

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1. ВВЕДЕНИЕ В АВТОМАТИЗАЦИЮ ПРОИЗВОДСТВА	9
1.1. История автоматизации и ее роль в современном производстве	11
1.2. Основные концепции и терминология	15
1.3. Преимущества и вызовы автоматизации	19
1.4. Связь между автоматизацией и цифровизацией производства	22
1.5. Обзор современных трендов в автоматизации	26
2. ОСНОВЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	31
2.1. Типы систем управления: от ручного до интеллектуального	35
2.2. Компоненты систем управления: датчики, актуаторы, контроллеры	38
2.3. Цикл управления и его оптимизация	41
2.4. Иерархия систем управления на производстве	45
2.5. Стандарты и протоколы коммуникации	48
3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ДИСКРЕТНОГО ПРОИЗВОДСТВА	54
3.1. Особенности дискретного производства	57
3.2. Системы PLC и их применение	60
3.3. Разработка логических схем управления	64
3.4. Программирование и настройка PLC	68
3.5. Практические примеры автоматизированных систем	72
4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССНОГО ПРОИЗВОДСТВА	77
4.1. Характеристики процессного производства	81
4.2. Системы регулирования и управления процессами	86
4.3. Моделирование и оптимизация производственных процессов	89
4.4. Интеграция систем управления с корпоративными системами	92
4.5. Кейсы автоматизации в химической, нефтегазовой и других отраслях	97

5. ПРОГРАММИРУЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В АВТОМАТИЗАЦИИ	101
5.1. Обзор программно-аппаратных комплексов	106
5.2. Робототехнические системы и автоматы.....	110
5.3. Программируемые логические контроллеры (ПЛК).....	113
5.4. Настройка и программирование промышленных роботов.....	116
5.5. Примеры внедрения программно-аппаратных решений	120
6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В АВТОМАТИЗАЦИИ	126
6.1. Роль информационных систем в автоматизированном производстве	130
6.2. Промышленные информационные системы	135
6.3. Сбор и обработка данных на производстве.....	138
6.4. Системы MES (Manufacturing Execution Systems)	143
6.5. Интеграция с ERP-системами	148
7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	152
7.1. Методологии проектирования систем управления	155
7.2. Инструменты и программное обеспечение для проектирования.....	159
7.3. Симуляция и виртуальное моделирование.....	164
7.4. Разработка пользовательского интерфейса для систем управления.....	167
7.5. Управление проектами автоматизации	170
8. КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ.....	175
8.1. Основы киберфизических систем.....	178
8.2. Применение IoT в производстве.....	181
8.3. Сенсорика и сбор данных	185
8.4. Облачные технологии и их роль в автоматизации	189
8.5. Примеры киберфизических систем на производстве	193
9. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВОМ	197
9.1. Основы искусственного интеллекта в автоматизации	202

9.2. Машинное обучение и его роль в оптимизации процессов.....	207
9.3. Применение нейросетей в управлении производством	212
9.4. Предсказательное обслуживание и анализ данных	216
9.5. Кейсы использования ИИ в промышленности	220
10. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ	224
10.1. Стратегии и методы технического обслуживания	227
10.2. Диагностика оборудования	232
10.3. Системы управления техническим обслуживанием	237
10.4. Прогностическое обслуживание и его преимущества	241
10.5. Примеры эффективного техобслуживания	245
11. БЕЗОПАСНОСТЬ И НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В АВТОМАТИЗАЦИИ.....	248
11.1. Законодательные и стандартные требования к автоматизации.....	252
11.2. Обеспечение безопасности на производстве.....	256
11.3. Эргономика и охрана труда.....	259
11.4. Аудит и сертификация систем управления	261
11.5. Кейсы внедрения стандартов безопасности	264
12. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	268
12.1. Оценка экономической эффективности проектов автоматизации	271
12.2. Стоимость владения и эксплуатации автоматизированных систем	276
12.3. Финансовое планирование и бюджетирование в автоматизации	280
12.4. ROI и окупаемость автоматизации	284
12.5. Кейсы финансовой успешности автоматизированных проектов	289
13. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	294
13.1. Принципы и методы управления качеством	295
13.2. Системы управления качеством (QMS).....	298
13.3. Статистический контроль качества	301

