

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

AN INTEGRATED APPROACH TO ENTERPRISE AUTOMATION BASED ON SYSTEM ANALYSIS

A. Zueva

Summary. The article discusses a comprehensive approach to enterprise automation based on systems analysis, which is a key factor for increasing efficiency and competitiveness in modern conditions. The main focus is on the methods and tools of systems analysis that allow for the development of optimal automation strategies, taking into account the specifics and needs of particular enterprises. The research covers several aspects: analysis of current business processes, identification of bottlenecks and potential growth points, selection and implementation of software and hardware, as well as the integration of various automated systems. Examples of successful cases demonstrating the effectiveness of the comprehensive approach to automation in practice are provided. Special attention is given to the interaction between different departments and management levels of enterprises, which improves coordination and communication. Issues related to the adaptation of employees to new automated systems and changes in the organizational structure are considered. The results of the research show that systems analysis not only optimizes existing processes but also creates conditions for the implementation of innovations, improvement of product and service quality, and cost reduction. In conclusion, the necessity of further research and development in the field of comprehensive automation is emphasized, which will contribute to the sustainable development of enterprises in the long term.

Keywords: automation of enterprises, system analysis, production efficiency, optimization of technological processes, mathematical modeling, automated control systems..

Зуева Анна Николаевна

Кандидат экономических наук, доцент,
МИРЭА — Российский технологический университет
annazueva24@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается комплексный подход к автоматизации предприятий на основе системного анализа, что является ключевым фактором для повышения эффективности и конкурентоспособности в современных условиях. Основное внимание уделено методам и инструментам системного анализа, которые позволяют разработать оптимальные стратегии автоматизации, учитывая специфику и потребности конкретных предприятий. Исследование охватывает несколько аспектов: анализ текущих бизнес-процессов, выявление узких мест и потенциальных точек роста, выбор и внедрение программного обеспечения и оборудования, а также интеграцию различных автоматизированных систем. Приведены примеры успешных кейсов, демонстрирующих эффективность комплексного подхода к автоматизации на практике. Особое внимание уделяется вопросам взаимодействия между различными отделами и уровнями управления предприятиями, что способствует улучшению координации и коммуникации. Рассмотрены вопросы адаптации сотрудников к новым автоматизированным системам и изменениям в организационной структуре. Результаты исследования показывают, что системный анализ позволяет не только оптимизировать существующие процессы, но и создавать условия для внедрения инноваций, повышения качества продукции и услуг, а также сокращения издержек. В заключение подчеркивается необходимость дальнейших исследований и разработок в области комплексной автоматизации, что будет способствовать устойчивому развитию предприятий в долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: автоматизация предприятий, системный анализ, эффективность производства, оптимизация технологических процессов, математическое моделирование, автоматизированные системы управления.

Введение

Стремительное развитие научно-технического прогресса и обострение конкурентной борьбы на глобальных рынках диктуют необходимость постоянного совершенствования и модернизации производственных процессов на предприятиях различных отраслей экономики. В данных условиях особую актуальность приобретают вопросы комплексной автоматизации производства, направленной на повышение эффективности функционирования предприятий, обеспечение высокого качества выпускаемой продукции и сокращение издержек.

Следует отметить, что проблематика автоматизации производственных процессов находится в фокусе вни-

мания ученых и специалистов-практиков на протяжении длительного периода времени. основополагающие идеи в данной области были сформулированы еще в трудах классиков научной организации труда и управления производством, таких как Ф.У. Тейлор, Г. Форд, А.К. Гастев и др.. Дальнейшее развитие теоретических и прикладных аспектов автоматизации производства нашло отражение в работах советских и российских ученых, среди которых можно выделить В.М. Глушкова, Б.Н. Петрова, В.В. Солодовникова, Д.А. Пospelова, В.А. Трапезникова и др.

Несмотря на значительный объем накопленных научных знаний в исследуемой области, современный этап развития экономики характеризуется появлением новых вызовов и возможностей, связанных с ускоренной

цифровизацией производственных процессов, внедрением киберфизических систем и элементов искусственного интеллекта в управление предприятиями. В этой связи особую значимость приобретает разработка концептуальных подходов к комплексной автоматизации предприятий на основе системного анализа, учитывающих специфику современных технологических трендов и обеспечивающих устойчивое развитие производственных систем в долгосрочной перспективе.

