

Электронный научный журнал «Век качества» ISSN 2500-1841 <https://www.agequal.ru>

2026, №1 https://www.agequal.ru/pdf/2026/AGE_QUALITY_1_2026.pdf

Ссылка для цитирования этой статьи:

Макаров В.В., Волчик О.В., Мироненко Н.М. Подходы к формированию цифровых экосистем по управлению качеством на предприятиях // Электронный научный журнал «Век качества». 2026. №1. С. 211-226. Режим доступа: <https://www.agequal.ru/pdf/2026/126011.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 005.6

Подходы к формированию цифровых экосистем по управлению качеством на предприятиях

Макаров Владимир Васильевич,
*профессор, д.э.н., профессор кафедры экономики данных,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»,
Россия, г. Санкт-Петербург
makarov.vv@sut.ru*

Волчик Олеся Владимировна,
*к.э.н., старший преподаватель кафедры экономики данных,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»,
Россия, г. Санкт-Петербург,
ovolchik.ov@sut.ru*

Мироненко Никита Максимович,
*студент кафедры экономики данных,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»
Россия, г. Санкт-Петербург
niki.mironenko@gmail.com*

В статье рассматриваются возможные подходы к формированию цифровых экосистем по управлению качеством на промышленных предприятиях. Направление данного исследования определяет необходимость преодоления разрозненности используемых ИТ-решений, которая ведет к потере данных, замедлению бизнес-процессов и росту затрат. В работе проведена систематизация ключевых технологических компонентов цифровых экосистем качества и выявлены направления их влияния на операционную эффективность предприятий.

Ключевые слова: цифровая экосистема, управление качеством, искусственный интеллект, машинное зрение, предиктивная аналитика, сквозное управление, цифровизация производства.

Современные предприятия часто сталкиваются с проблемами качественного управления своими бизнес-процессами. Прежде всего, это связано с использованием большого числа разнообразных ИТ-систем, решающих лишь конкретные локальные задачи структурных подразделений без взаимоувязки с общими целями предприятия. Отсутствие анализа влияния цифровизации на бизнес-модель компании влечет за собой низкую интероперабельность таких ИТ-систем, что замедляет темпы развития, приводит к росту временных и денежных затрат.

Следовательно, можно говорить о наличии острой потребности современных предприятий в построении целостной внутренней среды, способствующей инновациям, качественному управлению данными, бесшовному взаимодействию заинтересованных сторон, а также объединению бизнес-процессов в едином информационном пространстве для прозрачного управления ими. Такие возможности предоставляют цифровые экосистемы по управлению качеством.

Согласно исследованиям Mckinsey, сегодня цифровые экосистемы генерируют около 30% мирового ВВП [1]. Принимая во внимание контекст управления качеством, можно отметить, что в отличие от использования большого числа разрозненных ИТ-продуктов, подобная экосистема способна создавать и совершенствовать бизнес-модель управления на постоянной основе за счет объединения процессов в единую цепочку, начиная с требований потребителя и заканчивая оценкой его удовлетворенности [2].

По результатам исследований Global Quality Survey, проведённых в 2024 г., компании, внедрившие цифровые технологии в систему управления качеством, сократили количество дефектов на 47% и затраты на контроль – на 35%. Подобные цифры не только демонстрируют возможности по

совершенствованию показателей качества, но и указывают на необходимость комплексной трансформации подходов к управлению производством [3]. Это, в свою очередь, рождает дополнительные преимущества для бизнеса с точки зрения повышения его конкурентоспособности.

Работа единой цифровой экосистемы управления качеством построена на интеграции комплекса взаимосвязанных технологий, представленных в таблице 1, каждая из которых решает отдельную задачу.

