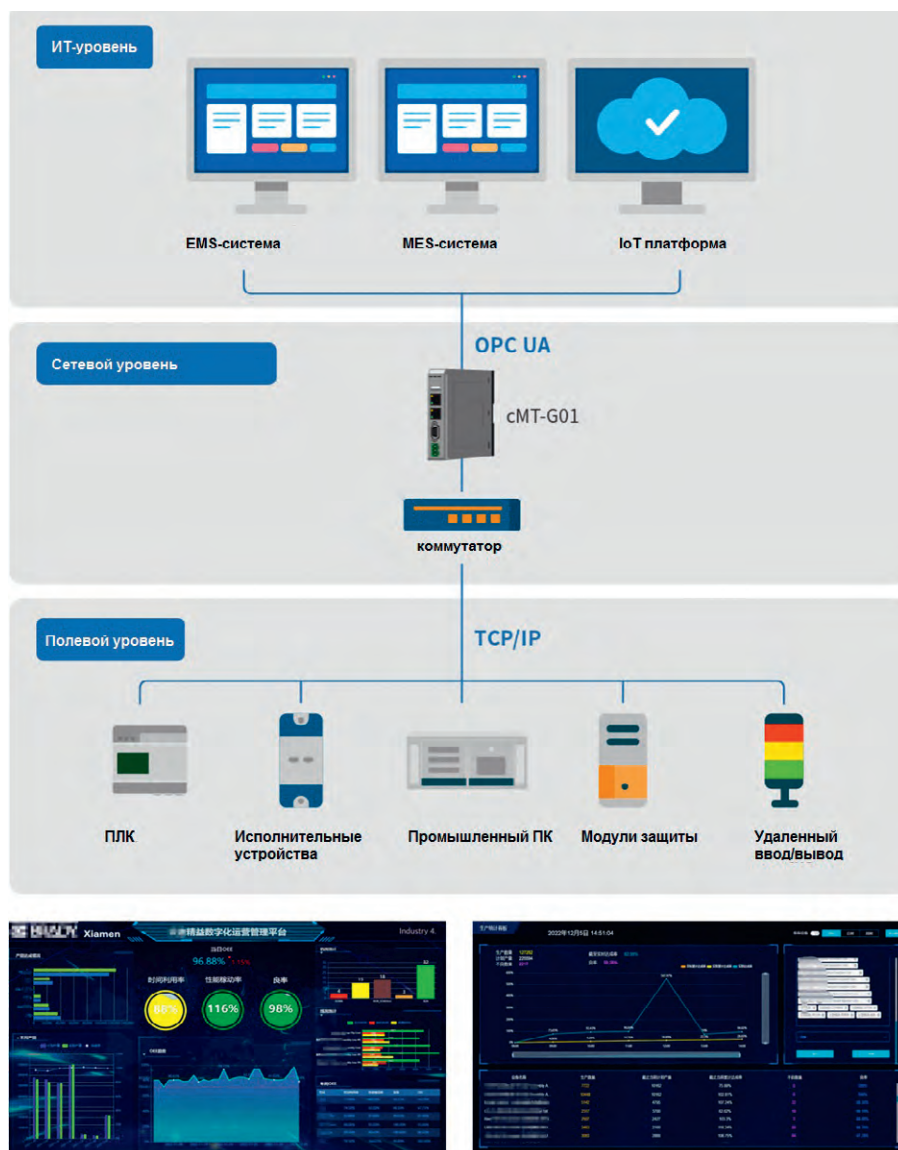


Рис. 2. Роль HMI в современной промышленной автоматизации

дания стоимости на новый уровень: способствует принятию более взвешенных решений и ускоряет переход к концепции интеллектуального производства. Так, на производственных участках электронной промышленности задействовано множество единиц оборудования – от установок для пайки и очистки до упаковочных линий. Однако зачастую эти машины функционируют автономно, что приводит к формированию изолированных массивов данных. В результате возникают сложности с оперативным контролем статуса производства и анализом возникающих сбоев. Ручной сбор информации требует выделения отдельного персонала для переноса данных с оборудования в журналы или таблицы. Это неизбежно приводит к задержкам, ошибкам и потере части информации, что снижает качество управленческих решений и приводит к неэффективному использованию ресурсов (рис. 2).

Для решения подобных задач Weintek предлагает промышленные шлюзы серии sMT-G. Эти устройства объединяют оборудование цеха в единую локальную сеть, обеспечивая обмен данными с корпоративными системами MES и ERP. Серия sMT-G поддерживает современные протоколы связи, включая Modbus TCP/IP, что позволяет подключать различные установки и оборудование. Шлюзы осуществляют сбор данных о состоянии оборудования, производственных параметрах, рецептах и аварийных сигналах с помощью гибко настраиваемого опроса и регистрации событий. Вся информация может храниться непосредственно на устройстве или экспортироваться на внешние носители (USB). Благодаря встроенной базе данных и поддержке протоколов OPC UA и MQTT серия шлюзов sMT-G обеспечивает передачу данных в SCADA-системы и MySQL-базы, гарантируя их своевре-

менную доступность, целостность и эффективное хранение для последующего анализа.

Из результатов и преимущества решения можно выделить следующее.

- Снижение трудозатрат: автоматизация сбора и передачи данных позволяет сократить расходы на персонал, занятый ручным вводом информации и обслуживанием журналов.
- Рост интеллектуального уровня предприятия: модернизация производства повышает стандарты качества, укрепляет доверие клиентов и способствует увеличению объемов заказов.
- Оперативное реагирование: мгновенное уведомление о сбоях и возможность их быстрого устранения минимизируют простои, увеличивают производительность и способствуют росту общей эффективности предприятия.

## Переосмысление умной жизни: промышленный HMI-интерфейс для современного умного дома

В современном мире концепция «умного дома» стремительно развивается, однако зачастую она сводится к простому накоплению разрозненных устройств. Настоящая интеллектуальная среда – это не только множество подключённых приборов, но и их бесшовная интеграция, а также единое, интуитивно понятное управление. Внедрение промышленных человеко-машинных интерфейсов (HMI) в жилые пространства позволяет объединить надёжность промышленного класса с удобством потребительских решений. В результате формируется по-настоящему умный дом, где автоматизация, визуализация и эффективность сливаются в едином интерфейсе.

Современный рынок насыщен устройствами самых разных производителей и категорий. Это разнообразие типов и стандартов качества делает процесс подбора и интеграции оборудования трудоёмким и длительным. Умные устройства используют множество различных протоколов связи. При этом многие производители применяют собственные закрытые протоколы. Например, умные выключатели, светильники и колонки часто строятся на базе чипов ESP8266 и получают данные из внешних источников (погода, котировки, дорожная обстановка), что затрудняет их прямую интеграцию с ПЛК.

Существующие решения для управления умным домом и системы видеона-

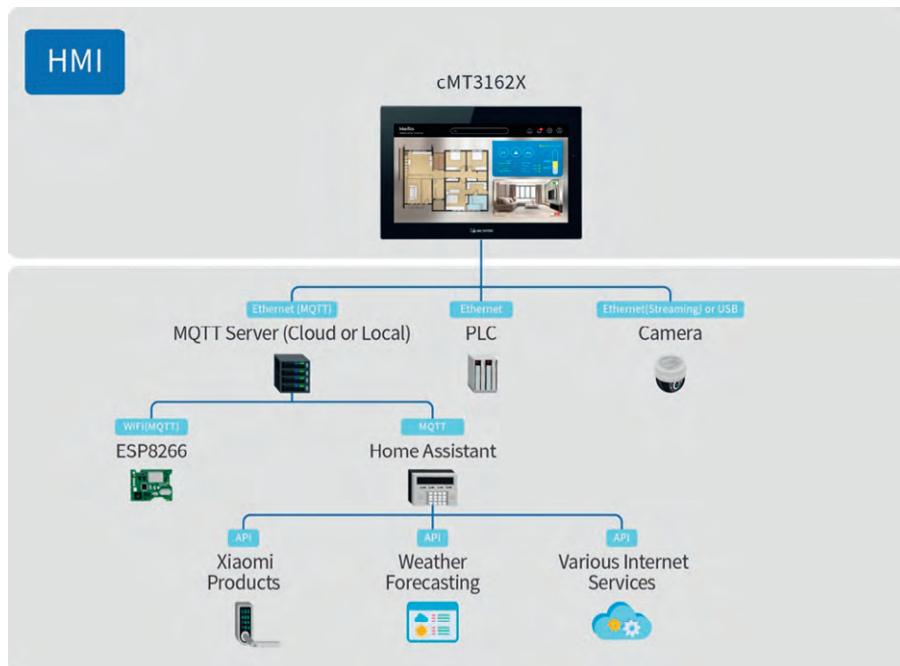


Рис. 3. Системы автоматизации жилья тоже не обходятся без HMI

блюдения часто дублируют друг друга по функционалу и интерфейсам. Это приводит к неоправданному увеличению количества устройств в жилом пространстве, неэффективному использованию места и росту энергопотребления.

Как вариант решения, Weintek реализовал множество подобных проектов на базе промышленных панелей серии cMTx (рис. 3). В частности, можно рассмотреть HMI cMT3160X, которая обеспечивает надёжную интеграцию с ПЛК, формируя комплексное ядро для управления всеми системами умного дома. Встроенная поддержка протокола MQTT позволяет осуществлять обмен данными в реальном времени между ПЛК и умными устройствами, значительно расширяя совместимость оборудования.

Благодаря возможности трансляции видеопотока панель обеспечивает прямое отображение сигнала с камер видеонаблюдения с возможностью ручного и автоматического переключения между источниками. Такой подход позволяет объединить данные от всех устройств на одном визуальном интерфейсе, устранить дублирование функций и снизить совокупную стоимость владения системой.

В результате:

- универсальная совместимость: поддержка широкого спектра протоколов и связка HMI + ПЛК гарантируют надёжное подключение устройств, минимизируют риск сбоев и повышают удобство использования;
- высокое качество визуализации: панели серии cMTx отличаются высо-

ким разрешением и превосходным качеством изображения. Это не только улучшает восприятие системы, но и позволяет интегрировать функции мониторинга и управления в одном устройстве, экономя пространство и снижая затраты на оборудование.

### Энергия там, где она нужна: интеллектуальное хранение для оптимизации производства

В условиях растущего внимания к вопросам сокращения углеродного следа и экологической ответственности эффективное управление энергией становится приоритетом для всех отраслей

промышленности. Крупные технологические компании, отличающиеся высоким энергопотреблением, сталкиваются с необходимостью балансировать между пиковыми и внепиковыми нагрузками, обеспечивая при этом стабильность электроснабжения. Решения Weintek на базе современных HMI позволяют вывести управление энергетическими ресурсами на новый уровень, интегрируя интеллектуальные системы хранения энергии.

Можно выделить ряд сложностей, которые возникали перед реализацией.

- **Инфраструктурные ограничения:** многие производственные площадки расположены в удалённых регионах, где отсутствует надёжная энергетическая инфраструктура. Строительство собственных подстанций и сетей требует значительных капиталовложений и времени, что замедляет развитие бизнеса.
- **Дефицит квалифицированных кадров:** в эпоху «умных фабрик» традиционные методы ручного управления энергопотреблением становятся неэффективными. Для оптимизации расходов и обеспечения бесперебойности производства требуются автоматизированные системы, способные работать в режиме 24/7 без постоянного участия персонала.
- **Балансировка пиковых нагрузок:** ключевой задачей для предприятий остаётся снижение затрат на электроэнергию. Эффективное перераспределение нагрузки – использование дешёвой внепиковой энергии для зарядки накопителей и её отдача

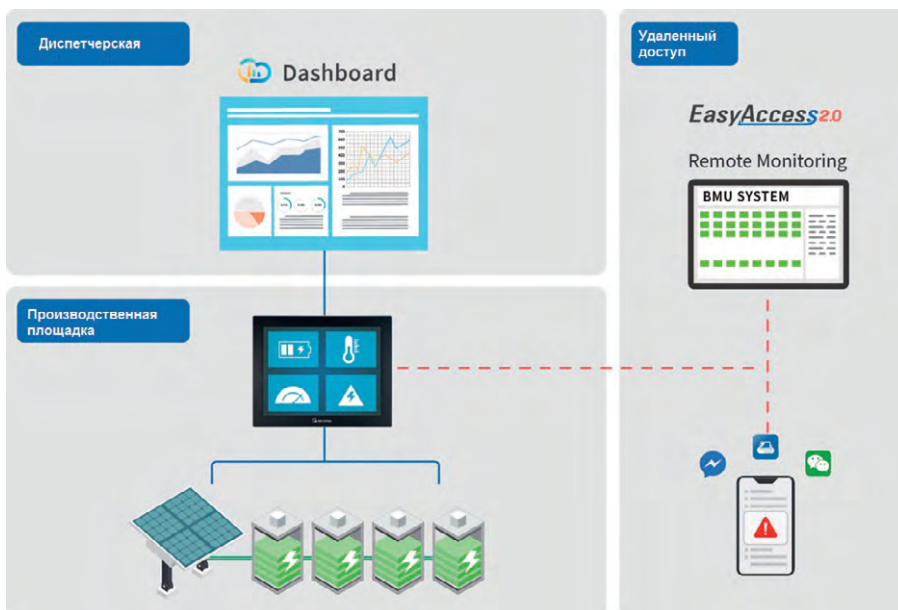


Рис. 4. Панели и ПО Weintek используются в системах распределения и хранения энергии

в сеть в часы максимума – позволяет существенно сократить операционные издержки.

Для решения этих задач использовались не только интеллектуальные НМИ, которые выступают в роли единого центра управления, но и такой инструмент, как EasyAccess, для удалённого доступа и управления, а также облачная платформа визуализации данных Weincloud Dashboard (рис. 4).

Интуитивно понятная панель мониторинга позволяет отслеживать энергопотребление удалённых заводов в режиме реального времени. Предоставляет визуализацию данных и анализ статистики, помогающие контролировать потребление энергии и статус заряда накопителей. Сервис EasyAccess 2.0 обеспечивает беспроводной доступ к интегрированным системам пожарной безопасности, гарантируя защиту электрооборудования. Благодаря возможностям удалённого мониторинга пользователи могут в любой момент проверить состояние батарей и получить мгновенные уведомления о нештатных ситуациях через удобные каналы связи (например, SMS, PUSH-уведомления или через мессенджеры). Это позволяет устранять неисправности дистанционно, минимизируя необходимость присутствия персонала на месте или потребность в выезде специалистов на объект.

Это пример множества реализованных проектов по организации интеллектуальной системы хранения энергии, которая автоматически управляет потоками между сетью, накопителями и нагрузкой. Она сглаживает пики потребления, снижает финансовые затраты и стабилизирует параметры электроснабжения, что напрямую влияет на эффективность производственных процессов.

Из полученных преимуществ можно выделить:

- стабильность энергоснабжения: система эффективно решает проблему перебоев в удалённых локациях, обеспечивая непрерывность производственного цикла;
- экономическая выгода: достигается за счёт интеллектуального управления графиком потребления и использования более дешёвой внепиковой электроэнергии;
- повышенный уровень безопасности: интеграция с системами пожарной сигнализации и постоянный удалённый контроль значительно снижают риски возникновения аварийных ситуаций;

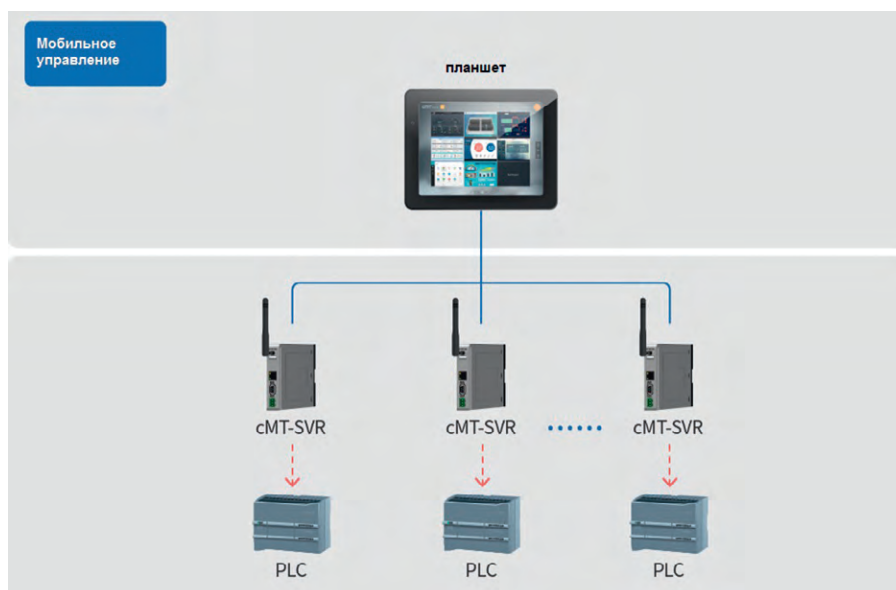


Рис. 5. Оперативный контроль производства посредством мобильных устройств

- рост операционной эффективности: функции дистанционного обслуживания и автоматическое распределение нагрузки позволяют сократить штат дежурного персонала на местах и повысить общую культуру управления производством.

### Как мобильный мониторинг меняет работу завода по упаковке продуктов питания

В условиях современного пищевого производства скорость реакции и гибкость управления становятся решающими факторами эффективности. Однако многие предприятия сталкиваются с трудностями, связанными с физическим удалением оборудования и необходимостью оперативного контроля. Рассмотрим, как внедрение мобильных решений Weintek позволило трансформировать работу типичного завода по упаковке пищевых продуктов.

Так, на заводе требовалось обеспечить мониторинг 9 производственных линий непосредственно из одного помещения. Физическая удалённость оборудования создавала барьеры для оперативного контроля.

Ключевым требованием стала возможность мгновенного получения уведомлений об ошибках для минимизации времени простоя и предотвращения брака (рис. 5).

Для решения этой задачи была реализована комплексная система мониторинга и управления.

- Централизованное управление: на каждую из 9 машин была установлена безэкранный панель или облачный

интерфейс серии cMT-SVR. Все устройства были объединены в единую сеть через маршрутизатор. Благодаря режиму мониторинга cMT удалось получить возможность наблюдать за работой всех линий в реальном времени на одном экране, не покидая офиса.

- Мобильный мониторинг: для удобства персонала в цехах также было использовано приложение cMT Viewer, установленное на планшет, что позволило операторам и инженерам свободно перемещаться по территории завода, имея в руках полный контроль над всеми машинами, и проводить инспекции и диагностику «на ходу».
  - Гибкая настройка параметров: функционал cMT Viewer позволяет авторизованному персоналу изменять параметры оборудования в любое время и из любой точки доступа к сети. Это обеспечило беспрецедентную гибкость системы управления производством, позволяя оперативно реагировать на изменение рецептур или технологических режимов.
  - Мгновенные push-уведомления: для высшего руководства была настроена система оповещений EasyAccess 2.0. Теперь критически важные уведомления о сбоях или остановках оборудования мгновенно поступают в виде смс или в мессенджерах. Это гарантирует, что ответственные лица всегда в курсе событий на производстве и могут незамедлительно принять меры.
- После реализации проекта можно выделить следующие преимущества.
- Сокращение трудозатрат. Возможность управлять оборудованием уда-

лённо, используя любое устройство (ПК, планшет), сделала процесс мониторинга высокоэффективным и позволила оптимизировать штат дежурных инженеров.

- Ускорение обновления рецептов. Ранее обновление рецептов производилось вручную с помощью USB-накопителей для каждой машины отдельно. Теперь облачные интерфейсы cMT-SVR выступают в роли единого центра данных, что многократно ускоряет синхронизацию рецептов по всей фабрике.
- Безопасная совместная работа. Приложение cMT Viewer поддерживает подключение нескольких пользователей одновременно. Встроенная система управления правами доступа гарантирует безопасность и предотвращает конфликт одновременного управления одним и тем же объектом.
- Оперативное устранение ошибок. Система push-уведомлений позволяет реагировать на инциденты в режиме реального времени, что сводит к минимуму риски, связанные с длительными простоями системы, и обеспечивает стабильность производственного цикла.

## Дистанционный мониторинг систем отопления на солнечной энергии

Солнечные водонагревательные системы стали неотъемлемой частью современной энергоэффективной архитектуры, позволяя существенно снизить эксплуатационные расходы зданий. Однако эффективность их работы напрямую зависит от множества факторов: погодных условий, температуры и давления воды, а также корректности циркуляции теплоносителя. Отсутствие оперативного контроля может привести к тому, что незначительная неисправность останется незамеченной, что чревато не только прекращением подачи горячей воды во всём здании, но и скрытым перерасходом энергии или даже выходом оборудования из строя.

На практике обслуживание таких систем сопряжено с серьёзными трудностями. Когда коллектор установлен на крыше, а разветвлённая сеть трубопроводов проходит через несколько корпусов крупного офисного или жилого комплекса, поиск места утечки или поломки превращается в сложную задачу. Техники вынуждены тратить драгоценное время на локализацию неисправности,

и каждая лишняя минута увеличивает риск длительного простоя системы.

Платформа Weincloud Dashboard предлагает комплексное облачное решение для мониторинга, которое визуализирует ключевые показатели работы системы в режиме реального времени. Это позволяет техническим специалистам и управляющему персоналу мгновенно получать полное представление о состоянии удалённого объекта.

Ключевыми особенностями платформы являются:

- быстрый обзор ключевых показателей. На одном экране отображаются важнейшие данные: суммарное время наработки, статус накопительных баков, давление в контурах. Такой подход позволяет менеджерам принимать быстрые и обоснованные решения без необходимости изучения множества отчётов;
- анализ исторических трендов. Система ведёт журнал как текущих, так и архивных данных о температуре и давлении воды. Это является фундаментом для внедрения предиктивного обслуживания: анализируя динамику показателей, можно прогнозировать износ оборудования и предотвращать аварии до их возникновения;
- сравнение состояния нескольких устройств. Интуитивно понятные графики (например, «Кольцо прогресса») наглядно демонстрируют уровень накопления энергии различными солнечными коллекторами. Гистограммы позволяют сравнивать энергопотребление циркуляционных насосов, выявляя неэффективные узлы;
- контроль текущего состояния. Визуальная индикация работы исполнительных механизмов (например, бустерсных насосов) гарантирует, что оборудование функционирует штат-

но, что особенно критично в периоды пикового спроса в зимний сезон;

- оповещения в реальном времени. Система автоматически подсвечивает аварийные события при выходе контролируемых параметров за установленные пределы, мгновенно привлекая внимание оператора к проблеме. Реализация проекта с использованием платформы Weincloud Dashboard позволила получить следующие результаты и преимущества (рис. 6).
  - Беспроводная передача данных. Информация транслируется напрямую с НМИ в облако без необходимости установки дополнительного дорогостоящего оборудования или сложной настройки шлюзов.
  - Мониторинг 24/7 из любой точки мира. После публикации дашборд становится доступен по уникальной ссылке на любом устройстве – смартфоне, планшете или ПК. Для контроля состояния системы больше не требуется физическое присутствие на объекте.
  - Скорость создания интерфейсов. Благодаря технологии drag-and-drop инженеры и проектировщики могут создавать кастомизированные экраны мониторинга за считанные минуты, не обладая глубокими навыками программирования.
  - Улучшение командной работы. Платформа Weincloud выступает мостом между эксплуатационными (ОТ) и информационными (ИТ) системами предприятия. Это стирает барьеры между техническими службами и руководством, ускоряя решение проблем и делая коммуникацию между отделами более прозрачной и эффективной.
- Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что к своему тридцатилетнему юбилею компания Weintek подошла не просто как производитель оборудова-

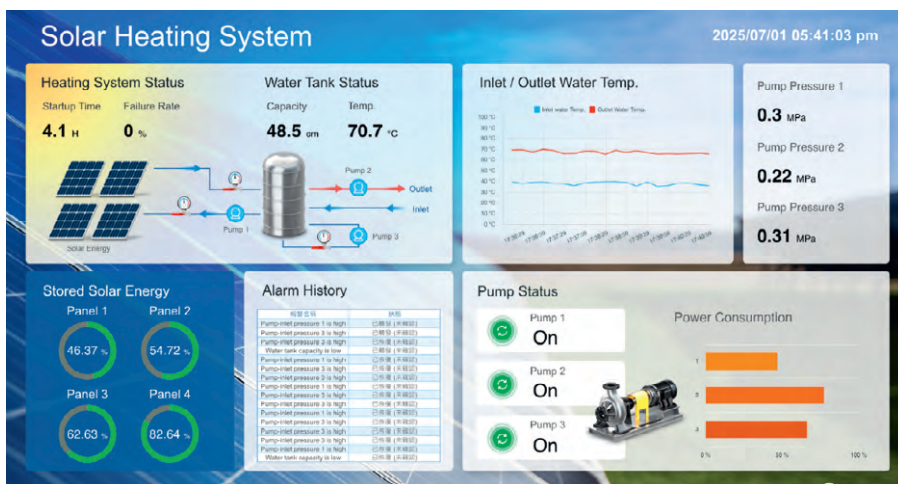


Рис. 6. Управление «зелёной» системой отопления на базе солнечной энергии

ния, а как архитектор комплексных решений для цифровой трансформации промышленности и повседневной жизни. Три десятилетия опыта позволили компании создать уникальную экосистему, объединяющую надёжность промышленного класса с гибкостью и удобством современных информационных технологий. Интеграция платформ Weincloud, EasyBuilder, сервисов EasyAccess и cMT Viewer, а также

аппаратных решений в виде панелей оператора cMTx, шлюзов или систем сбора данных iR позволяет не просто автоматизировать отдельные процессы, а выстраивать сквозную цифровую вертикаль – от сбора данных на поле-вом уровне до их анализа и принятия управленческих решений в облаке. Что, в свою очередь, обеспечивает:

- прозрачность всех производственных и инженерных процессов;

- оперативность реагирования на инциденты и изменения;
- экономическую эффективность за счёт снижения издержек и оптимизации ресурсов;
- безопасность и стабильность работы систем. ●

Автор – сотрудник фирмы ПРОСОФТ

Телефон: (495) 234-0636

E-mail: info@prosoft.ru

НОВОСТИ реклама НОВОСТИ реклама НОВОСТИ реклама

## Обновление платформы Weincloud Dashboard: три ключевых направления

По мере развития концепции промышленного Интернета вещей (IIoT) ожидания компаний относительно инструментов визуализации и контроля продолжают расти. Сегодня недостаточно просто видеть данные – предприятия стремятся понимать тенденции и управлять операциями с максимальной точностью.

Компания Weintek представила серию значительных обновлений своей платформы Weincloud Dashboard. Помимо улучшенного пользовательского интерфейса и удобства редактирования, добавлено несколько новых и улучшенных функций, таких как визуализация, управление и получение инсайтов из данных – три ключевых аспекта, которые вместе создают более интеллектуальную систему мониторинга предприятий.

Weincloud Dashboard – это облачная платформа визуализации данных, предназначенная для удалённого мониторинга и управления промышленными объектами. Она устраняет необходимость дорогостоящего внедрения традиционных систем мониторинга, позволяя синхронизировать данные с распределённых HMI-терминалов и оборудования на местах без использования серверов и сложного программирования.

При помощи простого перетаскивания компонентов инженеры быстро создают собственные панели мониторинга, а менеджеры получают доступ к информации о состоянии производства с любого устройства (смартфона, ПК, планшета) в любое удобное время. Это создаёт единое пространство для интеграции технологий OT и IT и способствует эффективному управлению производством.

### Визуализация: гибкость настройки цвета виджетов

Ранее ограниченный выбор цветов для элементов программного обеспечения затруднял адаптацию графических панелей к

корпоративным бренд-стратегиям. Теперь, начиная с версии v1.4, администраторы могут настраивать палитру цветов для каждого элемента виджета отдельно, придавая панелям индивидуальный характер. Использование разных оттенков помогает создавать чёткую иерархию отображаемых данных и сделать дизайн панелей ближе к фирменному стилю вашей компании.

Виджет «Карта» теперь поддерживает несколько режимов отображения (светлый, тёмный, уличный, спутниковый), адаптированных под разные отрасли и типы объектов.