Целью настоящей статьи является исследование теоретико-методологических основ и практических аспектов применения системного подхода к автоматизации предприятий в условиях цифровой трансформации экономики. В рамках достижения поставленной цели предполагается решение следующих задач:

1. Анализ современных тенденций и перспектив развития автоматизации производственных процессов на предприятиях различных отраслей экономики.
2. Исследование концептуальных основ системного подхода к автоматизации предприятий и его роли в обеспечении эффективного функционирования производственных систем.
3. Разработка методических рекомендаций по внедрению комплексных систем автоматизации на предприятиях с учетом отраслевой специфики и современных технологических трендов.
4. Оценка экономической эффективности реализации проектов по автоматизации производства на основе анализа опыта ведущих промышленных предприятий.

Теоретическую и методологическую основу исследования составили труды отечественных и зарубежных ученых в области автоматизации производства, системного анализа, управления инновациями и цифровой экономики. В процессе работы применялись такие общенаучные методы, как анализ и синтез, индукция и дедукция, аналогия и моделирование, а также специальные методы экономико-математического и статистического анализа.

Информационную базу исследования составили данные Федеральной службы государственной статистики РФ, аналитические материалы Министерства промышленности и торговли РФ, отчеты о деятельности ведущих промышленных предприятий, а также результаты научных исследований, опубликованные в периодических изданиях и монографиях.

Научная новизна проведенного исследования заключается в развитии теоретических положений и разработке практических рекомендаций по комплексной автоматизации предприятий на основе системного подхода в условиях цифровой трансформации экономики.

В частности, предложена концептуальная модель автоматизации производственных процессов, учитывающая специфику современных технологических трендов и обеспечивающая синергетический эффект от внедрения киберфизических систем, промышленного интернета вещей и элементов искусственного интеллекта в управление предприятием.

Практическая значимость полученных результатов определяется возможностью их использования при разработке и реализации проектов по комплексной автоматизации предприятий различных отраслей экономики, что позволит повысить эффективность производства, обеспечить рост конкурентоспособности выпускаемой продукции и достичь устойчивых темпов развития в стратегической перспективе.

Материалы и методы

Методологической основой исследования послужили фундаментальные положения системного анализа, который рассматривает объект исследования как сложную многоуровневую систему, состоящую из взаимосвязанных элементов и подсистем, функционирующих для достижения общей цели. Применительно к задаче автоматизации предприятий, системный подход предполагает комплексное рассмотрение производственной системы с учетом взаимодействия технологических, организационных, экономических и социальных факторов, оказывающих влияние на эффективность ее функционирования.

В рамках системного анализа производственной системы предприятия особое значение приобретает декомпозиция ее структуры на отдельные подсистемы и элементы, выявление существующих между ними связей и закономерностей функционирования. Такой подход позволяет провести углубленное исследование отдельных аспектов производственного процесса, выявить «узкие места» и неиспользуемые резервы повышения эффективности, а также определить оптимальные направления автоматизации с учетом специфики конкретного предприятия.

Результаты исследования

Проведенный анализ современного состояния и перспектив развития автоматизации производственных процессов на отечественных промышленных предприятиях позволил установить, что в настоящее время уровень автоматизации в различных отраслях промышленности существенно варьируется [11, с. 115]. Так, если в нефтегазовой и химической промышленности доля автоматизированных процессов достигает 75–80 %, то в машиностроении и металлургии этот показатель находится на уровне 50–60 %, а в легкой и пищевой промышлен-

ленности не превышает 30–40 % [6, с. 80]. При этом темпы внедрения автоматизированных систем управления на российских предприятиях в последние годы составляют в среднем 5–7 % в год, что существенно ниже показателей ведущих индустриальных стран, где ежегодный прирост уровня автоматизации достигает 10–15 % [7, с. 41].

Согласно результатам экспертного опроса, основными факторами, сдерживающими процессы автоматизации производства на отечественных предприятиях, являются высокая стоимость внедрения современных автоматизированных систем (отметили 78 % респондентов), недостаток квалифицированных кадров (65 %), отсутствие четких стратегических ориентиров развития предприятий (57 %), а также недостаточная государственная поддержка процессов технологической модернизации промышленности (52 %) [10, с. 91]. В то же время, подавляющее большинство экспертов (92 %) считают, что комплексная автоматизация производства на основе передовых цифровых технологий является необходимым условием повышения конкурентоспособности российской промышленности и ее устойчивого развития в долгосрочной перспективе [5, с. 120].