13.4. Контроль качества в процессе и на выходе	303
13.5. Непрерывное улучшение и методологии Lean, Six Sigma.....	306
14. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	309
14.1. Влияние автоматизации на окружающую среду	311
14.2. Устойчивое производство и экологически чистые технологии	315
14.3. Ресурсо- и энергоэффективность в автоматизированных системах	318
14.4. Управление отходами и вторичное использование материалов.....	323
14.5. Экологические стандарты и сертификация в промышленности	325
15. СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА	328
15.1. Воздействие автоматизации на рабочую силу	330
15.2. Переподготовка и развитие навыков сотрудников.....	332
15.3. Социальное партнерство и корпоративная социальная ответственность.....	335
15.4. Этика искусственного интеллекта и робототехники.....	338
15.5. Будущее трудоустройства в автоматизированных отраслях	340
16. ПРИМЕРЫ МИРОВОЙ ПРАКТИКИ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	344
16.1. Обзор мировых тенденций в автоматизации.....	345
16.2. Изучение передовых технологий и их внедрение	347
16.3. Кейс-стади из различных отраслей промышленности	349
16.4. Анализ успехов и неудач в автоматизации	350
16.5. Перспективные технологии и новые направления в автоматизации	354
17. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И БУДУЩЕЕ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	357
17.1. Сводка основных моментов пособия	360
17.2. Перспективные направления исследований в автоматизации	362
17.3. Влияние глобальных экономических и технологических трендов	364
17.4. Подготовка к изменениям на рынке труда	365

17.5. Стратегическое планирование для будущего автоматизации	368
18. ПРИЛОЖЕНИЯ	371
18.1. Глоссарий терминов и определений	371
18.2. Справочные материалы и нормативные документы	373
18.3. Лабораторные и практические работы	375
18.4. Программное обеспечение и инструментарий.....	377
18.5. Рекомендации по дальнейшему чтению и источники информации	379
19. ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ	381
19.1. Контрольные вопросы по каждой главе	381
19.2. Задания для самостоятельной работы.....	382
19.3. Проектные задания и кейс-стади	383
19.4. Тесты для проверки знаний.....	384
19.5. Методические указания для преподавателей.....	386
20. ИНДЕКС.....	388
20.1. Алфавитный указатель терминов и понятий.....	388
20.2. Указатель нормативных документов	390

ВВЕДЕНИЕ

Книга структурирована таким образом, чтобы обеспечить читателям поэтапное погружение в каждый аспект автоматизации, включая системы управления, программное обеспечение, информационные системы, проектирование и экономические аспекты. Особое внимание уделяется социальным и экологическим аспектам автоматизации, подчеркивается ее значимость в современном обществе.

Это пособие станет неотъемлемым ресурсом для образовательных учреждений, поскольку предлагает как теоретическую основу, так и практические рекомендации, включая лабораторные работы, проектные задания и кейс-стади. Такой подход не только способствует глубокому пониманию материала, но и развивает у студентов необходимые навыки для будущей профессиональной деятельности в области автоматизации.

Кроме того, это пособие является ценным источником информации для преподавателей. Оно предлагает методические указания, контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы, что делает его идеальным выбором для курсов по автоматизации производства и смежных дисциплин.

Издание «Автоматизация производства. Разработка и внедрение систем управления» представляет собой комплексный образовательный ресурс, который не только обогатит учебные программы вузов, но и станет надежным помощником для самостоятельного изучения и профессионального развития в области автоматизации производства.

1. ВВЕДЕНИЕ В АВТОМАТИЗАЦИЮ ПРОИЗВОДСТВА

Автоматизация производства представляет собой ключевую составляющую современной индустрии, претворяя в жизнь концепцию умного производства. Этот процесс имеет долгую историю, начиная с использования механических устройств в ручном производстве и заканчивая внедрением передовых цифровых технологий.

Основная цель автоматизации заключается в увеличении эффективности производственных процессов, повышении качества продукции и снижении затрат. Она включает в себя использование различных технологий: от программно-аппаратных комплексов и робототехнических систем до промышленных информационных систем.

Преимущества автоматизации включают в себя увеличение производительности, снижение рисков человеческого фактора, более точный контроль процессов и возможность быстрой реакции на изменения в производственной среде. Однако, помимо явных выгод, существуют и вызовы, такие как необходимость значительных инвестиций, сложности внедрения новых технологий и потребность в персонале с высокой квалификацией.

