

УДК 334.716.4; 658.56

UDC 334.716.4; 658.56

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике (физико-математические науки, экономические науки)

5.2.2. Mathematical, statistical and instrumental methods of economics (physical and mathematical sciences, economic sciences)

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РОБОТИЗАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА)

STRATEGIC PLANNING AND OPTIMIZATION OF ROBOTICS PROCESSES (USING THE EXAMPLE OF WELDING PRODUCTION)

Хрусталеv Евгений Юрьевич
д.э.н, профессор, главный научный сотрудник
SPIN-код: 1618-1843; ORCID: 0000-0002-3267-104X
e-mail: stalev777@yandex.ru
Центральный экономико-математический институт РАН, г. Москва, Россия

Khrustalev Evgeny Yurievich
Doctor of Economics, Professor, Chief Researcher
SPIN: 1618-1843; ORCID: 0000-0002-3267-104X
e-mail: stalev777@yandex.ru
Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Ильенко Николай Игоревич
студент
SPIN-код: 7425-2032; ORCID: 0009-0006-9847-028X
e-mail: ilyenko14@yandex.ru
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

Ilyenko Nikolay Igorevich
student
SPIN: 7425-2032; ORCID: 0009-0006-9847-028X
e-mail: ilyenko14@yandex.ru
Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, Moscow, Russia

В статье на примере сварочного производства рассматриваются стратегические подходы к внедрению робототехнических комплексов в условиях цифровой трансформации и глобализации. Приводится анализ методов принятия решений, управления жизненным циклом данных комплексов, а также экономической эффективности роботизации для предприятий различного масштаба. Особое внимание уделено влиянию автоматизации на развитие отраслевых кластеров и на повышение возникающих мезоэкономических эффектов. Разработаны практические рекомендации по адаптации технологий к российским условиям, включая использование облачных платформ и прогнозной аналитики

The article examines strategic approaches to the implementation of robotic systems in welding production in the context of digital transformation and globalization. It provides an analysis of decision-making methods, lifecycle management of these systems, and the economic efficiency of robotics for enterprises of various scales. Special emphasis is placed on the role of automation in fostering the development of industrial clusters and amplifying emerging mesoeconomic effects. Practical recommendations are developed for adapting technologies to Russian conditions, including the use of cloud platforms and predictive analytics

Ключевые слова: СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ, РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ, СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ГИБКОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА, РИСКИ, ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ, ПРОЦЕССЫ ВНЕДРЕНИЯ, УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ, МЕЗОЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ, ОТРАСЛЕВЫЕ КЛАСТЕРЫ

Keywords: STRATEGIC PLANNING, ROBOTICS COMPLEXES, WELDING PRODUCTION, DECISION-MAKING MODELS, PRODUCTION FLEXIBILITY, RISKS, DIGITAL TRANSFORMATION, IMPLEMENTATION PROCESSES, LIFECYCLE MANAGEMENT, MESOECONOMIC EFFECTS, INDUSTRY CLUSTERS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-209-045>

Введение

В условиях прогрессирующей цифровой трансформации и глобализации рынков, автоматизация различных производств претерпевает

<http://ej.kubagro.ru/2025/05/pdf/45.pdf>

существенные изменения, требуя переосмысления существующих подходов и активного внедрения функционально-структурного моделирования [1]. Интеграция робототехнических комплексов (РТК) рассматривается как стратегически значимый инструмент повышения производственной эффективности в условиях дефицита квалифицированных кадров и возрастающих требований к устойчивому развитию. Однако, результативная интеграция РТК в производственные цепочки обусловлена не только технико-экономическими факторами, но и необходимостью системного управления на микро- и мезоэкономическом уровнях, что было нарушено в российской экономике в начале XXI века [2, 3].

При этом возникает необходимость исследования стратегических подходов к внедрению РТК в каждое существующее производство. В рамках выполненной научной работы проведена систематизация существующих моделей принятия решений (ANP, QFD), рассмотрены методы управления жизненным циклом роботизированных комплексов, а также осуществлен сравнительный анализ стратегий интеграции, ориентированных на крупные предприятия и субъекты малого и среднего бизнеса (МСП). Особое внимание уделено вопросам адаптации и практического применения указанных подходов в условиях российских производств, включая оценку экономической эффективности применения РТК, анализ влияния автоматизации на формирование отраслевых кластеров и перспектив использования облачных платформ. Разработанная методология направлена на структурирование процесса принятия решений при внедрении РТК, учитывая взаимосвязь технических, экономических и долгосрочных стратегических факторов.