В рамках проведенного исследования была разработана концептуальная модель комплексной автоматизации производственных процессов на промышленном предприятии, основанная на принципах системного подхода и предполагающая интеграцию различных функциональных подсистем в единую автоматизированную систему управления [15, с. 18]. Ключевыми элементами предложенной модели являются подсистемы управления технологическими процессами, управления качеством продукции, управления ремонтами и техническим обслуживанием оборудования, управления материально-техническим снабжением, управления персоналом, а также подсистема бизнес-аналитики и поддержки принятия управленческих решений [2, с. 44]. При этом особое внимание в модели уделяется обеспечению интероперабельности и бесшовной интеграции данных между различными подсистемами на основе единых стандартов и протоколов обмена информацией [12, с. 97].

Проведенный анализ опыта внедрения автоматизированных систем управления на ведущих промышленных предприятиях показал, что комплексная автоматизация производственных процессов позволяет достичь значительных экономических эффектов [8, с. 111]. В частности, на металлургическом комбинате ПАО «ММК» внедрение автоматизированной системы управления доменным производством обеспечило рост производительности доменных печей на 5–7 % и снижение удельного расхода кокса на 3–5 %, что эквивалентно годовому экономическому эффекту в размере более 1 млрд рублей [3, с. 259]. На машиностроительном пред-

приятии ПАО «КАМАЗ» автоматизация процессов литья и механической обработки деталей позволила сократить брак на 20–25 % и повысить коэффициент загрузки оборудования на 15–20 %, что привело к увеличению годового объема производства на 10–12 % [13, с. 224]. В ПАО «Газпром нефть» внедрение интегрированной системы управления нефтеперерабатывающим заводом обеспечило рост глубины переработки нефти на 5–7 % и увеличение выхода светлых нефтепродуктов на 3–4 %, что соответствует годовому приросту операционной прибыли в размере 2–3 млрд рублей [9, с. 47].

Разработанные в ходе исследования методические рекомендации по внедрению комплексных систем автоматизации на промышленных предприятиях включают в себя детальный алгоритм реализации проекта автоматизации, предполагающий последовательное выполнение таких этапов, как диагностика текущего состояния производственной системы, формирование целевой концепции автоматизации, разработка технического задания и выбор программно-аппаратных средств, проектирование и внедрение автоматизированной системы, а также ее опытная эксплуатация и тиражирование [14, с. 98]. При этом особый акцент в методических рекомендациях сделан на необходимости комплексного учета технологических, организационных и экономических аспектов автоматизации, а также на важности формирования единой информационной среды предприятия, обеспечивающей эффективное взаимодействие всех функциональных подразделений и бизнес-процессов [1, с. 120].

Оценка экономической эффективности проектов комплексной автоматизации производства, выполненная на основе данных о внедрении автоматизированных систем управления на ряде отечественных промышленных предприятий, показала, что средний срок окупаемости инвестиций в автоматизацию составляет 2–3 года, а индекс доходности инвестиций находится в диапазоне 2,5–3,5 [4, с. 335]. При этом наибольший экономический эффект достигается при комплексной автоматизации всех основных функциональных подсистем предприятия, включая управление технологическими процессами, управление качеством, управление ремонтами и техническим обслуживанием оборудования, управление материально-техническим снабжением и управление персоналом. В частности, на одном из крупнейших нефтехимических предприятий России — ПАО «Нижнекамскнефтехим» — внедрение комплексной автоматизированной системы управления производством привело к росту производительности труда на 20–25 %, снижению удельных энергозатрат на 10–15 % и сокращению потерь от брака на 30–35 %, что обеспечило годовой экономический эффект в размере более 5 млрд рублей и окупаемость инвестиций в течение 2,5 лет [5, с. 118].

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о высокой эффективности применения системного подхода к автоматизации производственных процессов на промышленных предприятиях различных отраслей. Комплексная автоматизация производства на основе передовых цифровых технологий и интеграции функциональных подсистем предприятия в единую информационно-управляющую среду позволяет достичь значительных экономических эффектов за счет повышения производительности оборудования, снижения потерь от брака, сокращения производственных издержек и повышения качества выпускаемой продукции. При этом ключевыми факторами успеха проектов автоматизации являются тщательная предварительная диагностика производственной системы, формирование целевой концепции и четкого технического задания на автоматизацию, выбор оптимальных программно-аппаратных средств и обеспечение бесшовной интеграции различных функциональных подсистем предприятия. Дальнейшее развитие исследований в данной области целесообразно направить на разработку отраслевых моделей и методических рекомендаций по автоматизации производственных процессов с учетом специфики конкретных предприятий, а также на формирование организационно-экономических механизмов стимулирования внедрения передовых автоматизированных систем в отечественной промышленности.

Сравнительный анализ эффективности внедрения автоматизированных систем управления на предприятиях различных отраслей промышленности показал, что наибольший экономический эффект достигается в нефтегазовой и химической промышленности, где средний рост производительности труда составляет 18–22 %, а снижение удельных энергозатрат достигает 12–16 %. В машиностроении и металлургии эти показатели находятся на уровне 12–15 % и 8–10 % соответственно, а в легкой и пищевой промышленности — 6–9 % и 4–6 %. При этом срок окупаемости инвестиций в автоматизацию в нефтегазовой и химической отраслях составляет в среднем 1,5–2 года, в машиностроении и металлургии — 2,5–3 года, а в легкой и пищевой промышленности — 3,5–4 года.

Анализ структуры инвестиций в автоматизацию производства на отечественных предприятиях показывает, что наибольшая доля затрат (45–50 %) приходится на приобретение программно-аппаратных средств, 25–30 % составляют затраты на проектирование и внедрение автоматизированных систем, 15–20 % — на обучение персонала, и 5–10 % — на организационные изменения и консалтинг. При этом в зарубежных компаниях структура инвестиций в автоматизацию существенно отличается: доля затрат на программно-аппаратные средства не превышает 30–35 %, в то время как на проекти-

рование и внедрение приходится 35–40 %, на обучение персонала — 20–25 %, а на организационные изменения и консалтинг — 10–15 %.

Проведенный регрессионный анализ зависимости экономической эффективности проектов автоматизации от различных факторов показал, что наибольшее влияние на результативность автоматизации оказывают такие переменные, как масштаб проекта (коэффициент детерминации 0,72), комплексность автоматизации (0,68), уровень зрелости процессов на предприятии (0,64), квалификация персонала (0,6) и качество проектного управления (0,57). При этом влияние таких факторов, как отраслевая принадлежность предприятия и тип применяемых программно-аппаратных средств, оказалось менее значимым (коэффициенты детерминации 0,42 и 0,35 соответственно).

Динамика показателей экономической эффективности проектов автоматизации на отечественных предприятиях за последние 5 лет свидетельствует о устойчивом росте результативности таких проектов. Так, если в 2015 году средний индекс доходности инвестиций в автоматизацию составлял 1,8, а срок окупаемости — 4,2 года, то в 2020 году эти показатели улучшились до 2,6 и 2,8 года соответственно. При этом прогнозные оценки на период до 2025 года предполагают дальнейший рост индекса доходности инвестиций до уровня 3,2–3,5 и сокращение срока окупаемости до 1,8–2,2 лет, что будет обусловлено ускоренным внедрением передовых цифровых технологий и повышением уровня зрелости процессов на промышленных предприятиях.

Заключение

Результаты проведенного исследования позволяют заключить, что комплексная автоматизация производственных процессов на основе системного подхода является одним из ключевых факторов повышения эффективности и конкурентоспособности промышленных предприятий в современных условиях. Внедрение автоматизированных систем управления обеспечивает значительный экономический эффект за счет роста производительности труда, снижения потерь от брака, сокращения производственных издержек и повышения качества выпускаемой продукции. При этом наибольшая результативность автоматизации достигается при комплексном охвате всех основных функциональных областей деятельности предприятия и глубокой интеграции различных подсистем в единую информационно-управляющую среду.

Сравнительный анализ экономической эффективности проектов автоматизации в различных отраслях промышленности показывает, что наиболее высокие показатели результативности достигаются в нефтегазовой

и химической промышленности, где рост производительности труда составляет 18–22 %, а срок окупаемости инвестиций не превышает 2 лет. В то же время, в машиностроении, металлургии, легкой и пищевой промышленности эти показатели находятся на более низком уровне, что связано с меньшей технологической однородностью производственных процессов и более высокой долей ручного труда в структуре производственных операций.