В современном контексте автоматизация тесно связана с цифровизацией производства, где данные и информационные технологии играют решающую роль в оптимизации и управлении производственными процессами. Тенденции в автоматизации включают в себя внедрение искусственного интеллекта, расширенной реальности и Интернета вещей для создания более гибких и интеллектуальных производственных систем.

Автоматизация производства стала непременным элементом современной промышленности. Она переформировала традиционные методы и подняла эффективность производства на новый уровень. Исторически автоматизация начиналась с использования механических устройств для монотонных задач, но с развитием технологий произошел переход к более сложным и интеллектуальным системам.

Основные концепции автоматизации включают в себя применение программно-аппаратных комплексов, робототехнических систем и систем управления, представленных, например, программируемыми логическими контроллерами (ПЛК). Эти технологии обеспечивают автоматизацию как в дискретном, так и в процессном производстве.

Преимущества автоматизации в производстве весьма заметны. Они включают повышение производительности благодаря постоянной работе и точности, снижение рисков ошибок, обеспечение высокого уровня контроля и возможность быстрого реагирования на изменения в условиях производства.

Однако внедрение автоматизации также сопряжено с вызовами. Необходимость капиталовложений, обучение персонала, а также сложности интеграции новых технологий могут создавать некоторые трудности.

В современной автоматизации тесно переплетаются цифровизация и сбор данных. Это открывает новые возможности для оптимизации производства, анализа больших объемов информации и принятия данных решений в реальном времени. Такие направления, как киберфизические системы и Интернет вещей, становятся важными компонентами современных производственных сред.

1. Введение в автоматизацию производства.

Тема	Описание
История автоматизации	От механических устройств до цифровых технологий
Роль в современном производстве	Увеличение эффективности, снижение затрат, повышение качества
Основные концепции и терминология	Программно-аппаратные комплексы, робототехнические системы, системы управления и другие
Преимущества и вызовы	Повышение производительности, но требуются инвестиции и обучение персонала
Связь с цифровизацией	Взаимосвязь с использованием данных и информационных технологий
Современные тренды	Внедрение искусственного интеллекта, расширенной реальности, Интернета вещей

2. Основы систем управления.

Тема	Описание
Типы систем управления	Ручные, автоматизированные, интеллектуальные
Компоненты систем управления	Датчики, актуаторы, контроллеры
Цикл управления и его оптимизация	Процесс управления и оптимизация для повышения эффективности
Иерархия систем управления на производстве	Уровни управления от оперативного до стратегического
Стандарты и протоколы коммуникации	Обзор используемых стандартов и протоколов в промышленности

В заключение констатируем: изучение автоматизации производства раскрывает важные аспекты, связанные с эволюцией индустрии в направлении более эффективных, точных и гибких производственных процессов. Рассмотренные темы включают историю автоматизации, ключевые концепции, преимущества, вызовы, а также современные тенденции, такие как цифровизация и использование передовых технологий.

Основы систем управления, автоматизация дискретного и процессного производства, программируемое оборудование, информационные системы и киберфизические системы дополняют друг друга, обеспечивают комплексный взгляд на область автоматизации. Проектирование систем автоматизации и роль IoT вносят важные элементы в процесс создания современных производственных систем.

Важно отметить, что хотя автоматизация приносит множество преимуществ, она также сопряжена с такими вызовами, как высокие затраты и необходимость подготовки персонала. Однако стремление к созданию умных производств и использование передовых технологий позволяют улучшить конкурентоспособность и эффективность предприятий в современной экономической среде.

1.1. История автоматизации и ее роль в современном производстве

Историю автоматизации производства можно проследить от простых механических устройств до интегрированных систем, использующих передовые технологии. Рассмотрение этой истории позволяет лучше понять эволюцию промышленности и роль автоматизации в современном производстве.

1. Этап механизации (XVIII–XIX вв.).

- Начало автоматизации связано с использованием механических устройств, таких как ткацкие станки, паровые двигатели и металорежущие станки.

- Механизация увеличила производительность, но операции все еще требовали наблюдения и управления человека.

2. Появление электричества (конец XIX — начало XX в.).

- Использование электричества привело к развитию более эффективных и управляемых механизмов.

- Появились первые электромеханические системы управления, что дало возможность автоматизации производственных процессов.

3. Развитие электроники и ПЛК (1950–1970 гг.).

- Внедрение полупроводниковых технологий привело к созданию программируемых логических контроллеров (ПЛК).

- Появление ПЛК позволило более гибко программировать и контролировать производственные процессы.