Стратегические модели выбора РТК: синтез ANP, QFD и конкурентного анализа

Внедрение РТК в реальное производство требует системного подхода к принятию решений, учитывающего как технические, так и экономические аспекты. Для обеспечения эффективности выбора РТК предлагается использовать синтез методов Analytic Network Process (ANP), Quality Function Deployment (QFD) и анализа конкурентной среды на основе модели Портера. Эти инструменты позволяют учитывать сложные взаимосвязи между критериями выбора, требованиями заказчиков и рыночными условиями.

Иерархическая структура критериев для каждого производства. На первом этапе стратегического выбора РТК необходимо построить иерархическую структуру критериев, отражающую ключевые факторы, влияющие на успешность внедрения. Основными группами критериев являются [4]:

1) экономические показатели: начальные инвестиции (стоимость оборудования, установка, обучение персонала); операционные издержки (энергопотребление, обслуживание, ремонт); экономический эффект (повышение производительности, снижение брака, оптимизация трудозатрат);

2) технические характеристики: точность выполнения операций; гибкость системы (возможность адаптации под различные задачи); интеграция с существующими производственными процессами;

3) социальные и экологические аспекты: влияние на условия труда (уменьшение рисков для здоровья работников); экологическая устойчивость (снижение выбросов, энергоэффективность).

Для формализации этих критериев используется метод ANP, который позволяет учитывать не только прямые, но и обратные связи между элементами системы. Например, повышение гибкости РТК может

способствовать снижению операционных издержек за счет уменьшения времени на переналадку оборудования [5].

Матрица перевода требований заказчика в параметры РТК. Для обеспечения соответствия выбранных РТК требованиям заказчиков применяется метод QFD. Этот подход позволяет преобразовать качественные требования клиентов в количественные технические параметры. Например, требование «высокая точность сварки» может быть переведено в конкретные метрики: допустимое отклонение шва (± 0.1 мм) или минимальная толщина свариваемого материала (1 мм).

Для применения метода QFD были определены ключевые требования заказчиков и соответствующие технические параметры РТК. Каждое требование было сопоставлено с характеристиками оборудования с указанием приоритета (от 1 до 5) и силы корреляции между ними.

Требование «Высокая точность сварки» (приоритет 5) преобразуется в технический параметр «Допустимое отклонение шва (± 0.1 мм)», демонстрируя сильную корреляцию. Это означает, что улучшение данного параметра напрямую влияет на удовлетворение запроса клиента.

Требование «Минимальное время наладки» (приоритет 4) связано с параметром «Время переналадки (≤ 15 минут)», однако корреляция здесь оценивается как слабая. Это указывает на необходимость дополнительных мер, таких как оптимизация программного обеспечения или обучение персонала, для достижения требуемого уровня гибкости.

Требование «Низкий уровень шума» (приоритет 3) соответствует параметру «Уровень шума (≤ 70 дБ)» с сильной корреляцией, что подчеркивает важность выбора оборудования с шумоподавляющими технологиями.

Использование QFD позволяет не только учесть текущие требования заказчиков, но и прогнозировать будущие изменения в их предпочтениях. Автоматизация роботизируемых сварочных процессов приводит к

снижению производственных рисков и повышению качества продукции, что становится все более важным для заказчиков [6].

Конкурентный анализ на основе модели Портера. Для оценки конкурентной среды и выявления стратегических преимуществ внедрения РТК используется модель Портера. Анализ пяти сил конкуренции позволяет определить ключевые факторы, влияющие на привлекательность отрасли (рисунок 1).

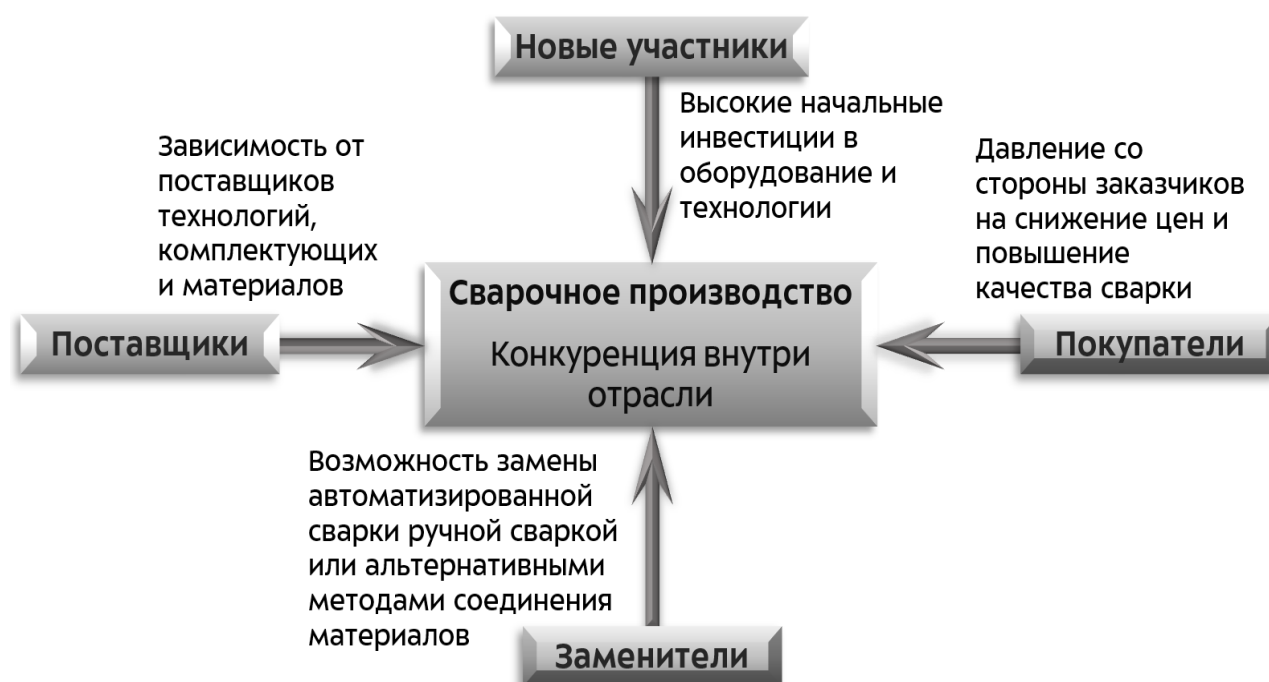


Рисунок 1. Модель Портера пяти конкурентных сил, определяющих отраслевую конкуренцию

На основе анализа Портера можно сделать вывод, что внедрение РТК особенно актуально для предприятий, стремящихся укрепить свои конкурентные позиции за счет повышения качества и снижения издержек [7]. Кроме того, конкурентные преимущества, достигаемые за счет роботизации сварки, могут распространяться за пределы отдельных предприятий, способствуя развитию отраслевых кластеров и стимулируя локальные рынки технологий. Это подчеркивает мезоэкономические

эффекты автоматизации, включая влияние на региональную экономику и индустриальные экосистемы, что рассматривается в следующем разделе.

Управление жизненным циклом роботизированных решений: LCC-анализ с учетом стратегических рисков

Современные подходы к управлению жизненным циклом РТК требуют комплексного учета как капитальных затрат, так и долгосрочных эксплуатационных расходов. Метод анализа жизненного цикла затрат (Life Cycle Cost, LCC) в сочетании с расчетом чистой приведенной стоимости (Net Present Value, NPV) позволяет оценить экономическую целесообразность внедрения РТК с позиции стратегического планирования [8].

Формула расчета NPV с учетом операционных рисков принимает вид:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - C_0,$$

(1)

где CF_t – денежный поток в период t , r – скорректированная ставка дисконтирования, C_0 – первоначальные инвестиции. Ключевым аспектом становится учет стратегических рисков через модификацию ставки дисконтирования:

$$r = r_{base} - r_{risk}.$$

(2)

где r_{base} отражает временную стоимость денег, а r_{risk} – премию за риски автоматизации (технологические, рыночные, кадровые). Для сварочных производств с высоким уровнем неопределенности значение r_{risk} может достигать 5-7 процентных пунктов.

Оптимизация выбора РТК для МСП. Матрица «Стоимость-Гибкость» (рисунок 2) предлагает стратегический инструмент для выбора

технологических решений, учитывающий особенности малых и средних предприятий.

Для МСП сварочных производств ключевое значение приобретает баланс между масштабируемостью решений и стоимостью владения. Внедрение модульных роботизированных ячеек снижает срок окупаемости на 40% по сравнению с традиционными системами [9]. Формула расчета адаптивного коэффициента гибкости (K_f):

$$K_f = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot W_i}{C_{total}},$$

(3)

где T_i – время переналадки на операцию i , W_i – весовой коэффициент важности операции, C_{total} – совокупная стоимость владения.

Стратегические аспекты жизненного цикла. Управление жизненным циклом РТК требует интеграции трех ключевых компонентов:

1) техническое обслуживание: прогнозная аналитика на базе IoT-сенсоров (IoT – internet of things, это технология, построенная на способности устройств обмениваться данными через интернет без участия человека) снижает простой оборудования на 25-30%;

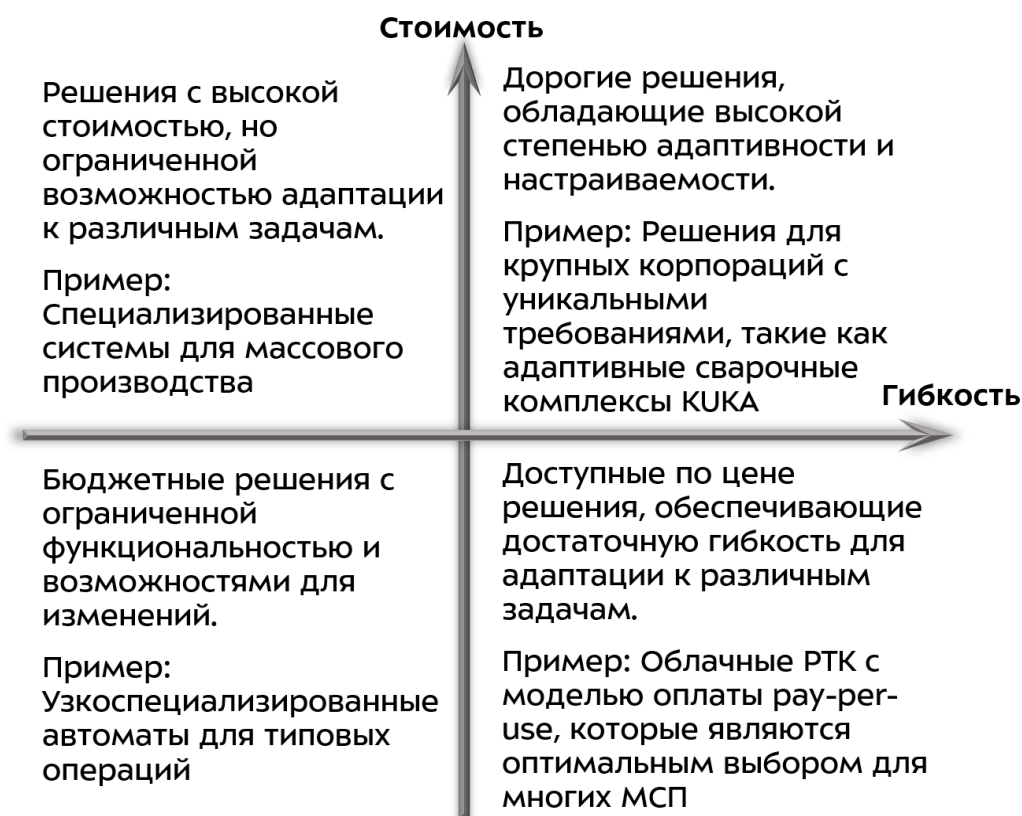


Рисунок 2. Матрица соответствия требований заказчика техническим параметрам РТК (QFD-анализ)

2) модернизация: поэтапное обновление программного обеспечения увеличивает срок эксплуатации на 35%;

3) утилизация: рециклинг компонентов сокращает экологические издержки на \$15,000/единица.

Данные имитационного моделирования сравнения стратегий технического обслуживания на ЛСС подтверждают экономическую эффективность прогнозных методов обслуживания, обеспечивающих снижение совокупных затрат на 32.4%. Для сварочных производств с циклической нагрузкой особую значимость приобретает мониторинг износа горелок и подающих механизмов.

Интеграция ЛСС-анализа в стратегическое планирование позволяет предприятиям: оптимизировать бюджет капитальных затрат; минимизировать риски технологического устаревания; повысить

адаптивность к изменениям рынка; сократить экологический след производства.

Применение LCC-методологии снижает совокупную стоимость владения РТК на 18-22% за счет оптимизации графика замены компонентов и выбора поставщиков [10]. Для сварочных производств с высокой долей ручного труда экономический эффект от внедрения РТК достигает \$3.2 млн на 1,000 часов операций.

Микроэкономическая адаптация: кейсы интеграции РТК на предприятиях разного масштаба

Адаптация РТК к микроэкономическим условиям предприятий требует дифференцированного подхода, учитывающего масштаб производства, доступные ресурсы и стратегические цели. Анализ кейсов внедрения в крупных корпорациях и МСП выявил принципиальные различия в методологии интеграции, обусловленные структурой затрат, уровнем цифровизации и требованиями к гибкости.

Крупные корпорации: синхронизация с ERP-системами. Для промышленных гигантов, таких, как, например отечественный оборонно-промышленный комплекс, ключевым элементом роботизации становится глубокая интеграция РТК с ERP-системами (Enterprise Resource Planning), что позволяет существенно повысить их инновационный потенциал [11]. Такой подход обеспечивает сквозную цифровизацию процессов – от проектирования изделий до логистики. Например, металлургический комбинат, внедривший 12 сварочных РТК, синхронизированных с SAP ERP, достиг 40% сокращения времени переналадки за счет автоматической загрузки технологических карт непосредственно из системы. Данные с датчиков износа электродов, интегрированные в ERP, позволили оптимизировать график замены расходников, снизив затраты на 18% [9]. Однако интеграция сталкивается с вызовами:

- 1) совместимость устаревшего оборудования требует использования промежуточных шлюзов данных;
- 2) уязвимость распределенных систем для кибератак;
- 3) дефицит кадров – необходимость подготовки междисциплинарных команд (технологи + IT-специалисты).

Несмотря сложности, 78% крупных предприятий окупают такие проекты за 3 года благодаря эффектам масштаба.

МСП: облачные платформы и арендные модели. Для малого бизнеса оптимальной стратегией становятся облачные RaaS-платформы (Robotics-as-a-Service). Например, мастерская по ремонту спецтехники (35 сотрудников) внедрила облачный сварочный комплекс Fanuc с оплатой \$2,500/месяц, что позволило снизить брак с 12% до 3,7% за счет прецизионного управления параметрами сварки, а также увеличить заказы на 40% благодаря выполнению сложных операций

Ключевые преимущества облачных решений для МСП: минимизация капитальных расходов – стартовые инвестиции сокращаются с \$150,000 до \$5,000; адаптивность под сезонный спрос; автоматические обновления алгоритмов сварки.

Однако 43% МСП сталкиваются с удорожанием услуг на 15–20% из-за требований GDPR (General Data Protection Regulation – общий регламент по защите данных) и локальных регуляторов, обязывающих хранить данные на локальных серверах [12].

Синтез подходов. Опыт предприятий свидетельствует, что выбор стратегии зависит не только от размера, но и от качества и эффективности инновационной цифровой инфраструктуры [13]. Для «гибридных» компаний (растущих МСП) эффективна поэтапная модель: старт с облачных решений с последующей миграцией в корпоративные ERP при достижении производственных объемов больше 10000 изделий в год. Критическим фактором успеха становится синергия технологий и бизнес-

моделей – роботизация должна сопровождаться пересмотром цепочек создания стоимости в логике Индустрии 4.0.

Практический опыт реализации проектов внедрения РТК российской компанией SAMOS [14] иллюстрирует значение предварительного анализа производственных потребностей. В отличие от распространенной практики закупки избыточно сложных систем компания провела детальную оценку технологических процессов, что позволило адаптировать оборудование под конкретные задачи без значительных изменений в существующих технологических цепочках. Такой подход существенно сократил период адаптации, обеспечив возврат инвестиций в обозримые сроки. Данный пример подчеркивает необходимость каскадной интеграции – от аудита текущих операций до выбора РТК с оптимальным соотношением функционала и стоимости, что в конечном итоге влияет на финансовые результаты.

Мезоэкономические эффекты роботизации: кластерный подход и региональные стратегии

Интеграция РТК оказывает многоуровневое влияние на экономику, выходя за рамки отдельных предприятий. На мезоэкономическом уровне ключевыми эффектами автоматизации становятся формирование отраслевых кластеров и мультипликативное воздействие на смежные индустрии.

Одним из ключевых факторов стратегического управления в современных условиях является способность предприятий адаптироваться к нестабильной внешней среде. Снижение импортозависимости и внедрение гибких производственных систем позволяют не только минимизировать операционные риски, но и повысить устойчивость предприятий к кризисным ситуациям [15]. Это особенно актуально для промышленных кластеров, ориентированных на локализацию технологий и разработку отечественных решений. В данном контексте интеграция РТК

может стать важным шагом к формированию автономных производственных цепочек и снижению зависимости от иностранных поставок.

Кластерный подход предполагает кооперацию предприятий, интеграторов технологий и научно-образовательных учреждений. Такое взаимодействие ускоряет внедрение роботизированных решений и подготовку кадров с помощью интеллектуальных семантических моделей [16]. В машиностроении, например, сотрудничество с разработчиками РТК и научными центрами сокращает сроки модернизации на 15–20% за счет совместной R&D-деятельности.

Мультипликативный эффект: автоматизация стимулирует спрос на цифровые технологии и сервисное обслуживание. Дополнительное финансирование генерирует рост экономической активности в смежных отраслях. Кроме того, роботизация повышает инвестиционную привлекательность регионов, создавая новые рабочие места в компаниях, разрабатывающих информационные технологии, и компенсируя сокращение традиционных профессий.

Цифровые инструменты стратегического контроля: IoT, цифровые двойники, предиктивная аналитика

Внедрение цифровых технологий в управление РТК обеспечивает не только оперативный контроль, но и долгосрочное стратегическое преимущество. Ключевые инструменты включают следующие компоненты.

IoT-мониторинг. Системы на базе интернета вещей объединяют датчики, фиксирующие параметры сварки (температура, сила тока, качество шва), и облачные платформы для анализа данных. Например, автоматическая корректировка режимов работы РТК на основе данных IoT снижает количество дефектов на 18–25%. Интеграция с ERP-системами

позволяет синхронизировать данные о производственных мощностях и логистике, сокращая время переналадки на 30%.

Цифровые двойники. Виртуальные копии сварочных процессов используются для моделирования сценариев, тестирования новых технологий и оптимизации параметров. Например, симуляция режимов сварки для сложных металлоконструкций снижает затраты на экспериментальные работы на 15% (Kohnová, Salajová, 2023). Двойники также помогают прогнозировать последствия изменений в производственной цепочке, что критично для стратегического планирования.

Предиктивная аналитика. Алгоритмы машинного обучения анализируют исторические и текущие данные для прогнозирования износа оборудования. Это позволяет перейти от реактивного к превентивному обслуживанию, сокращая простой РТК на 35–40% (Kohnová, Salajová, 2023). Например, прогноз остаточного ресурса сварочных горелок на основе данных о нагрузке и температуре увеличивает их срок службы на 20% (Славянов, 2017).

Комбинация IoT, цифровых двойников и предиктивной аналитики формирует основу для адаптивного управления производством. Внедрение этих инструментов повышает не только операционную эффективность, но и устойчивость предприятия к рыночным изменениям, что соответствует принципам Индустрии 4.0.

Заключение

Рассмотрены стратегические подходы к интеграции РТК в сварочное производство на основе анализа научно-технических информационных источников. Предложены прогрессивные методы принятия решений (ANP, QFD), механизмы управления жизненным циклом роботизированных решений (LCC-анализ) и цифровые инструменты автоматизации (IoT, цифровые двойники, предиктивная аналитика). Установлено, что

эффективность внедрения РТК определяется системным подходом, учитывающим масштаб предприятия, экономические риски и долгосрочные эффекты.

Особое внимание уделено российскому опыту роботизации сварочного производства. Для крупных предприятий ключевым фактором является интеграция РТК в ERP-системы, обеспечивающая цифровизацию процессов. Для МСП оптимальным решением становятся облачные RaaS-платформы, снижающие капитальные затраты. На мезоэкономическом уровне автоматизация способствует развитию отраслевых кластеров и повышает инвестиционную привлекательность регионов.

Результаты анализа позволяют предприятиям более взвешенно подходить к внедрению РТК, оценивая долгосрочные экономические и производственные перспективы. Практическая значимость подтверждается данными о снижении затрат, уменьшении брака и росте гибкости производственных систем. Дальнейшие исследования могут быть направлены на адаптивные алгоритмы управления РТК и создание цифровых платформ для обмена опытом.

Список литературы

1. Барановская Т.П., Симонян Р.Г., Вострокнутов А.Е. Теория систем и системный анализ (функционально-структурное моделирование). – Краснодар: КубГАУ, 2011. – 230 с.
2. Российская экономика в 2000 году. Тенденции и перспективы / Под редакцией Е. Гайдара (главный редактор), С. Синельникова-Мурылева. Выпуск 22. – Москва: Фонд «Институт экономической политики им. Е.Т. Гайдара», 2001. – 375 с.
3. Российская экономика в 2001 году. Тенденции и перспективы: В 2-х томах / Под редакцией Е. Гайдара (гл. ред.), С. Синельникова-Мурылева. Том I. (Выпуск 23). – Москва: Фонд «Институт экономической политики им. Е.Т. Гайдара», 2002. – 620 с.
4. Ершова И.В., Подоляк О.О., Данилов А.В. Факторы эффективности внедрения робототехнических комплексов на российских предприятиях // Известия Уральского государственного горного университета. 2018. № 2(50). С. 130-134.
5. Alzoubi H.M., Aziz R. Does Emotional Intelligence Contribute to Quality of Strategic Decisions? The Mediating Role of Open Innovation // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. 2021. Vol. 7. № 2. Pp. 130-152.
6. Chang S. et al. Environmental and Social Life Cycle Assessment of Welding Technologies // Procedia CIRP. 2015. Vol. 26. № 3. Pp. 293-298.
7. Kohnová L., Salajová N. Re-Thinking Industry 4.0 Effect on Competitive Forces:

Empirical Study on Innovation // Sustainability. 2023. Vol. 15. № 3. P. 2637-2649.

8. Славянов А.С. Жизненный цикл как основа формирования инновационной и инвестиционной стратегии предприятия // Аудит и финансовый анализ. 2017. № 2. С. 308-314.

9. Epping K., Zhang H. A Sustainable Decision-Making Framework for Transitioning to Robotic Welding for Small and Medium Manufacturers // Sustainability. 2018. Vol. 10. № 10. Pp. 3651-3669.

10. Zhao J., Duan Y.X., Xie B.Y., Zhang Z.Q. FSW Robot System Dimensional Optimization and Trajectory Planning Based on Soft Stiffness Indices // Journal of Manufacturing Processes. 2021. Vol. 63. № 2. Pp. 88-97.

11. Лавринов Г.А., Косенко А.А., Хрусталеv Е.Ю. Инновационный потенциал российского оборонно-промышленного комплекса // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. Том 9. № 22. С. 2-14.

12. Suvorova S., Pylypenko M., Tolpezhnikov R., Kovtun O., Tsebro Y. Strategic Decision Making in a Heterogeneous and Uncertain Business Environment: Integrated Models for Analysis and Forecasting // Journal of Interdisciplinary Research. 2024. Vol. 17. № 6. Pp. 114-119.

13. Хрусталеv Е.Ю., Ларин С.Н. Региональные приоритеты в развитии инновационной инфраструктуры // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2011. Том 7. № 42 (135). С. 8-15.

14. Смагина, А. В. Как не купить «Памятник роботизации»? // РИТМ машиностроения. 2024. № 7. С. 50-51.

15. Славянов А.С. Стратегическое планирование предприятий в условиях неопределенности / материалы XXIV Всероссийского симпозиума «Стратегическое планирование и развитие предприятий». Москва, 11–12 апреля 2023 г. / под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. – М.: ЦЭМИ РАН, 2023. С. 476-478.

16. Хрусталеv Е.Ю., Баранова Н.М. Интеллектуальные семантические модели для повышения качества образовательных и научно-исследовательских процессов // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 35 (338). С. 2-10.

List of references

1. Baranovskaja T.P., Simonjan R.G., Vostroknutov A.E. Teorija sistem i sistemnyj analiz (funkcional'no-strukturnoe modelirovanie). – Krasnodar: KubGAU, 2011. – 230 s.

2. Rossijskaja jekonomika v 2000 godu. Tendencii i perspektivy / Pod redakciej E. Gajdara (glavnyj redaktor), S. Sinel'nikova-Muryleva. Vypusk 22. – Moskva: Fond «Institut jekonomicheskoy politiki im. E.T. Gajdara», 2001. – 375 s.

3. Rossijskaja jekonomika v 2001 godu. Tendencii i perspektivy: V 2-h tomah / Pod redakciej E. Gajdara (gl. red.), S. Sinel'nikova-Muryleva. Tom I. (Vypusk 23). – Moskva: Fond «Institut jekonomicheskoy politiki im. E.T. Gajdara», 2002. – 620 s.

4. Ershova I.V., Podoljak O.O., Danilov A.V. Faktory jeffektivnosti vnedrenija robototekhnicheskikh kompleksov na rossijskikh predpriyatijah // Izvestija Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta. 2018. № 2(50). S. 130-134.

5. Alzoubi H.M., Aziz R. Does Emotional Intelligence Contribute to Quality of Strategic Decisions? The Mediating Role of Open Innovation // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. 2021. Vol. 7. № 2. Pp. 130-152.

6. Chang S. et al. Environmental and Social Life Cycle Assessment of Welding Technologies // Procedia CIRP. 2015. Vol. 26. № 3. Pp. 293-298.

7. Kohnová L., Salajová N. Re-Thinking Industry 4.0 Effect on Competitive Forces: Empirical Study on Innovation // Sustainability. 2023. Vol. 15. № 3. P. 2637-2649.

8. Slavjanov A.S. Zhiznennyj cikl kak osnova formirovanija innovacionnoj i investicionnoj strategii predpriyatija // Audit i finansovyj analiz. 2017. № 2. S. 308-314.

9. Epping K., Zhang H. A Sustainable Decision-Making Framework for Transitioning to Robotic Welding for Small and Medium Manufacturers // *Sustainability*. 2018. Vol. 10. № 10. Pp. 3651-3669.

10. Zhao J., Duan Y.X., Xie B.Y., Zhang Z.Q. FSW Robot System Dimensional Optimization and Trajectory Planning Based on Soft Stiffness Indices // *Journal of Manufacturing Processes*. 2021. Vol. 63. № 2. Pp. 88-97.

11. Lavrinov G.A., Kosenko A.A., Hrustalev E.Ju. Innovacionnyj potencial rossijskogo oboronno-promyshlennogo kompleksa // *Nacional'nye interesy: priority i bezopasnost'*. 2013. Tom 9. № 22. S. 2-14.

12. Suvorova S., Pylypenko M., Tolpezhnikov R., Kovtun O., Tsebro Y. Strategic Decision Making in a Heterogeneous and Uncertain Business Environment: Integrated Models for Analysis and Forecasting // *Journal of Interdisciplinary Research*. 2024. Vol. 17. № 6. Pp. 114-119.

13. Hrustalev E.Ju., Larin S.N. Regional'nye priority v razvitii innovacionnoj infrastruktury // *Nacional'nye interesy: priority i bezopasnost'*. 2011. Tom 7. № 42 (135). S. 8-15.

14. Smagina, A. V. Kak ne kupit' «Pamjatnik robotizacii»? // *RITM mashinostroenija*. 2024. № 7. S. 50-51.

15. Slavjanov A.S. Strategicheskoe planirovanie predpriyatij v uslovijah neopredelennosti / materialy XXIV Vserossijskogo simpoziuma «Strategicheskoe planirovanie i razvitie predpriyatij». Moskva, 11–12 aprelja 2023 g. / pod red. chl.-korr. RAN G.B. Klejnera. – M.: CJeMI RAN, 2023. S. 476-478.

16. Hrustalev E.Ju., Baranova N.M. Intellektual'nye semanticheskie modeli dlja povyshenija kachestva obrazovatel'nyh i nauchno-issledovatel'skih processov // *Jekonomicheskij analiz: teorija i praktika*. 2013. № 35 (338). S. 2-10.