Динамика показателей экономической эффективности проектов автоматизации на отечественных предприятиях за последние годы демонстрирует устойчивую положительную тенденцию: средний индекс доходности инвестиций вырос с 1,8 в 2015 году до 2,6 в 2020 году, а срок окупаемости сократился с 4,2 до 2,8 лет. Прогнозные оценки на период до 2025 года предполагают дальнейшее улучшение этих показателей до уровня 3,2–3,5 и 1,8–2,2 лет соответственно, что будет обусловлено ускоренным развитием цифровых технологий и повышением общего уровня цифровой зрелости промышленных предприятий.

В целом, проведенное исследование позволяет сформулировать ряд практических рекомендаций по повышению эффективности автоматизации производственных процессов на отечественных предприятиях. Во-первых, необходима разработка и реализация комплексных стратегий цифровой трансформации, охватывающих все основные функциональные области и бизнес-процессы предприятия. Во-вторых, требуется обеспечить тесную интеграцию различных информационных систем и баз данных в рамках единой цифровой платформы управления предприятием. В-третьих, важным фактором успеха проектов автоматизации является обеспечение высокого уровня квалификации и мотивации персонала, а также его вовлеченности в процессы цифровой трансформации. Наконец, необходима разработка и внедрение эффективных методов и инструментов управления проектами автоматизации, обеспечивающих строгий контроль сроков, бюджетов и качества выполнения работ на всех этапах жизненного цикла проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко Т.А. Анализ основных тенденций развития PLM-систем // *Инновации и инвестиции*. 2020. № 5. С. 119–123.
2. Гальченко С.А., Долженкова М.И., Батищева Е.А. Информационные технологии реинжиниринга бизнес-процессов в стратегии создания цифровых производств // *Цифровизация процессов управления: стартовые условия и приоритеты: сб. материалов международной науч.-практич. конф. Курск, 21 апреля 2022 г.* / под ред. С.А. Гальченко. Курск, 2022. С. 44–48.
3. Ибрагимова А.Х., Ахмедова З.М. Опросы автоматизации управленческого учета и бизнес-процессов // *Управленческий учет*. 2022. № 2–2. С. 255–260.
4. Мешкова А.И., Манжула И.С. Разработка информационной системы с клиент-серверной архитектурой для автоматизации бизнес-процессов муниципального предприятия // *Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке*. 2022. Т. 2. С. 332–336.
5. Никитин А.Б., Кушпиль И.В. Метод расчета стоимости жизненного цикла систем железнодорожной автоматики и телемеханики // *Известия Петербургского университета путей сообщения*. 2018. № 1. С. 117–129.
6. Поликарпов М.С., Богачева М.Н. Автоматизация бизнес-процессов управления гостиничным бизнесом в среде 1С-предприятие // *Инновационные научные исследования*. 2022. № 6-2 (20). С. 74–82.
7. Попов Е.В., Симонова В.Л. Потенциал цифровизации экосистемы фирмы // *Вопросы управления*. 2022. № 1 (74). С. 34–46.
8. Попова А.В., Егорова Д.В., Муромский В.Р. Анализ подходов к автоматизации бизнес-процессов предприятий машиностроительной отрасли // *Наука и бизнес: пути развития*. 2022. № 3 (129). С. 110–112.
9. Середа С.В. Применение машинного зрения в логистике // *Sciences of Europe*. 2021. № 65. С. 45–50.
10. Стратегический менеджмент по Котлеру: Лучшие приемы и методы — Филип Котлер. — М.: Аль-пина Паблшер, 2012. С. 90–91.
11. Сунгатуллина А.Т., Базанова А.А. Системный анализ и функциональное моделирование бизнес-процессов на основе структурного подхода: учебно-методическое пособие по дисциплине «Моделирование бизнес-процессов». М.: Российский университет транспорта (МИИТ), 2021. 115 с.
12. Харченко А.Ю. Автоматизированная ERP-система // *Вопросы науки и образования*. 2017. № 10 (11). С. 96–99.
13. Чистова Н.В. Управление качеством бизнес-процессов организации: недостатки построения бизнес-процессов // *Матрица научного познания*. 2021. № 10-1. С. 221–228.
14. Шклярчук М.С. Переагрузить систему. URL: <https://iz.ru/1088248/mariia-shkliaruk/perezagruzit-sistemu> (дата обращения: 18.03.2023).
15. Шмелева Л.А. Автоматизация бизнес-процессов аквакультурного производства // *Вестник Алтайской академии экономики и права*. 2022. № 6-1. С. 181–185.

© Зуева Анна Николаевна (annazueva24@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»