Такие виджеты, как «История тегов», «Отображение сигналов тревоги», «Таблица», «Список параметров» и «Счётчик», предлагают готовые шаблоны оформления, позволяющие добиться единого стиля представления данных.

Пользователь может регулировать оттенки элементов панели – от деления значений до подписей осей графика, достигая максимального соответствия нуждам проекта.

### Управление: права доступа на уровне отдельных виджетов

В предыдущих версиях каждый пользователь, получивший права просмотра проекта, мог видеть все размещённые на нём виджеты. Новое обновление добавляет механизм детализированного управления правами доступа на уровне конкретных элементов панели, обеспечивая ещё большую точность управления доступом.

### Классификация виджетов

Параметр «Ограничения для пользователей» на панели «Свойства» позволяет присвоить каждому виджету одну из 12 категорий (от класса А до L), каждая из которых управляется индивидуально.

### Централизованное управление

В разделе «Настройки» > «Разрешения проекта» администратор может централизованно назначать пользователям роли и разрешения, контролировать публикацию

и просмотр данных, а также разрешать доступ к каждой группе виджетов отдельно.

### Предварительный просмотр разрешений

В режиме предварительного просмотра администраторы могут переключаться между представлениями разрешений, выбирая классы виджетов, и проверить правильность настроек доступа до развёртывания проекта.

### Получение инсайтов: чёткий анализ данных и вычисления в реальном времени

Традиционно расчёт коэффициентов загрузки оборудования по разным заводским площадкам требовал экспорта данных в Excel или написания сложных скриптов на стороне ПО. Функция «Теги проектов» в платформе Dashboard теперь позволяет производить подобные расчёты автоматически и в реальном времени.

Например, статус HMI (нормальная работа, простой, неисправности) может агрегироваться и отображаться в виде круговой диаграммы. Для этого достаточно создать одну проектную метку с заданными переменными и математическим выражением, система самостоятельно получает данные с устройств, производит вычисления и показывает итоговые значения сразу на виджетах панели.

Особенно полезно такое решение для крупных компаний с несколькими производственными площадками: благодаря автоматическим расчётам на стороне панели обеспечивается оперативная видимость состояния оборудования со всех площадок в режиме реального времени, минуя необходимость ожидания отчётов, созданных вручную. Кроме того, перенос части расчётов на сторону веб-панели снижает нагрузку на HMI и PLC-устройства, разгружая общую инфраструктуру системы управления предприятием. ●





# Физический ИИ – будущее промышленной автоматизации

Юрий Широков

Технологические прорывы раздвигают границы – задачи, которые когда-то были слишком сложными или дорогостоящими для автоматизации, теперь являются как технически выполнимыми, так и экономически жизнеспособными. Хотя традиционные промышленные роботы уже давно являются фундаментом автоматизации, их развитие на протяжении длительного времени сдерживалось ограниченной способностью к адаптации, а также высокими затратами на интеграцию и перенастройку под новые задачи. Сегодня промышленность вступает в качественно новую эпоху робототехники, в которой ключевую роль играют интеллектуальность и гибкость систем, обеспеченные конвергенцией передовых аппаратных решений, искусственного интеллекта и технологий компьютерного зрения. В совокупности эти факторы формируют принципиально новые возможности для применения робототехнических систем.

## Вступление

Современные подходы, включающие методы машинного обучения, такие как обучение с подкреплением и имитационное обучение, а также внедрение мультимодальных базовых моделей для робототехники, в сочетании с инновационными аппаратными компонентами, например, мягкими захватами и тактильными датчиками, позволяют роботам эффективно функционировать в условиях вариативности обстановки, учитывать контекст выполняемых операций и адаптироваться к изменениям в режиме реального времени. Существенное упрощение процессов внедрения роботизированных систем, в том числе за счёт использования виртуального обучения и интуитивно понятных пользовательских интерфейсов, значительно сокращает время выхода на экономическую эффективность и делает такие технологии доступными не только крупным промышленным предприятиям, но и малым и средним производителям, а также компаниям в сфере логистики. По этой причине в рамках данной статьи термин «производители» используется в качестве обобщающего

обозначения указанных категорий участников рынка.

## Сегодня – самое время

Современные производственные компании оказались на переломном этапе своего развития. Хронический дефицит рабочей силы, рост издержек и нестабильность глобальных цепочек поставок, усугубляемые геополитической и рыночной неопределённостью, формируют совокупный фон, угрожающий производительности, прибыльности и устойчивости бизнесов. Одновременно усиливаются и требования со стороны потребителей: возрастает спрос на оперативность, индивидуализацию продукции и экологическую ответственность, что требует качественного изменения гибкости операционных процессов.

Под воздействием перечисленных факторов ускоряется поиск прорывных решений на базе передовых технологий. В центре этих изменений находится робототехника, переживающая глубокую трансформацию. Если ранее её роль ограничивалась локальным повышением эффективности, то сегодня она становится стратегическим ин-

струментом обеспечения конкурентоспособности. Робототехника вступает в новую фазу развития, где интеллект обеспечивает автономность, а концепция физического искусственного интеллекта переопределяет границы возможностей машин и, как следствие, человека.

С момента появления в 1960-х годах промышленные роботы сыграли ключевую роль в трансформации производственных процессов, особенно в таких отраслях, как автомобилестроение и электроника, где массовое стандартизированное производство оправдывало значительные инвестиции. Однако их внедрение оставалось прерогативой крупных предприятий с высоко стандартизированными процессами. Малые и средние производители, а также компании с вариативными производственными задачами, фактически оставались вне этой технологической волны из-за высокой стоимости, сложности интеграции и недостаточной гибкости решений.

Сегодня ситуация стремительно меняется. Робототехника эволюционирует в сторону интеллектуальных систем, способных обучаться, адаптироваться

и действовать автономно. Этот переход знаменует собой один из ключевых этапов в истории автоматизации и обусловлен конвергенцией аппаратных средств робототехники, технологий искусственного интеллекта и систем машинного зрения.

Масштабы внедрения робототехники быстро растут. По состоянию на 2023 год в мире было установлено более 4 миллионов промышленных роботов. Параллельно развитие программного и аппаратного обеспечения существенно расширяет функциональные возможности таких систем – от высокоточной манипуляции объектами до автономной навигации – и значительно снижает объём инженерных усилий, необходимых для их внедрения. На этом фоне ускоряется и инновационная активность: растёт число стартапов и объём инвестиций, стимулируемых потенциалом физического ИИ. Формируются новые технологические направления, простирающиеся от базовых моделей для робототехники до универсальных роботов общего назначения, включая и гуманоидные системы.

В условиях ускоряющихся изменений перед стратегическими руководителями бизнеса встаёт ряд принципиальных вопросов: какие технологические прорывы лежат в основе текущей трансформации; каким образом робототехника уже меняет производственные процессы, структуру занятости и конкурентную динамику отраслей; и какие технологические и кадровые основы необходимо заложить уже сегодня, чтобы обеспечить готовность бизнеса к будущему.

## Технологические прорывы

Последние достижения в области программного и аппаратного обеспечения привели к качественному скачку в развитии робототехнических систем, позволив им выполнять сложные задачи в динамически изменяющихся средах при значительно более простом развёртывании. Существенный вклад в эти изменения внесли прогресс в области искусственного интеллекта и развитие высокоточных систем моделирования, которые стали возможны благодаря ускоренным вычислениям с использованием графических процессоров (GPU).

Современные вычислительные мощности позволяют выполнять сложные модели и алгоритмы искусственного интеллекта в режиме реального вре-

мени, что открывает принципиально новые области применения робототехники. В основе этого подхода лежит концепция наделения роботов способностью воспринимать окружающую среду, планировать свои действия и выполнять их в условиях реального мира. Таким образом, формируется уровень так называемого физического интеллекта (Physical AI), при котором машины способны не только выполнять заданные операции, но и адаптироваться к изменяющимся условиям, принимая решения на основе текущего контекста.

## Расширенное восприятие

Достижения в области сенсорных технологий и искусственного интеллекта радикально повысили способность роботов воспринимать окружающую среду. Доступные камеры с высоким разрешением, системы лидарного сканирования (LiDAR), а также тактильные датчики нового поколения формируют значительно более насыщенный поток первичных данных. Одновременно с этим современные алгоритмы компьютерного зрения, основанные на глубоком обучении, обеспечивают уровень визуального восприятия, приближающийся к человеческому.

В результате роботы получили возможность в реальном времени распознавать и интерпретировать сложные сцены: идентифицировать объекты, определять их объёмно-пространственную ориентацию и оценивать их физические свойства. Эти возможности являются ключевыми предпосылками для формирования понимания того, как взаимодействовать с объектами. В совокупности данные технологии позволяют роботам «видеть» и осмысливать окружающую среду с беспрецедентной точностью.

## Автономное принятие решений и планирование

Именно инновации в области искусственного интеллекта и программного обеспечения позволили роботам принимать осмысленные решения в режиме реального времени. В отличие от жёстко заданных программ, современные системы используют методы обучения с подкреплением и моделирование, позволяя формировать поведение через многократные итерации и отработку ошибок в виртуальной среде.

Высокоточные физические симуляторы и методы доменной рандомиза-

ции, предполагающие варьирование параметров среды (например, освещённости или коэффициента трения), существенно сокращают разрыв между симуляцией и реальным миром. Это обеспечивает перенос закреплённых моделей поведения на реальные устройства без потери эффективности.

Дополнительный импульс развитию придают базовые (foundation) модели, объединяющие зрение, язык и действия. Такие системы, как Gemini Robotics от Google DeepMind и Isaac GR00T от Nvidia, обрабатывают мультимодальные входные данные и формируют адекватные задаче выходные команды. Это обеспечивает более естественное взаимодействие человека и машины, а также значительно улучшает контекстное понимание.

В результате становится возможным построение сложных рабочих сценариев: получив цель (например, разгрузка партии товара), система самостоятельно формирует последовательность действий – от вскрытия упаковки товара до использования погрузчика. Таким образом, роботы переходят от выполнения отдельных операций к реализации целостных многошаговых процессов, приближаясь к человеческому уровню интуитивного планирования и принятия решений.

## Точная манипуляция и мобильность

Прогресс в области материаловедения, приводных систем и конструкций роботов существенно расширил их физические возможности. Аппаратные инновации – от высокоточных приводов с контролем усилия до мягких роботизированных захватов – обеспечили высокий уровень точности и гибкости при работе с объектами.

Современные роботы способны надёжно захватывать предметы сложной формы и хрупкие объекты, что в рамках жёстко запрограммированных движений было практически недостижимо. Эти возможности обеспечиваются интеллектуальными системами управления, в реальном времени регулирующими силу захвата и параметры взаимодействия.

Ключевым фактором прогресса стало внедрение тактильной чувствительности: современные датчики позволяют роботам получать обратную связь о давлении и скольжении/трении, что приближает уровень манипуляций роботизированной руки к человеческой.

Увеличение времени работы за счёт повышения ёмкости современных аккумуляторных батарей существенно расширяет возможности мобильных платформ и повышает их автономность.

Кроме того, робототехника выходит за рамки традиционных форм-факторов: появляются четвероногие роботы, гуманоидные системы, мобильные манипуляторы и разные гибридные конструкции, что значительно расширяет спектр промышленных применений. В совокупности эти достижения позволяют роботам не только воспринимать и анализировать окружающую среду, но и эффективно взаимодействовать с ней с высоким уровнем точности и автономии.

### Сквозная автоматизация

Развитие перечисленных технологических возможностей привело к эволюции робототехники от систем, основанных на жёстко заданных правилах и явном программировании, к системам, обучаемым на основе данных, приобретающим навыки как в реальной среде, так и в процессе симуляционного обучения, и далее – к контекстно-ориентированным роботам, способным выполнять задачи автономно без предварительного обучения за счёт методов zero-shot learning (парадигма машинного обучения, в которой модель способна распознавать классы задач, ни одного примера которых она не видела на этапе обучения).

Прогресс во всех трёх направлениях радикально трансформирует производственные процессы, расширяя границы автоматизации и охватывая задачи, ранее считавшиеся принципиально неподдающимися автоматизации. Роботы переходят от выполнения строго заданных операций к гибкому поведению в условиях неопределённости и вариативности.

Ключевым аспектом этой трансформации является не замещение одних подходов другими, а их сосуществование. Все три класса робототехнических систем формируют взаимодополняющую экосистему, в рамках которой каждый подход находит своё применение в зависимости от требований к задаче, степени её изменчивости и экономической целесообразности.

Такой комплексный подход позволяет выстраивать многоуровневые стратегии автоматизации, адаптированные к конкретным операционным условиям. По мере того как предприя-

тия и логистические комплексы переходят к более высокому уровню автоматизации, будет формироваться гибридная инфраструктура, включающая различные типы робототехнических систем и форм-факторов – от автономных мобильных роботов (AMR) до гуманоидных платформ. Их выбор будет определяться характером задач, экономической эффективностью внедрения и особенностями производственных процессов.

### Три уровня роботизации: от правил к контексту

Выбор типа роботизированной системы напрямую зависит от характеристик производственного процесса (рис. 1).

- **Роботы на основе правил** продолжают обеспечивать непревзойдённую точность и стабильное время

цикла в структурированных и повторяющихся процессах. Такие системы широко применяются в автомобилестроении и аналогичных производствах, где критически важна последовательность и низкая вариативность (повторяемость) операций. Современные разработки в области интерфейсов программирования и генеративного ИИ (например, Siemens Industrial Copilot для AI-поддержки PLC-программирования) расширяют сферу их применения и упрощают внедрение.

- **Роботы на основе обучения** становятся всё более востребованными в средах с переменными условиями. Используя передовые алгоритмы обучения с подкреплением и симуляции, эти системы учатся как в виртуальной, так и в реальной среде. Виртуализация обучения сокращает за-

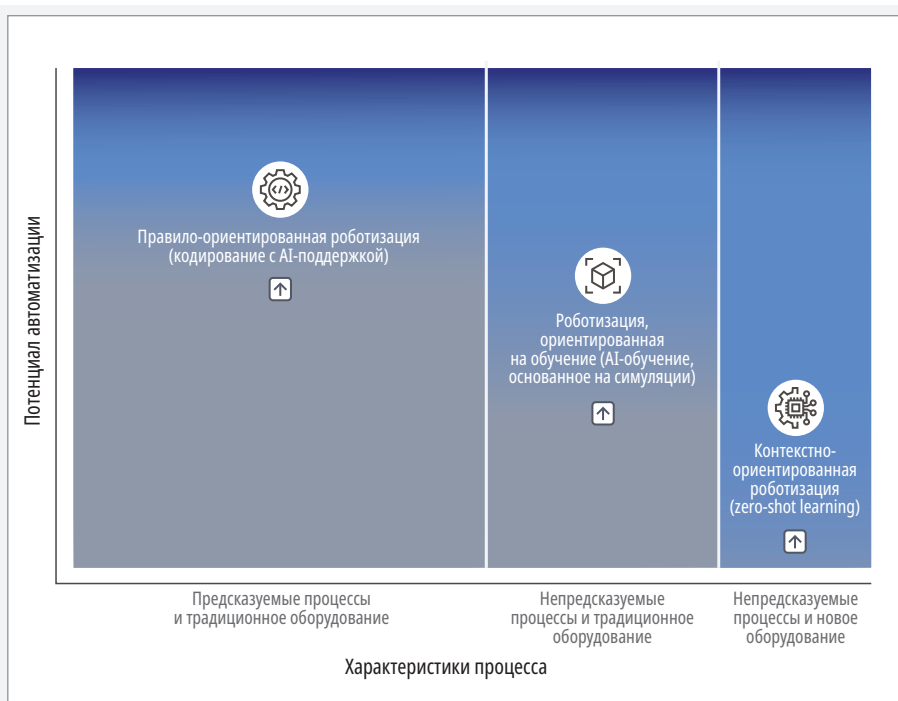


Рис. 1. Physical AI расширяет границы автоматизации в промышленности

#### Как интерпретировать рис. 1.

Серый фон – задачи, которые уже есть возможность автоматизировать посредством имеющихся технологий.

Голубой фон – возможность автоматизации ожидается в ближайшем будущем.

Характеристики процесса (ось X) определяются параметрами, такими как положение объекта, его ориентация и размер, а также тем, работает ли система в известной или новой среде.

- **Предсказуемые процессы:** параметры либо постоянны, либо изменяются только в строго контролируемом диапазоне

не, что позволяет выполнять операции детерминированно и воспроизводимо без необходимости адаптивного поведения.

- **Непредсказуемые процессы:** параметры значительно варьируются или не поддаются предварительному прогнозированию.
- **Новые среды:** сценарии, компоновки, объекты или задачи выходят за пределы обучающей выборки робота (например, другая производственная линия, незнакомые детали или изменённая конфигурация склада). ●

траты на развёртывание систем, позволяя проверять поведение роботов в симуляции перед вводом в производство. Такие системы эффективны при контролируемой вариативности, например, при комплектовке гибких деталей или адаптивной логистике, и становятся жизнеспособными в средних или нерепетитивных сериях, где роботы на основе правил теряют преимущество.

- **Роботы на основе контекста**, новейшее направление, используют фундаментальные модели робототехники на основе обучения с нулевым примером для автономного восприятия, рассуждений и действий в новых сценариях. Они способны интерпретировать высокоуровневые команды и реагировать на сложные ситуации реального мира без предварительного обучения под конкретную задачу. Фундаментальные модели формируют когнитивное ядро, позволяя контекстным роботам, включая гуманоидов, гибко выполнять разнообразные задачи в разных условиях без перепрограммирования.

Три типа систем – на основе правил, обучения и контекста – формируют слоистую стратегию автоматизации. Их границы нередко размыты, и один робот может использовать гибридный подход. Например, в коллаборативной сборочной ячейке робот может следовать логике на основе правил для точного выполнения операций, одновременно контролируя среду через системы восприятия. При отклонениях, например, при отсутствии детали или вмешательстве в процесс человека, система переключается на контекстное рассуждение, интерпре-

тирует ситуацию и автономно решает проблему, после чего возвращается к исполнению по правилам.

## Интеллектуальная робототехника меняет правила игры

Технологические достижения открывают ранее недоступные применения роботов, однако ключевая трансформация заключается не только в новых технических возможностях, но и в экономической целесообразности их внедрения.

Как показано на рис. 2, будущее интеллектуальной робототехники определяется упрощённым развёртыванием систем и более интуитивным взаимодействием человека и машины. Это сокращает сроки внедрения и повышает масштабируемость.

С расширением возможностей физического ИИ и снижением требований к специализированным навыкам и индивидуальной настройке под конкретные задачи автоматизация становится экономически оправданной для гораздо более широкого спектра операций. Такой сдвиг не только открывает новые сценарии применения, но и принципиально меняет экономику автоматизации в целом.

## Нерешённые ограничения в развитии робототехники

Несмотря на быстрый прогресс, ряд задач остаётся нерешённым. Среди них: нехватка данных, развитие 3D-пространственного интеллекта и обеспечение универсальной ловкости роботов.

- **Нехватка данных.** Большие языковые модели (LLM) получили широкое

распространение благодаря возможности собирать огромные объёмы данных из Интернета. Эти модели «переварили» множество веб-сайтов и книг, что обеспечило им эффективность обучения. Физический ИИ также требует больших объёмов качественных данных, однако специализированные наборы данных для робототехники остаются ограниченными и дорогостоящими, так как их необходимо собирать в реальных условиях производств. Эта проблема постепенно решается за счёт прогресса в области синтетических данных. Фотореалистичная визуализация и методики «domain randomization» (техника в машинном обучении, которая позволяет генерировать синтетические данные, имитирующие вариативность реальных сред) позволяют моделировать различные условия освещения, текстуры и формы объектов в виртуальной среде, обучая роботов распознавать и захватывать предметы в разнообразных реальных ситуациях. В сочетании с усилиями по разработке открытого программного обеспечения и ускоренным внедрением реальных роботизированных производств такие подходы постепенно сокращают разрыв в данных и значительно повышают эффективность обучения. Например, компании вроде Sanctuary AI начали с телеуправления – оператор управляет одним или несколькими роботами, одновременно собирая данные. В дальнейшем эти данные будут использоваться для обучения тех же роботов автономной работе. Технологии от Nvidia и других производителей поз-

	Область автоматизации	Процесс внедрения	Временные затраты	Масштабируемость	Человеко-машинное взаимодействие
<b>Сегодня</b> 	Эффективно в предсказуемых задачах или в контролируемых сценариях с известными объектами	Высокие трудозатраты на программирование и обучение	Средние/длительные сроки внедрения в промышленность (несколько месяцев/недель на программирование и реализацию)	Ограниченная масштабируемость между схожими конфигурациями или сценариями применения	Человек может адаптировать робота через интерфейсы или направляя его действия
<b>В будущем</b> 	Непредсказуемые сценарии и неизвестные объекты (например, случайный захват из контейнера)	Требует относительно меньших инженерных усилий благодаря обучению и самообучению (до 70% экономии усилий)	Ускоренное внедрение с использованием few-shot/zero-shot обучения (до 50% сокращение времени)	Гибко масштабируется для выполнения различных задач, в разных средах и на разных типах роботов	Обеспечивает интуитивное управление с помощью естественного языка жестов или голосовых команд
	← Технологически осуществимо →	← Экономически целесообразно →			

Рис. 2. От автоматизации к автономии: как изменится промышленность с развитием Physical AI

воляют создавать многочисленные правдоподобные сценарии и вариации на основе реальных или синтетических данных, фактически выполняя автоматическое масштабирование обучающей информации, основанное на реальных физических принципах.

- 3D-пространственный интеллект.** Нехватка данных остаётся ключевым препятствием для полноценного восприятия, анализа и взаимодействия с комплексными трёхмерными средами. Тем не менее прогресс ускоряется. Такие стартапы, как World Labs и Covariant, а также ведущие академические центры для создания устойчивого пространственного взаимодействия применяют симуляцию на основе данных из реального мира и мультимодальных архитектур ИИ. Модели «Vision–Language–Action» (VLA) развиваются как перспективное направление, а фундаментальные модели открывают возможности для обобщаемых способностей пространственного рассуждения.
- Обобщаемая ловкость с высокой степенью свободы.** Достижение ловкости на уровне человека остаётся

передовой задачей из-за механических, сенсорных и вычислительных ограничений. Например, роботизированные руки должны работать с высокой степенью свободы (часто более 20 суставов), что делает планирование движений в реальном времени, управление усилием и предотвращение коллизий крайне сложными. Ключевым условием прогресса в этой области является развитие 3D-пространственного интеллекта: точная манипуляция зависит от корректного восприятия геометрии объекта, его положения и частичной видимости. Фундаментальные модели, интегрирующие понимание трёхмерной сцены с планированием манипуляций, позволят роботам выбирать оптимальные стратегии захвата, адаптироваться к вариативности объектов и выполнять корректирующие действия при изменении условий.

Хотя робототехника продолжает быстро развиваться, а технологические прорывы расширяют границы возможного, решение этих задач остаётся критически важным для внедрения автоматизации. Среди ключевых направлений, требующих внимания, на-

ходится и кибербезопасность: по мере того как фабрики и склады становятся всё более программно-определяемыми, а роботизированные системы взаимосвязанными, уязвимость к киберугрозам возрастает.

Надёжная защита от потенциальных сбоев и утечек данных становится необходимым условием безопасного и надёжного функционирования автоматизированных предприятий.

### Где работает интеллектуальная робототехника

Интеллектуальная робототехника открывает новые возможности во всех производственных сферах и отраслях, а ранние её пользователи уже модернизируют свои процессы.

Новое поколение роботизированных систем способно решать сложные, вариативные и требующие высокой ловкости задачи, которые ранее казались недостижимыми для автоматизации. Этот раздел статьи посвящён разнообразию новых сценариев применения по всей промышленной цепочке создания ценности и показывает, как первые внедрения переопределяют возможности автоматизации.

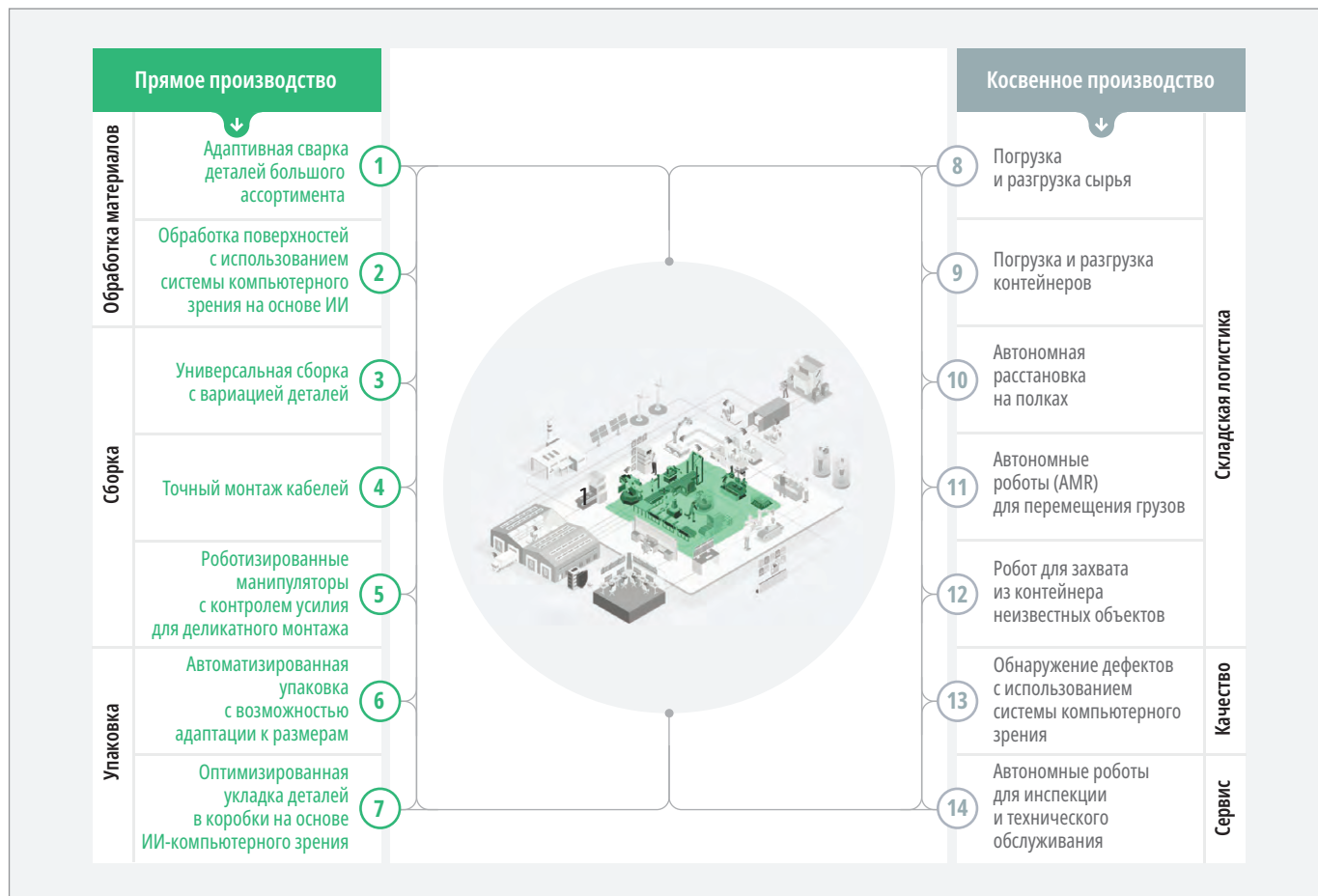


Рис. 3. Как Physical AI трансформирует операции на заводах и складах

## Революция в производственной цепочке создания ценности

Сегодня интеллектуальные роботы перестали быть ограниченными и высокозатратными сущностями в себе. Они автоматизируют широкий спектр операций по всей производственной цепочке во многих отраслях – от обработки материалов и точной сборки до упаковки, внутренней логистики, контроля качества и сервисного обслуживания.

Эти возможности не являются теоретическими – они реальны и осязаемы уже сегодня, и это меняет представления о возможностях автоматизации. Физический ИИ открывает новое поколение высокоэффективных применений во всех отраслях (рис. 3).

Инновации в прямом производстве, такие как адаптивная сварка, чувствительная к усилию деликатная вставка деталей и прокладка кабелей, демонстрируют новые рубежи возможностей. В то же время интеллектуальная робототехника продвигается и в таких производственных процессах, как складская логистика и инспекционные процедуры, часто с использованием мобильных роботов или гибридных решений.

Эта волна инноваций отражает более широкую тенденцию: автоматизация находится на грани переломного момента. Значительные преимущества от её внедрения наблюдаются не только в отраслях с высокими объёмами и низкой вариативностью, но и в сферах с высокой вариативностью и низкими объёмами производства.

Наибольшую выгоду могут получить отрасли пищевой промышленности, обработки металлов, логистики и дискретного производства в целом. Большинство производственных компаний относятся к малым и средним предприятиям (SME), и они, так же как и крупные корпорации, могут существенно повысить эффективность. По мере снижения барьеров в виде высоких первоначальных инвестиций и общей стоимости владения потенциал трансформации для SME возрастёт многократно.

## Первопроходцы: путь трансформации ранних пользователей

По мере того как робототехника меняет ландшафт промышленных опера-

ций, группа первопроходцев прокладывает новые пути и переопределяет границы возможного. Интегрируя интеллектуальные роботы в ранее изолированные функции, они закрывают последние пробелы автоматизации с помощью физического ИИ.

Эти компании не просто внедряют новые инструменты – они перестраивают рабочие процессы, добиваются новых уровней гибкости и точности, пересматривая организацию работы на производственных линиях и в крупных складах. Их пути трансформации дают ключевое видение того, как передовые возможности физического ИИ могут быть эффективно масштабированы, показывают необходимые организационные основы и технические компоненты для инновационного роста.

Приведённые далее примеры из реальной жизни демонстрируют, как первопроходцы преодолевают этот процесс трансформации. Это иллюстрация того, как будущее промышленных операций реализуется на практике.

### E-commerce и автоматизация выполнения заказов

Компания Amazon управляет более чем 1 миллионом роботов по всей своей сети, что делает её крупнейшим пользователем робототехники в мире. Роботы работают в 300 центрах выполнения заказов, взаимодействуя с сотрудниками при выполнении повторяющихся операций, таких как сортировка, подъём и транспортировка посылок.

Прогресс компании в области роботизации отражает непрерывный путь экспериментов и инноваций, направленный на постоянное улучшение условий труда сотрудников и повышение качества обслуживания клиентов.

За последнее десятилетие Amazon внедрила серию последовательных «технологических прорывов», применяя физический ИИ по всей сети центров выполнения заказов:

- мобильные роботы «goods-to-person», доставляющие товары напрямую сотрудникам;
- системы сортировки на базе компьютерного зрения для оптимизации потоков товаров;
- мехатронные упаковочные линии, спроектированные для минимизации использования упаковочных материалов;

- роботизированные манипуляторы, способные захватывать большинство товаров из каталога.

Хотя эти решения повышали безопасность и производительность, они работали по отдельности. Главной задачей оставалась интеграция всех систем для достижения полноценной сквозной трансформации.

Amazon перестроила операционную систему своих центров выполнения заказов, опираясь на предиктивное планирование с использованием ИИ и обеспечение совместимости всех систем. Основу новой архитектуры составляют три ключевые технологии, объединяющие весь процесс выполнения заказов от приёма товаров до их отгрузки.

- **Sequoia** – автоматизированная система хранения и извлечения товаров.
- **Sparrow** – артикулированный манипулятор с продвинутым зрением и планированием движений на основе генеративного ИИ, способный идентифицировать, захватывать и размещать около 60% позиций из ассортимента компании, обучаясь на данных промышленного масштаба каждый день.
- **Proteus** – коллаборативный автономный мобильный робот, который в реальном времени строит карты открытых пространств, распознаёт действия людей и прокладывает эффективные и безопасные для персонала маршруты. Он перемещает поддоны с товарами, для чего ранее требовались ограждённые зоны.

Эта интеграция позволяет Amazon реализовать настоящий сквозной поток выполнения заказов, повышая безопасность. Применение физического ИИ позволяет роботам воспринимать и анализировать реальную среду и эффективно действовать в центрах обработки заказов, оставаясь при этом частью детерминированных систем управления, что необходимо для безопасной работы в масштабах предприятия.

Совместная работа этих систем открывает выполнение задач, которые роботы на основе правил не могли бы решить самостоятельно. Это снижает нагрузку на сотрудников при выполнении повторяющихся операций и распространяет автоматизацию на ранее неструктурированные участки процессов.

Ранние реализации, включая центры нового поколения в Шривпорте, Луи-

зиана, показали значительные результаты:

- повышение безопасности персонала на рабочем месте;
- создание на 30% большего числа высококвалифицированных рабочих мест на объекте;
- ускорение доставки клиентам на 25%;
- рост общей эффективности операций на 25%, что приводит к снижению затрат для покупателей.

Новая фундаментальная модель генеративного ИИ, координирующая движение всего мобильного роботизированного парка по сети центров выполнения заказов, дополнительно повышает эффективность перемещений на 10%.

Три ключевых элемента позволили Amazon масштабировать интеллектуальную робототехнику по всей глобальной сети.

**1. Многолетние данные компьютерного зрения** – обширный каталог изображений и траекторий движения из реального мира, обеспечивающий критически важное обучение для надёжных моделей физического ИИ.

**2. Механизм обратной связи «сотрудник в центре»** – сотрудники, работающие рядом с роботами, взаимодействуют с инженерными командами напрямую, обеспечивая интеграцию решений в рабочие процессы и минимизируя фрагментацию автоматизации.

**3. Интегрированная разработка и внедрение** – Amazon проектирует, производит и развёртывает робототехнические решения внутри компании. Совместная деятельность команд по аппаратному обеспечению, ИИ и складским операциям ускоряет циклы «создай–измерь–обучи» и повышает скорость внедрения.

В совокупности эти факторы: масштабные данные, совместная работа сотрудников и интегрированная цепочка разработки – позволили Amazon последовательно внедрить физический ИИ в крупнейшей в мире сети центров выполнения заказов.

Благодаря этим внедрениям выросла потребность в высококвалифицированных работниках, например инженерах по обслуживанию, на 30%. Компания реализовала программу Career Choice, предоставляющую поддержку в оплате обучения и возмещение расходов на учебные пособия и сборы за степени и сертификации, позволяющие сотрудникам осваивать востребован-

ные и высокооплачиваемые профессии. Кроме того, благодаря программам по мехатронике и робототехнике сотрудники могут развивать карьеру и претендовать на почасовую ставку, увеличенную до 40%.

### Производство электроники

В ответ на рост затрат на рабочую силу и глобальную тенденцию к локализованному производству компания Foxconn продвигает концепцию «масштабируемой роботизированной рабочей силы на базе ИИ». Компания выделила трёхэтапный процесс создания AI-интегрированных фабрик:

- 1) проектирование с использованием цифрового двойника и симуляций;
- 2) сотрудничество человека и робота;
- 3) реализация фабрик с воплощённым интеллектом.

Эта поэтапная трансформация отражает более широкую амбицию Foxconn: не просто автоматизировать задачи, а выстроить интеллектуальную производственную экосистему, обеспечивающую более высокую ценность и масштабируемость операций в глобальной сети производства.

На этом пути Foxconn столкнулась с ограничениями традиционной робототехники на основе правил при выполнении прецизионных задач, таких как затяжка винтов и раскладка кабелей. Эти задачи требуют высокой точности, адаптивности и контроля усилия. Компания решила эти проблемы с помощью робототехники на базе ИИ и технологий цифрового двойника.

Foxconn использовала платформу Nvidia и AI-роботизированные руки с точной оценкой положения инструментов и планированием движений в реальном времени. Это обеспечило высокую точность и отсутствие коллизий, открыв две новые возможности для автоматизации:

- **затяжка винтов:** роботы с ИИ изучили оптимальные траектории движения и требуемое усилие затяжки с помощью обучения с подкреплением, что повысило стабильность, ускорило цикл работы и сократило количество брака;
- **вставка кабелей:** ранее эта операция не поддавалась автоматизации из-за сложности. Благодаря реальному контролю усилия и корректировке траектории движения робота теперь динамически адаптируют захват и позиционирование под вариативность деталей.

Виртуализация обучения и интеграция физического ИИ позволили быстро развернуть решения на нескольких площадках, создавая масштабируемый шаблон для будущих умных фабрик Foxconn.

Создание цифровых двойников производственных линий для быстрой виртуальной симуляции, тестирования и валидации сократило время развёртывания на 40%. Роботы с ИИ улучшили время цикла на 20–30%, снизили уровень ошибок на 25%. Виртуальная валидация устранила необходимость дорогостоящих экспериментов в реальной среде, снизив операционные расходы на 15%. Самонастраивающиеся усилие и траектория роботов обеспечили высокую точность и надёжность, что позволило добиться более низкого процента брака, чем у человека, в сложных сборочных задачах.

- **Технологии:** трансфер «симуляция-в-реальность» ускорил адаптацию моделей ИИ и снизил необходимость физических проб и ошибок, обеспечив масштабируемое внедрение.

- **Сотрудники:** инженеры прошли обучение по цифровым двойникам, программированию роботов с ИИ и инструментальным цепочкам Nvidia Omniverse. Они освоили виртуальное вводное тестирование, адаптивное управление и оптимизацию на основе данных, переходя к роли архитекторов AI-интегрированной автоматизации.

- **Партнёрства:** для совместной разработки масштабируемых стратегий автоматизации Foxconn сотрудничала с поставщиком инфраструктуры AI-робототехники Nvidia, а также с производственными экосистемными партнёрами (Fanuc, Techman), что стало ключевым фактором успеха трансформации.

## Масштабирование: технологические платформы и партнёрства

Итак, для того чтобы интеллектуальная робототехника стала легко интегрируемой, масштабируемой и успешной на уровне всей экосистемы, ключевое значение приобретают новые технологические платформы физического ИИ и стратегические партнёрства.

### Новый стек технологий физического ИИ

По мере приближения зрелости робототехники формируется новый стек

технологий физического ИИ, который принципиально отличается от традиционных роботизированных платформ. Этот стек включает пять уровней:

- 1) **приложения** – интерфейсы и инструменты для взаимодействия конечных пользователей с системой и её интеграции (API, коннекторы и интуитивные HMI для мониторинга и управления);
  - 2) **симуляция и обучение** – виртуальная среда, инструменты и платформы данных для разработки и тестирования роботов. Используются генерация синтетических данных, высокоточные симуляторы и цифровые двойники, обеспечивающие точный переход «sim-to-real»;
  - 3) **операционная система** – Robot Operating System (ROS) – фундамент стека для абстрагирования аппаратного обеспечения, координации процессов и коммуникации компонентов; управляет планированием задач и интегрирует фреймворки, обеспечивая стандартизацию и совместимость;
  - 4) **Edge-AI** – процессоры на устройстве для выполнения ИИ-обработки и объединения данных с датчиков в реальном времени позволяют автономно принимать решения с минимальной задержкой и без зависимости от облака;
  - 5) **роботизированное аппаратное обеспечение** – механическая основа (актуаторы, контроллеры и системы сенсоров/зрения), обеспечивающая способность робота действовать, ощущать и воспринимать окружающую среду.
- Такой многоуровневый подход позволяет создавать гибкие, интегрированные и масштабируемые решения физического ИИ, способные ускорять автоматизацию и расширять её применение в различных отраслях.

### Новые игроки и трансформация экосистемы

В экосистему интеллектуальной робототехники, дополняя традиционных производителей, вступают новые участники – от стартапов с приоритетом на ИИ, таких как Sereact и Covariant, до технологических гигантов, включая Nvidia, Tesla, Apple и Google.

Ключевым местом приложения усилий по инновациям остаётся слой симуляции и обучения. Высокоточные модели мира, кинематические и физи-

чески корректные фотореалистичные симуляции (в зависимости от области применения), а также генерация синтетических данных позволяют создавать и внедрять надёжные навыки ИИ. Некоторые стартапы, работающие исключительно с программным обеспечением, используют для расширения возможностей своих решений существующее оборудование (Covariant, Intrinsic). Параллельно появляются вертикально интегрированные компании, предлагающие решения по всему технологическому стеку (Neura, Figure, Tesla, Boston Dynamics). В большинстве случаев их инновации сосредоточены на контекстно-ориентированной робототехнике с использованием гуманоидной формы.

Независимо от того, применяют ли компании модульный подход или вертикально интегрированное решение в рамках многоуровневого стека, масштабируемые решения требуют бесшовной интеграции технологического стека ИИ в существующую производственную среду. Сегодня производители опираются на сложную цепочку промышленного программного обеспечения, которая собирает и интегрирует данные о продуктах и процессах из различных источников, обеспечивая системный интеллект и взаимодействие с соседним автоматизированным оборудованием.

Помимо традиционных интеграторов, на рынок выходят новые поставщики услуг Robots-as-a-Service (RaaS). Это расширяет доступность технологий и снижает барьер для компаний, не обладающих внутренними ресурсами для самостоятельного внедрения.

### Стратегические партнёрства – ключ к успеху

В быстро развивающемся мире интеллектуальной робототехники для производителей, стремящихся использовать передовые разработки, стратегические партнёрства становятся важнейшим инструментом.

Ни одна компания не способна самостоятельно развивать все необходимые возможности с той скоростью и эффективностью, с которой прогрессирует технология. Особенно остро эта проблема стоит для малых предприятий, которым не хватает ресурсов для самостоятельного создания всех компетенций. Наиболее успешные компании выбирают правильных партнёров для совместной работы.

Сотрудничество с поставщиками технологий, научно-исследовательскими институтами и коллегами внутри и между отраслями позволяет производителям оставаться на переднем крае инноваций, используя коллективный опыт.

Например, автопроизводитель может совместно с AI-стартапом разрабатывать роботизированную сборочную линию, одновременно работая с университетской лабораторией по робототехнике над новыми методами манипуляции.

Такой подход помогает компаниям идти в ногу с быстрыми технологическими изменениями, используя специализированные знания партнёров в области ИИ, сенсоров и программного обеспечения. Он также снижает риски интеграции: когда производители роботов, разработчики ИИ и инженеры фабрики изначально планируют решения вместе, они заранее выявляют и решают вопросы совместимости, обеспечивая более плавное развёртывание.

Партнёрства также создают возможность совместного проектирования решений, адаптированных под реальные операционные потребности. Производители могут направлять интеграторов и поставщиков оборудования, уточняя, что необходимо на производственной площадке, а взамен получать высокоадаптированные роботизированные системы, которые никто не смог бы создать в одиночку.

Итак, помимо технических инноваций, сотрудничество открывает новые рынки и возможности, позволяет делить риски и инвестиции, а также заранее согласовывать решения с регуляторами и стандартами. В итоге развитие стека технологий физического ИИ – это не только новые технологии, но и новые отношения и экосистемы. В такой среде вертикально интегрированные компании по производству роботов работают вместе со специалистами по компонентам, а конечные пользователи тесно взаимодействуют с инноваторами.

Принятие этой философии партнёрства и экосистемного подхода позволяет производителям успешно встраиваться в новую эру интеллектуальной робототехники: оставаться гибкими, совместно распределять инвестиции, выгоды и риски, а также совместно создавать следующее поколение промышленной автоматизации.

## Сдвиг в навыках и ролях

Роботизация должна рассматриваться не только как инструмент краткосрочного снижения затрат, но и как стратегический драйвер долгосрочного совершенства. Ключ к успеху – это люди, обладающие необходимыми навыками для эффективного управления и взаимодействия с интеллектуальными роботизированными системами.

Эта трансформация требует чёткой «картины целей» автоматизации, охватывающей все применения робототехники, а также детального плана реализации, включающего долгосрочное развитие новых качеств рабочей силы. Стратегическое внедрение интеллектуальной робототехники позволяет адаптироваться к изменчивым условиям, снижать операционные ошибки и поддерживать эффективность даже при дефиците работников или нарушениях в цепочке поставок.

Одним из наиболее немедленных и ощутимых эффектов является повышение безопасности на рабочем месте: роботы берут на себя задачи, связанные с подъёмом тяжестей, повторяющимися движениями или работой в опасных условиях – частыми причинами травм. На уже рассмотренных объектах Amazon, где интегрированы роботизированные системы, наблюдается снижение числа инцидентов на 15%, поскольку сотрудники переходят на роли, ориентированные на контроль, диагностику и непрерывное улучшение процессов.

Кроме того, человекоцентричный дизайн систем позволяет сотрудникам, используя свои когнитивные способности, занимать более безопасные и удовлетворяющие их роли. Например, решения *robust.AI* разрабатывают интуитивных и поддерживающих коллег роботов, уменьшая сложность процессов и улучшая сотрудничество с персоналом на производственном участке.

Этот технологический скачок перепределяет роль человека в промышленной среде. По мере того как физический ИИ автоматизирует ручные задачи, некоторые традиционные должности могут исчезнуть. Согласно *Future of Jobs Report 2025* Всемирного экономического форума, роботы и автономные системы к 2030 году станут ведущим фактором сокращения рабочих мест. Однако это сокращение – не исчезновение рабочих мест, а их трансформация. Появляются новые квали-

фицированные роли, ориентированные на надзор за интеллектуальными системами, решение нестандартных ситуаций и оптимизацию производительности автоматизированных процессов.

Сдвиг в задачах и навыках хорошо иллюстрируется на примере развивающегося ландшафта ролей (рис. 4):

- **Операторы машин** превращаются в техников по роботам, супервайзеров автоматизации и тренеров ИИ-систем.
- **Работники логистики** становятся координаторами мобильных роботизированных парков.
- **Специалисты по контролю качества** переходят к роли инспекторов с поддержкой ИИ, интерпретируя алгоритмические результаты вместо ручной проверки каждой позиции.
- **Команды технического обслуживания** смещают фокус с реактивного ремонта на предиктивную диагностику, опираясь на данные сенсоров и прогнозы ИИ.
- **Инженеры производства** меняют задачи с проектирования и обслуживания систем на оптимизацию адаптивных, управляемых ИИ роботизированных решений.

По мере того как роли, связанные с роботами, приобретают стратегическое значение, компании с выделенными робототехническими командами будут находиться на переднем крае этой революции. Лидеры перестанут ограничиваться управлением результатом через труд и оптимизацию процессов и начнут встраивать робототехнику с ИИ в бизнес-модель.

Эти изменения отражают более широкую трансформацию ролей рабочей силы. Будущая рабочая сила будет акцентировать внимание:

- **на принятие решений и управление по исключениям:** внесение нюансированных решений при сбоях роботов;
- **интерпретацию данных и принятие решений:** анализ системной аналитики для управления операциями и улучшениями;
- **непрерывное совершенствование и оптимизацию систем:** выявление возможностей для повышения эффективности рабочих процессов с поддержкой ИИ.

## Новые приоритеты рабочей силы

Успех в эпоху роботизации зависит от бесшовного междисциплинарного

сотрудничества между инженерными, IT-, операционными и другими функциями, а также от культуры непрерывного обучения, которая позволяет поддерживать актуальность навыков для каждой роли.

Для раскрытия потенциала лидерам необходимо усилить способности к управлению изменениями, направлять переходы и внедрять культуру постоянного улучшения, обучения и адаптивности.

В эпоху интеллектуальной робототехники трансформация технологий невозможна без трансформации людей. Стратегическое планирование рабочей силы важно не только для получения операционной выгоды, но и для долгосрочной экономической и социальной устойчивости.

Чёткая «картина целей автоматизации» и видение будущих ролей, задач и требуемых навыков должны служить ориентиром для структурированных и непрерывных программ повышения квалификации и переквалификации, формируя промышленную рабочую силу будущего.

В ответ на эти изменения Всемирный экономический форум инициировал проект *Human-Machine Collaboration*, направленный на переосмысление синергии человека и машины и создание модели, которая поддерживает переход рабочей силы через сопоставление навыков и стратегий управления талантами. Главная цель инициативы – обеспечить центральную роль людей в трансформациях, вызванных передовыми технологиями.

## Заключение: время действовать

Революция в робототехнике уже не на горизонте – она происходит прямо сейчас. Для ведущих производителей интеллектуальная робототехника перестала быть экспериментом и стала краеугольным камнем операционного совершенства и гибкости.

То, что казалось невозможным из-за технологической сложности или экономических ограничений, теперь становится реализуемым благодаря стремительному развитию физического ИИ, симуляционных сред и дизайна роботизированных систем. Целевое состояние предусматривает многоуровневую стратегию автоматизации, в которой сосуществуют роботы с правило-ориентированным, обучаемым и контекстно-ориентированным поведением.



	Прямое производство	Косвенное производство			
	Производство, сборка и упаковка	Производственная инженерия	Логистика	Контроль качества	Сервисное обслуживание
<b>Сегодня</b> 	Операторы вручную обрабатывают и собирают детали. Эти работы требуют точности, ручного управления станками и полной концентрации внимания	Инженеры проектируют, внедряют и оптимизируют производственные системы, в основном опираясь на опыт. Обновление автоматизации требует больших усилий	Работники вручную перемещают материалы с помощью погрузчиков или тележек. Это приводит к неэффективности, авариям и ошибкам в размещении	Продукция проходит визуальный контроль сотрудниками. Этот процесс медленный, субъективный и подвержен утомляемости человека. Следствие – пропуск дефектов	Плановые графики технического обслуживания не учитывают реальное состояние оборудования. Это затрудняет выявление и прогнозирование проблем
<b>В будущем</b> 	<b>Сценарии</b>				
	Роботы с поддержкой ИИ действуют, используя обратную связь системы в реальном времени. Системы автоматически адаптируются к разным задачам	Производственные системы являются интеллектуальными и адаптивными. Используется контроль качества на основе компьютерного зрения	Автономные мобильные роботы на базе ИИ выполняют полный цикл обработки материалов, обеспечивая их своевременную доставку	Роботизированные манипуляторы с системой компьютерного зрения проводят автоматизированные испытания на качество	Системы на базе ИИ становятся автономными: роботы выполняют часть задач по техническому обслуживанию и инспекции
	<b>Задачи</b>				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Контролировать роботизированные рабочие процессы</li> <li>– Обучать роботов</li> <li>– Разрешать коллизии</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Оптимизировать процессы</li> <li>– Проектировать процессы</li> <li>– Интегрировать процессы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Мониторинг парка роботов</li> <li>– Перенастройка маршрутов роботов</li> <li>– Управление системой тревог</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Стратегический надзор</li> <li>– Контроль дефектности</li> <li>– Оптимизация контроля качества</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Сложный ремонт</li> <li>– Интерпретация данных</li> <li>– Совершенствование системы</li> </ul>
<b>Компетенции</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Системное мышление</li> <li>– Цифровая грамотность</li> <li>– Программирование/обучение роботов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Продвинутое цифровые и ИИ навыки</li> <li>– Системное мышление</li> <li>– Креативность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Системное мышление</li> <li>– Цифровая грамотность</li> <li>– Проектирование рабочих процессов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Аналитическое мышление</li> <li>– ИИ и работа с большими данными</li> <li>– Креативность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Технические навыки</li> <li>– Аналитическое мышление</li> <li>– ИИ и работа с большими данными</li> </ul>	

Рис. 4. Physical AI высвобождает людей для задач более высокого уровня

ем. Это обеспечивает системный интеллект и создаёт основу для будущего роста. По мере ускорения интеграции робототехника перестает быть нишевой возможностью и становится стратегическим конкурентным преимуществом.

Технологии должны быть интегрированы, а не изолированы. Для раскрытия всего потенциала интеллектуальной робототехники необходима надёжная технологическая инфраструктура, объединяющая отдельные решения и поддерживающая их совместную работу. Формируется новый стек технологий ИИ, который для обеспечения системного интеллекта на уровне предприятия должен быть бесшовно интегрирован в существующую промыш-

ленную программную цепочку. Достижение такого уровня интеграции невозможно в одиночку: успех зависит от создания сильных коллаборативных экосистем, которые позволят масштабировать интеллектуальную робототехнику, а не ограничиваться изолированными внедрениями.

Трансформацию должны вести люди. Для согласования внедрения робототехники с вариативностью операций, производственными моделями и долгосрочным развитием рабочей силы необходимо стратегическое видение. Производители должны смотреть поверх отдельных эпизодов автоматизации, рассматривая их не просто как инструмент краткосрочного сокращения затрат, а как катализатор создания дол-

госрочной ценности. По мере изменения рабочих ролей критически важны программы повышения квалификации и переквалификации, чтобы сотрудники могли контролировать, оптимизировать и расширять возможности интеллектуальных систем. Только человекоориентированный подход позволяет внедрять робототехнику устойчиво и инклюзивно, вписывая её в ДНК компании.

Производители должны вести, а не следовать. Те, кто откладывают действия, рискуют упустить волну быстро сливающихся технологических и экономических факторов. Те, кто действуют решительно, не только откроют новые возможности, но и сформируют будущее промышленных операций. ●



# OSM (Open Standard Module) – система в корпусе для встраиваемых решений

Андрей Головастов

Сегодня инженеры, занимающиеся проектированием встраиваемых систем, сталкиваются с дилеммой: как увеличить производительность и добавить больше интерфейсов в постоянно уменьшающиеся устройства, не изобретая при этом каждый раз велосипед. Технический прогресс не стоит на месте, человеческая мысль движется всё дальше, делая существующие решения более совершенными и надёжными. И в качестве убедительного подтверждения этого появился стандарт OSM, с которым мы познакомимся в этой статье.

## Предыстория

Когда речь заходит о разработке специализированного оборудования для встраиваемых систем, перед инженером традиционно открываются два основных пути.

1. Создание с нуля одноплатного компьютера SBC (англ. – Single Board Computer).
2. Использование готового компьютера на модуле COM (англ. – Computer On Module) в качестве ядра собственной конструкции.

Оба подхода имеют свои преимущества, а также и недостатки.

Разработанный на заказ SBC обеспечивает оптимальное и универсальное решение, но его проектирование требует значительных инженерных усилий и затрат. Применение COM предполагает упрощённый процесс разработки, но не всегда возможности готового COM соответствуют ключевым критериям проекта. Подобные замечания ставят серьёзные вопросы перед проектировщиками систем, для которых основными приоритетами являются скорость выхода на рынок, стоимость и надёжность.

Ответом на эти вопросы стало дальнейшее развитие концепции компактного энергоэффективного модульного компьютера, получившее своё воплощение в спецификации **Open Standard Modules Hardware Specification 1.0**,

предложенной группой SGeT (Standardization Group For Embedded Technologies [www.sget.org](http://www.sget.org)) в 2020 г.

## Введение

Идея OSM заключается в создании перспективного универсального стандарта малогабаритного и недорогого встраиваемого модуля, сочетающего в себе:

- полную автоматизацию при сборке и тестировании;
- отсутствие разъёмов и непосредственный монтаж на печатную плату с помощью пайки;
- интегрированные программно-аппаратные интерфейсы;
- ПО с открытым исходным кодом.

Используемая в OSM концепция «Система в корпусе» SiP (англ. – System in Package) подразумевает интеграцию основных компонентов, необходимых для встраиваемой системы, таких как процессор, память, хранилище и коммуникации в единый корпус. При таком подходе производители готовых OSM решений предоставляют пользователям комплексное предварительно проверенное решение для встраиваемых систем, упрощая процесс проектирования и значительно сокращая время и затраты на разработку.

Спецификация Open Standard Module позволяет разрабатывать, производить и внедрять встраиваемые модули для наиболее востребованных компьютер-

ных архитектур MCU32, ARM, RISC-V, x86 и др. от ведущих производителей, таких как Intel, NXP, Rockchip, Texas Instruments, MediaTek, Qualcomm и других компаний.

## Обзор спецификации OSM

С возможностями стандарта можно детально ознакомиться, обратившись к последней версии спецификации **Open Standard Module Hardware Specification OSM\_V1.2**.

Также особый интерес для инженеров представляет **OSM Design Guide V1.1**. По сути, этот документ является справочником разработчика, в нём подробно описаны все технические особенности стандарта, изложены рекомендации по проектированию собственно модуля и платы носителя, схемотехнические решения для адаптации различных интерфейсов, процессы привязки сигналов, а также вопросы последующего обслуживания и эксплуатации этих устройств.

Форм-фактор OSM во многом напоминает решения, ранее реализованные в COM, однако OSM предлагает более компактный размер с большим количеством контактов, более прочный симметричный корпус LGA (англ. – Land Grid Array) и более надёжный монтаж с помощью пайки BGA (англ. – Ball Grid Array). Таким образом, модуль OSM размером с почтовую марку боль-

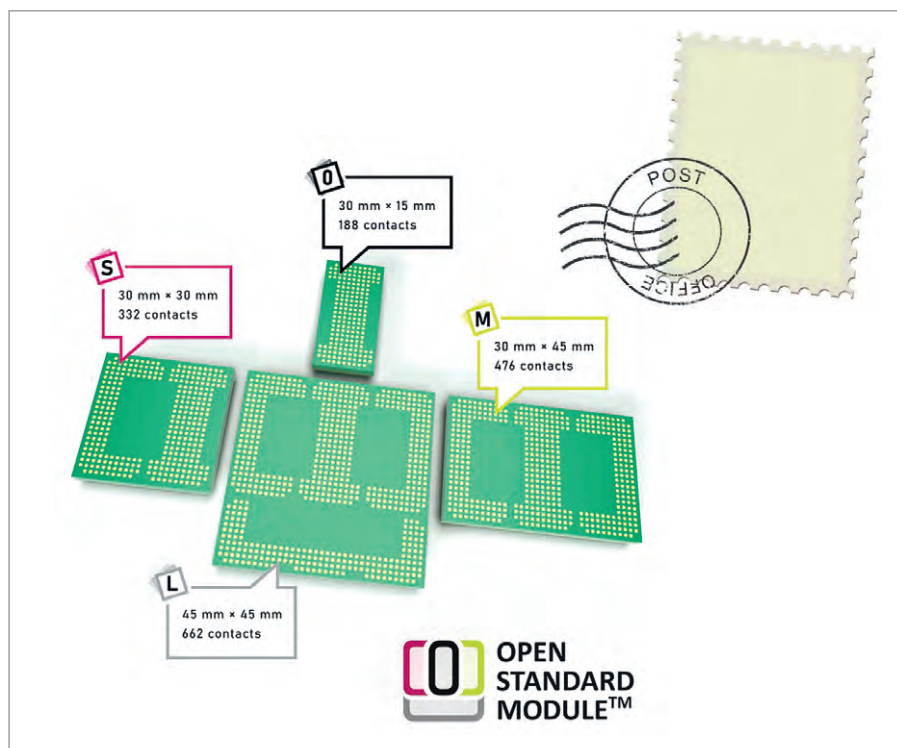


Рис. 1. Форм-фактор стандарта OSM

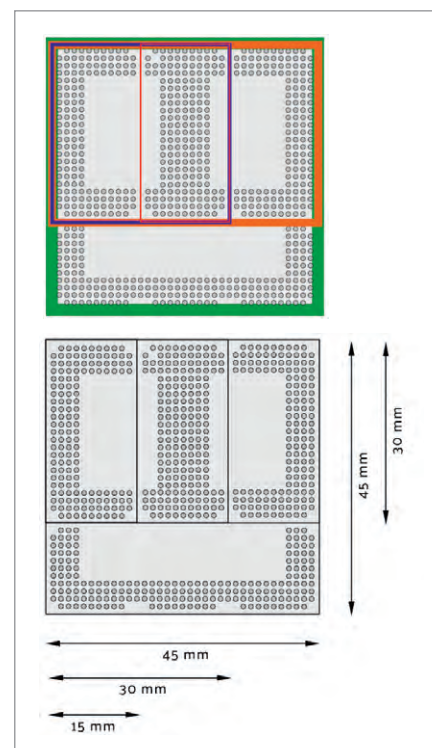


Рис. 2. Габариты модулей OSM

ше похож на электронный компонент, чем на традиционное решение в виде печатной платы, устанавливаемой на специальном носителе (рис. 1).

### Типоразмеры модулей

Стандарт OSM определяет четыре типоразмера модулей (рис. 2):

- 0 – «Нулевой»: 30×15 мм / 188 контактов (выделен красной линией);
- S – «Малый»: 30×30 мм / 332 контакта (выделен синей линией);
- M – «Средний»: 30×45 мм / 476 контактов (выделен оранжевой линией);
- L – «Большой»: 45×45 мм / 662 контакта (выделен зелёной линией).

Заметим, что посадочное место модуля типоразмера L для соединения с несущей платой имеет 662 контактные площадки диаметром 0,8 мм с шагом 1,25 мм, это значительно превышает количество контактов в разъёмах существующих компьютерных модулей стандартов COM Express, SMARC, Q7 и др.

Возможное количество интерфейсов для каждого типоразмера приведено в табл. 1.

Заметим, что модули старше «0» типоразмера включают в себя больше интерфейсных возможностей, так, например, размер «S» и выше включают интерфейсы дисплея и камеры, а также как минимум одну линию PCIe, размер «M» поддерживает, помимо традиционных, и дополнительные интерфейсы дисплея, такие как eDP и большее количество ли-

Таблица 1. Интерфейсы OSM

№	Интерфейс	Size-0	Size-S	Size-M	Size-L
01	Ethernet I LAN (S)(R)(G)MII	0..1	1..2	1..3	1..5
02	USB2.0	0..2	1..3	1..4	1..4
03	USB3.0 (без USB 2.0)	-	0..1	0..2	0..2
04	Консоль UART	1	1	1	1
05	UART (только Rx/Tx, 2 x с поддержкой RTS/CTS)	0..4	0..4	0..4	1..4
06	Тип коммуникации: • Беспроводные (антенна) • Проводные (Fieldbus)	0..1	0..1	0..1	0..1
07	Контакты GPIO	0..15	0..23	0..31	0..39
08	SPI (1 x Quad SPI опционально)	0..2	0..2	0..3	0..3
09	I <sup>2</sup> C (общее назначение – дисплеи и т.п.)	0..2	1..2	1..2	1..2
10	I <sup>2</sup> S/ PDM	0..2	0..2	0..2	0..2
11	SDIO (4-битный + 8-битный интерфейс)	0..2	0..2	0..2	0..2
12	UFS	0..1	0..1	0..1	0..1
13	CAN	0..2	0..2	0..2	0..2
14	JTAG	0..1	0..1	0..1	0..1
15	Аналоговый вход	0..2	0..2	0..2	0..2
16	ШИМ	0..6	0..6	0..6	0..6
17	Питание 3,3 В	0..1	0..1	0..1	0..1
18	Питание 5 В	0..1	5	9	17
19	Определяемые производителем (до)	3	5	11	17
20	Резервные (до)	1	3	18	51
21	Параллельный видеоинтерфейс (RGB 18 бит)	-	0..1	0..1	0..1
22	Последовательный видеоинтерфейс (OSI, 4 канала)	-	0..1	0..1	0..1
23	Camera Serial Interface (CSI with 4 channels)	-	0..1	0..2	0..2
24	PCIe x1	-	0..1	0..2	0..2
25	PCIe x4 (конфигурируемые как PCIe x1 I PCIe x2)	-	-	-	0..2
26	Встроенный дисплейный порт (eDP/eDP++)	-	-	0..2	0..2
27	Дисплейный интерфейс LVDS	-	0..1	0..1	0..2

ний PCIe, а Size «L» обеспечивает полный набор высокоскоростных интерфейсов, включая поддержку LVDS и PCIe.

### Одна плата-носитель на все типоразмеры

Каждый старший типоразмер OSM предполагает более широкий набор функций по отношению к модулю младшего размера, при этом в случае модернизации и при переходе на другой модуль в пределах семейства обеспечивается обратная совместимость. Часто на одной плате-носителе размещается несколько контактных площадок для различных типоразмеров OSM. На практике это означает, что для масштабируемости решений вы можете сразу создать максимально возможный прототип носителя, сначала используя его с модулем размера 0 или S, а затем, для повышения производительности, плавно перейти на размер M или L, при этом не меняя конструкцию несущей платы. Это очень важное преимущество OSM с точки зрения дальнейшего развития ваших разработок.

Спецификация OSM также учитывает различную высоту модуля: она определяет варианты одностороннего («плоского») или двустороннего («расширенного») монтажа компонентов. Это позволяет производителям модулей при необходимости размещать дополнительные микросхемы на обратной стороне печатной платы, например, для увеличения объёма ОЗУ или флеш-памяти, тем самым предлагая более производительные варианты без изменения габаритов.

Для повышения устойчивости к воздействию электромагнитных полей корпуса OSM могут быть частично или полностью защищены металлическим экраном.

### Максимальная входная мощность

В спецификации OSM V1.2 указано, что допустимый диапазон входного на-

Таблица 2. Питание и допустимая максимальная входная мощность OSM

Типоразмер модуля	Входное напряжение 3,3 В		Входное напряжение 5 В	
	Контакты	Потребляемая мощность	Контакты	Потребляемая мощность
Size-0	1	1,65 Вт	1	2,5 Вт
Size-S			5	12,5 Вт
Size-M			9	22,5 Вт
Size-L			17	42,5 Вт

Таблица 3. Характеристики OSM

Типоразмер	Размеры, мм	Класс процессора	Назначение контактов и поддержка основных интерфейсов	Ориентировочная розничная цена (за рубежом)
«0» нулевой	30×15	Процессоры микроконтроллеров	188 контактов: основные интерфейсы, такие как I <sup>2</sup> C, SPI, UART и GPIO	–
«S» малый	30×30	Процессоры низкопроизводительные для прикладных задач	332 контакта: интерфейсы, USB, I <sup>2</sup> S, CAN, SDIO, 1x порт Ethernet	~ 50–90\$
«M» средний	30×45	Процессоры среднего уровня	476 контактов: поддержка интерфейсов LVDS, CSI и DSI; несколько портов Ethernet и PCIe	~ 60–100\$
«L» большой	45×45	Процессоры среднего уровня, включая ARM и x86	662 контакта: поддержка SATA, дополнительных линий PCIe, больше интерфейсов отображения, таких как eDP и HDMI	~ 70–120\$

пряжения питания составляет 3,3 В (VCC\_IN\_3V3), а для модулей, использующих более мощные процессоры, – 5 В (VCC\_IN\_5V).

Физический контакт OSM модуля представляет собой соединение пайкой, которое способно пропускать ток не менее 0,5 А на каждый контакт. В зависимости от размера модуля количество контактов для входного напряжения VCC\_IN\_5V различно, а следовательно, для каждого типоразмера различается и входная мощность. В табл. 2 показано количество входных контактов питания и допустимая максимальная входная мощность. Заметим, что в качестве GND типоразмер L использует максимально до 132 контактов.

В зависимости от сценария применения модулей и несущей платы рекомендуется проектировать источник питания с некоторым запасом по мощности, чтобы имелась возможность ис-

пользования несколько поколений платформ в рамках одной конструкции.

### Технические характеристики производимых OSM

На сегодняшний день к сообществу производителей OSM присоединилось достаточно много компаний. Среди них известные, такие как Advantech, Adlink, Kontron, но есть и совсем молодые фирмы, завоёвывающие рынок. Конечно же, всегда интересно увидеть товар лицом и постараться сразу оценить предложение. В табл. 3 представлены обобщённые характеристики каждого типоразмера с учётом их вычислительных возможностей, интерфейсов и с примерным порядком цен.

Далее остановимся на внешнем виде (рис. 3) и технических характеристиках, характерных для большинства производимых сейчас OSM (табл. 4).

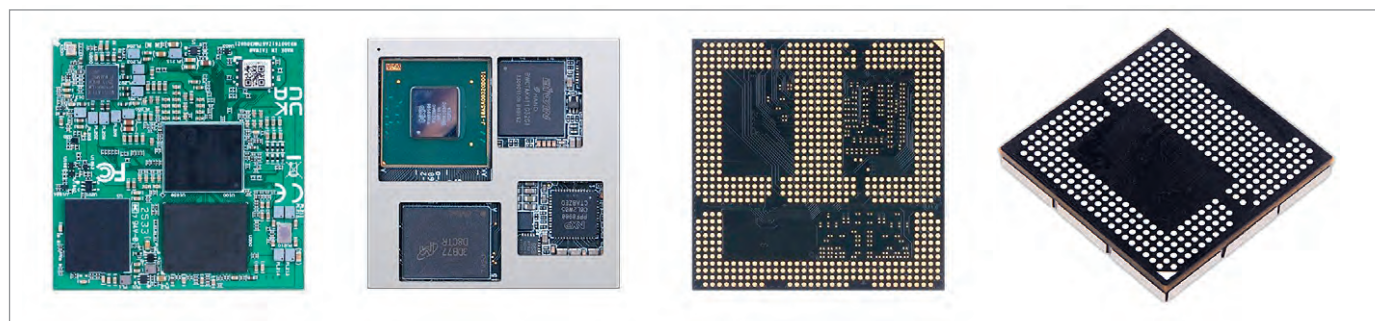


Рис. 3. Модули OSM (вид сверху, снизу)

Таблица 4. Технические характеристики OSM

Тип чипсета	NXP iMX95	NXP iMX93	RockChip RK3568/RK3568J	Qualcomm QCS6490	MediaTek G520/720
Процессор	6 Core Cortex-A55 + Cotex-M7 + Cotex-M33	Dual-core Cortex-A55@1.8GHz+	Quad-core Cortex-A55@2.0GHz	1x Kryo Gold plus, 3x Kryo Gold	MediaTek Genio720 2x A78 2.6 GHz + 6x A55 2.0 GHz
Память	4 GB LPDDR5	2 GB LPDDR4	2 GB LPDDR4 (4 GB / 8 GB Optional)	8 GB	8 GB LPDDR5
Хранение	32 GB eMMC (64 GB / 128 GB Optional)	16 GB eMMC (8 GB / 32 GB Optional)	16 GB eMMC (up to 128 GB Optional)	128 GB	128 GB 3.1 UFS (256 GB / 512 GB Optional)
Сеть	2xGigE, Wi-Fi, Bluetooth	2xGigE, Wi-Fi, Bluetooth	2xGigE, Wi-Fi, Bluetooth	GigE	GigE
ОС	Yocto	Yocto	Debian, Ubuntu Desktop,	Linux Ubuntu, Yocto, Android 13	Yocto
Рабочая температура	-40...+85°C	-40...+85°C	0...+60°C (Optional -40...+85°C)	-40...+85°C	-40...+85°C
Размер	45x45 mm	30x30 mm	45x45 mm	46x45 mm	45x45 mm

## Основные особенности и преимущества применения OSM

Теперь, когда мы получили общее представление о том, что такое модули OSM, давайте попробуем ответить, почему инженер-разработчик для своего следующего проекта мог бы выбрать OSM. Ниже перечислены некоторые из ключевых особенностей и преимуществ, которыми обладает OSM.

**Компактный размер и высокая степень интеграции:** модули OSM интегрируют в сверхмалом корпусе полноценное вычислительное ядро (процессор, ОЗУ, хранилище, интерфейсы, управление питанием и т.д.). Например, модуль типоразмера L 45x45 мм по количеству интерфейсов превосходит более крупные по размеру модули COM, что позволяет размещать высокопроизводительный вычислитель с необходимыми интерфейсами в устройствах с ограниченными габаритами, при этом не жертвуя функционалом входов/выходов.

**Прочная BGA-конструкция:** благодаря монтажу с помощью пайки (рис. 4) в OSM отсутствуют межплатные соединения. В экстремальных условиях эксплуатации (в цехе, на борту, в автомобиле или на улице) повышенная влажность, вибрация и удары могут серьезно повредить разъёмы.

OSM, будучи припаянным напрямую к плате-носителю, гораздо более устойчив. Несмотря на то что модули OSM не предназначены для самостоятельной замены пользователем, для большинства встраиваемых продуктов это приемлемая или даже желаемая опция.

Также пайка BGA улучшает целостность сигнала из-за более коротких межсоединений, что упрощает проектирование высокочастотных устройств.

**Масштабируемость и возможности модернизации:** благодаря четырём типоразмерам и множеству вариантов архитектуры ЦП (от микроконтроллеров до 64-разрядных специализированных процессоров) OSM предлагает понятный способ масштабируемости, используя вначале младший модуль OSM, а далее старший и более мощный, без изменения платы-носителя.

**Повышение ценности вашей встраиваемой системы:** несмотря на все преимущества OSM, проектирование и разработка любой специализированной встраиваемой системы остаётся технически сложным и трудоёмким процессом. Поэтому предпочтительно сотрудничество с опытным и надёжным поставщиком OSM-решений, которое позволит оптимизировать процесс разработки, сократить время выхода на рынок и сосредоточиться на основных компетенциях и

требованиях, специфичных для вашего конкретного приложения.

Когда приходит время для индивидуального проектирования, услуги надёжного поставщика по разработке плат-носителей помогут вам создать масштабируемое решение, оптимизирующее производительность и минимизиацию затрат. Кроме того, сотрудничество с проверенным поставщиком предоставляет вам доступ к технической поддержке производства, услугам по интеграции программного обеспечения и многим другим вспомогательным сервисам.

Наконец, надёжный поставщик, помимо OSM, часто может предложить полный портфель продуктов, отвечающий широкому спектру требований ваших приложений. Он включает в себя полный набор модулей наиболее востребованных стандартов, таких как Q7, SMARC и других, готовые одноплатные компьютеры, а также различные предварительно интегрированные решения для IoT и граничных вычислений.

**Беспроводная связь и готовность к работе в сети:** современным устройствам IoT требуются сетевые подключения. Каждый модуль включает в себя выделенную «область коммуникационных интерфейсов» с зарезервированными контактами для сигналов беспроводной связи или соединений по

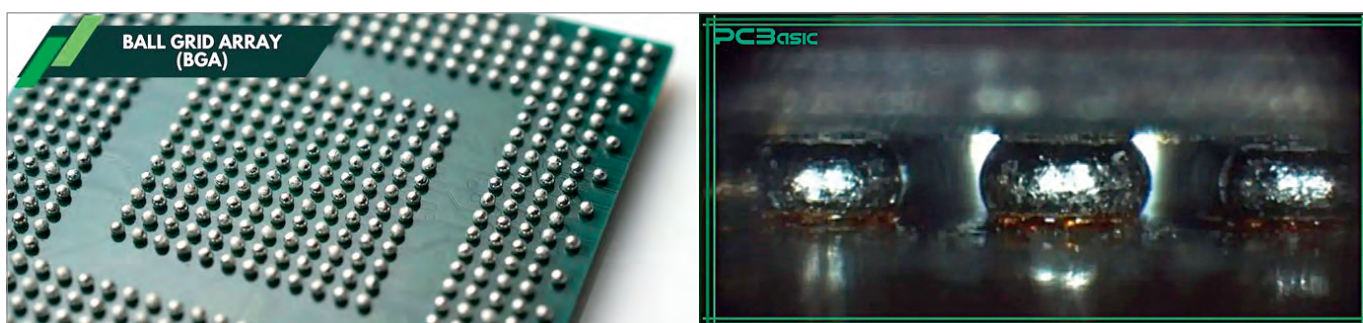


Рис. 4. BGA-монтаж

шине. Большинство модулей OSM поставляются со встроенными беспроводными модулями или возможностями подключения по сети. Даже если беспроводные чипы не включены в модуль, распиновка позволяет легко подключать внешние радиомодули (например, сотовые модемы или чипы Wi-Fi) через стандартные интерфейсы (такие как PCIe, USB, SDIO или UART).

Рассмотрим более подробно, как реализуется беспроводное подключение в модулях OSM.

Беспроводная связь является критически важным аспектом современных встраиваемых систем, и OSM уже был разработан с учётом этого. Каждый модуль OSM резервирует 18 специальных контактов BGA в качестве области интерфейса для беспроводной связи, что упрощает подключение антенн или внешних радиочастотных модулей. Часто модули OSM включают встроенные беспроводные радиомодули (Wi-Fi/Bluetooth или sub-1GHz), что делает их готовыми к использованию в приложениях IoT сразу после установки. Ниже приведены некоторые из основных открытых беспроводных стандартов, обычно используемых в проектах на основе OSM, и их применение:

- Wi-Fi (IEEE 802.11): Wi-Fi – самый распространённый стандарт WLAN для высокоскоростных беспроводных сетей. В конструкциях OSM Wi-Fi легко интегрируется (например, через интерфейсы PCIe или SDIO к модулю Wi-Fi);
- Bluetooth BLE (англ. – Bluetooth Low Energy): обеспечивает беспроводную связь на коротких расстояниях с низким энергопотреблением для периферийных и носимых устройств, что позволяет таким устройствам, как датчики или умные гаджеты, подключаться к телефонам или к ближайшему концентратору;
- сотовая связь: для обеспечения связи на больших расстояниях устройства OSM могут использовать сотовые сети (4G/5G) или сети дальнего действия с низким энергопотреблением, такие как NB-IoT и LoRaWAN. Обычно для этого используются внешние модемные модули, подключаемые через стандартные интерфейсы OSM (USB, PCIe и т.д.), что позволяет системе на базе OSM передавать данные по телекоммуникационным или IoT-сетям. Эти беспроводные протоколы определены открытыми отраслевыми стандартами (3GPP, LoRa Alliance),

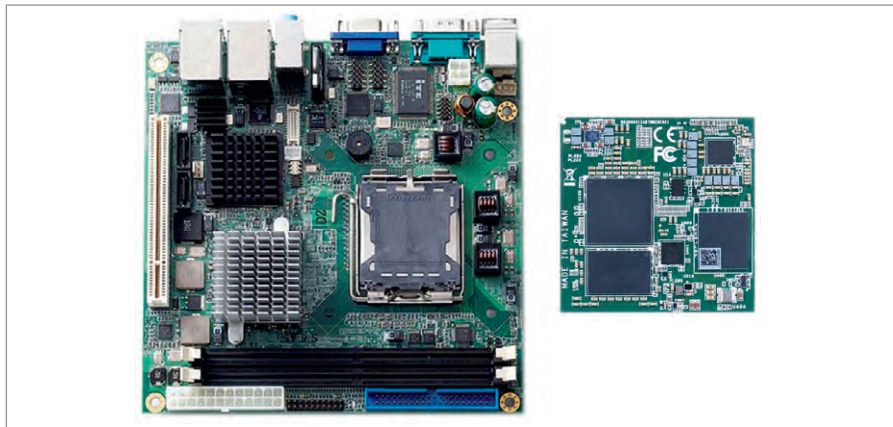


Рис. 5. SBC и OSM

что гарантирует надёжное взаимодействие устройств на базе OSM с существующей инфраструктурой.

### Сравнительный анализ OSM

Выше уже говорилось о двух доступных вариантах в начале разработки собственных встраиваемых устройств: проектирование одноплатника или применение готового COM.

Далее постараемся детально сравнить оба пути относительно применения OSM (рис. 5).

#### Сравнение SBC с OSM

Если бы гибкость проектирования была единственным критерием оценки, то решение на базе специализированного одноплатного компьютера было бы трудно превзойти. Однако следует учитывать и другие факторы.

Во-первых, разработка специализированного SBC – это масштабный инженерный проект, особенно в части целостности сигнала и управления тепловым балансом.

Во-вторых, разработка программного обеспечения также может быть проблематичной, поскольку программисты часто начинают с чистого листа.

В-третьих, заказные одноплатные компьютеры должны пройти строгие квалификационные испытания, чтобы гарантировать их соответствие требуемым стандартам надёжности, защиты окружающей среды, безопасности и т.д. Эти испытания могут быть трудоёмкими и дорогостоящими, что ещё больше увеличивает цикл разработки и расходы.

В отличие от этого, OSM обеспечивает упрощённый и экономически эффективный подход. Благодаря предварительно проверенному форм-фактору OSM-модуль снимает с разработчиков наиболее сложные этапы проектирова-

ния схемы. Разработка программного обеспечения также упрощается, поскольку у разработчиков есть понятная отправная точка.

Помимо этого, модули OSM предлагают ряд преимуществ с точки зрения гибкости и масштабируемости. Стандартная распиновка и спецификация интерфейсов позволяют разработчикам выбирать между различными производителями OSM, переходить на более производительные или новые модели по мере развития технологий, не требуя существенных изменений в конструкции несущей платы. Такая модульность обеспечивает более перспективный подход к проектированию и помогает защитить начальные вложения.

#### Сравнение COM с OSM

Модули COM, подобно OSM, также предлагают пользователям предварительно проверенное, стандартизированное вычислительное ядро и, соответственно, обладают схожими преимуществами. Однако существующие сегодня модули COM не всегда подходят для некоторых встраиваемых приложений.

Требования высокой надёжности и прочности, необходимые для ответственных применений, часто могут остановить использование COM, которые крепятся к несущей плате через разъём, являющийся потенциально слабым звеном и местом отказа. В этом отношении модули OSM обладают значительным преимуществом благодаря своему корпусу, устанавливаемому с помощью BGA-пайки (рис. 6). Таким образом, исключая необходимость в разъёме между модулем и несущей платой, модули OSM обеспечивают превосходную устойчивость к вибрации и механическим нагрузкам.

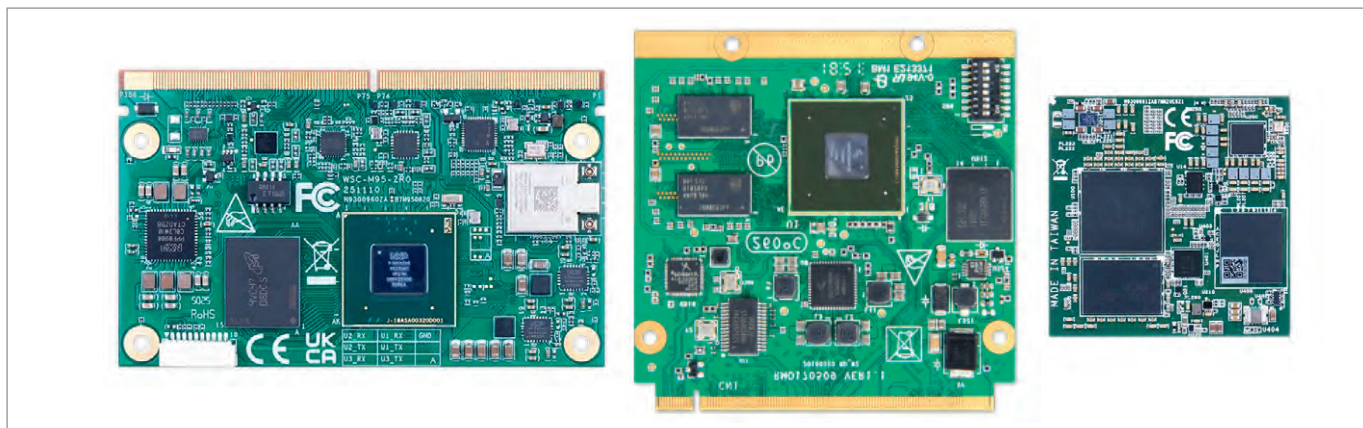


Рис. 6. SMARC (82×50 мм 314 конт.), Q7 (70×70 мм 230 конт.) и OSM (45×45 мм 642 конт.)

Кроме того, модули COM порой слишком велики для некоторых приложений, и это ещё одна проблема, которую решает OSM. Например, в то время как модули COM Express не бывают меньше 55×84 мм, модули OSM даже в максимальном типоразмере L имеют всего 45×45 мм.

Компактная конструкция OSM, допускающая пайку, также делает их более подходящими для автоматизированной установки. Фактически OSM могут поставляться в ленточной упаковке или в лотках, полностью исключая необходимость ручных операций (рис. 7). Такая оптимальная для производства конструкция позволяет OSM достичь высокой экономической эффективности, особенно при крупносерийном производстве.

Ещё одно преимущество OSM – поддержка различных архитектур. В то время как стандарты COM обычно разрабатываются для конкретной архитектуры процессора, OSM не зависят от архитектуры. Заметим, что OSM, хотя и ориентирован в основном на приложения с низкой производительностью, но всё же изначально рассчитан на входную мощность до 42,5 Вт, которая поз-

воляет ему поддерживать платформы x86 и другие высокопроизводительные процессоры.

### Применение в различных отраслях промышленности

Гибкость и стандартизированный характер модулей OSM делают их привлекательными для широкого круга отраслей. По сути, любой проект, требующий значительных вычислительных ресурсов в компактном и надёжном пакете, может извлечь выгоду от их применения. Вот несколько возможных областей применения.

### Промышленная автоматизация и робототехника

Модули OSM идеально подходят для промышленных контроллеров и роботов. Они могут выступать в качестве «мозга» автономных мобильных роботов, роботизированных манипуляторов или промышленных человеко-машинных интерфейсов, обеспечивая в реальном времени обработку потока видеоданных и встроенный искусственный интеллект, например, для обнаружения объектов и навигации. Прочная конструкция OSM устойчива к

сильной вибрации, что также является критически важным фактором на промышленных предприятиях и на движущихся объектах.

### «Умный город» и инфраструктура

Для внедрения «умного города» от интеллектуальных транспортных систем до датчиков окружающей среды необходимы компактные, подключённые к сети энергоэффективные устройства. Модули OSM (особенно со встроенной беспроводной связью) идеально подходят для этой цели, предоставляя мощную вычислительную платформу сбора данных (например, о качестве воздуха или транспортном потоке), передавая их по Wi-Fi или сотовым сетям. Низкое энергопотребление позволяет даже таким устройствам, как парковочные датчики или контроллеры уличного освещения, работать на солнечной энергии.

### Здравоохранение и медицинское оборудование

Сегодня здравоохранение требует компактных и высоконадёжных вычислительных устройств, таких как портативные диагностические прибо-



Рис. 7. OSM в ленточной упаковке на автоматической линии монтажа электронных компонентов

ры и мониторы состояния пациентов. Модули OSM способны удовлетворить самые строгие санитарные нормы, используя отработанное вычислительное ядро вместо специализированной платы. Например, модуль OSM в портативном мониторе жизненно важных показателей может обеспечивать обработку данных и беспроводное подключение, синхронизируя данные с телефоном по Bluetooth или передавая отчёты по Wi-Fi в облако. Наличие множества поставщиков OSM также даёт производителям медицинского оборудования гибкость в выборе и адаптации в соответствии со своими требованиями.

### Бытовая электроника и носимые устройства

Несмотря на то что OSM был разработан для промышленного применения, он также может использоваться в потребительских гаджетах. Например, центр управления умным домом может использовать модуль OSM для работы системы на базе ОС Linux, которая обрабатывает протоколы домашней автоматизации (Wi-Fi, Zigbee и т.д.). Миниатюрный форм-фактор может подойти и для некоторых высокотехнологичных носимых устройств. А благодаря своей простоте использования стартапы на основе OSM могут создавать прототипы новых устройств на простых платах-носителях, что значительно сокращает время разработки.

### Будущее OSM

OSM – это пока ещё молодой стандарт, но он быстро набирает популярность. Многие производители уже выпустили продукты на основе OSM, и экосистема продолжает расширяться

за счёт новых процессоров и обновлённых спецификаций.

Так, в ноябре 2024 г. было официально объявлено о выпуске спецификации OSM (Open Standard Module) 1.2, а также обновлённого руководства по проектированию OSM 1.1. Эти версии стали результатом большой работы группы стандартизации, направленной на улучшение стандарта OSM при полном сохранении совместимости с ранее выпущенными модулями. Спецификация OSM 1.2 содержит ряд обновлений, которые расширяют гибкость и функциональность стандарта. Основное внимание в этой редакции было уделено расширению и оптимизации отдельных интерфейсов с целью предложить разработчикам более универсальные варианты интеграции, включая, помимо прочего:

- улучшенный интерфейс LVDS, теперь он доступен в качестве одноканальной опции на модулях размера S, ранее доступной только для размера L;
- второй интерфейс CSI, расширена совместимость с модулями размера M, что обеспечивает улучшенную связь между модулями различных типов;
- второй интерфейс I<sup>2</sup>S, два интерфейса теперь доступны на модулях размера 0.

### Заключение

Практически любая встраиваемая система, которой требуется компактный и надёжный вычислитель (от интеллектуального датчика до носимого устройства), может использовать OSM. Общим для всех является необходимость сбалансированного сочетания производительности, унифицированного интерфейса ввода-вывода и бы-

строй интеграции. Примечательно, что OSM был разработан в эпоху Интернета вещей, когда вычислительные системы должны быть встроены и доступны повсюду. Благодаря значительному уменьшению размеров модулей и интеграции беспроводных возможностей OSM обеспечивает более высокую интеллектуальность периферии непосредственно на объекте генерации данных вместо их централизованной обработки в облаке.

В России стандарт OSM пока ещё не распространён, но перспективы у нас широкие, достаточно посмотреть на развитие авиастроения, транспорта, логистических предприятий, технологий БПЛА, роботизации и т.д. Хочется надеяться, что, когда дело дойдёт до выбора компонентов для встраиваемой системы, у российских разработчиков будет значительно больше возможностей, чем когда-либо. В свою очередь, компания ПРОСОФТ, являясь ведущим дистрибьютором оборудования и встраиваемых систем для промышленной автоматизации, готова предложить техническую поддержку в выборе решений на основе OSM и поставку устройств для наших клиентов в России и странах СНГ. ●

### Литература

1. Open Standard Modules Hardware Specification OSM\_V1.2.docx Nov 08, 2024.
2. Open Standard Module Design Guide OSM Design Guide V1.1 November 7, 2024.
3. Информационные материалы с интернет-сайтов производителей OSM-модулей.

Автор – сотрудник фирмы ПРОСОФТ

Телефон: (495) 234-0636

E-mail: info@prosoft.ru

НОВОСТИ реклама НОВОСТИ реклама НОВОСТИ реклама

### Вычислительная платформа JNSTECH BRAV-7135 открывает новую эру «умного» земледелия

В условиях общемировых проблем, связанных со старением населения и сезонной нехваткой рабочих рук в сельском хозяйстве, интеллектуальные роботы-сборщики становятся ключевым фактором развития. Однако одной лишь традиционной механизации недостаточно для работы в сложных и динамичных условиях сельскохозяйственных работ. Для внедрения настоящего искусственного интеллекта необходимы мощные периферийные вычислительные решения.



Высокопроизводительный компьютер JNSTECH BRAV-7135 – это мощная периферийная вычислительная платформа, способная удовлетворить строгие требования, предъявляемые к интеллектуальным аграрным роботам. Благодаря развитым вычислительным возможностям, широкому набору

интерфейсов и надёжности промышленного уровня BRAV-7135 представляет собой комплексное решение для интеллектуальных систем сбора урожая – начиная от анализа окружающей среды и принятия решений и заканчивая точным управлением.

**Для «умного» сельского хозяйства нужны не просто роботы, но и «умный» «мозг»**

Текущие проблемы в мировом сельском хозяйстве:

- сбор урожая требует ручного труда: высокая стоимость, низкая эффективность и сложность нормирования;

- сложные местные условия: переменное освещение, препятствия в виде листвы и неровностей рельефа;
- работа в режиме реального времени: обнаружение, позиционирование и сбор урожая должны осуществляться за доли секунды.

Традиционные облачные решения часто грешат высокой задержкой и сильной зависимостью от качества сети. В отличие от них, периферийные вычисления лишены этих недостатков и быстро становятся ключевой технологией для создания интеллектуальной сельскохозяйственной робототехники.

#### Разработан специально для «умного» сельского хозяйства

Интеллектуальный робот-сборщик, управляемый BRAV-7135, снижает трудозатраты и повышает эффективность сбора плодов, анализируя рост растений и прогнозируя урожайность, сводя к минимуму количество отходов. Комплекс построен на аппаратно-программной архитектуре, использует картографирование SLAM (англ. simultaneous localization and mapping – одновременная локализация и построение карты) на основе лидара, поддерживаемое системой RTK-GPS глобального позиционирования. Визуальная повторная локализация также применяется для исправления накопленных ошибок. На этапе распознавания цели широкоугольная камера выполняет начальное сканирование для определения плодоносящих участков, в то время как мультиспектральный анализ оценивает степень спелости, гарантируя требуемое качество плодов. На этапе сбора урожая программные алгоритмы также рассчитывают оптимальную траекторию уборки, а адаптируемый манипулятор динамически регулирует силу захвата. Инерциальные измерения используются для обеспечения стабильности работы на протяжении всего процесса сбора урожая. После сбора система автоматически сортирует, фасует фрукты в зависимости от степени зрелости, одновременно собирая статистику урожайности и проводя предварительную проверку качества. Система поддерживает автономную зарядку и отправку отчётов о сбоях и отклонениях.

#### Технические характеристики

- Микроконтроллер NVIDIA Jetson AGX Orin 32/64 Гбайт, 200/275 TOPS
- Встроенная память 32/64 Гбайт, 256 бит, LPDDR5
- Поддержка 1×M.2 2280 M-Key NVMe SSD
- 1×HDMI, 1×линейный выход, 1×MIC
- 5×LAN, 4×USB3.2, 3×CAN-FD

- 2×RS-485, 2×RS-232, 2×USB2.0, 8-битный DIO
- 1×M.2 B-Key с поддержкой 4G LTE или 5G NR
- 1×M.2 E-Key с поддержкой беспроводной связи по Wi-Fi и Bluetooth
- Широкий диапазон входного напряжения 9...36 В, защита от перенапряжения, перегрузки по току и короткого замыкания
- Компактный корпус из алюминиевого профиля, комбинированная активная и пассивная система теплоотвода

Система визуального контроля использует две RGB-камеры с подключением через USB или Ethernet для измерения расстояний и точного определения местоположения плодов, а мультиспектральная камера оценивает степень зрелости и наличие дефектов для выборочного сбора урожая; помимо этого, широкоугольная камера и лидар служат для составления карты местности и планирования маршрута, что позволяет объезжать препятствия и моделировать рельеф.

Исполнительная система по CAN-интерфейсу управляет 6-осевым коллаборативным роботом-манипулятором и адаптивными захватами с датчиками усилий или вакуумными присосками, управляемыми по RS-485 и CAN. Вспомогательные системы включают в себя кнопку аварийной остановки и датчики предотвращения столкновений.

#### Программное обеспечение

В распоряжении пользователей имеются различные библиотеки алгоритмов, в том числе стеки ИИ машинного зрения и логического вывода. Интеграция ROS2 в систему управления роботом обеспечивает эффективную и независимую совместную работу модулей осязания, планирования и управления. Она также поддерживает управление различными моделями роботов, преобразованиями координат (TF) и точечными данными из облака. Что касается восприятия, то для создания многопоточных конвейеров обработки видео с помощью ИИ используется интегрированный SDK, позволяющий эффективно обрабатывать визуальные данные с нескольких камер.

Помимо интеллектуальных алгоритмов планирования траектории, обеспечивающих согласованное движение роботизированной руки и мобильного шасси, система оснащена алгоритмами динамического распознавания целей, которые адаптируются к изменениям условий освещения и затенённости листвой. Она также включает в себя адаптивные алгоритмы захвата, которые регулируют силу в зависимости от формы и твёрдости плода. ●



## В Санкт-Петербурге открыли Технопарк на базе Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения

15 апреля состоялась торжественная церемония открытия Технопарка ГУАП. Подразделение создано в рамках программы «Приоритет-2030» для реализации курса на технологическое лидерство в Российской Федерации по трём НПТЛ: «Развитие космической деятельности», «Беспилотные авиационные системы» и «Средства производства и автоматизации». Технопарк университета объединяет порядка 40 лабораторий, исследовательских центров и инженерных площадок. На мероприятии по случаю открытия Технопарка ГУАП презентовали Центр беспилотных транспортных систем, Центр коллективного пользования, Центр довузовской подготовки «Кванториум», Индустриальный полигон коллаборативной робототехники «ИндуТех» и Офис технологического лидерства.

Вице-губернатор Санкт-Петербурга Владимир Княгинин зачитал обращение губернатора города Александра Беглова, который поздравил университет со знаковым событием и отметил, что открытие Технопарка – мощный импульс для укрепления научно-технического потенциала Санкт-Петербурга. Среди других почётных гостей на мероприятии присутствовали первый заместитель председателя комитета по промышленной политике, инновациям и торговле Санкт-Петербурга Алексей Яковлев, генеральный директор акционерного общества «Технопарк Санкт-Петербурга» Олег Якимов, генеральный директор ООО «ИндуТех» Евгений Верещагин, директор Санкт-Петербургской дирекции по развитию бизнеса Филиала Банка ГПБ (АО) «Северо-Западный» Дмитрий Сураев, директор фонда развития промышленности Санкт-Петербурга Сергей Иванов, заместитель директора по развитию станкостроения и робототехники Фонда развития промышленности Санкт-Петербурга Алексей Бульнин, руководитель головного офиса Центра стратегических разработок «Северо-Запад» Дмитрий Санатов, представители группы компаний «Теремок» и других компаний партнёров.

Завершающей частью мероприятия стало подписание соглашения о сотрудничестве между Санкт-Петербургским государственным университетом аэрокосмического приборостроения и Акционерным обществом «Технопарк Санкт-Петербурга». ●



# Умная система видеоаналитики на основе встраиваемого ИИ

Дмитрий Швецов

В статье рассматривается архитектура интеллектуальной системы видеонаблюдения на базе встраиваемого искусственного интеллекта, ориентированной на обнаружение, подсчёт и отслеживание людей в реальном времени. Предложена распределённая конвейерная архитектура обработки видеопотоков с использованием нейронной сети MobileNet-SSD и специализированных аппаратных ускорителей VPU. Описаны аппаратно-программные компоненты системы, методы предварительной и постобработки данных, а также алгоритмы отслеживания объектов на основе фильтров Калмана. Приведён практический пример реализации в промышленной системе контроля опасных зон и обсуждены преимущества пограничных вычислений, включая низкую задержку, энергоэффективность и повышение конфиденциальности данных. Результаты показывают возможность обработки нескольких видеопотоков в реальном времени при низком энергопотреблении, что подтверждает перспективность встраиваемых платформ для интеллектуального видеонаблюдения и систем безопасности.

## Введение

В настоящее время глубокое обучение систем с ИИ продемонстрировало значительные преимущества в различных областях исследований, таких как финансы, медицина, автоматическая классификация объектов и многих других. В частности, компьютерное зрение стало первой областью, в которой глубокое обучение получило широкое применение. Новые методы обработки на основе глубокого обучения заменяют традиционные алгоритмы компьютерного зрения, основанные на физических представлениях, моделях и функциях объектов распознавания. Более совершенные системы способны обрабатывать огромные объёмы данных в крупных вычислительных центрах. Текущие задачи связаны с тренировкой систем машинного обучения на достаточном количестве информации, что требует разметки этих данных. С другой стороны, в данной статье внимание концентрируется на узлах умных камер, распределённых по зоне наблюдения, а значит, требующих автономности.

Совершенствование технологий как на программном, так и на аппаратном

уровне позволило проектировать интеллектуальные системы, способные не только управлять видеопотоками с замкнутой цепи камер, но и анализировать и извлекать информацию из видеопотоков в реальном времени.

Эти встраиваемые системы можно использовать как в общественных, так и в частных пространствах, позволяя контролировать количество людей в зоне, движение толпы, обнаруживать аномальное поведение и т.п. В большинстве такие системы являются централизованными, выполняющими алгоритмы компьютерного зрения в одном ЦОДе. Эта центральная система обработки получает и обрабатывает информацию со всей сети камер. Старые системы видеонаблюдения (мониторинга) не обрабатывали информацию и требовали анализа оператора, который был обязан внимательно следить за каждой камерой, и чья эффективность анализа могла снижаться из-за усталости и монотонности.

Современные централизованные системы обработки видео хранят и обрабатывают видеoinформацию, полученную из сети камер. Только некоторые предупреждения или видеофраг-

менты отображаются на центральной консоли/оператору, не требуя высокого уровня внимания к управлению системой наблюдения.

С другой стороны, появление Интернета вещей и концепции вычислений на граничных узлах привело к появлению множества решений, интегрированных в распределённых системах видеонаблюдения. Таким образом, интеллект системы распределён между несколькими узлами, каждый из которых может включать камеру и систему обработки, выполняющую простые задачи перед отправкой информации оператору, облегчая его работу.

Для более сложных задач современные алгоритмы обнаружения систем компьютерного зрения включают нейронные сети с глубоким машинным обучением (DNN). Для выполнения DNN обычно требуются высокопроизводительные аппаратные системы с большой вычислительной мощностью с графическими процессорами. Помимо высокой стоимости, эти аппаратные модули имеют высокое энергопотребление, и их может быть сложно встроить в распределённые узлы умных камер.

В этом контексте в статье рассматривается интеллектуальная система видеонаблюдения для обнаружения, подсчёта и отслеживания людей в реальном времени на встраиваемой аппаратной системе с использованием новых аппаратных модулей – процессоров обработки изображений. Эта система может быть легко установлена и настроена для работы в качестве узлов с умными камерами в распределённой системе видеонаблюдения.

В качестве примера подобной системы для задачи отслеживания и обнаружения людей рассмотрим архитектуру MobileNet-SSD, оценим производительность системы, сравнив её с другими алгоритмами, оценим потребление энергии граничного узла для конвейерной архитектуры, способной обрабатывать до 12 видеопотоков одновременно.

## Обзор технологий встраиваемого ИИ

Для оценки выполнения задач ИИ на встраиваемых устройствах необходимо проанализировать возможности производительности устройств с ограниченными ресурсами в реальном времени.

На рынке существует множество устройств, позволяющих внедрять искусственный интеллект «на борту».

Наиболее известным сопроцессором ускорения является графический процессор (GPU). Большинство GPU предназначены для использования в составе настольных компьютеров, но в последние годы появились различные встраиваемые комплекты разработки, включающие GPU, такие как Jetson AGX Xavier или Jetson Nano, в основном ориентированные на автономные системы.

Другой тип технологии аппаратного ускорения – семейство Coral от Google. Это набор устройств, которые можно подключить через порт USB и создать систему ускорения для архитектур, ориентированных на тензорные вычисления.

Новейшей технологией для разработки систем видеонаблюдения является Vision Processing Unit (VPU), разработанная Intel и ориентированная на параллельную обработку нейронных сетей. VPU ориентированы на высокоскоростную обработку вывода с очень низким энергопотреблением, что позволяет внедрять такие устройства во встраиваемые системы.

## Встраиваемый ИИ: аппаратные платформы и тенденции

Термин «встраиваемый искусственный интеллект» охватывает широкий спектр аппаратных и программных решений, предназначенных для выполнения задач машинного обучения непосредственно на устройстве, без необходимости постоянной связи с облаком или центральным сервером.

Ключевые преимущества встраиваемого ИИ:

- 1) низкая задержка: решения принимаются локально, что критично для систем реального времени (наблюдение, автономные транспортные средства);
- 2) конфиденциальность данных: видеопотоки и другие чувствительные данные не покидают устройство;
- 3) надёжность: работа продолжается при отсутствии или ухудшении сетевого соединения.
- 4) энергоэффективность: специализированные процессоры оптимизированы для выполнения операций нейронных сетей с минимальным энергопотреблением.

### Основные классы аппаратных ускорителей для встраиваемого ИИ

1. *Vision Processing Units (VPU)*: специализированные процессоры, такие как Intel Movidius Myriad X, спроектированные для высокоэффективного выполнения операций вывода нейронных сетей. Их архитектура включает множество маломощных вычислительных ядер (SHAVE), оптимизированных для потоковой обработки данных компьютерного зрения. Потребляемая мощность часто составляет менее 5 Вт, что делает их идеальными для автономных устройств.
2. *Tensor Processing Units (TPU)*: разработанные Google, эти ASIC (специализированные интегральные схемы) оптимизированы исключительно для матричных умножений, лежащих в основе нейронных сетей. Edge TPU, как в устройствах Coral, предлагают высокую производительность при очень низком энергопотреблении для задач вывода.
3. *Графические процессоры (GPU) для встраиваемых систем*: платформы, такие как NVIDIA Jetson (Nano, AGX Xavier), объединяют мощные GPU архитектуры CUDA с процессорами ARM в форм-факторе, подходящем для встраиваемых и робототехнических

применений. Они обеспечивают большую гибкость для разработки и выполнения сложных моделей, но, как правило, имеют более высокое энергопотребление, чем VPU/TPU.

4. *Нейроморфные процессоры*: инновационные чипы, такие как Intel Loihi, имитируют структуру и работу биологического мозга (спайковые нейронные сети). Они обещают на порядки более высокую энергоэффективность для определённых классов задач, особенно связанных с обработкой сенсорных потоков данных в реальном времени, и являются перспективным направлением для встраиваемого ИИ будущего.

В статье рассмотрим платформу UpSquared2 с VPU Myriad X, что является компромиссом между высокой производительностью в задачах компьютерного зрения, крайне низким энергопотреблением и относительно низкой стоимостью, что соответствует требованиям массового развёртывания в системах видеонаблюдения.

### Обнаружение людей

Обнаружение объектов определяется как способность распознавать и локализовать определённый тип объекта на изображении. В этом контексте литература, связанная с обнаружением людей в приложениях видеонаблюдения, очень обширна. Среди различных предложенных методов можно выделить две большие группы: основанные на классических методах, которые используют математические техники и моделирование особенностей людей, и современные подходы, основанные на глубоком обучении.

Принадлежащий к классическим методам распознавания образов на изображении алгоритм, определяющий особенности изображения с использованием гистограммы ориентированных градиентов, а затем применяющий классификатор на основе метода опорных векторов, является одним из самых популярных. В алгоритме предполагается использование признаков для обнаружения головы и плеч людей в сочетании с классификатором на основе анализа главных компонент.

В последние годы увеличилось использование камер RGBD, которые предоставляют как RGB-изображения, так и информацию о глубине с использованием различных технологий, таких как стереоскопическое зрение или время пролёта (время, необходимое свету

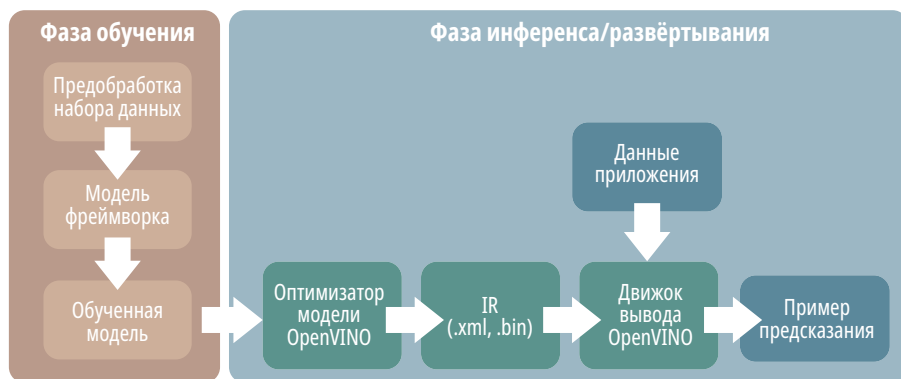


Рис. 1. Архитектура OpenVINO™

для прохождения до объекта и обратно к камере). Улучшение мощности систем обработки привело к смене парадигмы в компьютерном зрении. В частности, классификация изображений и распознавание объектов перешли на использование нейронных сетей. Одной из первых таких сетей была так называемая AlexNet в 2012 году. Кроме того, этот тип сети можно использовать для обнаружения конкретных элементов, таких как пешеходы.

Этот тип сети использует наборы свёрточных слоёв, извлекающих данные, которые используются плотной нейронной сетью для классификации изображения. Для обучения этих сетей используются размеченные наборы данных, что позволяет получить классификаторы с высокой способностью к обобщению и значениями точности, далеко выходящими за рамки тех, что дают классические методы. Для правильного обучения эти наборы данных должны быть большого объёма, а в случае их недостаточности существуют методы, позволяющие улучшить обучение с меньшим количеством изображений, решая проблему переобучения. Несмотря на хорошие результаты в точности, необходимо учитывать высокую вычислительную стоимость при работе с этим типом сети, что делает её дорогой и сложной для работы в реальном времени.

Для улучшения работы в реальном времени и ускорения вычислений было предложено несколько математических моделей. Они обычно называются алгоритмами «один выстрел» из-за их способности локализовать область с наиболее релевантной информацией на изображении. Среди этих алгоритмов наиболее известны Faster R-CNN, SSD и YOLO. Эти алгоритмы могут обрабатывать изображения в реальном времени на устройствах с ограниченными ресурсами. Рассмотрим алгоритм для обнаружения людей SSD. По сравнению с классическими

методами, он медленнее в обучении, но имеет лучшие результаты как по времени, так и по точности в выводе.

### Встраиваемая система обработки: аппаратные и программные компоненты

Поскольку одним из требований к предлагаемой системе является её портативность и гибкость для развёртывания, выбор аппаратной встраиваемой платформы является одной из основных задач, решаемых в разработке. Одной из целей была разработка приложения ИИ для встраиваемой системы, которое могло бы обнаруживать, отслеживать и подсчитывать людей. Предложенная архитектура была основана на распараллеливании нескольких процессов для наиболее эффективного использования доступных аппаратных модулей. Анализ был разделён на два процесса, которые общаются через использование независимых буферов.

Для тестирования алгоритмов искусственного интеллекта на VPU наиболее часто используется платформа OpenVINO™, упрощающая оптимизацию и развёртывание свёрточных нейронных сетей (CNN). Платформа OpenVINO™ включает два различных инструмента, показанных на рис. 1: оптимизатор моделей (Model Optimizer) и движок вывода (Inference Engine). Эти инструменты позволяют оптимизировать модель и снизить время выполнения, используя для этого различные аппаратные платформы, например процессоры Intel (CPU), ускорители нейросетей (VPU) или графические процессоры (GPU). Одно из преимуществ этой платформы заключается в том, что её можно установить на любое устройство, отвечающее минимальным требованиям. Это также позволяет устанавливать оба модуля отдельно: оптимизатор моделей – на компьютере, используемом для обучения сети, а движок вывода – во встраиваемой системе.

Оптимизатор моделей представляет собой консольное приложение, которое позволяет адаптировать и оптимизировать нейронные модели для ускорения вывода. Оптимизатор моделей OpenVINO™ поддерживает различные фреймворки, такие как TensorFlow, PyTorch или Caffe. В результате его работы создаются файлы промежуточного представления: файл с расширением .xml, описывающий слои, размеры и соединения архитектуры, и файл с расширением .bin, содержащий веса параметров этой архитектуры. Что касается движка вывода, он может быть установлен на любом устройстве независимо от оптимизатора моделей. Движок вывода загружает IR-файлы и выполняет вывод на выбранном пользователем оборудовании, будь то CPU, VPU или GPU. Кроме того, движок вывода отвечает за балансировку нагрузки при выводе, чтобы не перегружать отдельные устройства. Таким образом, вычислительная нагрузка распределяется либо между ядрами CPU, либо между несколькими VPU.

### Обработка изображений с применением ИИ для обнаружения и отслеживания людей на встраиваемых системах

Основной идеей разработки приложения на основе ИИ является создание инструментария, способного обнаруживать, отслеживать и подсчитывать людей во встраиваемой системе. На рис. 2 представлена архитектура решения, основанная на параллелизации нескольких процессов с целью максимально эффективного использования доступных аппаратных модулей. Анализ был разделён на два взаимосвязанных процесса, обменивающихся данными через промежуточные буферы.