Таблица 1

Основные технологии цифровой экосистемы управления качеством [4]

Технология	Сфера применения	Методы и эффект
Машинное зрение и интеллектуальное видеонаблюдение	Дефектоскопия	<ul style="list-style-type: none">• Автоматизированные проверки позволяют повысить скорость и точность, значительно сократив количество дефектов продукции• Предиктивное обслуживание позволяет избежать дорогостоящих простоев за счет прогнозирования отказов оборудования• Обнаружение и классификация дефектов помогают предприятиям выявлять и устранять коренные проблемы, способствуя постоянному совершенствованию
	Выявление аномалий	Оптимизация производственных процессов и предотвращение аварий
	Контроль качества материально-технических ресурсов	Повышение скорости и качества входного контроля
	Безопасность труда	<ul style="list-style-type: none">• Нейросеть поможет определять работников, которые находятся в опасной зоне• Визуальный контроль применения СИЗ• Анализ безопасности труда
Беспилотные автомобили	Логистика	<ul style="list-style-type: none">• Перемещение продукции• Оптимизация логистических процессов внутри предприятия• Повышение эффективности работы складов• Снижение вероятности ошибок, связанных с человеческим фактором

Технология	Сфера применения	Методы и эффект
Роботизированные комплексы	Выявление дефектов	<ul style="list-style-type: none"> • Увеличение пропускной способности контрольных участков • Повышение точности обнаружения дефектов
Анализ больших данных	Прогнозирование спроса на продукцию	Более эффективное планирование производства и поставок
Биометрия	Учет рабочего времени	<ul style="list-style-type: none"> • Обеспечение контроля соблюдения графиков работы, повышение дисциплины • Рост эффективности рабочего времени персонала
Нейросети	Управление доставкой	<ul style="list-style-type: none"> • Расчет и оптимизация маршрутов доставки с учетом геотопологии, особенностей заказов, стоимости, времени и др. факторов • Автоматическое распределение заказов и подбор транспортных средств • Трекинг исполнения заказа и автоматический пересчет маршрутов • Точный учет затрат, оптимизация себестоимости и рентабельности доставки • Усиление контроля за работой транспортных средств
Машинное обучение	Корпоративное управление	<ul style="list-style-type: none"> • Получение информации сотрудниками у виртуального помощника о работе подразделений компании • Помощь в оформлении справок и отпусков, создание и отработка запросов • Экономия времени специалистов
	Управление ИТ-инфраструктурой Техническая поддержка	Автоматическая классификация обращений с рекомендациями по их обработке
Смарт-стандарты	Управление требованиями	Получение взаимосвязанной системы требований между документами в электронном интерактивном виде

Отметим, что представленные технологии служат не для полной замены человека, а для расширения его возможностей в производственных и бизнес-процессах предприятия. Особенно актуальным является внедрение

превентивного подхода к устранению несоответствий (рис. 1). При этом может быть достигнут положительный каскадный экономический эффект на каждом из этапов производственной цепочки, который может привести к сокращению сроков поставки и расходов на переработку, снижению запасов на складе и росту удовлетворенности потребителей.



Составлено авторами на основе [5]

Рис.1. Технологии превентивного управления качеством

К одному из инструментов превентивного управления качеством можно отнести цифровые многопараметрические модели, учитывающие влияние большого числа факторов на качество продукта или услуги. Может быть проведен интеллектуальный корреляционный анализ, с помощью которого выявляются и оцениваются различные виды связей между производственными характеристиками продукта, параметрами сырья и настройками оборудования [6].

Кроме того, превентивное управление качеством включает в себя внедрение систем обратной связи для своевременного реагирования на изменения в режиме реального времени, а также обеспечение возможностей

проверки подобных изменений в виртуальной среде перед внедрением в реальный процесс.

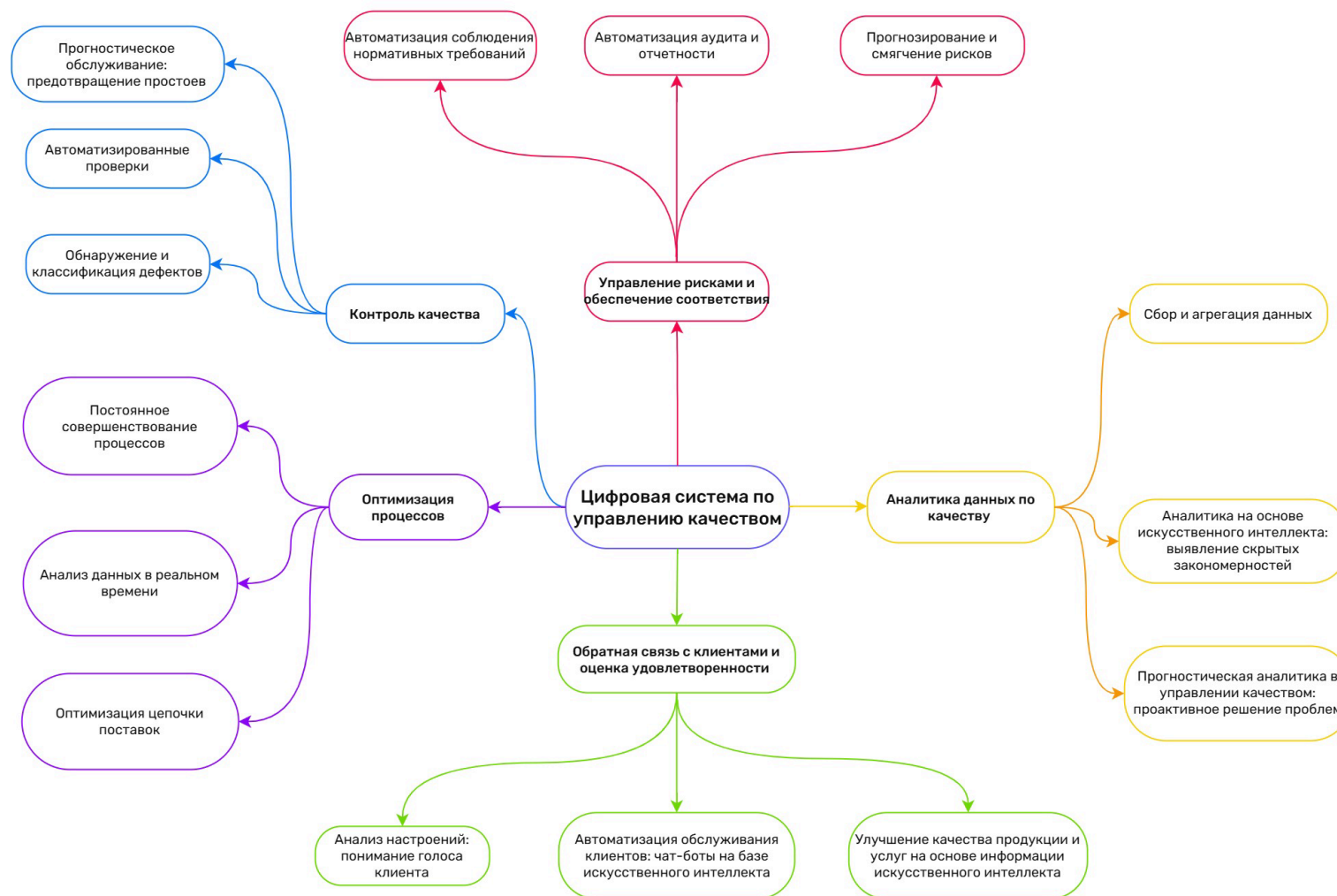
Необходимо также применять программные продукты, предоставляющие возможности для составления прогнозов в части планирования ремонтов и замены устаревшего оборудования, а не только в связи с его поломкой или в соответствии с календарным графиком.

Далее обратимся к особенностям формирования цифровой экосистемы. Обычно при управлении качеством на предприятиях наблюдаются такие сложности, как потеря и длительная передача данных, проблемы во взаимодействии структурных подразделений и работников, задержки в принятии решений, отсутствие визуализации сквозного процесса [7].

Связано это с трудностями применения различных ИТ-систем внутри одного предприятия, направленных на удовлетворение потребностей различных стейкхолдеров, цели которых также могут быть разными. На стыке переноса работниками данных из одной системы в другую могут возникать проблемы, приводящие к увеличению сроков реализации как основных, так и управленческих процессов, а также процессов менеджмента ресурсов.

Цифровая экосистема строится с учетом необходимости объединения этапов создания жизненного цикла продукта в единую цепочку, высвечивая контрольные точки реализации сквозного процесса с целью их мониторинга и принятия соответствующих управленческих решений в режиме онлайн [8, 9].

Основной функционал цифровой экосистемы по управлению качеством содержит направления, представленные на схеме (рис. 2).



Составлено авторами

Рис. 2. Возможности цифровой экосистемы по управлению качеством

Кратко раскроем каждый блок, отражающий возможности цифровой экосистемы по управлению качеством.

Управление рисками производится за счет способности их прогнозирования и смягчения посредством оповещений о потенциальных несоответствиях на основе трендов данных, мониторинга метрик безопасности, выявления закономерностей, приводящих к дефектам [10].

Обеспечение соответствия нормативным требованиям может достигаться за счет их автоматизации с использованием искусственного интеллекта (ИИ). С его помощью нормативная база постоянно обновляется в соответствии с появляющимися изменениями, обеспечивая соблюдение требований в режиме реального времени. Автоматизация также снижает риск несоблюдения требований из-за человеческого фактора, сохраняет время на пересмотр требований в ручном режиме. Существует также возможность проведения аудитов и формирования отчетности в цифровом формате, что позволяет повысить точность анализа и оценок за счет сбора данных из различных источников без ручного ввода [11].

Следующий блок, подлежащий рассмотрению, – контроль качества. Его важным элементом является цифровизация процесса входного контроля материалов и компонентов посредством машинного зрения и спектрального анализа. Наличие автоматизированных проверок повышает точность и скорость выявления дефектов по мере их возникновения, что предотвращает дальнейшее применение некачественной продукции. Применяемые системы искусственного интеллекта способны учиться на каждом дефекте, инциденте или несоответствии и тем самым улучшать собственные возможности по выявлению и классификации подобных проблем [12]. Помимо входного контроля в рамках цифровой экосистемы возможен постоянный мониторинг производственных процессов с контролем выхода показателей за границы допустимых значений. Также должна осуществляться полномасштабная

проверка готовой продукции с помощью современных методов, в том числе рентгена и 3D-сканирования.

Мониторинг может производиться и в ходе постпродажного обслуживания. Информация о пользовательских отзывах, анализе гарантийных случаев и других характеристиках во время эксплуатации продукции регулярно собирается со встроенных датчиков.

Обратимся к блоку, связанному с аналитикой данных по качеству. Процесс сбора и агрегации данных предполагает наличие централизованного хранилища для объединения всей необходимой информации и упрощения её обработки и анализа. Обновления данных должны проводиться в реальном времени, что позволяет сокращать время отклика [13].

Аналитика данных также может производиться на основе искусственного интеллекта. При этом осуществляется распознавание образов для выявления тенденций в данных, которые могут быть упущены человеком. ИИ обладает прогнозирующими возможностями, способен определять потенциальные проблемы до того, как они приобретают критический характер. Системы ИИ также способны обучаться. Их совершенствование приводит к более точным прогнозам благодаря большим объемам обработки данных.

Следует также упомянуть о возможностях прогностической аналитики в управлении качеством. Её практическая реализация снижает стоимость устранения несоответствий за счет их раннего выявления, улучшает рабочий процесс, предотвращая сбои до их возникновения, и позволяет принимать превентивные меры для проактивного решения проблем [13, 14].

Блок обратной связи с потребителями и оценки их удовлетворенности в рамках цифровой экосистемы по управлению качеством может включать в себя следующие возможности:

- анализ настроений клиента и, следовательно, лучшее понимание «голоса» потребителя;
- автоматизацию обслуживания клиентов посредством чат-ботов;

- улучшение качества продукции на основе информации от ИИ.

Анализ потребностей клиентов проводится за счет мониторинга отзывов в режиме реального времени сразу по нескольким каналам. При этом быстрое реагирование на негативные отзывы позволяет повысить уровень лояльности и удержания клиентов. Выделение трендов в их поведении способствует совершенствованию качества продукции. Чат-боты способствуют организации круглосуточной пользовательской поддержки, мгновенно отвечая на вопросы и предоставляя индивидуальные ответы на основе личной клиентской истории. Применение ИИ в данном блоке дает возможность быстро анализировать обратную связь от потребителя и решать конкретные проблемы, связанные с продукцией, что обеспечивает постоянную приверженность клиента к бренду.

Последний рассматриваемый блок возможностей цифровой экосистемы – оптимизация процессов, которая достигается за счет улучшения цепочки поставок посредством прогнозирования спроса и рисков поставщиков. Для этого осуществляется анализ тенденций рынка и данных о клиентах во избежание избытков или дефицита продукции, а также производится оценка исторических данных о деятельности поставщиков для определения уровня их надежности.

Современные технологии, заложенные в основу цифровой экосистемы, позволяют обеспечить проведение мониторинга работы транспорта и оптимизировать маршруты доставки продукции. Кроме того, процессы предприятия могут быть улучшены путем анализа данных, о возможности которого упоминалось ранее. Превентивное решение проблем приводит к сокращению времени простоев и позволяет уменьшать число дефектов, а также быстрее вносить корректировки и принимать решения.

Информационные системы снижают вероятность регулярно возникающих в ручном режиме ошибок, в том числе связанных с экологической, информационной и промышленной безопасностью. Это способствует быстрому выявлению «слабых мест» в ходе реализации процессов, внесению срочных

корректировок, перераспределению необходимых ресурсов и более эффективному их использованию. Таким образом, структура затрат на качество может быть изменена. А именно, снижается доля затрат, связанных с внутренними и внешними потерями, за счет чего растет экономическая эффективность предприятия [15, 16].

Необходимо также сказать несколько слов об оценке эффективности самой цифровой экосистемы. Метрики для проведения такой оценки представлены в таблице 2.

Таблица 2

Метрики оценки эффективности цифровой экосистемы по управлению качеством

Метрика	Определение
Операционная эффективность	Степень сокращения временных лагов, связанных с отсутствием или затруднением взаимодействия между структурными подразделениями
Производительность труда	Степень отдачи от цифровизации процессов, связанных с управлением качеством, выраженная в таких показателях, как рост выручки, увеличение числа выполненных поручений, снижение количества задействованных в процессах работников
Коэффициент цифровой зрелости процессов	Доля процессов, выполняемых с минимальным участием либо без участия человека
Число несоответствий	Уровень снижения ошибок, возникающих в вопросах финансирования, материально-технического обеспечения и в процессе производства, связанный с автоматизацией верификации и валидации, а также с исключением ручного ввода данных
Число издержек	Доля снижения затрат, связанных с ресурсами, логистикой, оплатой труда и др.
Коэффициент удовлетворенности пользователей	Доля сотрудников, которым комфортно работать в цифровой экосистеме по управлению качеством
Время, затраченное на оформление документов	Число дней и часов, в течение которых сотрудники осуществляют подготовку и консолидацию документов и отчетности

Стоит отметить, что представленные метрики должны быть ориентированы на выполнение поставленных предприятием целей. Их мониторинг должен осуществляться как до использования цифровой экосистемы, так и после внедрения её элементов на предприятии.

Заключение

Создание цифровых экосистем по управлению качеством на промышленных предприятиях представляет собой не просто техническое обновление ИТ-систем, а сдвиг в подходе к организации производства. Внедрение продуктов и сервисов в рамках экосистем имеет главное преимущество – возможность организовать контроль функционирования отдельных компонентов системы по единым принципам. К числу прочих преимуществ создания экосистемы решений можно отнести:

- обеспечение высокой скорости обмена данными благодаря их бесшовному движению между разными участками системы;
- повышение уровня безопасности обмена данными в рамках внедрения единых протоколов защиты данных;
- быстрое освоение упрощенных интерфейсов управления сервисами;
- ускорение рыночной экспансии бренда (результативные сервисы «подтягивают» другие решения, входящие в экосистему, за счет узнаваемости бренда).

Как показано в исследовании, ключевым преимуществом цифровой экосистемы является возможность организации сквозного контроля на всех этапах жизненного цикла продукции. Это позволяет не только оперативно выявлять несоответствия, но и прогнозировать риски их возникновения с использованием технологий искусственного интеллекта, машинного зрения и предиктивной аналитики. Даже частичная цифровизация процессов контроля способна ощутимо снизить количество дефектов, сократить издержки и повысить цифровую зрелость системы менеджмента качества.

Важно отметить, что создание цифровой экосистемы качества – это непрерывный процесс совершенствования бизнес-моделей. Её эффективность измеряется достижением конкретных бизнес-показателей: роста производительности труда, снижения доли брака, сокращения времени простоев и повышения удовлетворённости как внутренних пользователей, так и

конечных потребителей. Переход от «лоскутной» автоматизации к целостной цифровой среде требует от предприятия стратегического видения, готовности к изменениям и вовлечённости персонала. Именно такой подход позволяет сделать производство по-настоящему прозрачным, управляемым и устойчивым к вызовам внешней среды. В российских условиях развитие цифровых экосистем качества становится не только фактором повышения конкурентоспособности, но и условием долгосрочной устойчивости предприятий.

Список литературы

1. Insurance beyond digital the rise of ecosystems and platforms // Mckinsey. – URL: <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/insurance-beyond-digital-the-rise-of-ecosystems-and-platforms#/> (дата обращения: 01.03.2026).
2. Казова, З.М. и др. Цифровые экосистемы / З.М. Казова, З.А. Иванов, Т.К. Татаров, И.А. Шабатуков, С.З. Шугушхов // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. – 2024. – № 2. – С. 123-129. – URL: <https://doi.org/10.47576/2949-1894.2024.2.2.013> <https://doi.org/10.47576/2949-1894.2024.2.2.013>
3. Управление качеством через цифровые технологии: тренды и перспективы [Электронный ресурс] // Синаптик. – URL: <https://synaptik.ru/blog/kak-it-resheniya-uluchshayut-kachestvo-produkczii/upravlenie-kachestvom-cherez-cifrovye-tehnologii-trendy-i-perspektivy> (дата обращения: 01.03.2026).
4. Новикова, Т.В. Формирование цифровых промышленных экосистем / Т.В. Новикова, А.С. Леонова // Инновационная экономика и общество. – 2025. – № 3 (49). – С. 24-35
5. Кузнецов, М.С. Искусственный интеллект в управлении качеством / М.С. Кузнецов, С.В. Калмыкова // Диалог. – 2024. – № 3(29). – С. 37-39. – EDN CKJLCO.

6. Щеглов, Д.К., Сайбель, А.Г. Концепция построения интегрированной цифровой экосистемы для повышения качества продукции и услуг предприятий оборонно-промышленного комплекса // Вестник ИЖГТУ имени М.Т. Калашникова. – 2024. – Т. 27, № 2. – С. 25-36. – URL: <https://izdat.istu.ru/index.php/vestnik/article/view/5819/3617> (дата обращения: 02.03.2026).
7. Качество и инновации: интеграция управления / А.Л. Алексеев, Т.А. Блатова, В.В. Макаров, Н.С. Шувал-Сергеева // Вопросы радиоэлектроники. – 2017. – № 1. – С. 85-89. – EDN XENOGZ.
8. Цифровая экосистема для промышленности [Электронный ресурс] // PRO Качество. – URL: <https://kachestvo.pro/kachestvo-upravleniya/protsessnoe-upravlenie/tsifrovaya-ekosistema-dlya-promyshlennosti/> (дата обращения: 02.03.2026).
9. Макаров, В.В., Волчик О.В. Бизнес-модель цифровой платформы по управлению качеством // Экономика и качество систем связи. – 2025. – № 36. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biznes-model-tsifrovoy-platformy-po-upravleniyu-kachestvom> (дата обращения: 09.03.2026).
10. Васифов, Р.З. Цифровые экосистемы: аспекты управления, развитие и безопасность / Р.З. Васифов // Экономическая безопасность. – 2025. – Т. 8, № 1. – С. 165-178. – DOI 10.18334/ecsec.8.1.122537.
11. Мироненко, Н.М. Цифровой двойник человека: архитектура, технологии применения, риски / В.В. Макаров, О.В. Волчик, Н.М. Мироненко // Экономика и качество систем связи. – 2026. – № 1(39).
12. «Управление производством»: Формирование единой цифровой экосистемы качества: опыт «Желдорремаш» [Электронный ресурс] // ЛокоТех, 13.11.2025. – URL: <https://www.locotech.ru/press-center/publication/17668/> (дата обращения: 04.03.2026).

13. Волчик, О.В. Управление данными в системах менеджмента качества / О.В. Волчик, В.В. Макаров // Экономика и качество систем связи. – 2024. – № 4(34). – С. 4-13. – EDN ODTKQU.
14. Волчик, О.В. Управление качеством данных в сфере стандартизации посредством смарт-стандартов / О.В. Волчик // Прогрессивная экономика. – 2024. – № 7. – С. 106-117. – DOI 10.54861/27131211_2024_7_106. – EDN YZXKGGK.
15. Летчфорд, Л.Н. Опыт построения цифровой экосистемы по управлению качеством / Росатом [Электронный ресурс]. – URL: https://soyuzmash.ru/docs/kom/125958/letchford_24.08.2021.pdf?ysclid=mmi4j4bkpt98498644 (дата обращения: 04.03.2026).
16. Макаров, В.В. Цифровые технологии в управлении инновационными экосистемами / В.В. Макаров, Т.А. Блатова, А.В. Федоров // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2024): сб-к научных статей XIII Международной научно-технической и научно-методической конференции, Санкт-Петербург, 27-28 февраля 2024 г. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2024. – С. 26-30. – EDN QYCLLB.

Approaches to the Formation of Digital Ecosystems for Quality Management in Enterprises

Makarov Vladimir Vasilievich,

*Professor, Doctor of Economics, Professor at the Department of Data Economics
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«The Bonch-Bruevich Saint Petersburg State University of Telecommunications»
Saint Petersburg, Russia
makarov.vv@sut.ru*

Volchik Olesia Vladimirovna,

*Candidate of Economic Sciences (PhD), Senior Lecturer at the Department of Data
Economics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«The Bonch-Bruevich Saint Petersburg State University of Telecommunications»
Saint Petersburg, Russia
ovolchik.ov@sut.ru*

Mironenko Nikita Maksimovich,

*Student of the Department of Data Economics,
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«The Bonch-Bruevich Saint Petersburg State University of Telecommunications»,
Russia, Saint Petersburg
niki.mironenko@gmail.com*

The article discusses approaches to the formation of digital ecosystems for quality management in industrial enterprises. The direction of this research determines the need to overcome the fragmentation of existing IT solutions. Fragmentation leads to data loss, slowdown of business processes, and increased costs. The work systematizes the key technological components of digital quality ecosystems and identifies the directions of their impact on the operational efficiency of enterprises.

Keywords: digital ecosystem, quality management, artificial intelligence, machine vision, predictive analytics, end-to-end management, digitalization of production.