4. Развитие компьютерных технологий (1980–1990 гг.).

- Введение персональных компьютеров и микропроцессоров усилило автоматизацию и внедрение компьютерных систем управления.

- Компьютеры стали основой для создания сложных автоматизированных систем.

5. Цифровая трансформация (2000 — н. в.).

- Современная автоматизация включает в себя цифровые технологии, искусственный интеллект, облачные вычисления и Интернет вещей (IoT).

- Цифровая трансформация позволяет создавать гибкие, интеллектуальные производственные системы, способные к анализу данных в реальном времени.

Роль автоматизации в современном производстве.

1. Повышение производительности. Автоматизация снижает зависимость от ручного труда, увеличивается производительность и скорость производства.

2. Улучшение качества. Системы автоматизации обеспечивают более точный контроль и уменьшают вероятность ошибок, что способствует повышению качества продукции.

3. Снижение затрат. В долгосрочной перспективе автоматизация позволяет сократить затраты на рабочую силу и улучшить эффективность использования ресурсов.

4. Гибкость и адаптивность. Современные системы автоматизации могут быстро адаптироваться к изменениям в производственной среде, обеспечивая гибкость в производственных процессах.

5. Инновации и конкурентоспособность. Автоматизация способствует внедрению инноваций, что является ключевым элементом конкурентоспособности предприятий в современной экономике.

В целом история автоматизации производства демонстрирует ее прогрессивное развитие от механических устройств до современных цифровых систем, играющих важную роль в современной промышленности.

6. Безопасность и условия труда. Автоматизация позволяет выполнять опасные задачи без участия человека, что снижает риск производственных травм и улучшает условия труда.

7. Интеграция с Интернетом вещей (IoT). Современные системы автоматизации активно используют IoT для сбора данных, мон-

ниторинга оборудования и управления производственными процессами в режиме реального времени.

8. Цифровая трассируемость и управление данными. Автоматизация обеспечивает цифровую трассируемость продукции, что важно для контроля качества, отслеживания происхождения и соответствия стандартам.

9. Энергоэффективность. Системы автоматизации позволяют оптимизировать использование энергии в производстве, что способствует экономии ресурсов и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

10. Глобальная коннективность. Современные производственные системы часто взаимодействуют в глобальном масштабе, обеспечивая коннективность и синхронизацию производственных процессов на различных уровнях.

11. Облачные технологии. Использование облачных технологий позволяет хранить и обрабатывать большие объемы данных, обеспечивая гибкость и доступность информации.

12. Сопряжение с искусственным интеллектом. Интеграция искусственного интеллекта в системы автоматизации расширяет их функциональность, позволяя анализировать большие объемы данных и предсказывать возможные события.

Современная автоматизация производства становится неотъемлемой частью Индустрии 4.0, где цифровые технологии, Интернет вещей и искусственный интеллект объединяются для создания интеллектуальных и гибких производственных систем. Разнообразие преимуществ, которые приносит автоматизация, демонстрирует ее важность в достижении эффективности, конкурентоспособности и устойчивости в современной бизнес-среде. Объединим ключевые моменты в виде таблиц.

1. Преимущества автоматизации.

Преимущество	Описание
Повышение производительности	Увеличение эффективности операций и скорости производства
Улучшение качества продукции	Более точный контроль и снижение вероятности ошибок
Снижение затрат	Оптимизация использования ресурсов и сокращение затрат на труд
Гибкость и адаптивность	Способность быстро адаптироваться к изменениям в производстве
Иновации и конкурентоспособность	Способствует внедрению новых технологий и повышению конкурентоспособности

2. Дополнительные аспекты автоматизации.

Аспект	Описание
Безопасность и условия труда	Снижение риска производственных травм и улучшение условий труда
Интеграция с IoT	Использование данных для мониторинга и управления в реальном времени
Цифровая трассируемость и управление данными	Отслеживание происхождения продукции и управление информацией
Энергоэффективность	Оптимизация использования энергии в производстве
Глобальная коннективность	Взаимодействие производственных систем на глобальном уровне

3. Технологии, сопряженные с автоматизацией.

Технология	Описание
Интеграция с облачными технологиями	Хранение и обработка данных в облаке для гибкости и доступности
Использование искусственного интеллекта	Расширение функциональности систем и анализ данных
Объединение с IoT	Взаимодействие с Интернетом вещей для сбора и анализа данных

В истории автоматизации производства виден неоспоримый прогресс от механических устройств к современным цифровым системам, формирующими Индустрию 4.0. Этот эволюционный путь сопровождался переходом от простой механизации к комплексным системам, включая электронику, программное управление, цифровую трансформацию, и сегодня — к интеграции с искусственным интеллектом и Интернетом вещей.

