

УДК 658.011.56

*Тарасова Анастасия Сергеевна, бакалавр,
Говязова Софья Александровна, бакалавр,
Нижегородский государственный технический
университет имени Р.Е. Алексева,
г. Нижний Новгород,*

СИСТЕМЫ MES И ERP: АРХИТЕКТУРА, МЕСТО В ИЕРАРХИИ АВТОМАТИЗАЦИИ И СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ

***Аннотация:** В статье рассматривается, какую роль играют системы класса MES (Manufacturing Execution System) и ERP (Enterprise Resource Planning) в иерархии управления промышленным предприятием. На основе стандарта ISA-95 проведён анализ уровней автоматизации и определено место MES, как связующего звена между SCADA-системами и корпоративным уровнем ERP. Описаны функциональные различия систем, ключевые поставщики MES – решений в мире и какие есть современные технологические тренды, такие как облачные MES, интеграция с промышленным интернетом вещей (IIoT) и применение искусственного интеллекта.*

***Ключевые слова:** MES, ERP, ISA – 95, SCADA, автоматизация, промышленный интернет вещей (IIoT), облачные технологии, Индустрия 4.0, АСУ ТП.*

*Tarasova Anastasia Sergeevna, Bachelor,
Govyazhova Sofya Aleksandrovna, Bachelor,
Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev,
Nizhny Novgorod,*

MES AND ERP SYSTEMS: ARCHITECTURE, PLACE IN THE AUTOMATION HIERARCHY, AND CURRENT TRENDS

Abstract: *The article discusses the role of MES (Manufacturing Execution System) and ERP (Enterprise Resource Planning) systems in the hierarchy of industrial enterprise management. Based on the ISA-95 standard, the article analyzes the levels of automation and identifies the role of MES as a link between SCADA systems and the corporate ERP level. The article describes the functional differences between the systems, the key suppliers of MES solutions worldwide, and current technological trends such as cloud-based MES, integration with the Industrial Internet of Things (IIoT), and the use of artificial intelligence.*

Keywords: *MES, ERP, ISA – 95, SCADA, automation, industrial Internet of Things (IIoT), cloud technologies, Industry 4.0, and automated process control systems.*

1. Введение

В связи с цифровой трансформацией промышленности, объединённой понятием «Индустрия 4.0», к системам управления предприятий предъявляются новые требования. Классическая вертикаль: полевое оборудование – контроллеры – SCADA – корпоративная система, - стала недостаточно гибкой для управления предприятием в реальном времени. Вследствие этого появилась потребность в промежуточном уровне, который интерпретировал бы бизнес – задачи, сформулированные ERP – системой, в конкретные производственные задания для оборудования, а затем собирал бы данные о результате выполненной работы и передавал их обратно [1].

Именно таким промежуточным уровнем и стала MES (Manufacturing Execution System) – система управления производственными процессами, которая за более чем 20 лет развилась от простого учётного инструмента до полноценной платформы операционного управления [2].

Целью данной работы является систематизация знаний о месте MES и ERP в современной иерархической структуре автоматизации, описать их ключевые функции, привести обзор текущего состояния рынка и выделить основные технологические тренды развития.

2. Иерархия управления и стандарт ISA-95

Международный стандарт ISA – 95 (IEC 62264) применяется для описания взаимодействий систем управления промышленным предприятием, который разработан Международным обществом автоматизации (ISA). Этот стандарт определяет уровни управления и потоки информации между ними [3].

В таблице 1 представлены наиболее распространённая интерпретация уровней.

Таблица 1.

Уровни управления международного стандарта ISA-95

Уровень	Название	Примеры систем
4	Бизнес-планирование и логистика	ERP (1C, SAP)
3	Управление производством	MES, MOM
2	Мониторинг и контроль	SCADA/HMI
1	Сенсорика и приводы	PLC, DCS, CNC
0	Физический процесс	Датчики, двигатели

ERP находится на 4 – ом уровне и решает стратегические задачи (управление финансами, закупками, продажами, кадрами и т.д.). Она работает с плановыми показателями (например, «произвести 100 единиц продукции за одну смену») и не учитывает динамику реального времени [4].

SCADA расположена на 2 – ом уровне и её задачи – это обеспечить визуализацию, архивацию и диспетчерское управление технологическим

процессом. Но она не решает такие задачи, как маршрутизация деталей, контроль брака или расчёт общей эффективности оборудования (OEE).

Именно этим и занимается MES, которая находится на 3 – ем уровне. MES принимает производственный план от ERP, производит детализацию до операционных заданий для каждого рабочего центра, отслеживает их выполнения в реальном времени, фиксирует отклонения (брак, простои) и передаёт реальные данные обратно на 4 – ый уровень (ERP) для корректировки планов и расчёта себестоимости [5].

Из этого следует, что MES выполняет роль «цифрового моста» между бизнес - уровнем и уровнем управления оборудованием.

3. Функциональные различия ERP и MES

Встречается ошибочное мнение, что современные ERP – системы могут полностью заменить MES, имея в своём составе производственные модули. Однако практика показывает, что эти системы решают разные задачи и должны работать в связке [6].

В таблице 2 представлен сравнительный анализ функций ERP – и MES – систем.

Таблица 2.

Сравнение функций ERP – и MES – систем

Функциональная область	ERP	MES
Плановый горизонт	Смены, дни, недели	Минуты, секунды, такты
Управление материалами	Закупки, склад готовой продукции	Отслеживание партий, серийных номеров, незавершённое производство

Управление качеством	Сертификаты, рекламации	Пооперационный контроль, статистический контроль процесса (SPC)
Технологические маршруты	Отсутствуют	Детальные маршруты, привязка к станкам и инструменту
Время реакции	Часы, сутки	Реальное время
Данные о простоях	Агрегированные отчёты	Причины простоя по каждому станку (поломка, переналадка, отсутствие оператора)
Расчёт OEE	Отсутствует или имеет приближённое значение	По каждой смене, детали, станку

Можно сделать вывод, исходя из данных таблицы, что MES обеспечивает детализацию, которая недоступна ERP. Тем самым показывая, что ERP не может существовать без MES, так как получает достоверную оперативную информацию о производстве [7].

4. Ключевые игроки мирового ранка MES

Рынок MES является динамично развивающимся. Согласно данным аналитического агентства The Business Research Company, в 2025 году объём мирового рынка MES достиг 16,83 млрд. долларов США, а прогнозируемый рост к 2030 году составляет 30,96 млрд. долларов США с среднегодовым темпом роста 13,2% [8].

Среди основных поставщиков MES – решения, по данным на 2024 – 2025 гг., выделяются следующие компании [9][10].

1. Siemens (Opcenter MES) – лидер в дискретной автоматизации, обеспечивает глубокую интеграцию с оборудованием Siemens и цифровыми двойниками (NX, Tecnomatix).

2. Rockwell Automation (Plex, FactoryTalk ProductionCenter) – делает ставку на облачные MES и концепцию «эластичного производства», активно использует ИИТ.

3. SAP (SAP Manufacturing Execution) – силён в интеграции с собственной ERP - системой SAP S/4HANA, ориентирован на крупные предприятия с непрерывным производством.

4. AVEVA (AVEVA MES) – продукт, унаследованный от Wonderware, широко распространён в пищевой, химической и фармацевтической промышленности.

5. ABB (ABB Ability™ Manufacturing Operations Management) – предлагает решение для энергетики, металлургии и других отраслей с непрерывными процессами.

В России, в условиях импортозамещения, активно развиваются отечественные MES – платформы, такие как «ИНКА 4.0» (НИЦ «Консом Групп»), «1С: Управление производством» и «Полюс» (ГК «Цифра»). Но пока их доля на мировом рынке незначительна [11].

5. Современные тренды развития MES

5.1. Облачные MES (SaaS MES)

В классическом варианте MES разворачивалась на локальных серверах предприятия, что требовало значительных капитальных затрат на ИТ - инфраструктуру и её обслуживание. Альтернативой этому стали облачные MES, работающие по модели SaaS (Software as a Service) [12].

Преимущества облачных MES:

- Низкий порог входа (оплата по подписке);
- Быстрое внедрение (недели вместо месяцев);
- Автоматические обновления;

– Доступ к данным с любого устройства (включая удалённый мониторинг).

По данным аналитиков, доля облачных MES в новых внедрениях в США и Европе к 2026 году превысит 40% [13].

5.2. Интеграция с IoT и Edge Computing

Промышленный интернет вещей (IIoT) позволяет подключать к MES не только контроллеры, но и отдельные датчики, смарт – инструменты и даже мобильные устройства операторов. Для снижения нагрузки на сеть применяются Edge – вычисления: часть обработки данных (например, фильтрация шумов, первичный анализ вибрации) выполняется прямо на шлюзе у станка, а в MES передаются только агрегированные KPI [14].

Пример: датчики вибрации на подшипниках конвейера – Edge – шлюз вычисляет среднеквадратичное значение – при повышении порога отправляется событие в MES – MES инициирует заявку на ремонт и корректирует производственный график.

5.3. Искусственный интеллект и предиктивная аналитика

Искусственный интеллект (ИИ) расширяет функционал MES в следующих направлениях [15]:

– Прогнозирование отказов – ИИ – модели на основе исторических данных о работе станка прогнозируют вероятность поломки за 24 – 48 часов с точностью до 85 – 92 %;

– Динамическое планирование – при изменении заказа или выхода станка из строя, ИИ за секунды перестраивает расписание всего цеха;

– Контроль качества с использованием компьютерного зрения – камеры на конвейере автоматически выявляют дефекты, а MES фиксирует брак по каждому изделию.

Несмотря на высокую стоимость внедрения, результат от функционала ИИ в MES оценивается в снижении внеплановых простоев на 30 – 60% и уменьшение брака на 15 – 25% [15].

6. Заключение

Приведённый анализ позволяет сделать выводы, что системы MES и ERP хоть и занимают разные уровни в иерархии управления предприятием согласно стандарту ISA – 95, но всё равно являются взаимодополняющими. ERP направлен на стратегическое планирование ресурсов, управление финансами и закупками, в то время как MES обеспечивает оперативное управление производством, детализируя план для каждого рабочего центра и замечая каждую минуту простоя. MES выступает обязательным связующим звеном между SADA/контроллерами и ERP, тем самым устраняя «информационный разрыв» между ними. Мировой рынок MES демонстрирует устойчивый рост, на нём представлены как крупные международные компании, так и усиливающиеся российские игроки в условиях импортозамещения. Ключевыми технологическими трендами являются переходы к облачным MES – решениям, интеграция промышленного интернета вещей и Edge - вычислениями, а также внедрение искусственного интеллекта для предиктивной аналитики и динамического планирования. Таким образом, без MES – системы невозможно построение эффективного цифрового производства, способного работать в режиме реального времени и быстро адаптироваться к изменениям.

Список литературы:

1. Кравченко А. И., Сальникова Н. А. Роль MES-систем в цифровой трансформации промышленных предприятий // Автоматизация в промышленности. 2023. № 4. С. 12–17.
2. Иванов В. В. Эволюция систем управления производством: от учёта к интеллектуальным MES // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2024. № 2. С. 23–29.

3. Standard ISA-95.00.01-2010 (IEC 62264-1). Enterprise-Control System Integration. Part 1: Models and Terminology. Research Triangle Park : ISA, 2010. 98 p.
4. Смирнов А. Б. ERP-системы: архитектура, выбор, внедрение. М. : ДМК Пресс, 2022. 340 с. ISBN 978-5-93700-123-4.
5. Meyer H., Fuchs F., Thiesl K. Manufacturing Execution Systems (MES): Optimal Design, Planning, and Deployment. New York : McGraw-Hill, 2019. 290 p. ISBN 978-1-259-64318-5.
6. Петрова Е. А. Почему ERP не заменяет MES: функциональный анализ // Менеджмент и производство. 2024. № 1 (19). С. 45–51.
7. Филиппов С. Н. Интеграция MES и ERP как основа цифрового производства // Инженерный вестник Дона. 2023. № 3. URL: <https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2023/1234> (дата обращения: 14.04.2026).
8. Manufacturing Execution System Global Market Report 2026. London : The Business Research Company, 2026. 215 p. URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/manufacturing-execution-system-global-market-report> (дата обращения: 14.04.2026).
9. Top 10 MES-Heavy Platforms for Connected Machines: 2025 Buyer's Guide. Cleverence, 2025. URL: <https://www.cleverence.com/articles/mes-buyers-guide-2025/> (дата обращения: 14.04.2026).
10. Григорьев Л. И. Сравнительный анализ мировых MES-платформ // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2025. № 6. С. 32–38.
11. Обзор российского рынка MES 2025 // TAdviser. 2025. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:MES_\(Manufacturing_Execution_System\)__\(российский_рынок\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:MES_(Manufacturing_Execution_System)__(российский_рынок)) (дата обращения: 14.04.2026).
12. Васильев О. П. Облачные технологии в промышленной автоматизации: MES как услуга // Cloud of Science. 2024. Т. 11, № 2. С. 56–62.

13. IoT Analytics. MES Market Report 2025–2030. Hamburg : IoT Analytics GmbH, 2025. 140 p.

14. Карпов Р. А. Применение Edge-вычислений в системах MES для снижения сетевой загрузки // Информационные технологии и вычислительные системы. 2025. № 1. С. 74–81.

15. Москвитин А. Д. Внедрение технологий искусственного интеллекта в основные функции автоматизированных систем управления производством // Экономика, предпринимательство и право. 2025. Т. 15, № 5. С. 3095–3110. DOI: 10.18334/epp.15.5.124567.