

## **Разработка методологических подходов к интеграции систем менеджмента качества с цифровыми технологиями Industry 4.0**

**Плеханова Светлана Владиславовна**

Кандидат технических наук, доцент,  
Российский государственный университет  
им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),  
119071, Российская Федерация, Москва, ул. Малая Калужская, 1;  
e-mail: Plekhanova@mail.ru

### **Аннотация**

В условиях цифровой трансформации глобальной экономики на повестку дня выходит вопрос интеграции систем менеджмента качества (СМК) с цифровыми технологиями Индустрии 4.0. Современные предприятия находятся в поиске эффективных методологических подходов для адаптации управленческих технологий, что требует применения инновационных методов и инструментов. В данной работе исследованы подходы и предложена структура интеграции СМК с инструментами Индустрии 4.0. Исследование базировалось на системном и процессном подходах, которые применялись для анализа взаимодействий между СМК и технологиями Индустрии 4.0. В рамках исследования использовались методы сравнительного анализа, процессного моделирования и экспериментов с внедрением цифровых инструментов, таких как искусственный интеллект, технологии больших данных и интернета вещей. Разработанные методики апробировались на примере предприятий различных отраслей. Предложенный методологический подход обеспечивает эффективную интеграцию СМК с цифровыми технологиями. В результате примененного подхода устанавливаются четкие взаимосвязи между процессами управления качеством и цифровыми инструментами, что позволяет улучшать точность данных, оперативность принятия решений и общую производительность систем. Разработанная модель интеграции позволяет предприятиям эффективно адаптировать свою структуру под условия Индустрии 4.0, минимизируя затраты и риски внедрения цифровых технологий. Результаты исследования подтверждают, что предложенные методологические решения устраняют разрыв между традиционными системами управления качеством и новыми вызовами цифровой экономики. Интеграция СМК с элементами Индустрии 4.0 позволяет значительно повысить гибкость, прозрачность и конкурентоспособность предприятий. Разработанные методологические подходы могут быть адаптированы для компаний различных секторов экономики. Это обеспечивает возможность масштабирования решений и их дальнейшего развития в контексте цифровой трансформации. Применение данных подходов способствует устойчивому развитию компаний и их конкурентоспособности на мировом рынке.

**Для цитирования в научных исследованиях**

Плеханова С.В. Разработка методологических подходов к интеграции систем менеджмента качества с цифровыми технологиями Industry 4.0 // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025. Том 15. № 1А. С. 815-825. DOI: 10.34670/AR.2025.33.38.083

**Ключевые слова**

Интеграция, менеджмент качества, цифровые технологии, Industry 4.0, методология.

**Введение**

Интеграция систем менеджмента качества с технологиями Industry 4.0 становится все более актуальной темой в современном мире. С развитием цифровых технологий и их проникновением во все сферы промышленности и бизнеса возникает необходимость переосмысления традиционных подходов к управлению качеством. Традиционные СМК, основывающиеся на стандартных процедурах и документации, уже не способны в полной мере отвечать на вызовы, которые бросает цифровая эпоха (табл. 1).

**Таблица 1 - Сравнение традиционных и цифровых подходов к менеджменту качества**

Параметры	Традиционные подходы	Цифровые подходы (Industry 4.0)
Технологии	Бумажные документы, ручной контроль	IoT, большие данные, искусственный интеллект
Эффективность	Низкая скорость обработки данных	Высокая скорость обработки и анализа данных
Точность	Подвержены человеческим ошибкам	Автоматизация минимизирует ошибки
Масштабируемость	Ограниченная масштабируемость	Легко масштабируемы и адаптируемы

Современный рынок характеризуется высокой динамикой изменений, увеличением требований со стороны потребителей и жесткой конкуренцией. В этих условиях предприятиям необходимо быстро адаптироваться к новым условиям, оптимизировать свои процессы и повышать эффективность. Технологии Industry 4.0, такие как Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI), биг дата Big Data (большие данные) и облачные вычисления, предоставляют новые возможности для повышения производительности и качества продукции. Однако без интеграции этих технологий с существующими системами менеджмента качества их потенциал не может быть полностью раскрыт.

**Основная часть**

Внедрение технологий Industry 4.0 в процессы управления качеством позволяет получить реальное время информации о состоянии производственных процессов, прогнозировать возможные отклонения и принимать проактивные меры по их устранению. Это способствует снижению дефектов, сокращению времени простоя оборудования и улучшению общей эффективности производства [Аронов и др., 2022]. Но для достижения этих преимуществ необходимо разработать методологические подходы к интеграции, которые учитывают специфику как технологий, так и систем менеджмента качества (рис. 1).

## Архитектура интеграции QMS с Industry 4.0

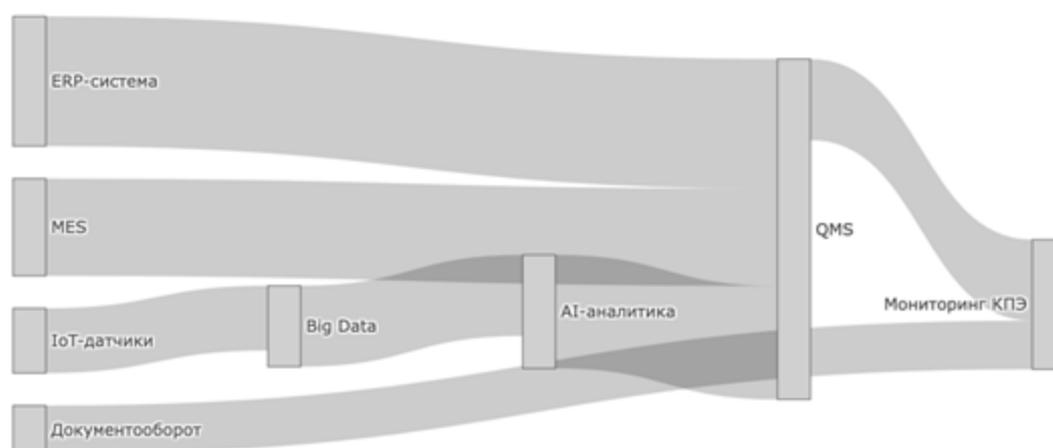


Рисунок 1 - Схема архитектуры интеграции

Одной из ключевых проблем, с которыми сталкиваются предприятия при попытке интеграции, является несовместимость традиционных систем менеджмента качества с гибкими и быстро меняющимися цифровыми технологиями. Стандарты ISO и другие нормативные документы часто не успевают за стремительным развитием технологий, что создает разрыв между требованиями к качеству и возможностями их обеспечения. Поэтому возникает потребность в адаптации существующих систем менеджмента качества или разработке новых подходов, которые будут учитывать современные реалии (табл. 2).

Таблица 2 - Ключевые цифровые технологии для интеграции в системы менеджмента качества

Технология	Описание	Преимущества для качества
IoT (Интернет вещей)	Сеть физических объектов, подключенных к интернету	Реальное время мониторинг и управление
Большие данные	Анализ больших объемов данных	Улучшенный анализ и прогнозирование
Искусственный интеллект	Автоматизация и обучение на основе данных	Автоматизация процессов контроля качества

Кроме того, человеческий фактор играет важную роль в процессе интеграции. Сотрудникам необходимо не только освоить новые технологии, но и изменить свое отношение к процессам управления качеством. Обучение персонала, развитие новых компетенций и формирование культуры постоянного улучшения становятся важными элементами успешной интеграции. Без поддержки со стороны руководства и вовлеченности всех уровней персонала внедрение новых технологий может встретить сопротивление и не привести к ожидаемым результатам.

Экономический аспект также имеет значительное влияние на процесс интеграции. Внедрение новых технологий требует существенных инвестиций, и предприятия должны быть уверены в возврате вложенных средств. Для этого необходимо проводить тщательный анализ потенциальных выгод и рисков, разрабатывать бизнес-планы и стратегии внедрения [Васильев

и др., 2022]. Государственная поддержка и стимулирование инноваций могут сыграть положительную роль в этом процессе, особенно для малых и средних предприятий, которые не всегда располагают достаточными ресурсами.

Разработка методологических подходов к интеграции систем менеджмента качества с технологиями Industry 4.0 должна основываться на принципах системного мышления и междисциплинарного подхода. Необходимо учитывать технические, организационные, экономические и человеческие факторы, а также их взаимодействие. Модели интеграции должны быть гибкими и адаптируемыми, чтобы соответствовать специфике разных отраслей и предприятий (рис. 2).



**Рисунок 2 - Цикл внедрения технологий**

Практические примеры успешной интеграции показывают, что предприятия, которые смогли эффективно объединить системы менеджмента качества с цифровыми технологиями, получают конкурентные преимущества на рынке. Они способны быстрее реагировать на изменения спроса, улучшать качество продукции и услуг, снижать издержки и повышать удовлетворенность клиентов. Эти успехи подтверждают актуальность и необходимость продолжения работы в данном направлении.

Интеграция систем менеджмента качества с технологиями Industry 4.0 является не просто желательным, а необходимым шагом для предприятий, стремящихся оставаться конкурентоспособными в современном мире. Разработка и внедрение методологических подходов к этой интеграции требуют совместных усилий ученых, специалистов по качеству, инженеров и менеджеров [Хайдер, 2022]. Только комплексный подход позволит преодолеть существующие барьеры и реализовать потенциал новых технологий в полном объеме. Будущее промышленности и бизнеса во многом зависит от того, насколько успешно будут интегрированы системы управления качеством с передовыми цифровыми технологиями.

Традиционные системы менеджмента качества (СМК) долгое время были фундаментом для обеспечения стандартизации процессов и гарантии качества продукции и услуг во многих отраслях промышленности. Основанные на международных стандартах, таких как ISO 9001, эти

системы предоставляли предприятиям структурированный подход к управлению процессами, контролю качества и постоянному совершенствованию. Однако с наступлением цифровой эпохи и появлением концепции Индустрии 4.0 перед традиционными СМК встали новые вызовы, связанные с быстрым развитием технологий, изменением бизнес-моделей и повышением ожиданий потребителей.

Цифровая трансформация затронула все аспекты деятельности организаций. Интеграция кибер-физических систем, Интернета вещей (IoT), больших данных и искусственного интеллекта привела к перераспределению ролей между человеком и машиной, изменению процессов принятия решений и переосмыслению цепочек создания ценности. В этих условиях традиционные СМК, основанные на документированных процедурах, строгой иерархии и относительно медленных циклах обратной связи, начинают демонстрировать свои ограничения.

Одним из основных ограничений традиционных СМК является их недостаточная гибкость и адаптивность. Стандарты ISO и другие нормативные документы устанавливают жесткие рамки для процессов управления качеством, что затрудняет быстрое внедрение новых технологий и адаптацию к изменяющимся условиям рынка. В цифровую эпоху предприятиям необходимо оперативно реагировать на изменения, вводить инновации и перестраивать свои процессы, что часто конфликтует с установленными процедурами и требованиями традиционных СМК.

Кроме того, традиционные СМК часто ориентированы на документооборот и соответствие требованиям, а не на реальные результаты и ценность для потребителя [Антипова, Горохова, 2023]. Сосредоточенность на заполнении форм, проведении внутренних аудитов и соблюдении процедур может отвлекать от основной цели – обеспечения высокого качества продукции и удовлетворения потребностей клиентов. В условиях высокой конкуренции и быстро меняющихся ожиданий потребителей такой подход становится менее эффективным (табл. 3).

**Таблица 3 - Этапы внедрения цифровых технологий в системы менеджмента качества**

Этап	Описание	Цели
Анализ	Оценка текущих процессов и технологий	Определение областей для улучшения
Планирование	Разработка стратегии внедрения	Подготовка к внедрению новых технологий
Внедрение	Установка и настройка новых технологий	Реализация улучшений в процессах
Оценка	Мониторинг и оценка результатов	Подтверждение эффективности внедрения

Еще одним существенным ограничением является недостаточное использование данных и аналитики в традиционных СМК. Хотя сбор данных и отчетность являются частью этих систем, объем и глубина анализа часто ограничены. В цифровую эпоху доступно огромное количество данных, которые могут быть использованы для прогнозирования, оптимизации и улучшения процессов. Традиционные СМК не предусматривают механизмы для эффективного использования больших данных и применения аналитических инструментов на основе искусственного интеллекта и машинного обучения.

Важную роль играет и человеческий фактор. Традиционные СМК предполагают четкое разделение ролей и ответственности, иерархическую структуру управления и определенные компетенции персонала. Однако цифровизация требует новых навыков, гибкости и способности к быстрому обучению. Сотрудники должны быть готовы работать с новыми технологиями,

принимать более автономные решения и участвовать в междисциплинарных командах. Традиционные СМК не всегда способствуют развитию такой культуры и могут даже препятствовать инновациям и инициативности.

Кроме того, процессы сертификации и аудита в рамках традиционных СМК могут быть длительными и затратными. Это замедляет внедрение изменений и увеличивает операционные издержки. В условиях стремительного развития технологий предприятия не могут позволить себе долгие циклы внедрения и проверки [Козырева, Мирошниченко, 2024]. Необходимы более быстрые и гибкие механизмы обеспечения качества, которые соответствуют динамике цифровой эпохи.

Экономические аспекты также играют значительную роль. Традиционные СМК могут требовать значительных ресурсов для поддержания документации, проведения аудитов и обучения персонала. В то же время ROI (возврат инвестиций) от таких систем может быть неочевиден в краткосрочной перспективе. В условиях ограниченных бюджетов и необходимости инвестировать в цифровые технологии предприятия могут прийти к выводу о нецелесообразности дальнейшего поддержания традиционных СМК в их нынешнем виде.

Правовые и нормативные требования также очень много по тексту слова «также», лучше убрать претерпевают изменения. Законодательство в области защиты данных, кибербезопасности и электронной коммерции требует от предприятий новых подходов к управлению информацией и процессами. Традиционные СМК не всегда учитывают эти аспекты, что может привести к несоответствию законодательству и возникновению рисков для предприятия.

С учетом всех этих ограничений становится очевидным, что традиционные СМК требуют пересмотра и адаптации к реалиям цифровой эпохи [Плис, Идигова, 2022]. Необходимо интегрировать новые технологии, пересмотреть процессы и подходы к управлению, а также развивать культуру инноваций и постоянного улучшения.

Одним из возможных решений является переход к адаптивным и гибким СМК, которые основаны на принципах Agile и Lean. Такие системы позволяют быстро реагировать на изменения, вовлекать сотрудников в процесс улучшения и фокусироваться на создании ценности для клиента. Использование цифровых инструментов для мониторинга процессов, сбора и анализа данных, а также автоматизации рутинных задач может значительно повысить эффективность управления качеством.

Интеграция технологий больших данных и аналитики позволяет предприятиям получать глубокую информацию о своих процессах и продуктах. Это дает возможность не только контролировать качество, но и прогнозировать возможные проблемы, оптимизировать процессы и принимать обоснованные решения на основе данных. Искусственный интеллект и машинное обучение могут быть использованы для автоматизации процессов контроля качества, выявления дефектов и предложения решений по их устранению.

Важным аспектом является также убрать переосмысление роли человека в СМК. Вместо жесткой регламентации и иерархии необходимо создавать условия для развития компетенций сотрудников, поощрения инициативности и творчества. Обучение персонала работе с новыми технологиями, развитие навыков аналитического мышления и командной работы становятся ключевыми факторами успеха в цифровую эпоху.

Необходимо также учитывать изменения в цепочках поставок и взаимодействии с партнерами и клиентами. Цифровые платформы, электронная коммерция и глобализация приводят к повышению требований к скорости и качеству взаимодействия [Шалимов,

Кувшинов, 2024]. Традиционные СМК, ориентированные на внутренние процессы, не всегда способны обеспечить необходимый уровень интеграции и прозрачности. Новые подходы к менеджменту качества должны учитывать эти аспекты и обеспечивать эффективное взаимодействие с внешними стейкхолдерами.

Регулятивные органы и стандартизирующие организации также должны адаптироваться к изменениям. Разработка новых стандартов и рекомендаций, которые учитывают специфику цифровых технологий и современных бизнес-моделей, станет важным шагом для поддержки предприятий в процессе трансформации. Это позволит установить новые ориентиры и обеспечить соответствие законодательным требованиям и ожиданиям рынка.

В заключение, анализ традиционных СМК показывает, что в цифровую эпоху они сталкиваются с серьезными ограничениями, которые препятствуют предприятиям эффективно конкурировать и адаптироваться к изменениям. Необходимо пересмотреть подходы к управлению качеством, интегрировать цифровые технологии и развивать культуру инноваций. Только так предприятия смогут преодолеть существующие барьеры, воспользоваться преимуществами цифровой трансформации и обеспечить высокое качество продукции и услуг в условиях современной экономики.

Индустрия 4.0 представляет собой новую эпоху в производстве, характеризующуюся интеграцией современных цифровых технологий в производственные процессы [Ахматова, Денискина, 2023]. Одной из ключевых областей, на которую влияет эта трансформация, является менеджмент качества. Технологии, такие как Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (ИИ), большие данные и облачные вычисления, меняют подходы к обеспечению и контролю качества продукции.

Интернет вещей позволяет собирать данные с различных датчиков и устройств в реальном времени. Это дает возможность отслеживать параметры производства, выявлять отклонения и предотвращать возможные дефекты до их возникновения. Такая прозрачность процессов повышает эффективность контроля качества и сокращает время реакции на проблемы.

Искусственный интеллект и машинное обучение предоставляют инструменты для анализа большого объема данных, полученных с производственных площадок. Они помогают выявлять скрытые закономерности и прогнозировать возможные сбои. Это позволяет принимать обоснованные решения по оптимизации процессов и улучшению качества продукции.

Большие данные являются фундаментом для применения ИИ и аналитики. Собирая и обрабатывая информацию из различных источников, предприятия могут получить глубокое понимание своих процессов. Анализ больших данных способствует более точному контролю качества и позволяет адаптировать производство к меняющимся условиям рынка.

Облачные вычисления предоставляют доступ к вычислительным ресурсам и хранением данных без необходимости инвестировать в собственную инфраструктуру. Это облегчает интеграцию различных систем и обеспечивает гибкость в управлении качеством. Облака позволяют объединять данные из разных подразделений и даже партнерских организаций, создавая единую экосистему для менеджмента качества.

Дополненная и виртуальная реальность также находят применение в обучении персонала и контроле качества. Эти технологии помогают визуализировать процессы, проводить виртуальные тренинги и снижать количество ошибок, связанных с человеческим фактором. Интерактивные инструменты способствуют более быстрому освоению новых навыков и повышают общий уровень компетентности сотрудников.

Кибербезопасность становится критически важной в условиях цифровизации производства.

Защита данных и систем от киберугроз напрямую влияет на надежность и качество продукции. Внедрение современных методов кибербезопасности обеспечивает сохранность информации и стабильность производственных процессов.

Совместно эти технологии создают умные фабрики, где все элементы производства взаимосвязаны и управляются в единой системе [Орлова и др., 2022]. Такой подход позволяет применять принцип непрерывного улучшения на новом уровне, оперативно реагируя на изменения и повышая общую конкурентоспособность предприятия.

Таким образом, ключевые технологии Индустрии 4.0 существенно влияют на менеджмент качества, преобразуя традиционные методы и открывая новые возможности для повышения эффективности и удовлетворения потребностей клиентов.

Интеграция СМК с цифровыми технологиями является актуальным направлением для современных организаций, стремящихся повысить эффективность и конкурентоспособность. Одним из подходов к такой интеграции является использование процессного подхода, который фокусируется на оптимизации и цифровизации отдельных бизнес-процессов. Это позволяет автоматизировать рутинные операции, снижать вероятность ошибок и улучшать контроль на всех этапах производства или предоставления услуг.

Другой методологический подход основан на принципах непрерывного улучшения, таких как циклы PDCA (Plan-Do-Check-Act). В контексте цифровых технологий это подразумевает постоянный мониторинг процессов с помощью инструментов сбора и анализа данных. Такие технологии, как Интернет вещей (IoT) и большие данные, позволяют собирать информацию в реальном времени, что облегчает выявление проблем и принятие обоснованных решений по их устранению.

Риск-ориентированный подход также играет важную роль при интеграции с цифровыми технологиями. Он предполагает идентификацию и оценку потенциальных рисков, связанных с внедрением новых технологий, а также разработку стратегий по их минимизации. В условиях цифровизации особое внимание уделяется кибербезопасности и защите данных, что является критически важным для сохранения целостности системы менеджмента качества.

Кроме того, системный подход способствует более эффективной интеграции, рассматривая организацию как совокупность взаимосвязанных компонентов. Это позволяет учитывать влияние цифровых технологий на различные аспекты деятельности и обеспечивать согласованность изменений. В этом контексте важно обеспечить совместимость различных цифровых инструментов и платформ, что достигается посредством использования стандартов и протоколов обмена данными.

Важным элементом является и человеческий фактор. Подходы, ориентированные на развитие персонала и изменение корпоративной культуры, способствуют эффективному внедрению цифровых технологий в системы менеджмента качества [Васильев, Александрова, 2022]. Обучение сотрудников работе с новыми инструментами и повышение их цифровой грамотности являются ключевыми для успешной трансформации.

Таким образом, интеграция СМК с цифровыми технологиями требует комплексного методологического подхода, учитывающего технические, организационные и человеческие аспекты. Применение этих подходов позволяет организациям адаптироваться к современным требованиям рынка и обеспечить высокое качество продукции и услуг.

Разработка модели интеграции СМК и технологий Industry 4.0 – это комплексный процесс, требующий тщательного планирования и последовательного выполнения этапов. Начальным шагом является глубокий анализ текущих бизнес-процессов и определение стратегических

целей организации. Это позволяет выявить области, где внедрение новых технологий принесет наибольшую пользу и улучшит качество продукции или услуг.

Следующим этапом является выбор инструментов и методов, соответствующих конкретным потребностям компании. Технологии Industry 4.0, такие как интернет вещей, искусственный интеллект, облачные вычисления и большие данные, предоставляют широкие возможности для автоматизации и оптимизации процессов. Интеграция этих инструментов с существующей системой менеджмента качества позволяет создать более гибкую и адаптивную организационную структуру, способную быстро реагировать на изменения рынка и требования потребителей.

Ключевым моментом является реализация выбранной модели интеграции. Это включает в себя обновление инфраструктуры, внедрение новых программных решений и перенастройку процессов под новые технологические возможности. Важно обеспечить совместимость новых систем с уже используемыми, чтобы избежать сбоев и потери данных. Также необходимо провести обучение персонала работе с новыми инструментами, что повысит эффективность и снизит вероятность ошибок.

Преодоление барьеров и вызовов при интеграции систем менеджмента качества и Industry 4.0 связано с рядом факторов. Технические сложности могут возникать из-за несовместимости оборудования или недостаточной масштабируемости систем. Организационные барьеры включают сопротивление изменениям со стороны персонала, недостаток компетенций и опасения по поводу безопасности данных. Чтобы преодолеть эти препятствия, требуется разработать стратегию управления изменениями, которая включает коммуникацию с сотрудниками, обучение и поддержку на всех уровнях организации.

Особое внимание следует уделить вопросам кибербезопасности. С увеличением количества подключенных устройств и объемов передаваемых данных растет риск несанкционированного доступа и кибератак. Поэтому необходимо внедрять современные средства защиты, такие как шифрование данных, многофакторная аутентификация и регулярные аудиты безопасности. Это обеспечит сохранность информации и поддержит доверие клиентов и партнеров.

Экономические факторы также могут стать вызовом. Внедрение новых технологий требует значительных инвестиций, и не все компании готовы сразу выделить необходимые ресурсы. В таких случаях возможно поэтапное внедрение, начиная с наиболее критичных участков. Это позволит распределить расходы во времени и постепенно оценивать эффективность внедряемых решений.

Важным аспектом является и культура организации. Продвижение инноваций и поддержка инициатив сотрудников способствуют успешной интеграции. Руководство должно демонстрировать приверженность новым технологиям и поощрять обмен знаниями и опытом внутри коллектива. Это создает благоприятную среду для развития и внедрения новых идей.

## **Заключение**

Таким образом, успешная интеграция СМК и технологий Industry 4.0 достигается путем последовательного выполнения этапов разработки модели, тщательного подбора инструментов и методов, а также активного преодоления возникающих барьеров и вызовов. Комплексный подход, учитывающий технические, организационные и человеческие факторы, позволяет организациям адаптироваться к современным требованиям и обеспечить устойчивое развитие в условиях быстро меняющейся бизнес-среды.

---

## Библиография

1. Антипова О.И., Горохова Д.А. Подходы к цифровизации систем менеджмента качества // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. No 12. С. 106-110. 5 с.
2. Аронов И.З., Бурый А.С., Рыбакова А.М. Умная экономика замкнутого цикла: основа цифровых стратегий производственных компаний. Часть 1. Технологическая синергия индустрии 4.0 // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. No 4 (68). С. 54-63. 10 с.
3. Ахматова М.С.С., Денискина А.Р. Особенности менеджмента качества в условиях индустрии 4.0: концептуальная модель // Качество и жизнь. 2023. No 4 (40). С. 12-17. 6 с. А это зачем?
4. Васильев В.А., Александрова С.В. Управление качеством на основе цифровых технологий // Научные технологии в машиностроении. 2022. No 9 (135). С. 18-25. 8 с.
5. Васильев В.А., Александрова С.В., Летучев Г.М. Цифровые технологии в управлении качеством // Идеи и новации. 2022. Т. 10. No 1-2. С. 125-129. 5 с.
6. Козырева У.Р., Мирошниченко П.В. Развитие системы управления качеством в индустрии 4.0 // Компетентность. 2024. No 7. С. 32-35. 4 с.
7. Орлова Ю.А., Репина И.Б., Чуднова О.А. Цифровая трансформация методов и средств контроля качества // Компетентность. 2022. No 4. С. 22-25. 4 с.
8. Плис С.А., Идигова Л.М. Системы и способы управления качеством продукции в условиях цифровизации // Вестник Чеченского государственного университета им. А.А. Кадырова. 2022. No 1 (45). С. 13-20. 8 с.
9. Хайдер М.М.А. Развитие инновационных подходов к формированию системы управления качеством в условиях индустрии 4.0 // Современная экономика: проблемы и решения. 2022. No 4 (148). С. 144-153. 10 с.
10. Шалимов И.П., Кувшинов М.С. Методика внедрения средств цифровизации основанная на правилах процессного подхода // Экономика и предпринимательство. 2024. No 3 (164). С. 1143-1149. 7 с.

## Development of Methodological Approaches for Integrating Quality Management Systems with Industry 4.0 Digital Technologies

**Svetlana V. Plekhanova**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor,  
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technology. Design. Art),  
119071, 1, Malaya Kaluzhskaya str., Moscow, Russian Federation;  
e-mail: Plekhanova@mail.ru

### Abstract

In the context of the digital transformation of the global economy, the integration of Quality Management Systems (QMS) with Industry 4.0 technologies has become a critical issue. Modern enterprises are seeking effective methodological approaches to adapt their management technologies, which requires the application of innovative methods and tools. This study explores integration approaches and proposes a framework for combining QMS with Industry 4.0 tools. The research is based on systemic and process-oriented approaches to analyze interactions between QMS and Industry 4.0 technologies. Methods such as comparative analysis, process modeling, and experiments with digital tools (including artificial intelligence, big data, and the Internet of Things) were employed. The developed methodologies were tested across enterprises in various industries. The proposed methodological approach ensures effective integration of QMS with digital technologies, establishing clear connections between quality management processes and digital tools. This enhances data accuracy, decision-making speed, and overall system efficiency. The integration model enables enterprises to adapt their structures to Industry 4.0 requirements while minimizing implementation costs and risks. The results demonstrate that the proposed solutions

---

Svetlana V. Plekhanova

bridge the gap between traditional quality management systems and the challenges of the digital economy. Integrating QMS with Industry 4.0 elements significantly improves flexibility, transparency, and competitiveness. The developed methodologies can be adapted for companies across economic sectors, ensuring scalability and further evolution in the context of digital transformation. Implementing these approaches supports sustainable development and enhances global market competitiveness.

### For citation

Plekhanova S.V. (2025) Razrabotka metodologicheskikh podkhodov k integratsii sistem menedzhmenta kachestva s tsifrovymi tekhnologiyami Industry 4.0 [Development of Methodological Approaches for Integrating Quality Management Systems with Industry 4.0 Digital Technologies]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 15 (1A), pp. 815-825. DOI: 10.34670/AR.2025.33.38.083

### Keywords

Integration, quality management, digital technologies, Industry 4.0, methodology.

### References

1. Antipova O.I., Gorokhova D.A. Approaches to digitalization of quality management systems // Bulletin of Tula State University. Technical Sciences. 2023. No 12. pp. 106-110. 5 pages.
2. Aronov I.Z., Bury A.S., Rybakova A.M. Smart circular economy: the foundation of digital strategies for manufacturing companies. Part 1. Technological synergy of Industry 4.0 // Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2022. No 4 (68). pp. 54-63. 10 pages.
3. Akhmatova M.S.S., Deniskina A.R. Features of quality management in the conditions of Industry 4.0: a conceptual model // Quality and Life. 2023. No 4 (40). pp. 12-17. 6 pages.
4. Vasiliev V.A., Aleksandrova S.V. Quality management based on digital technologies // High-Tech Engineering Technologies. 2022. No 9 (135). pp. 18-25. 8 pages.
5. Vasiliev V.A., Aleksandrova S.V., Letuchev G.M. Digital technologies in quality management // Ideas and Innovations. 2022. Vol. 10. No 1-2. pp. 125-129. 5 pages.
6. Kozyreva U.R., Miroshnichenko P.V. Development of a quality management system in Industry 4.0 // Competence. 2024. No 7. pp. 32-35. 4 pages.
7. Orlova Yu.A., Repina I.B., Chudnova O.A. Digital transformation of methods and tools for quality control // Competence. 2022. No 4. pp. 22-25. 4 pages.
8. Plis S.A., Idigova L.M. Systems and methods of quality management of products in the context of digitalization // Bulletin of Chechen State University named after A.A. Kadyrov. 2022. No 1 (45). pp. 13-20. 8 pages.
9. Haider M.M.A. Development of innovative approaches to the formation of a quality management system in the conditions of Industry 4.0 // Modern Economics: Problems and Solutions. 2022. No 4 (148). pp. 144-153. 10 pages.
10. Shalimov I.P., Kuvshinov M.S. Methodology for the implementation of digitalization tools based on the principles of the process approach // Economy and Entrepreneurship. 2024. No 3 (164). pp. 1143-1149. 7 pages.