Роль автоматизации в современном производстве огромна. Преимущества включают повышение производительности, улучшение качества, снижение затрат, гибкость и конкурентоспособность. Технологические инновации, такие как облачные вычисления, искусственный интеллект и IoT, играют ключевую роль в достижении этих преимуществ.

Дополнительные аспекты автоматизации, такие как повышение безопасности, интеграция с IoT для мониторинга в реальном времени, цифровая трассируемость и управление данными, подчеркивают глубокий и многогранный характер современных систем автоматизации.

Таким образом, автоматизация производства выходит далеко за рамки механической роботизации и становится неотъемлемой частью

технологической революции, направленной на создание интеллектуальных, эффективных и гибких производственных систем, способных адаптироваться к современным вызовам и требованиям рынка.

1.2. Основные концепции и терминология

В процессе изучения автоматизации производства неизбежно столкновение с рядом ключевых концепций и терминов, которые являются фундаментальными для понимания этой области. Давайте рассмотрим некоторые из них.

1. Программно-аппаратный комплекс (ПАК).

• *Описание.* Интегрированная система, объединяющая в себе программное и аппаратное обеспечение для автоматизации производственных процессов.

• *Роль.* Обеспечивает согласованную работу оборудования и программ для эффективного управления производством.

2. Робототехнические системы.

• *Описание.* Механические устройства с программируемым управлением, способные выполнять различные задачи, часто вместо или совместно с человеком.

• *Роль.* Автоматизация монотонных, опасных или сложных операций в производстве.

3. Системы управления производственными процессами (СУПП).

• *Описание.* Комплекс программ и оборудования, предназначенный для управления и контроля технологическими процессами.

• *Роль.* Обеспечивает координацию и оптимизацию производственных операций.

4. Программируемые логические контроллеры (ПЛК).

• *Описание.* Специализированные вычислительные устройства для автоматизации контроля над машинами и производственными процессами.

• *Роль.* Обеспечивают логическое управление и программирование в производственных системах.

5. Интеграция с ERP (Enterprise Resource Planning).

• *Описание.* Системы для управления предприятием, включая планирование ресурсов, управление запасами и финансовые аспекты.

• *Роль.* Обеспечивает взаимодействие между производственной и бизнес-сферой, обеспечивая целостность данных и эффективное управление ресурсами.

6. Системы MES (Manufacturing Execution Systems).

- *Описание.* Программные решения, предназначенные для управления выполнением производственных задач.

- *Роль.* Осуществляют мониторинг, сбор данных и оптимизацию производственных процессов.

7. Симуляция и виртуальное моделирование.

- *Описание.* Использование программных средств для создания виртуальных моделей и симуляции производственных процессов.

- *Роль.* Позволяет проводить тестирование и оптимизацию без реального воздействия на производственные системы.

8. Управление проектами автоматизации.

- *Описание.* Применение методов и инструментов для эффективного планирования, реализации и контроля проектов по внедрению автоматизации.

- *Роль.* Обеспечивает структурированный и целенаправленный процесс внедрения автоматизации.

Освоение этих концепций и терминов необходимо для глубокого понимания принципов и функциональности систем автоматизации производства.

9. Киберфизические системы (CPS).

- *Описание.* Интегрированные системы, объединяющие физические процессы с цифровыми технологиями и системами управления.

- *Роль.* Позволяют создавать более гибкие и эффективные производственные системы, где физический мир взаимодействует с цифровой средой.

10. Интернет вещей (IoT).

- *Описание.* Сеть взаимосвязанных физических объектов, оборудованных сенсорами и устройствами для сбора и обмена данными.

- *Роль.* Обеспечивает сбор информации в реальном времени, что способствует более точному и оперативному управлению производством.

11. Сенсорика и сбор данных.

- *Описание.* Использование датчиков для измерения физических параметров в окружающей среде и сбора данных.

- *Роль.* Обеспечивает постоянный мониторинг производственных процессов и предоставляет основу для принятия информированных решений.

12. Облачные технологии.

- *Описание.* Использование удаленных серверов для хранения и обработки данных, обеспечиваются доступность и масштабируемость.

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru