

**ОСОБЕННОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ  
АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА  
FEATURES OF INTELLIGENT SUPPORT FOR AUTOMATION  
OF PRODUCTION PROCESSES**

**Евдокимова С.А., к.т.н., доцент**  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»  
г. Воронеж, Россия  
evdsv@mail.ru

**Evdokimova S.A., CSc (Engineering), Associate Professor**  
FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"  
Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В статье рассматривается иерархическая структура построения информационно-управляющих систем для автоматизации производства, которая обеспечивает интеграцию интеллектуальных технологий и промышленность. Интернет вещей, искусственный интеллект, компьютерное зрение, робототехника и другие технологии используются для интеллектуальной поддержки автоматизации производственных процессов.

**Abstract:** The article examines the hierarchical structure of building information and control systems for production automation, which ensures the integration of intelligent technologies and industry. Internet of things, artificial intelligence, computer vision, robotics and other technologies are used for intelligent support for automation of production processes.

**Ключевые слова:** Индустрия 4.0, MES, SCADA, робототехника, искусственный интеллект, автоматизация производства.

**Keywords:** Industry 4.0, MES, SCADA, robotics, artificial intelligence, production automation.

Индустрия 4.0 – это концепция, основанная на интеграции информационных технологий и промышленности, которая объединяет все

этапы жизненного цикла в единое информационное пространство и обеспечивает поддержку принятия решений. В основе четвертой промышленной революции лежат искусственный интеллект, облачные вычисления, роботизация, интернет вещей и другие направления взаимодействия машин и удаленной передачи информации [1-3].

Задачи, возникающие при управлении производством, в последнее время значительно усложнились, поскольку из-за нестабильных международных отношений с зарубежными предприятиями нужно постоянно искать новых поставщиков, менять логистические цепочки, рынок сбыта.

Информационно-управляющие системы (ИУС) предприятия имеют иерархическую структуру, которая объединяет аппаратные и программные средства управления и контроля оборудованием, системы SCADA, MES, ERP и другие [4]. На рисунке 1 представлена иерархия ИУС предприятия и соответствующих задач, решаемых каждым видом систем. Структура ИУС предприятия имеет взаимосвязанную систему с обратными связями.

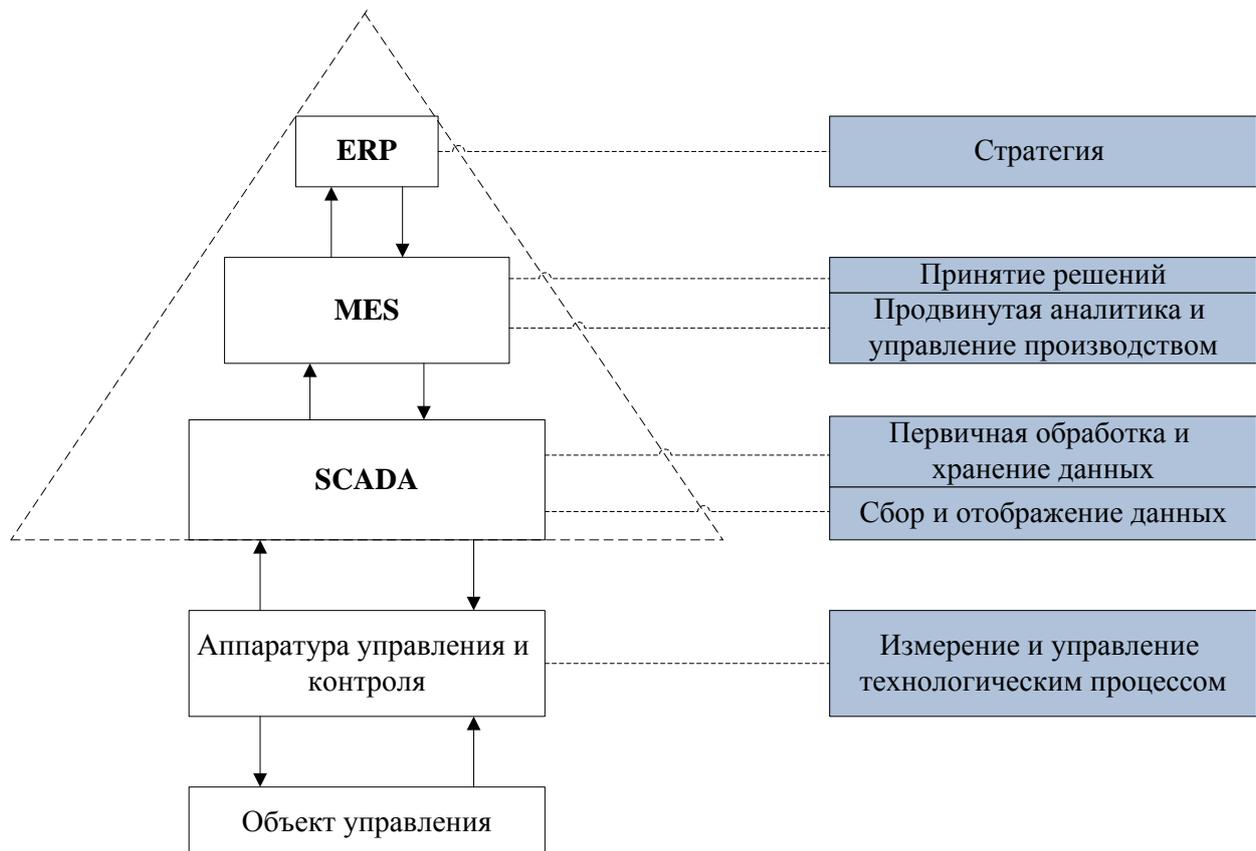


Рисунок 1 – Иерархия ИУС предприятия и соответствующих задач

Локальные системы управления используют информацию датчиков, анализируют ее, передают в виде управляющих инструкций исполнительным

механизмам, которые система приводит в действие. Системы управления должны быть с обратной связью, чтобы выполнялся контроль процессов.

SCADA-системы позволяют передавать управляющие команды на оборудование, имеющее ПЛК, датчики, исполнительные механизмы. Системы получают информацию от удаленных АРМ и обеспечивают контроль производственных процессов. Разработанные приложения SCADA демонстрируют поведение оборудования, выполняют сбор данных и диспетчеризацию управляющих воздействий. При этом сокращается необходимость в непосредственной работе оператора с механизмами и технологическим оборудованием [5, 6].

MES-системы предназначены для управления производственными процессами, обеспечивают распределение ресурсов оборудования и производственной логистики на уровне цеха. Из SCADA в MES поступает информация о переработке исходных материалов в готовые изделия, об образовании брака. MES может строить временные циклограммы для бесперебойной работы технологического оборудования и выполнять их оптимизацию. Контроль выполнения построенных календарных графиков позволяет руководителю отследить полный путь продукции, определить запаздывание в поставках и отклонение от графиков, принять необходимые меры в случае поломки оборудования [7].

Ключевой проблемой нарушения запланированных графиков работы является выход из строя оборудования и его небыстрый ремонт. В работе [8] авторы для гибкого планирования работы цеха предлагают динамическую разработку графиков с поддержкой интернета вещей в MES. Устройства автоматического обнаружения неполадок и остановки работы оборудования незамедлительно передают информацию об этом в систему управления для корректировки производственного графика с учетом простоя оборудования. Первоначальный план рассматривается как базовый, а далее с помощью генетического алгоритма и алгоритма со сдвигом справа на основе реальных событий строится скорректированный план-график, перераспределяя задания между оборудованием.

Параллельно с задачей планирования производственного процесса на текущий временной период в MES решается задача обслуживания и поддержания работоспособности оборудования. Исходной информацией о состоянии машин являются рекомендуемые параметры изготовителя для проведения сервисного обслуживания с целью обеспечения надежной

качественной работы. Реальное состояние оборудования и его износ передаются в систему с помощью датчиков. Оптимизационные модели в MES позволяют учитывать всю поступающую информацию, планировать обслуживание техники и выполнять динамическое планирование производственных процессов.

Информация из MES передается в комплексную систему предприятия ERP, которая объединяет все подразделения предприятия и предназначена для управления всеми ресурсами предприятия. Задачи ERP-систем связаны с обеспечением поддержки принятия решений, выработки стратегий и контролем всех видов деятельности на предприятии [9]. Поставленные задачи передаются из ERP в MES, в которой имеются модули планирования и анализа производственных процессов.

Многие предприятия могут использовать смешанные производственные линии, производить разнородную продукцию нескольких вариантов и сортов. В этом случае используется динамическая оптимизация в системах ERP/MES с помощью алгоритмов искусственного интеллекта, которые могут рассчитать время выпуска необходимых партий продукции [10]. Для этого в системах ERP/MES используются механизмы особого внимания (EMA-DCPM), работа которых включает в себя сбор данных, предварительную обработку, прогнозирование времени работы и динамическую оптимизацию пути.

Динамическая оптимизация позволяет предприятиям ориентироваться не на универсальность, а на программируемую и гибкую автоматизацию производственных процессов. Гибкие автоматизированные производства обеспечивают быстрый переход от одних технологических процессов к другим без потери времени, увеличения сроков изготовления.

Расширение классических функций MES и SCADA связано с интеллектуальными технологиями на производстве и использованием робототехники, с созданием единого информационного пространства поддержки всего жизненного цикла изделия [11, 12]. Единая цифровая среда имеет сервис-ориентированную архитектуру (SOA), которая позволяет взаимодействовать программным системам и модулям на разных платформах. Робототехнические системы могут выполнять погрузо-разгрузочные работы, сварку, обработку поверхности, резку металла и т.д.

Интеграция робототехники и искусственного интеллекта значительно расширила возможности систем автоматизации [13]. Алгоритмы машинного

обучения и компьютерного зрения позволяют роботам распознавать объекты, людей и жесты, обнаруживать дефекты в производимой продукции.

Таким образом, Интернет вещей, искусственный интеллект, компьютерное зрение, робототехника и другие технологии обеспечивают интеллектуальную поддержку автоматизации производственных процессов.

### Список литературы

1. Fábio Corrêa, E. Adaptability in industry 4.0: service-oriented architecture to deploy artificial intelligence on industrial automation / E. Fábio Corrêa, D. Santos de Freitas // Revista E-TECH: Tecnologias Para Competitividade Industrial. – 2023. – Vol. 16(3). – DOI: 10.18624/etech.v16i3.1301.

2. Фомина, А.В. Индустрия 4.0. Основные понятия, преимущества и проблемы / А.В. Фомина, К.Ю. Мухин // Экономический вектор. – 2018. – № 3 (14). – С. 33-38.

3. Закриева, М.С. Автоматизация производства с помощью новых технологий / М.С. Закриева, И.А. Магомедов, Р.С. Зарипова // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2023. – Т. 13, № 4-1. – С. 641-646.

4. Шульц, Т. Обзор модели стандартной архитектуры и компонентов Industry 4.0 / Т. Шульц, И.В. Некрасов, Д.В. Лежнин // Автоматизация в промышленности. – 2018. – № 10. – С. 39-46.

5. Jaiswal, M. Automation with networking and artificial intelligence / M. Jaiswal, M.S. Patel // SSRN Electronic Journal. – 2021. – Vol. 9, № 1. – Pp. 4748-4759.

6. Новикова, Т.П. Автоматизированное проектирование расположения базовых станций беспроводной сотовой связи / Т.П. Новикова, С.А. Евдокимова, Р.Ю. Медведев // Моделирование систем и процессов. – 2023. – Т. 16, № 4. – С. 61-70.

7. Новикова, Т.П. Разработка и исследование базовой модели PERT для планирования работ по проекту / Т.П. Новикова, С.А. Евдокимова, А.И. Новиков // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 75-81.

8. An IoT-Enabled Real-Time Dynamic Scheduler for Flexible Job Shop Scheduling (FJSS) in an Industry 4.0-Based Manufacturing Execution System (MES 4.0) / A. Tariq [et al.] // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. - Pp. 49653-49666. – DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3384252.

9. Евдокимова, С.А. Применение алгоритмов кластеризации для анализа клиентской базы магазина / С.А. Евдокимова, А.В. Журавлев, Т.П. Новикова // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 4-12.

10. Tongming, X.U. Research on collaborative flexible job-shop scheduling technology / X.U. Tongming, L.I. Zhou, F. Huanhu // Mechatronics and Automation Technology. – 2022. – Vol. 33. – Pp. 1-13. – DOI: 10.3233/ATDE221143.

11. Беляева, Т.П. Интегрированная среда управления производственными процессами на основе ИПИ-технологий / Т.П. Беляева // Моделирование систем и процессов. – 2010. – № 1-2. – С. 18-23.

12. Беляева, Т.П. Управление предприятием на основе современных ИПИ-технологий / Т.П. Беляева // Моделирование систем и процессов. – 2010. – № 1-2. – С. 13-18.

13. Industrial robotics as an important part of modern production automation / M. Malaga, T. Broum, M. Simon, M. Fronek // Acta Mechatronica – International Scientific Journal about Mechatronics. – 2022. – Vol. 7(4). – Pp. 31-36.

### References

1. Fábio Corrêa, E. Adaptability in industry 4.0: service-oriented architecture to deploy artificial intelligence on industrial automation / E. Fábio Corrêa, D. Santos de Freitas // Revista E-TECH: Tecnologias Para Competitividade Industrial. – 2023. – Vol. 16(3). – DOI: 10.18624/etech.v16i3.1301.

2. Fomina, A.V. Industry 4.0. Basic concepts, advantages and problems / A.V. Fomina, K.Yu. Mukhin // Economic vector. – 2018. – No. 3 (14). – pp. 33-38.

3. Zakrieva, M.S. Automation of production using new technologies / M.S. Zakrieva, I.A. Magomedov, R.S. Zaripova // Economics: yesterday, today, tomorrow. – 2023. – Т. 13, No. 4-1. – P. 641-646.

4. Schultz, T. Review of the model of standard architecture and components of Industry 4.0 / T. Schultz, I.V. Nekrasov, D.V. Lezhnin // Automation in industry. – 2018. – No. 10. – P. 39-46.

5. Jaiswal, M. Automation with networking and artificial intelligence / M. Jaiswal, M.S. Patel // SSRN Electronic Journal. – 2021. – Vol. 9, No. 1. – Pp. 4748-4759.

6. Novikova, T.P. Automated design of the location of base stations for wireless cellular communications / T.P. Novikova, S.A. Evdokimova, R.Yu. Medvedev // Modeling of systems and processes. 2023. V. 16, No. 4. P. 61-70.

7. Novikova, T.P. Development and research of the basic PERT model for planning project work / T.P. Novikova, S.A. Evdokimova, A.I. Novikov // Modeling of systems and processes. – 2021. – T. 14, No. 4. – P. 75-81.
8. An IoT-Enabled Real-Time Dynamic Scheduler for Flexible Job Shop Scheduling (FJSS) in an Industry 4.0-Based Manufacturing Execution System (MES 4.0) / A. Tariq [et al.] // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. - Pp. 49653-49666. – DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3384252.
9. Evdokimova, S.A. Application of clustering algorithms to analyze the store's customer base / S.A. Evdokimova, A.V. Zhuravlev, T.P. Novikova / Modeling of systems and processes. – 2021. – T. 14, No. 2. – P. 4-12.
10. Tongming, X.U. Research on collaborative flexible job-shop scheduling technology / X.U. Tongming, L.I. Zhou, F. Huanhu // Mechatronics and Automation Technology. – 2022. – Vol. 33. – Pp. 1-13. – DOI: 10.3233/ATDE221143.
11. Belyaeva, T.P. Integrated environment for managing production processes based on IPI technologies / T.P. Belyaeva // Modeling of systems and processes. – 2010. – No. 1-2. – pp. 18-23.
12. Belyaeva, T.P. Enterprise management based on modern IPI technologies / T.P. Belyaeva // Modeling of systems and processes. – 2010. – No. 1-2. – pp. 13-18.
13. Industrial robotics as an important part of modern production automation / M. Malaga, T. Broum, M. Simon, M. Fronek // Acta Mechatronica – International Scientific Journal about Mechatronics. – 2022. – Vol. 7(4). – Pp. 31-36.