В первом процессе – так называемом процессе аналитики данных – выполнялись предварительная обработка изображения и постобработка информации, возвращённой движком вывода ИИ. До предварительной обработки к изображению могли применяться различные алгоритмы: снижение шума, детектор границ или другие методы низкоуровневой обработки пикселей для улучшения качества изображения. Однако, поскольку такая низкоуровневая предобработка зависит от конкретного сценария применения и привносит дополнительные вычислительные затраты, она была сведена к минимуму: выбор области интереса (ROI), 300 пикселей и нормализация значений пиксе-

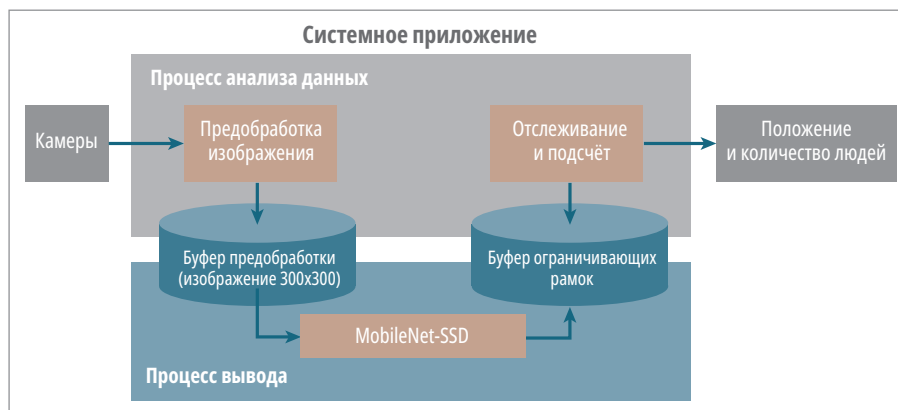


Рис. 2. Поток данных и многопоточная обработка

лей в диапазон  $(-1,0, +1,0)$  – всё это делалось для соответствия требованиям входного слоя сети MobileNet-SSD. Постобработка включает реорганизацию данных, полученных от сети MobileNet-SSD, которые содержат ограничивающие рамки, предсказывающие расположение людей. Эта информация далее анализируется банком фильтров Калмана, прогнозирующим движения и возможные перекрытия объектов, что позволяет получить более точный и надёжный результат. Весь первый процесс полностью выполняется на центральном процессоре (CPU) системы.

Второй процесс – это непосредственно выполнение вывода нейронной сети. Он предназначен для работы на границе (edge) с использованием VPU, хотя также допускается его выполнение на CPU. После того как MobileNet-SSD завершает вывод, ограничивающие рамки сохраняются в общий буфер. В соответствии с архитектурным решением, представленным на рис. 2, использование таких компонентов, как VPU, позволяет одновременно выполнять более одного вывода, обрабатывая несколько видеопотоков параллельно. При использовании CPU количество одновременных выводов определяется вычислительной мощностью процессора и числом его ядер.

### Обнаружение людей с использованием MobileNet-SSD

Для разработки была выбрана архитектура MobileNet, которая использует метод SSD для обнаружения объектов. Причин использования этой архитектуры две: во-первых, требовалась быстрая архитектура, которую можно было бы реализовать с выбранными алгоритмами, такими как SSD; и, во-вторых, была критична требовательность к ресурсам, потому что устройства, используемые в этом проекте, являются портативными, и их оборудование не такое

мощное, как у высокопроизводительного ПК. По этой причине была выбрана архитектура MobileNet, основной особенностью которой является скорость вычислений и использование типа свёрточных слоёв, позволяющих использовать меньше ресурсов. Эта архитектура снижает интенсивность обработки данных благодаря использованию разделимых поэлементных и точечных свёрточных слоёв.

### Отслеживание людей с использованием банка фильтров Калмана

Для отслеживания людей в данной системе обнаружения использовались фильтры Калмана. Основные причины использования этого типа фильтров: устойчивость к перекрытиям и низкая вычислительная стоимость фильтра. В рассматриваемой системе предполагается, что движение людей будет происходить с постоянной и линейной скоростью. Кривые зависимости предсказания состояния и обновления состояния показаны на рис. 3, а числовые данные – в табл. 1. Эти зависимости отслеживания одного человека с помощью фильтра Калмана представлены на фото рис. 3 в виде рамки, выделяющей объект. Таким образом, для каждого обнаружения, выполненного на MobileNet-SSD, фильтр Калмана будет отслеживать каждый объект в виде ограничивающих рамок обнаруженных объектов.

Для распараллеливания каждого из элементов, составляющих систему, ис-

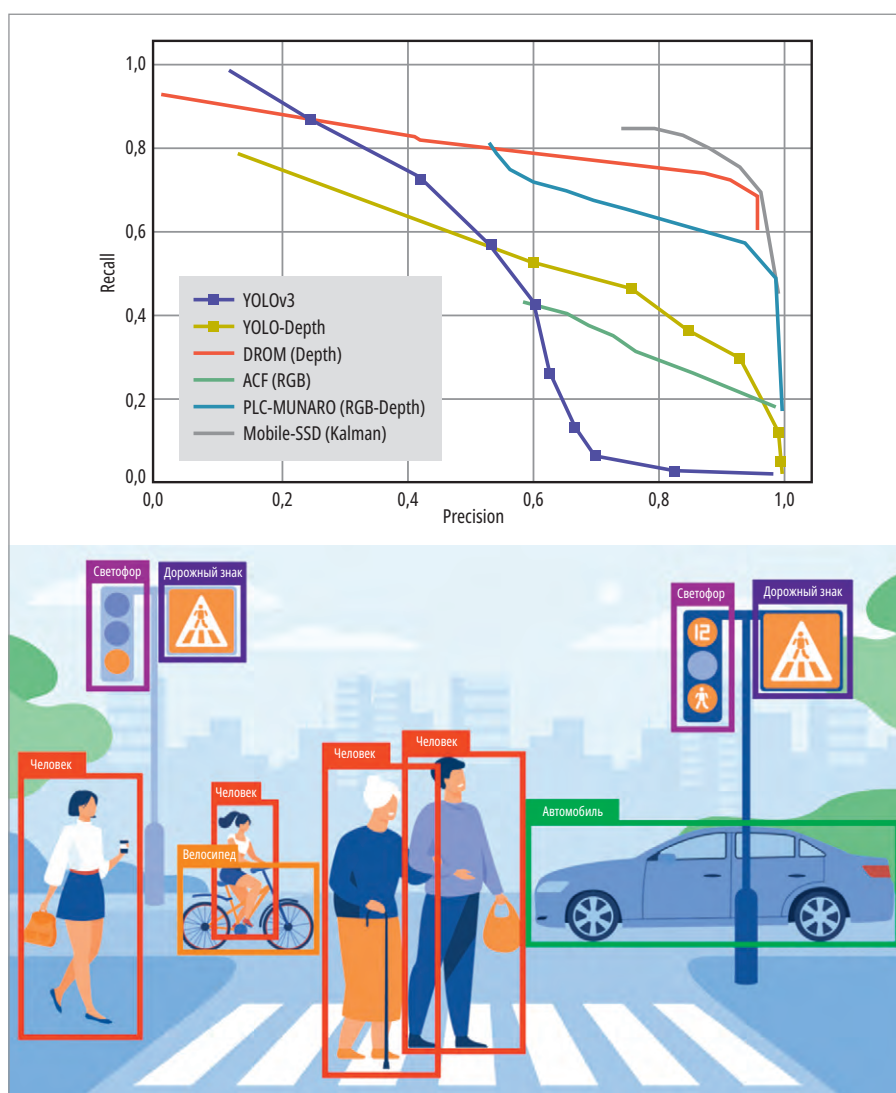


Рис. 3. Полнота и точность распознавания объектов различных нейросетей

Таблица 1. Полнота и точность набора данных EPFL

Методы	EPFL-объект		EPFL-стенд	
	Точность	Полнота	Точность	Полнота
MobileNet-SSD+Kalman	87,82	88,14	81,3	80,6
ACF	83,8	86,4	66,3	40,3
DPOM	98,5	85,4	96,3	70,9
PCL-MUNARO	88,61	82,36	92	56
YOLOv3	89,7	90,3	58,6	59,8
YOLO-depth	89,8	88,6	78,4	47,9

пользуется конвейерная работа. Основными элементами, составляющими архитектуру, являются предварительная обработка, фильтр Калмана и вывод MobileNet-SSD. Распараллеливание вычислительных процессов позволяет обрабатывать более одного видеопотока одновременно. Эту функцию ранее выполняли с помощью очередей CPU, теперь это выполняется с помощью VPU, которая может обрабатывать более одного вывода одновременно, а также более оптимально, чем через CPU. Это позволяет не только обрабатывать больше видеопотоков, но и более эффективно использовать аппаратные средства устройства вычислительной платформы.

В качестве наглядного примера успешной реализации принципов встраиваемого ИИ в специализированном оборудовании можно рассмотреть российскую разработку – бортовой комплекс контроля опасных зон «ВИЗИОН». Данное решение демонстрирует, как современные технологии компьютерного зрения и локального вывода нейронных сетей воплощаются в компактных автономных устройствах для решения конкретной прикладной задачи – повышение безопасности при эксплуатации транспорта и техники в ограниченных пространствах.

## Ключевые особенности и архитектура решения системы

«ВИЗИОН» представляет собой законченный встраиваемый комплекс, построенный на рассмотренных ранее принципах.

Её архитектура включает в себя:

- блок управления с модулем ИИ, выполняющий функции, аналогичные описанному выше конвейеру данных. На этом блоке, оснащённом специализированным аппаратным ускорителем (например, VPU), работает сконфигурированная нейронная сеть для детекции людей;

- набор камер (от 1 до 6 шт.), формирующих видеопотоки для анализа. Система поддерживает суммарный угол обзора до 360° и может работать в условиях средней освещённости, при необходимости используя инфракрасные камеры;
- локальный коммуникационный блок и модуль светозвуковой сигнализации для оповещения;
- автономный или сетевой источник питания с широким диапазоном входного напряжения питания.

В данном случае реализация принципов встраиваемого ИИ в системе «ВИЗИОН» на примере локального и полностью автономного комплекса, который не требует облачных вычислений или постоянного сетевого подключения. Все операции – от захвата изображения до анализа сцены и принятия решения – выполняются на борту. Это обеспечивает минимальную задержку, критически важную для систем безопасности, и независимость от качества каналов связи. Для выполнения задач компьютерного зрения в реальном времени используются энергоэффективные аппаратные ускорители, такие как VPU или аналоги. Это позволяет системе иметь низкое энергопотребление при высокой вычислительной производительности, делая возможным питание от аккумуляторов или использование в удалённых локациях. Следует отметить, что видеопотоки с камер обрабатываются локально и не передаются в облако или внешние центры обработки данных. Это гарантирует сохранность информации и соответствует строгим требованиям безопасности на промышленных объектах. Как упоминалось ранее, в основе этой системы лежит нейронная сеть, оптимизированная для детекции человека. Сеть анализирует данные в реальном времени, прогнозируя возникновение опасных ситуаций. Как и в рассмотренной архитектуре на базе MobileNet-SSD, сеть использует опти-

мизированные свёрточные слои для баланса между точностью и скоростью работы на ограниченных ресурсах. Важной особенностью является возможность дополнительного «дообучения» сети под индивидуальные требования заказчика для распознавания специфических объектов или сценариев (предметы, животные).

Отличительной особенностью описанного примера является большее количество зон контроля, их размеры и пороги срабатывания сигнализации (световой индикатор на расстоянии 5-3 метра, звуковой – на 3 метра и ближе). Это позволяет адаптировать систему к работе как в крупных цехах, так и в тесных помещениях или проходах. Таким образом, эта система служит отличным примером того, как теоретические и аппаратно-программные разработки в области встраиваемого ИИ находят практическое применение. Она решает актуальную проблему безопасности, сочетая высокую точность обнаружения (до 99,9%), работу в реальном времени, энергоэффективность и соответствие требованиям к защите данных, демонстрируя все ключевые преимущества пограничных вычислений в сфере промышленного видеонаблюдения и автоматизации.

## Заключение

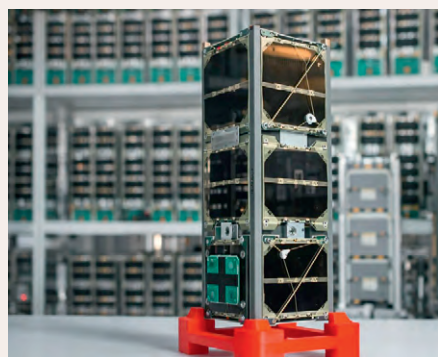
В статье был рассмотрен метод создания систем с ИИ на встраиваемой платформе, которая может обнаруживать и отслеживать людей надёжным и точным способом. Новая компьютерная технология, используемая на встраиваемых платформах, – это аппаратные модули VPU, которые позволяют выполнять вывод CNN быстрее и эффективнее, чем CPU, в устройствах начального уровня. Разработанная система позволяет реализовать приложение компьютерного зрения с низким энергопотреблением и высокой вычислительной производительностью.

Другим важным моментом системы является обработка нескольких видеопотоков в реальном времени с использованием интегрированного VPU. Возможность автономного питания системы от портативных батарей или возобновляемых систем обеспечивает большую гибкость в распределённых системах видеоналики. ●

Автор – сотрудник фирмы ПРОСОФТ  
Телефон: (495) 234-0636  
E-mail: info@prosoft.ru

### Спутник для отработки исследовательских проектов и подготовки кадров для аэрокосмической отрасли уже на орбите

28 декабря 2025 года с космодрома Восточный в Амурской области состоялся запуск ракеты-носителя «Союз-2.1б» Госкорпорации «Роскосмос». В качестве попутной полезной нагрузки группа компаний «СПУТНИКС» отправила на околоземную орбиту новую партию космических аппаратов в интересах различных заказчиков для отработки технологических и научно-образовательных экспериментов. Среди



них спутник (малый космический аппарат CubeSat 3U) для отработки модулей и полезной нагрузки спутникового Интернета вещей. К нему предоставлен доступ для решения задач подготовки кадров для ракетно-космической отрасли и развития компетенций в области центров управления полётами в Санкт-Петербургском государственном университете аэрокосмического приборостроения (ГУАП). После успешного старта все космические аппараты отделены от пусковых контейнеров по достижении заданной орбиты.

Центр управления полётами «СПУТНИКС» установил связь со всеми запущенными спутниками и получил необходимые данные телеметрии с них.

В продолжение сотрудничества и решения научных и образовательных задач данному спутнику предстоит стать первым спутником, управляемым специалистами ГУАП из собственного ЦУП после настройки наземной станции и соответствующего обучения. ГУАП и «СПУТНИКС» реализуют совместный проект по созданию малых космических аппаратов CubeSat, начавшийся в 2025 году. ●

### Итоги XXII Международного конкурса ISA EMEA SPC-2026 на лучшую студенческую научную работу Европейского, Ближневосточного и Африканского региона

Большого успеха добились студенты и аспиранты Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения (ГУАП). Золотыми медалями награждены: Васильева Татьяна, Раскопина Анастасия, Ткаченко Даниил, Блиников Иван, Григорьев Игорь, Виноградов Дмитрий, Калистратов Яромир, Алексеев Кирилл. Серебряными медалями награждены: Багаева Анастасия, Громьш Яна, Иванов Кирилл, Лисовенко Софья, Кривошеев Фёдор, Пospelова Ева, Бездырев Максим, Рындина Карина. Бронзовыми медалями награждены: Маханов Иван, Иванов Максим, Жилка Артём, Дианов Влас, Крейзо Марина, Трегубов Сергей, Бухвалова Полина, Медведев Даниил, Рачковская Екатерина, Баневич Глеб, Буш Анна, Клешнин Борис, Андреева Наталья, Плотнянский Даниил, Чабаненко Георгий. Команда университета стала победителем в общем медальном зачете. ●



## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ

Серия **сМТх**




**Высокопроизводительные панели оператора с системой контроллера CODESYS ПЛК**

- Визуализация с помощью EasyBuilder Pro
- Поддержка протоколов IIoT: MQTT и OPC UA
- Поддержка CANopen, Modbus TCP/IP, EtherCAT, EtherNet/IP
- Поддержка удалённого ввода/вывода



Панели оператора серии сМТх одобрены Российским морским регистром судоходства



(495) 234-0636  
INFO@PROSOFT.RU

[WWW.PROSOFT.RU](http://WWW.PROSOFT.RU)





# Отказоустойчивый ПЛК Fastwel для АСУ ТП повышенной надёжности

Алексей Бармин

Конечной целью функционирования большинства АСУ ТП является в первую очередь повышение эффективности работы технологического оборудования. Но при этом в зависимости от характера производства и/или особенностей производимой продукции она должна также обеспечивать гарантированную непрерывность управления технологическим процессом, поскольку в противном случае аварийная остановка или некорректное его завершение могут привести к значительным экономическим потерям, стать угрозой здоровью людей или состоянию окружающей среды. В этой статье приведён обзор отказоустойчивого ПЛК Fastwel для автоматизации критически важных процессов.

## Введение

Особые требования по надёжности функционирования предъявляются к системам управления технологическими процессами для предприятий нефтехимической, химической, горнодобывающей промышленности, объектов добычи и транспортировки углеводородов, энергетических установок и других.

От систем управления подобными объектами требуется высокая надёжность аппаратной части и выполнения алгоритмов управления, а также возможность резервирования элементов системы при управлении критическими процессами.

Задача непосредственного управления в АСУ ТП, как правило, решается на её среднем иерархическом уровне, основу которого обычно составляют программируемые логические контроллеры (ПЛК), объединённые в единую структуру каналами связи.

Ниже приводится описание контроллера и коммуникационного оборудования Fastwel, которое благодаря своим техническим характеристикам и функциональным возможностям обеспечивает реализацию систем АСУ ТП повышенной надёжности.

## ПЛК Fastwel F800

Российский ПЛК Fastwel F800 (рис. 1), серийный выпуск которого в полном объёме стартовал в 2025 году, предназначен для реализации локальных и распределённых АСУ ТП повышенной надёжности для технологических установок и производственных участков как с дискретным, так и непрерывным характером производства.

Для использования в составе АСУ непрерывных производственных процессов ПЛК F800 обладает поддержкой го-

рячей замены периферийных модулей, модуля центрального процессора в схеме частичного резервирования ПЛК, а также возможностью реализации различных схем резервирования линий связи.

Наличие в составе серии Fastwel F800 модулей повышенной точности измерения и формирования аналоговых сигналов позволяет реализовывать на базе ПЛК промышленные измерительные системы и испытательные установки различного назначения.

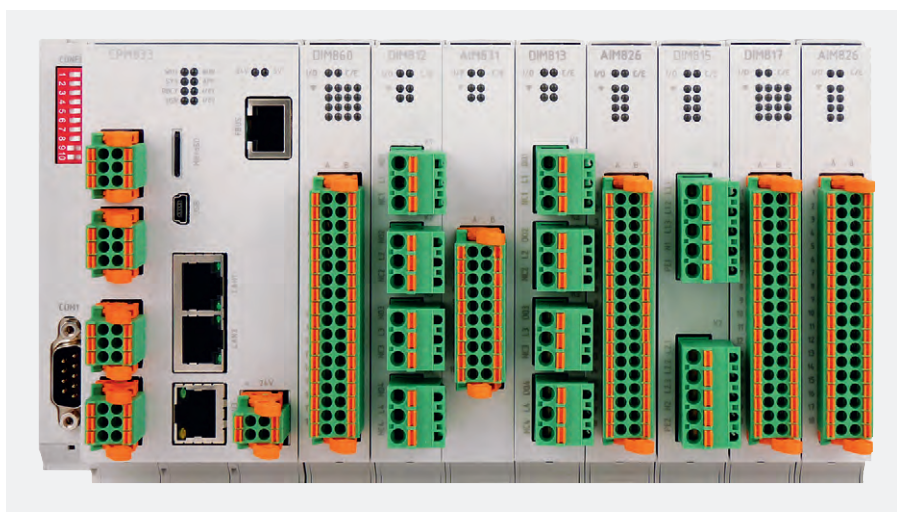


Рис. 1. ПЛК Fastwel F800

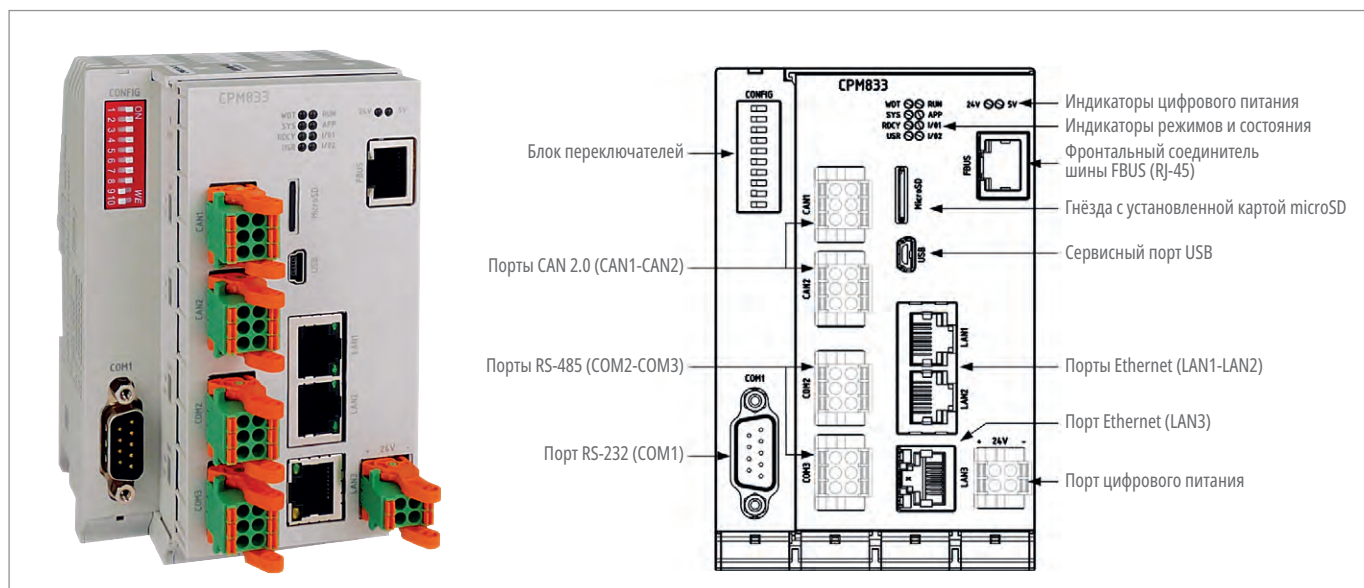


Рис. 2. Внешний вид программируемого контроллера CRM833

## Особенности

Отметим ключевые особенности и основные возможности ПЛК:

- до 64 периферийных модулей на одной системной шине,
- до 384 периферийных модулей в составе одного ПЛК,
- период исполнения пользовательских алгоритмов от 1 мс,
- поддержка резервирования контроллеров,
- «горячая» замена периферийных модулей,
- бесплатная интегрированная среда разработки,
- диапазон рабочих температур от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ ,
- срок гарантии 3 года.

ПЛК Fastwel F800 выполнен по классической модульной схеме, в которой основным элементом является программируемый контроллер, выполняющий функцию модуля центрального процессора. Обмен данными между программируемым контроллером и периферийными модулями осуществляется по внутренней межмодульной шине FBUS последовательного типа, к которой может быть подключено до 64 периферийных модулей. Скорость передачи данных по шине FBUS равна 2 Мбит/с, но благодаря особенностям протокола обмена, к примеру, время опроса 1024 каналов дискретного ввода составляет всего 1 мс.

Особенностью ПЛК Fastwel F800 является то, что шина FBUS может быть как локальной, когда периферийные модули подключаются напрямую к мастеру шины программируемого контроллера, так и удалённой (образно го-

воря, «FBUS через Ethernet»), реализуемой по сети Ethernet с применением специального коммуникационного модуля NIM845. Наличие удалённой шины FBUS позволяет реализовывать на базе ПЛК Fastwel F800 не только локальные, но и небольшие территориально-распределённые системы управления.

Программируемые контроллеры и периферийные модули Fastwel F800 обладают аппаратно-программной совместимостью со всеми модулями ввода-вывода и коммуникационными модулями младшей серии Fastwel I/O, благодаря чему они могут совместно использоваться в составе одного ПЛК.

Программирование и конфигурирование контроллеров осуществляется с использованием пакета инструментальных средств ПЛК Fastwel в совместимых с ним средах разработки CODESYS V3 компании CODESYS Development GmbH и Astra.IDE компании РЕГЛАБ, которая включена в Реестр российского программного обеспечения (запись № 14356).

Системным программным обеспечением (ПО) контроллеров поддерживаются следующие коммуникационные протоколы:

- сервер OPC UA с поддержкой защищённого соединения,
- Modbus TCP (клиент и сервер),
- Modbus RTU/ASCII (ведущий и ведомый),
- CANopen (мастер и подчинённый),
- сервер FTP, FTPS, SFTP (чтение и запись файлов),
- сервер HTTP (настройка системных параметров),
- NTP v4 (клиент и сервер),

- IEEE 1588v2 PTP (ведущий и подчинённый узлы),
- ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 (ведущий и подчинённый узлы).

Отметим, что встроенное (системное) ПО ПЛК Fastwel «ИМЕС.00320-03 Система исполнения ПЛК» включено в Реестр российского программного обеспечения (запись № 27161).

## Программируемый контроллер CRM833

В состав серии Fastwel F800 в настоящее время входят программируемый контроллер начального уровня CRM803, а также высокопроизводительный программируемый контроллер CRM833 (рис. 2). Последний по своим техническим характеристикам и функциональным возможностям представляет наибольший интерес, поэтому последующий рассказ будет вестись именно о нём.

Контроллер CRM833 выполнен на базе высокопроизводительного 4-ядерного процессора Rock Chip RK3568J (KHP) и обладает настраиваемой пользователем функцией распределения групп задач приложения на отдельные ядра процессора со следующими способами привязки:

- свободное закрепление – задачи выбранной группы автоматически распределяются на разные ядра процессора в зависимости от загрузки процессора и динамически меняют привязку к ядрам при изменении загрузки,
- последовательное закрепление – задачи выбранной группы автоматически распределяются на разные

ядра процессора и не меняют свою привязку в процессе работы,

- фиксированное закрепление – все задачи выбранной группы автоматически распределяются на одно ядро процессора, которое выбирает среда,
- привязка вручную – все задачи выбранной группы распределяются на одно ядро с номером, заданным в конфигурации приложения.

Наличие такой функции позволяет не только увеличить производительность контроллера путём распределения нагрузки между несколькими ядрами процессора при выполнении сложных алгоритмов, но также повысить его функциональную надёжность за счёт исполнения критически важных по времени реакции прикладных задач на отдельных (индивидуальных) ядрах.

Встроенный дисковый флеш-накопитель контроллера обладает объёмом не менее 8 Гбайт, из которых приложению МЭК 61131-3 доступно для использования не менее 6 Гбайт. Кроме того, в контроллере реализована поддержка карт памяти microSD (SDSC, SDHC, Spec. v1.1, v2.0) с файловой системой FAT16/FAT32 объёмом до 32 Гбайт. При поставке в состав устройства входит карта памяти объёмом не менее 1 Гбайт, которая может использоваться в качестве дополнительного дискового накопителя для хранения данных и параметров пользовательского приложения, а также для сохранения файлов журнала ПЛК.

Коммуникационная подсистема CPM833 представлена тремя портами Ethernet 10/100/1000BASE-T, два из которых реализованы на базе аппаратного коммутатора второго уровня (L2) и способны функционировать как в коммутируемом (подрежимы Switch и Ring), так

и некоммутируемом (подрежимы One Subnet и DSA) режимах. Все порты Ethernet могут использоваться для связи между средой разработки и контроллером, а также для связи между контроллером и другими узлами промышленных сетей по протоколам Modbus TCP, ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 или с использованием системной библиотеки SysSocket.

Порты последовательных интерфейсов RS-232C и RS-485 могут использоваться для осуществления обмена данными по протоколу Modbus RTU или ASCII в режиме ведущего или ведомого устройства либо с применением функций системной библиотеки SysCom при скорости передачи до 115 200 бит/с.

Контроллер исполнения CPM833-04 дополнительно имеет два гальванически изолированных порта интерфейса CAN, позволяющих осуществлять информационный обмен по протоколу CANopen или с использованием пользовательских CAN-сообщений с 11-битовым идентификатором и с количеством байт данных от 1 до 8. Отметим, что поддержка стандартных функций протокола CANopen в контроллере реализована на системном уровне, что обеспечивает существенное повышение скорости и эффективности информационного обмена, а также экономию ресурсов пользовательского приложения.

Уникальной особенностью контроллера CPM833 является наличие в нём двух независимых мастеров межмодульной шины FBUS, что обеспечивает возможность одновременного подключения двух наборов периферийных модулей Fastwel F800 и/или Fastwel I/O по 64 модуля в каждом. Кроме удвоения количества напрямую подключаемых к контроллеру модулей наличие двух си-

стных шин позволяет при необходимости разделить сигнальные модули на две группы в зависимости от требуемой периодичности их опроса: условно быструю для связанных с быстропротекающими процессами и условно медленную – для остальных задач.

### Периферийные модули

К этой категории относятся сигнальные модули, выполняющие функцию ввода и вывода аналоговых или дискретных сигналов, а также коммуникационные модули для обмена данными через последовательные интерфейсы RS-232 и RS-422/485 (рис. 3).

Номенклатура сигнальных модулей Fastwel F800 позволяет осуществлять ввод и вывод большинства типовых сигналов тока и напряжения. При этом сигнальные модули отличаются:

- высокая плотность каналов, достигающая 16 каналов для модулей аналогового ввода и 32 каналов для модулей дискретного ввода;
- многофункциональность, означающая, в частности, наличие в модулях дискретного ввода опциональной возможности счёта событий на входах, а в модулях дискретного вывода – возможности генерации ШИМ-сигналов;
- повышенная точность аналоговых каналов как на ввод, так и на вывод сигналов;
- контроль целостности цепей, присутствующий во многих как дискретных, так и аналоговых модулях;
- наличие защиты от микросекундных импульсных помех (МИП) и наносекундных импульсных помех (НИП) в каждом модуле, существенно повышающей их эксплуатационную надёжность.



Рис. 3. Сигнальные модули

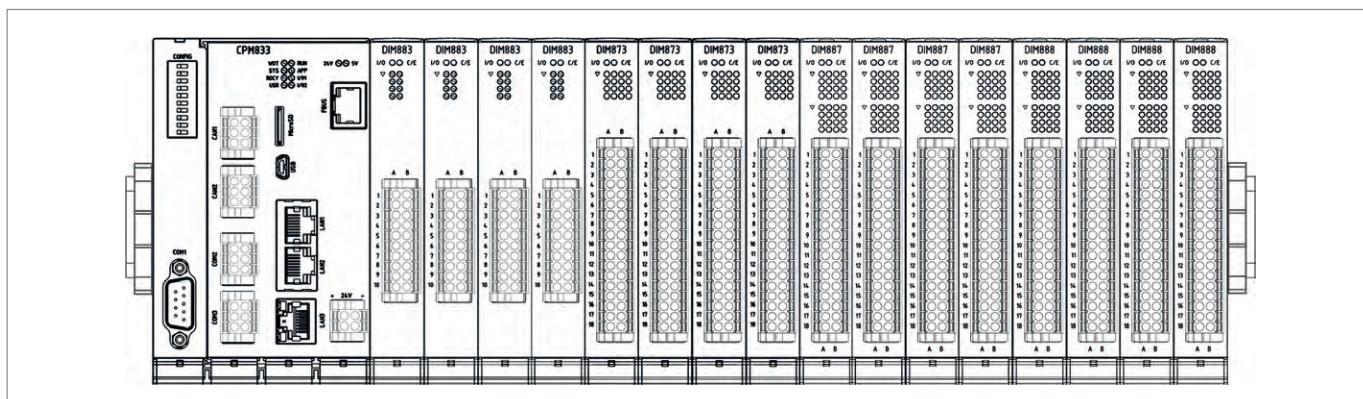


Рис. 4. Базовая конфигурация ПЛК

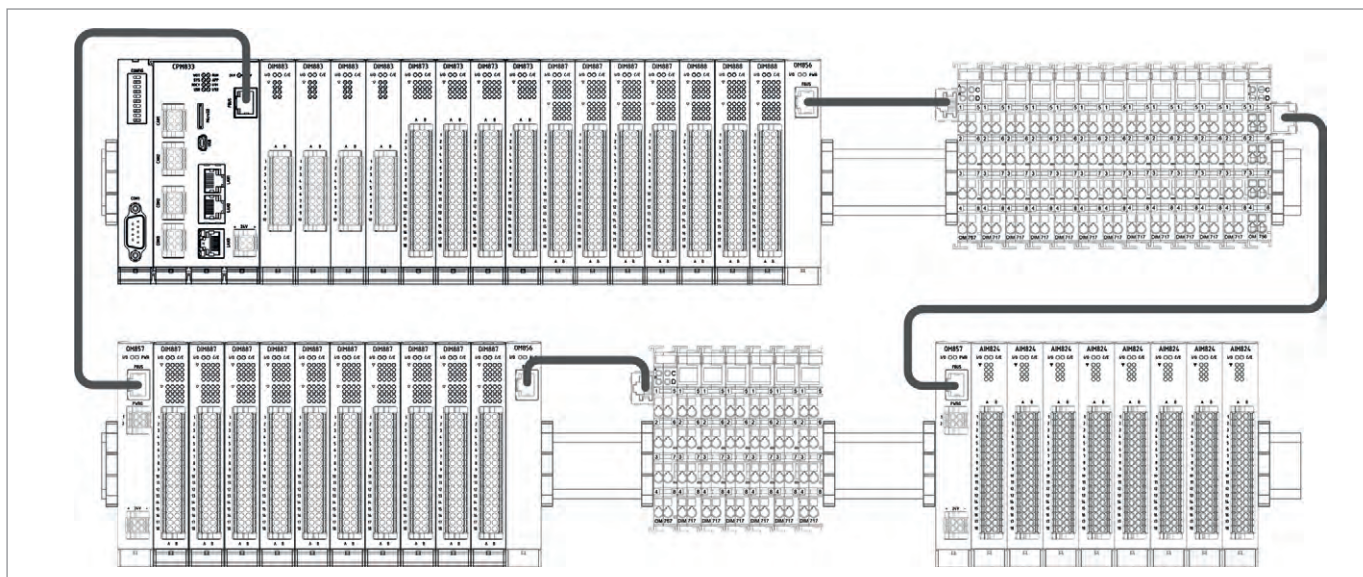


Рис. 5. Смешанная конфигурация ПЛК

## Типовые конфигурации ПЛК

### Базовая конфигурация

Содержит программируемый контроллер и, как минимум, один смежный набор периферийных модулей, подключённых к локальному порту межмодульной шины FBUS программируемого контроллера (рис. 4). Один смежный набор может содержать до 20 периферийных модулей при условии, что их суммарная потребляемая мощность не превышает 20 Вт.

### Смешанная конфигурация

Для расширения базовой конфигурации ПЛК с целью подключения к шине FBUS максимально допустимого количества периферийных модулей (64 штуки) используется объединение нескольких смежных наборов в единый набор, для чего применяются модули расширения шины OM856 (правая сторона) и OM857 (левая сторона), связанные друг с другом кабелем TIA/EIA-568-B. При этом суммарная длина всех использованных кабелей не должна превышать 5 метров.

По такой же схеме в состав ПЛК Fastwel F800 при необходимости могут быть включены и периферийные модули серии Fastwel I/O (рис. 5).

### Удалённая шина FBUS

Как уже было отмечено, использование удалённых шин FBUS позволяет фактически напрямую (с точки зрения аппаратной конфигурации и скорости опроса) к контроллерам подключать по

сети Ethernet дополнительные наборы периферийных модулей, а также реализовывать системы управления с удалённой периферией. При этом контроллер CPM803 обладает поддержкой двух удалённых шин FBUS, а контроллер CPM833 – четырёх.

Пример подключения двух удалённых станций ввода-вывода Fastwel I/O к контроллеру CPM803 приведён на рис. 6.

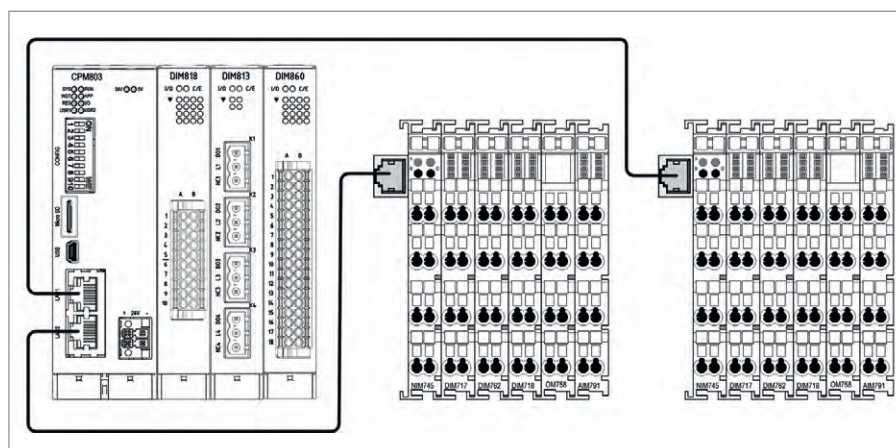


Рис. 6. Подключение к ПЛК удалённых станций ввода-вывода

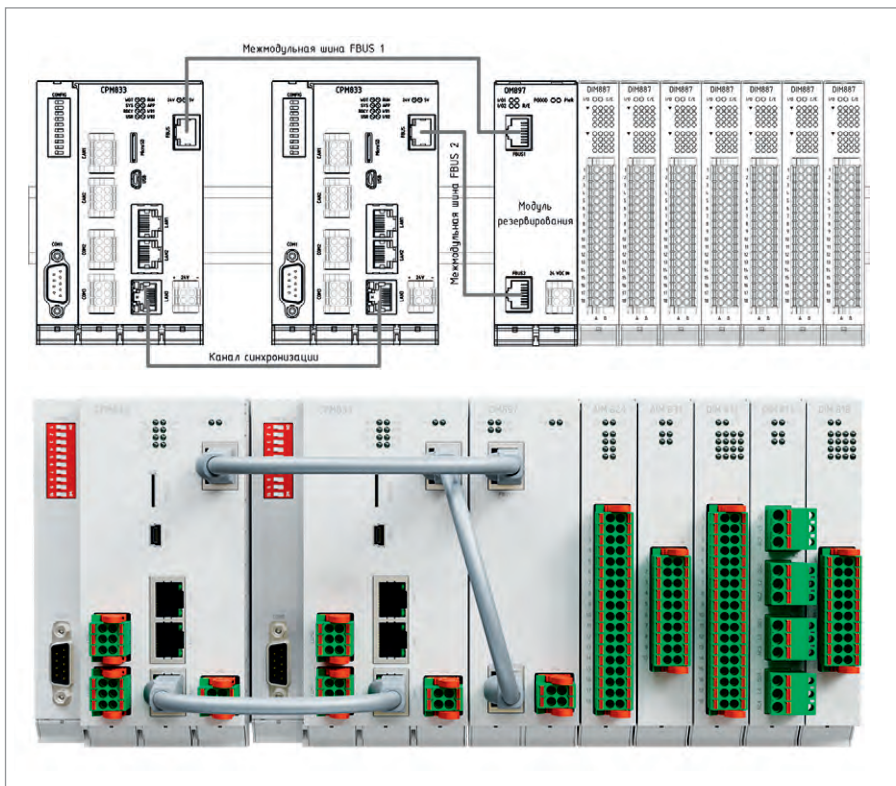


Рис. 7. Схема подключения и внешний вид резервированного ПЛК Fastwel F800

### Поддержка резервирования Резервирование контроллера

ПЛК Fastwel F800 поддерживает работу в режиме частичного резервирования, в котором два программируемых контроллера СРМ833 (один основной, а второй резервный) используют один общий набор модулей ввода-вывода и производят обмен данными с ним каждый по собственной шине FBUS, в качестве арбитра которого выступает модуль резервирования ОМ897 (рис. 7).

Оба контроллера работают по одинаковому алгоритму и постоянно синхронизируют свои данные друг с другом. Для организации канала синхронизации работы контроллеров задействуются соответствующие порты Ethernet в каждом из них. При обнаружении неисправности основного контроллера осуществляется «безударный» переход на резервный контроллер.

### Резервирование питания контроллера

В контроллерах СРМ833 не предусмотрено аппаратное резервирование их питания, но этот пробел достаточно просто закрывается с помощью внешних технических средств. Здесь имеется в виду использование так называемых модулей резервирования питания, которые есть в номенклатуре по-

ставок у многих компаний, как отечественных, так и зарубежных. Эти модули обеспечивают корректную работу двух источников питания на одну нагрузку, которой в нашем случае является резервированный контроллер. Такое решение обеспечивает бесперебойное функционирование контроллера даже в случае отказа одного из источников питания.

Модули резервирования питания зачастую имеют встроенную схему контроля работоспособности каждого источника питания, которая формирует соответствующие сигналы состояния для них. Эти сигналы могут быть заведены в ПЛК и переданы в систему диспетчеризации для информирования персонала о возникшей неисправности.

### Резервирование межконтроллерного обмена встроенными средствами

В контроллере СРМ833 два порта Ethernet, как уже было отмечено выше, реализованы на базе аппаратного коммутатора второго уровня (L2) и способны функционировать как в коммутируемом (подрежи-

мы Switch и Ring), так и некоммутируемом (подрежимы One Subnet и DSA) режимах.

Подрежим Ring примечателен тем, что позволяет без применения дополнительного коммутационного оборудования объединять контроллеры в сеть с замкнутой кольцевой топологией (рис. 8), в которой одиночные отказы отдельных узлов, портов или соединений не способны нарушить работоспособность исправных сегментов сети. В такой сети резервирование канала связи реализуется через механизм фильтрации пакетов по MAC-адресу источника. Пакеты данных активным контроллером отправляются в обоих направлениях кольца, и в случае, даже если пакет не будет доставлен по одному маршруту, он будет доставлен по другому.

### Резервирование сетевой инфраструктуры

Для организации взаимодействия ПЛК Fastwel по сети Ethernet между собой, а также с другими устройствами в рамках единой АСУ ТП рекомендуется использовать управляемые коммутаторы Fastwel NM800 (рис. 9), обеспечивающие построение надёжных, отказоустойчивых и мультисервисных сетей передачи данных, функционирующих в неблагоприятных условиях окружающей среды.

Основные технические характеристики серийно выпускаемых коммутаторов Fastwel для монтажа на DIN-рейку приведены в таблице.

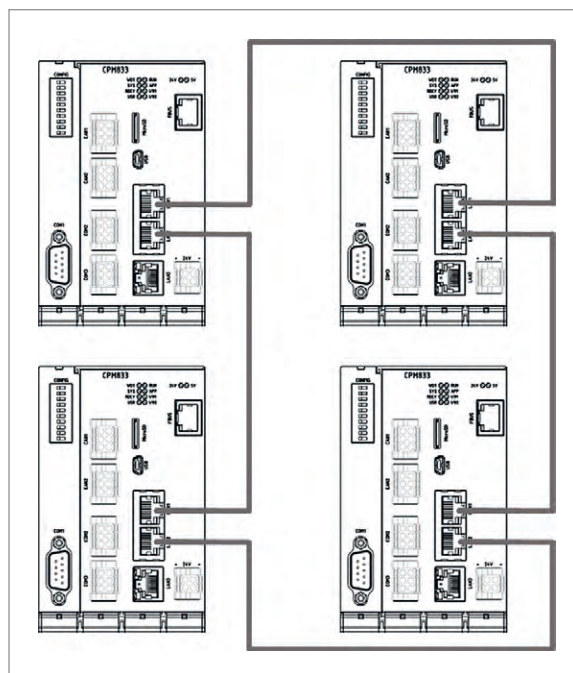
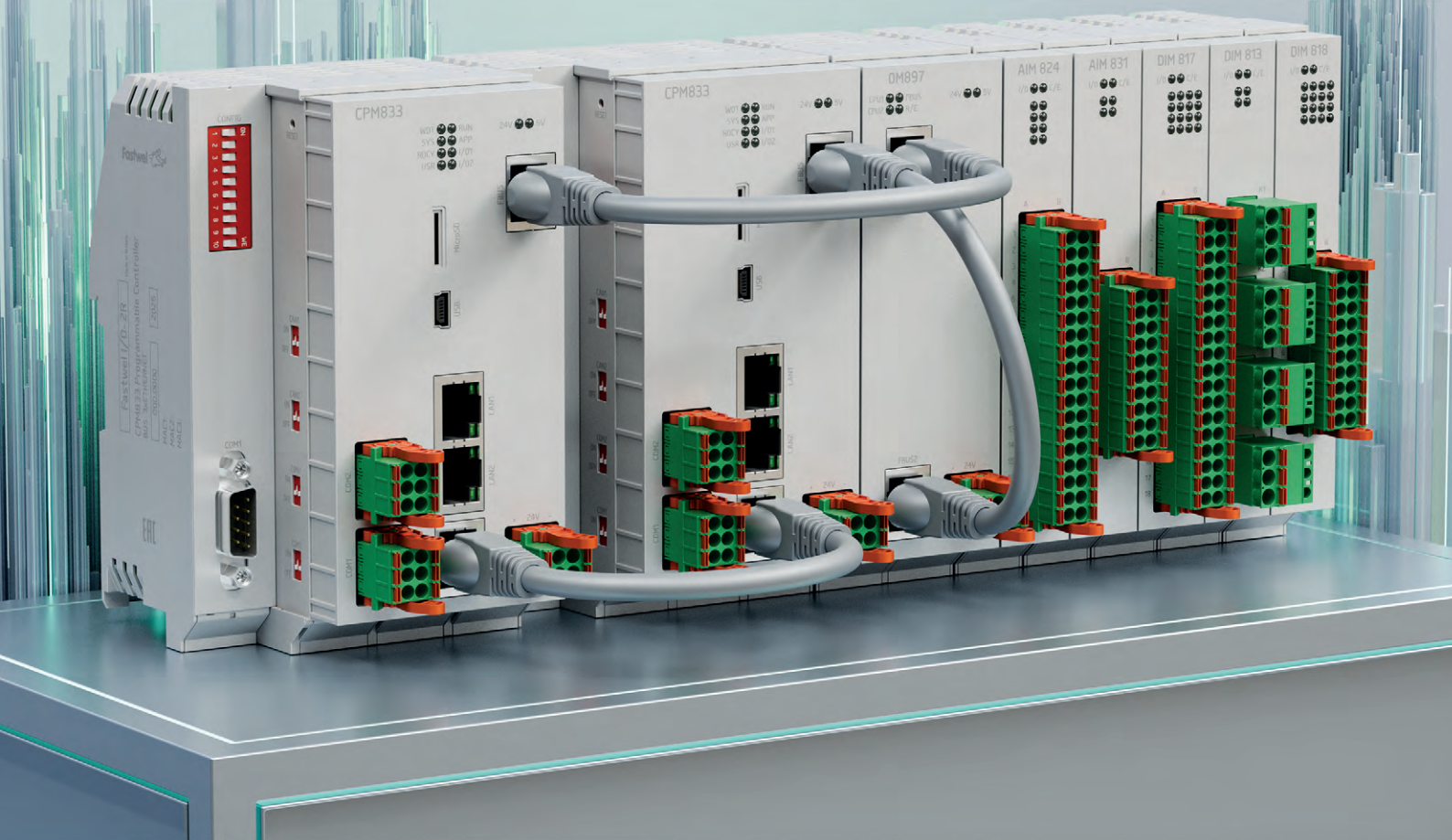


Рис. 8. Резервирование межконтроллерного обмена

# Fastwel F800

РЕЗЕРВИРОВАННЫЙ ПЛК ДЛЯ АСУ ТП  
ПОВЫШЕННОЙ НАДЁЖНОСТИ



**МОЩНЫЙ**  
**НАДЁЖНЫЙ**  
**НАШ**

До 8000 каналов ввода-вывода  
Время цикла программы от 1 мс

«Горячая» замена модулей ввода-вывода  
Поддержка функции резервирования

Разработан  
и производится в России





Рис. 9. Коммутатор NM800-03

По своим функциональным возможностям коммутаторы NM800 вполне соответствуют современным требованиям для этой категории оборудования, но в контексте темы статьи нас прежде всего интересуют те из них, которые могут быть задействованы для повышения устойчивости и надёжности сети передачи данных промышленных систем управления.

И в этом смысле наиболее важным представляется наличие поддержки протокола ERPS (Ethernet Ring Protection Switching), используемого для обеспечения отказоустойчивости сети Ethernet, имеющей кольцевую топологию. Главной положительной особенностью протокола является чрезвычайно малое (50–200 мс) время восстановления связи при отказе одного из сегментов в кольце. Также следует отметить важную особенность технологии ERPS, состоящую в том, что по одному физическому кольцу Ethernet может передаваться трафик разных VLAN. Пример варианта использования коммутаторов NM800 с задействованием указанных функций приведён на рис. 10.

Кроме поддержки технологии ERPS, обеспечивающей резервирование канала связи, могут также оказаться востребованными и другие функции, позволяющие повысить надёжность обмена данными в сети.

Например, агрегирование каналов LACP (IEEE 802.3ad), которое обычно используется для объединения нескольких портов вместе для организации одного канала с высокой пропускной спо-

Таблица. Основные технические характеристики серийно выпускаемых коммутаторов Fastwel для монтажа на DIN-рейку

Характеристика	Значение	
Исполнение коммутатора	NM800-01	NM800-03
Сетевые интерфейсы		
10/100/1000Base-T (RJ-45)	16	8
10GBase-X (SFP/SFP+)	4	–
1000Base-X (SFP)	–	2
Поддержка PoE	8	–
Консольный порт	USB 2.0	
Порт для обновления ПО	USB 2.0	
Напряжение питания	18...57 В постоянного тока	
Количество входов питания	2	
Габаритные размеры	156×168×69 мм	
Способ монтажа	DIN-рейка, панель	
Диапазон рабочих температур	–40...+70°C	

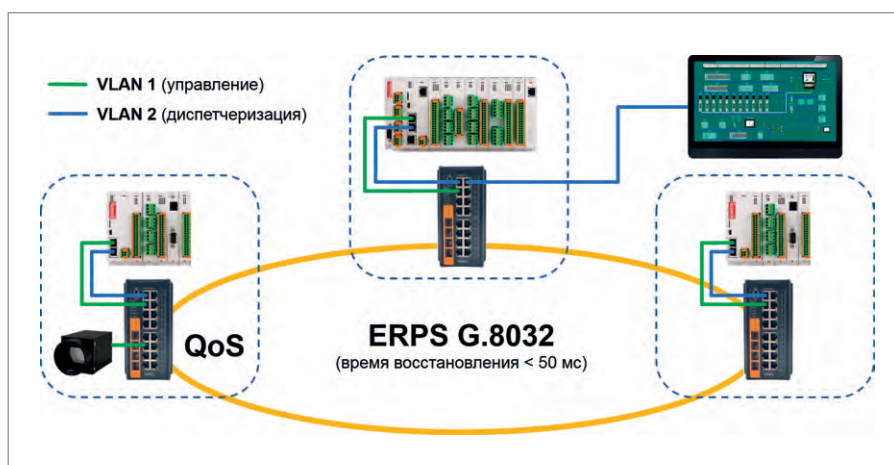


Рис. 10. Сценарий использования коммутаторов NM800 для построения отказоустойчивой промышленной сети Ethernet

собностью, также может быть применено и для резервирования канала связи с другой подсистемой АСУ ТП при соединении с ней по типу «точка-точка».

Функция управления широковебательным штормом Storm Control может задействоваться для предотвращения ухудшения производительности сети или полного прекращения её функционирования в случаях, обусловленных неполадками в работе сетевых устройств, плохой отладкой и неправильными настройками прикладного ПО.

И наконец, для приложений, чей трафик чувствителен к задержкам, может оказаться весьма полезной поддерживаемая коммутаторами NM800 функция качества обслуживания (Quality of Service, QoS). Эта технология позволяет оптимизировать обмен данными в сети за счёт настройки приоритетов для разных классов и типов трафика.

Как результат, более важный трафик будет обработан быстрее, и задержки при его прохождении по сети будут минимальными.

## Заключение

Ожидается, что уже в самое ближайшее время все упомянутые в статье аппаратные средства будут внесены в Реестр российской промышленной продукции (ПП РФ 719 от 17.07.2015), и тем самым будут сформированы необходимые предпосылки для его широкого использования в составе АСУ ТП повышенной надёжности в различных отраслях промышленности, включая объекты КИИ. ●

Автор – сотрудник АО «НПФ «ДОЛОМАНТ»  
Телефон: (495) 232-2033  
E-mail: info@fastwel.ru

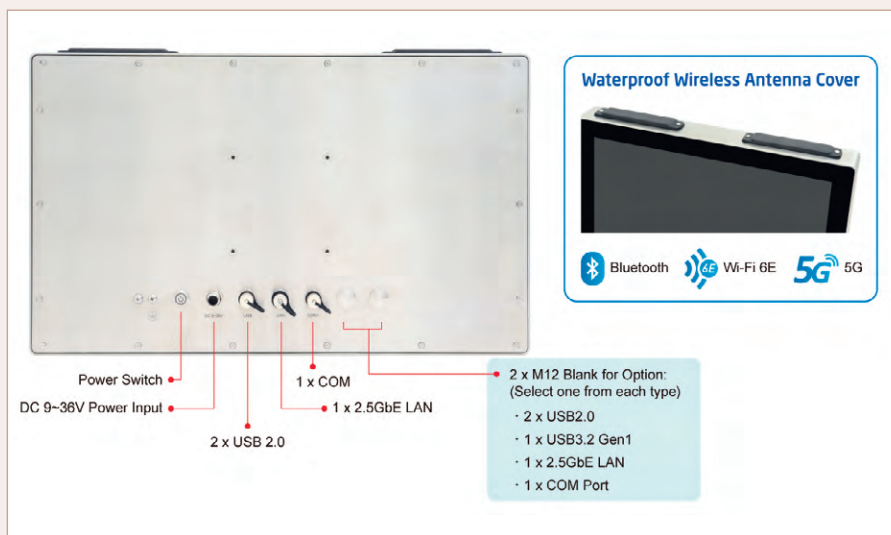
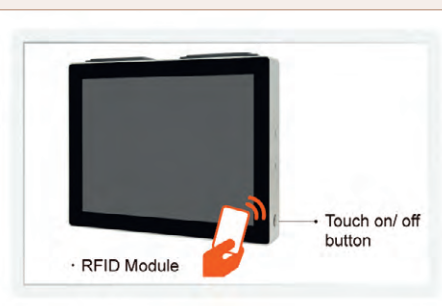
## NuTAM-8C – решение из нержавеющей стали для жёстких гигиенических условий



Компания APLEX Technology Inc., ведущий производитель решений в области промышленного вычислительного оборудования, рада представить новую линейку устройств серии NuTAM – NuTAM-8C. NuTAM – серия промышленных компьютеров, специально разработанная для промышленных сред с высокими требованиями к гигиене. Поддерживает несколько платформ процессоров, предлагая широкий спектр вариантов производительности: от мощного устройства NuTAM-9E на базе процессора Intel Core Ultra до модели NuTAM-8C на платформе Intel Alder Lake-N, с различными размерами TFT-LCD дисплеев – от 15 до 21,5 дюймов.

NuTAM-8C идеально подходит для применения в пищевой промышленности, фармацевтическом производстве и чистых помещениях. Корпус устройства выполнен из высококачественных нержавеющей сталей марки SUS304/SUS316, имеет плоский фронтальный ободок и надёжно защищает внутренние компоненты от коррозии, окисления и бактериального загрязнения. Сертификация по международным стандартам IP66/IP69K гарантирует устойчивость системы к воздействию воды под высоким давлением (до 100 бар) и высоких температур (до 80°C). Дополнительная защита обеспечивается герметичными соединениями M12 и защитными крышками для антенн и разъёмов.

Устройство отличается широким диапазоном рабочих температур (–20...+60°C), лёгкостью чистки и возможностью выбора дополнительных функций, таких как повышенная яркость дисплея, специальные покрытия AG/AR, возможность автоматического затемнения и нанесение специальных анти-УФ-керамических чернил, позволяющих адаптироваться к меняющимся условиям температуры и освещения.



NuTAM-8C оборудован двумя портами USB 2.0, одним последовательным портом RS-232, сетевым интерфейсом 2.5GbE LAN и поддержкой широкого диапазона напряжений питания (9–36 В постоянного тока).

Два расширяемых слота позволяют дополнительно подключать модули USB 2.0 и 3.2 Gen1, 2.5GbE LAN, COM или HDMI.

Для увеличения объёма памяти доступно до 32 Гбайт оперативной памяти стандарта DDR5-5600 MHz SO-DIMM, а также слоты M.2 M-key и 2,5-дюймовые твердотельные накопители SATA3 SSD.

В целях соблюдения санитарных норм предусмотрена поддержка беспроводных технологий связи: один слот M.2 E-key используется для установки модуля Wi-Fi/Bluetooth, а второй M.2 B-key – для модулей LTE/5G и RFID, обеспечивая удобство идентификации и управления оборудованием дистанционно.

Таким образом, серия NuTAM-8C становится новым эталоном надёжности и эффективности в работе с агрессивными условиями окружающей среды и строгими санитарно-гигиеническими нормами.

Это идеальное решение для отраслей, где требуются высокие стандарты качества и безопасность эксплуатации. ●



### Подробные характеристики

Модель	NuTAM-8C
Экран	15"/15,6"/21,5" TFT-LCD
Процессор	Intel N97 Intel Atom x7425E
Память	1× DDR5-4800 МГц SO-DIMM, до 32 Гбайт
Накопитель	1× M.2 2280 M-Key; 1× 2,5" SATA3 SSD (опционально)
Порты ввода/вывода	1× M12 8-pin for 2× USB 2.0 1× M12 8-pin for COM, RS-232/422/485 1× M12 8-pin for 2.5GbE LAN 2× M12 доп. порты
Слоты расширения	1× M.2 2230 E-Кей, опционально для Wi-Fi/BT модулей 1× M.2 2242/3402/3052 B-Кей опционально для LTE/5G модулей
Корпус, защита	Нерж. сталь SUS304 / SUS316 (опционально) IP66/IP69K (по всему корпусу)
Рабочая температура	–20...+60°C
ПО	Windows 10 IoT Enterprise 2021 LTSC, Windows 11 (21H2), Linux 24.04 или позже



# ИИ в АСУ ТП: большие данные – большие проблемы

Юрий Широков

Обзор состояния внедрения промышленного ИИ в 2026 году, проблемы и пути их решения. Согласно отчёту Industrial Data, Intelligence & AI Readiness Survey.

Промышленные лидеры находятся под давлением – от них все ждут, что они «что-то сделают с ИИ». Предиктивное обслуживание, автономная оптимизация, edge-AI, цифровые двойники и агентные операционные модели стремительно попадают в дорожные карты, презентации для советов директоров, и программы трансформации появляются, как грибы после дождя, практически во всех отраслях.

Однако при более детальном рассмотрении становится очевидно: большинство организаций всё ещё находятся на ранних этапах реального внедрения искусственного интеллекта. Согласно исследованию Industrial Data, Intelligence & AI Readiness Survey 2026, рынок демонстрирует высокий интерес к продвинутым сценариям применения ИИ, но при этом продолжает сталкиваться с базовыми проблемами, связанными с данными.

Респонденты уделяют особое внимание технологиям, которые обещают переход к более автономным и интеллектуальным операционным процессам (рис. 1).

Исследование, проведённое компанией PoT World на основе опроса 272 специалистов из промышленности – включая производство, энергетику, транспорт, умные города, здравоохранение и другие отрасли, – выявляет чёткую тенденцию: амбиции в области ИИ высоки, но реальная готовность к его внедрению остаётся низкой. Большинство организаций не располагает необходимой базой данных – в режиме реального времени, с учётом контекста и надле-

жащим управлением, – которая позволила бы получать ощутимые результаты от использования ИИ.

Среди респондентов – технические руководители и топ-менеджеры, бизнес-лидеры, системные интеграторы, архитекторы, разработчики и другие специалисты, отвечающие за операционные технологии и цифровую трансформацию. Их оценки наглядно показывают, почему развитие ИИ замедлилось и какие изменения необходимы в 2026 году: большинство организаций не располагает необходимой

базой данных для получения значимых результатов от внедрения ИИ.

## Интерес к ИИ высок, внедрение – на низком уровне

Организации уверены, что искусственный интеллект будет играть ключевую роль в их будущих операциях. В рамках исследования участников спросили, на каком этапе сегодня находятся их стратегии в области промышленных данных и ИИ, а также где они рассчитывают оказаться через три года (рис. 2).

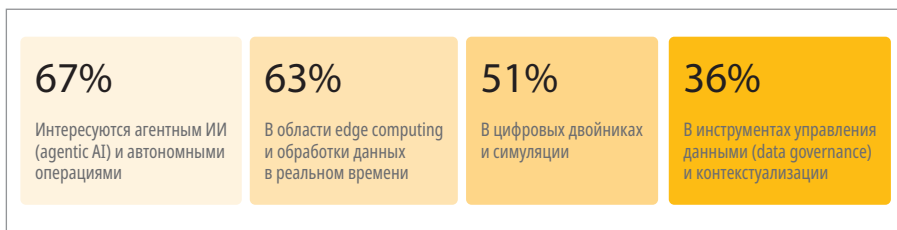


Рис. 1. Как распределились приоритеты по направлениям внедрения ИИ



Рис. 2. Оценка состояния внедрения ИИ в производствах

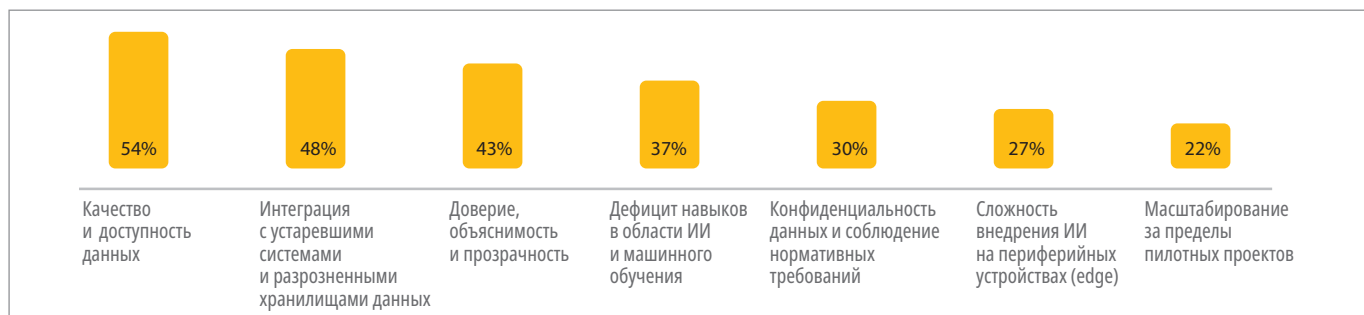


Рис. 3. Ключевые препятствия на пути внедрения ИИ

На текущий момент картина остаётся на ранней стадии внедрения:

- 7% заявляют, что ИИ уже встроен в большинство ключевых процессов;
- 21% внедрили ИИ в отдельных высокоценных сценариях применения;
- 36% всё ещё используют ИИ в экспериментальном формате – в пилотах и POC-проектах;
- 32% находятся на стадии исследований без конкретных планов внедрения;
- 4% не планируют использовать ИИ вовсе.

В горизонте трёх лет ожидания существенно возрастают:

- 44% рассчитывают, что ИИ будет встроен в большинство ключевых процессов;
- 36% ожидают внедрения в отдельных высокоценных сценариях;
- 13% полагают, что останутся на стадии пилотных проектов;
- 6% прогнозируют сохранение на уровне исследований;
- лишь 2% считают, что не будут использовать ИИ.

Оптимизм подкрепляется широким спектром рассматриваемых сценариев применения. На вопрос о том, где уже используется или планируется внедрение промышленного ИИ, респонденты указали: предиктивное обслуживание (64%), оптимизацию процессов и адаптивное управление (55%), генеративный ИИ для управления знаниями и автоматизации рабочих процессов (52%), контроль качества и обнаружение дефектов (49%), цифровые двойники с применением ИИ (42%) и аналитику edge-AI (38%).

Картина выглядит последовательно: промышленные компании хорошо понимают, где именно ИИ способен создавать ценность, и не испытывают дефицита идей для его применения. Однако им не хватает практических механизмов, позволяющих перейти от намерений к масштабируемой реализации.

Амбиции высоки, но готовности к внедрению ИИ пока нет. И вот почему.

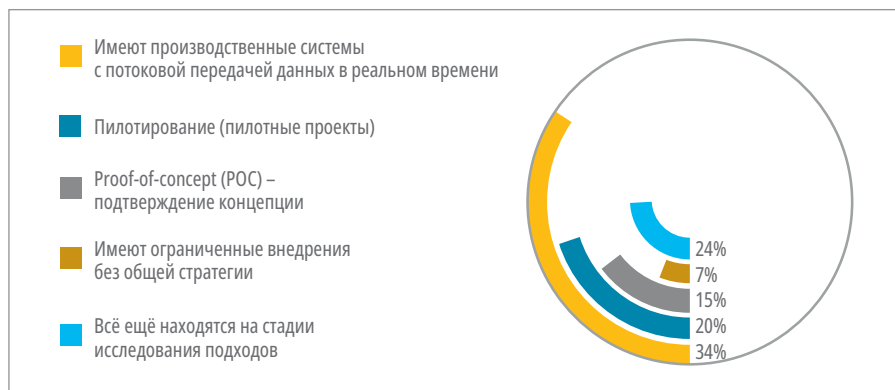


Рис. 4. Основные «подводные камни» при внедрении ИИ с точки зрения респондентов

## Главный барьер – разрозненные и низкокачественные данные

Когда участников опроса попросили назвать ключевые препятствия на пути внедрения ИИ в промышленной среде, они в первую очередь указали не на алгоритмы или инструменты, а на данные (рис. 3).

Лишь 34% респондентов заявляют, что уже имеют производственные системы с потоковой передачей данных в реальном времени. Остальные находятся на разных стадиях зрелости: 20% – в стадии пилотных проектов, 15% – на подтверждении концепции, 7% – имеют ограниченные внедрения без общей стратегии, а 24% всё ещё изучают возможные подходы (рис. 4).

В совокупности эти данные приводят к простому выводу: у большинства организаций проблема не в ИИ как таковом, а в данных. Без качественных, контекстуализированных данных в реальном времени, циркулирующих между OT-, IT- и облачными системами, даже самые продвинутые модели и инструменты не способны обеспечить устойчивую ценность.

## Почему проекты преследуют провалы при масштабировании

Промышленный сектор нельзя назвать дефицитным на инновации. Мно-

гие организации могут привести примеры успешных пилотных проектов: модель предиктивного обслуживания критически важного оборудования, цифровой двойник отдельной производственной линии или генеративный ИИ-ассистент, ускоряющий поиск информации для инженеров.

Проблема возникает на этапе перехода от пилота к промышленной эксплуатации и последующего масштабирования на другие площадки. Результаты опроса указывают на ключевые точки разрыва.

### Интеграционная сложность

Организации вынуждены связывать PLC, SCADA, MES, ERP, исторические базы данных, облачные платформы и AI-инструменты через хрупкие точечные интеграции. Каждый новый сценарий добавляет ещё один слой «спагетти-архитектуры», из-за чего любые изменения становятся рискованными и медленными.

### Отсутствие единых соглашений по наименованию, метаданным и семантике

Два формально одинаковых оборудования на разных заводах могут выдавать данные с разными названиями сигналов, единицами измерения или структурами. В результате каждое масштабирование превращается в отдельный мини-проект интеграции.

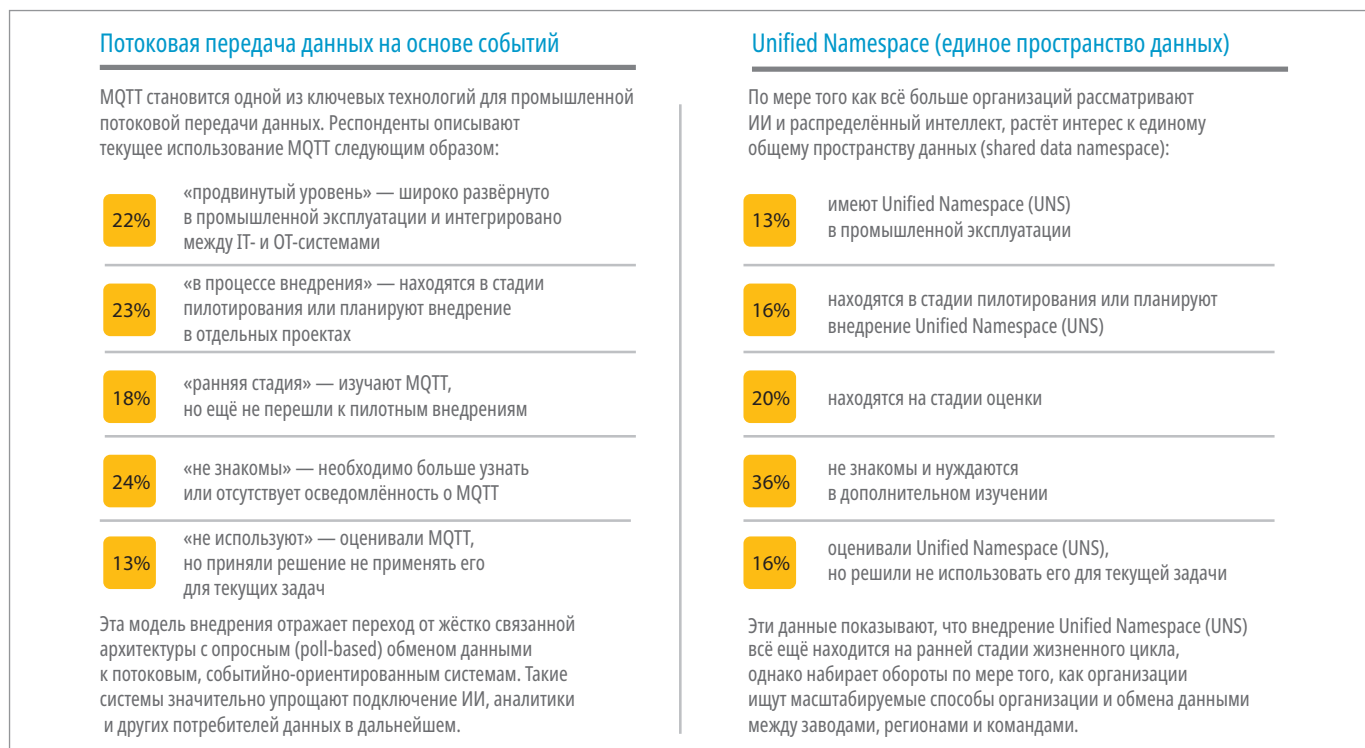


Рис. 5. Различные концепции: реагирование на события против единого логического пространства данных

#### Отсутствие единой модели данных и контекстного слоя

Каждый новый проект заново определяет, как именно данные именовываются, моделируются и контекстуализируются. Это делает повторное использование решений между заводами или линиями практически невозможным.

#### Недостаток KPI и базовых метрик

Без чётких показателей – OEE, простоев, энергопотребления, качества или уровня брака – сложно доказать эффективность ИИ-проекта и обосновать его тиражирование.

#### Размытая ответственность между OT, IT, инженерными и бизнес-командами

Различие в приоритетах приводит к организационным трениям. Без единой стратегии и кросс-функционального управления инициативы в области данных и ИИ часто буксуют.

#### Дополнительно:

- 39% респондентов указывают на неопределённость бюджета и ROI, особенно когда пилоты невозможно корректно сравнить или воспроизвести;
- 20% называют отсутствие поддержки руководства ключевой проблемой инфраструктуры данных;
- 15% прямо отмечают «сложность масштабирования пилотов в промышленную эксплуатацию» как основное препятствие.

### Куда двигаться

Результаты исследования показывают: компании, которые достигают реального прогресса в области ИИ, в первую очередь инвестируют не в отдельные инструменты или пилотные проекты, а в фундамент данных.

Респонденты выделяют набор ключевых шагов, необходимых для этого перехода.

#### Обеспечение доступности данных в реальном времени

Только около трети участников опроса сегодня имеют производственные системы потоковой передачи данных в реальном времени.

Это подчёркивает необходимость перехода к событийно-ориентированной архитектуре, которая обеспечивает поступление оперативных данных к системам ИИ и аналитики в режиме реального времени, а не через пакетные выгрузки.

#### Устранение разрозненности данных OT/IT

Масштабирование ИИ требует не только подключения систем, но и согласования единых моделей данных, принципов наименования и правил управления.

Это позволяет повторно использовать данные последовательно во всех подразделениях – от операционных технологий до IT и аналитики.

#### Построение гибридных edge-cloud архитектур

По мере развития ИИ процессы инференса и принятия решений смещаются ближе к физическим объектам, тогда как обучение моделей остаётся централизованным. Это стимулирует развитие гибридных архитектур, сочетающих низкую задержку edge-уровня и вычислительные возможности облака.

#### Внедрение непрерывного контроля качества данных

Качество данных перестаёт быть раритетной задачей. Лидирующие организации обеспечивают постоянную валидацию и контекстуализацию данных, чтобы модели ИИ получали надёжную и интерпретируемую информацию.

#### Унификация процессов загрузки данных для ML/AI

Командам, работающим с ИИ, необходимы стандартизированные и управляемые потоки данных из операционной инфраструктуры. Это снижает необходимость в индивидуальных пайплайнах под каждый новый кейс и ускоряет внедрение решений.

### Рост архитектур, поддерживающих ИИ

Исследование также показывает, что организации постепенно модернизируют свои архитектуры, чтобы обеспечить поддержку систем ИИ (рис. 5).

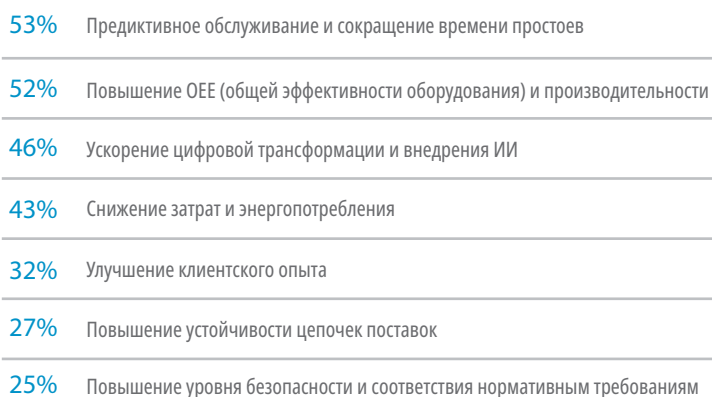


Рис. 6. Ожидаемые ключевые преимущества с точки зрения респондентов



Рис. 7. Преимущества более готовых к внедрению ИИ компаний



Рис. 8. Итоговые рекомендации по ускорению/удешевлению внедрения ИИ

## Оценка ROI: проверка реальности

Помимо архитектурных аспектов, исследование также раскрывает, какие

именно выгоды организации ожидают получить от использования данных в реальном времени и распределённого интеллекта (рис. 6).

Ценность этого подхода очевидна: промышленные лидеры рассматривают ИИ и данные в реальном времени как путь к повышению загрузки активов, снижению рисков, улучшению качества и повышению устойчивости операционной деятельности (рис. 7).

В отличие от успешных, организации, испытывающие трудности, чаще делают акцент на инструментах, а не на архитектуре, и на пилотных проектах, а не на платформенных решениях. Они проводят множество небольших экспериментов, но при этом не имеют единой базы данных и архитектурного фундамента, который позволил бы тиражировать и масштабировать успешные решения.

## Итоговые рекомендации на 2026 год

На основе результатов Industrial Data, Intelligence & AI Readiness Survey 2026 можно выделить ряд ключевых направлений, на которые стоит ориентироваться промышленным лидерам для ускорения внедрения сценариев использования ИИ (рис. 8).

## Заключение

Исследование Industrial Data, Intelligence & AI Readiness Survey 2026 делает фундаментальный вывод: организации не смогут масштабировать ИИ до тех пор, пока не устранят проблемы в своей базовой инфраструктуре данных.

Амбиции в области ИИ продолжают расти, и промышленные лидеры активно изучают такие направления, как предиктивное обслуживание, цифровые двойники, агентные операционные модели и генеративный ИИ. Однако пока данные остаются фрагментированными в разрозненных хранилищах, изолированными в устаревших системах и недоступными в реальном времени, ИИ будет оставаться на уровне пилотных проектов и экспериментальных внедрений.

Реальный прогресс требует единого слоя данных, потоковой обработки в реальном времени, строгого управления данными и кросс-функционального взаимодействия между подразделениями. 2026 год должен стать моментом перехода от экспериментов с ИИ к системному развитию инфраструктуры данных. Те организации, которые уже сейчас модернизируют свою архитектуру данных, будут определять лидерство в своих отраслях в следующем десятилетии. ●

**HIDEN представляет обновлённую серию EXPERT HE33 – трёхфазные Online ИБП с увеличенным массивом встроенных АКБ**

Компания HIDEN – российский разработчик и производитель решений в области систем бесперебойного электропитания – представляет обновлённую линейку HIDEN EXPERT HE33, которая пополнилась новыми трёхфазными ИБП с 120–160 батареями в корпусе – оптимальное решение для проектов гарантийного электроснабжения с большим временем автономии.

Особенности трёхфазной серии HE33, которые можно выделить, это: online-топология (двойное преобразование) у всех моделей, синусоидальный выходной сигнал, встроенные аккумуляторные батареи, инвертор третьего поколения с высоким КПД, отдельный ввод байпаса (двойной ввод), возможность параллельной работы по схемам N+1 / N+X (до 8 ИБП), интеллектуальное управление батареями, режим повышенного КПД (ECO), функция «холодный старт» и возможность подключения дизель-генераторов.



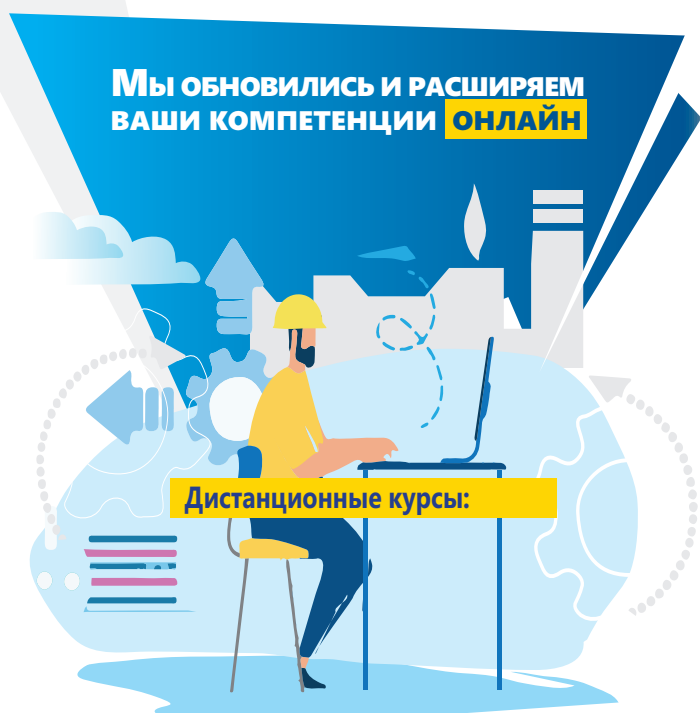
Технические характеристики:

- PF = 1;
- номинальное входное напряжение: 380/400/415 В;
- диапазон входного напряжения:
  - 304–478 В (при полной нагрузке);
  - 228–304 В (с линейным снижением мощности);
- диапазон входной частоты: 40–70 Гц;
- входной коэффициент мощности > 0,99.
- коммуникации и управление:
  - RS-485, RS-232, USB;
  - SNMP-карта – опционально;
  - «сухие» контакты;
  - USB-порт;
  - ЖК-дисплей с функцией настройки.

Модели серии HIDEN EXPERT HE33 отлично подойдут для построения систем бесперебойного питания в таких сферах и применениях, как серверное и сетевое оборудование, банки, объекты транспортной инфраструктуры, медицинское оборудование, телеком-инфраструктура, системы безопасности и СКУД, промышленное, насосное, отопительное и холодильное оборудование. ●



**Мы обновились и расширяем ВАШИ КОМПЕТЕНЦИИ **ОНЛАЙН****



**Дистанционные курсы:**



**УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ПРОСОФТ-МОСКВА**

**SCADA-СИСТЕМЫ**

- MasterSCADA 4D. Базовый курс
- Основы работы с программным пакетом ICONICS GENESIS64

**ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПЛК**

- Работа с контроллерами FASTWEL I/O и WAGO I/O в среде CODESYS V2.3
- Интеграция панелей Weintek в АСУ ТП на базе отечественных ПЛК

Возможность разработки индивидуальных учебных программ по требованиям заказчика



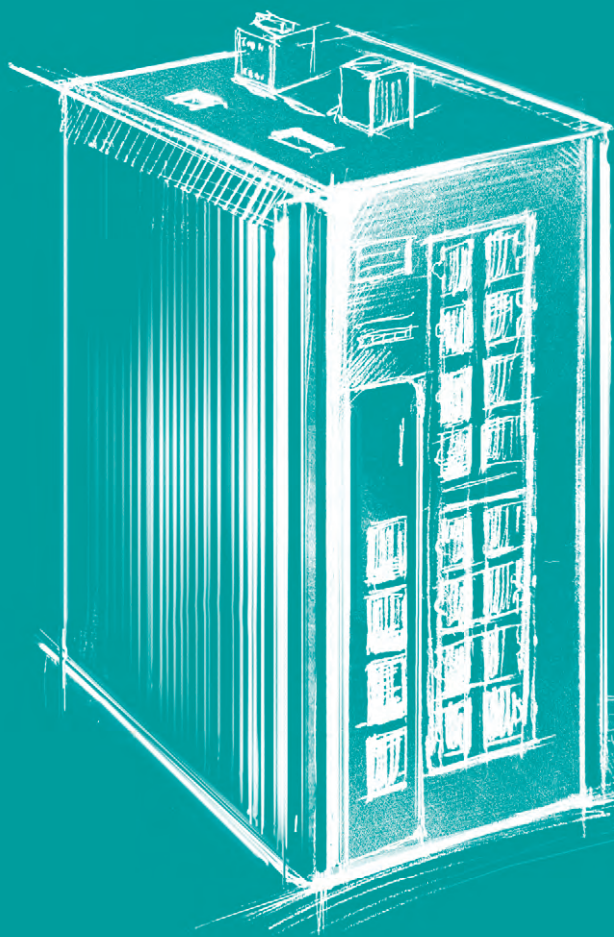
КУРСЫ АТТЕСТОВАНЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЯМИ

(495) 234-0636  
INFO@PROSOFT.RU

[WWW.PROSOFT.RU](http://WWW.PROSOFT.RU)



# Сетевое оборудование Fastwel NM800



**10 GbE**  
Полностью гигабитная платформа



**L2/L3**  
Широкий набор функционала



**IP30/IP65**  
Различный конструктив и степень защиты



**-40...+70°C**  
Расширенный диапазон рабочих температур



Возможна модификация изделий под серийный проект заказчика



## Промышленные коммутаторы Ethernet



для АСУ ТП

**NM800**

До 4 портов 1/10 Гбит/с SFP+  
До 16 портов 10/100/1000Base-T  
Поддержка PoE



для МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ

**NM801**

4 порта 1/10 Гбит/с SFP+  
40 портов 10/100/1000Base-T  
Монтаж в стойку 19"



СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**NM802**

6 портов 1000Base-BX  
10 портов 1000Base-T  
Степень защиты IP65





Специализированные конференции

# ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ 2026

Промышленная автоматизация

Цифровизация производства

Интернет вещей и большие данные

Искусственный интеллект

Информационная безопасность

Автоматизация зданий и инженерных систем

17-я специализированная конференция

**26-27.05 ПТА - САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**

5-я специализированная конференция

**22.09 ПТА - УФА**

16-я специализированная конференция

**27.10 ПТА - НОВОСИБИРСК**

[www.pta-expo.ru](http://www.pta-expo.ru)