

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ЦИФРОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

К. С. Леон, К. И. Порсев

Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль

Статья посвящена анализу современного состояния в области управления качеством конструкторско-технологической подготовки цифровых производств. Рассматриваются основные тенденции и вызовы, возникающие перед предприятиями в условиях перехода к цифровым технологиям. Основное внимание уделено исследованию методов и инструментов, используемых для управления качеством конструкторско-технологической подготовки производств, таких как внедрение PLM-систем и применение технологий Индустрии 4.0. Описаны группы проблем, возникающих при проведении цифровизации в управлении качеством конструкторско-технологической подготовки производства. Определены перспективные направления исследований, необходимые для дальнейшего развития уровня управления качеством конструкторско-технологической подготовки производств.

Ключевые слова: информационные технологии, управление качеством, PLM, конструкторско-технологическая подготовка производства, цифровое производство, цифровая трансформация, системы менеджмента качества, эффективность производства.

Для цитирования: Леон К. С., Порсев К. И. Анализ современного состояния в области управления качеством конструкторско-технологической подготовки цифровых производств // Омский научный вестник. 2025. № 2 (194). С. 49–54. DOI: 10.25206/1813-8225-2025-194-49-54. EDN: NYJMIK.



© Леон К. С., Порсев К. И., 2025.
Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

ANALYSIS OF QUALITY MANAGEMENT IN DIGITAL PRODUCTION DESIGN AND TECHNOLOGICAL PREPARATION

K. S. Leon, K. I. Porsev

Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia

The article is devoted to the analysis of the current state of quality management of design and technological training of digital productions. The main trends and challenges facing enterprises in the context of the transition to digital technologies are considered. The main attention is paid to the research of methods and tools used for quality management of design and technological preparation of production facilities, such as the introduction of PLM systems, the use of Industry 4.0 technologies. The groups of problems that arise during digitalization in the quality management of design and technological training of production are described. Promising research directions necessary for further development of the quality management level of design and technological preparation of production facilities have been identified.

Keywords: information technology, quality management, PLM, design and technological preparation of production, digital production, digital transformation, quality management systems, production efficiency.

For citation: Leon K. S., Porsev K. I. Analysis of quality management in digital production design and technological preparation. *Omsk Scientific Bulletin*. 2025. No. 2 (194). P. 49–54. DOI: 10.25206/1813-8225-2025-194-49-54. EDN: NYJMIK.



© Leon K. S., Porsev K. I., 2025.
The content is available under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

Современные тенденции четвертой промышленной революции показывают, что быстро развивающиеся цифровые технологии существенно меняют подходы к проектированию, производству и контролю качества продукции. Важнейшую роль в жизненном цикле изделий играет конструкторско-технологическая подготовка производства (КТПП), обеспечивающая наилучшее сочетание конструктивных решений и производственных возможностей. Управление качеством на этапе КТПП становится важным аспектом повышения конкурентоспособности цифровых производств, сокращения затрат и уменьшения времени вывода продукции на рынок.

Цель настоящего исследования заключается в анализе актуальных в настоящее время подходов, инструментов и технологий управления качеством конструкторско-технологической подготовки производства в контексте быстроразвивающейся цифровизации промышленных предприятий.

В данной работе были использованы такие методы исследования, как сравнительный анализ, синтез, аналогия, дедукция и обобщение.

Существующие системы менеджмента качества (СМК) часто фокусируются на контроле параметров процессов и качества продукции, не охватывая все аспекты жизненного цикла изделий. В эпоху Индустрии 4.0 возникает запрос на более глубокую интеграцию цифровых решений, которые позволяют осуществлять мониторинг в реальном времени и обеспечивать полное управление данными, связанными с качеством на всех этапах — от проектирования до утилизации [1]. Эта трансформация требует пересмотра концепций и методик, применяемых в СМК, а также их адаптации к новым вызовам.

Исходя из понятий качества и КТПП, можно сформулировать следующее определение: «Качество конструкторско-технологической подготовки производства — это совокупность характеристик конструкторских и технологических мероприятий, относящихся к их способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности при создании новых и совершенствование уже выпускаемых изделий» [2].

Цифровая трансформация оказывает существенное воздействие на процессы управления качеством КТПП, обуславливая необходимость трансформации существующих СМК и адаптации их к современным вызовам, возникающим при переходе к Индустрии 4.0. Переход к Индустрии 4.0 создает предпосылки для нового этапа развития менеджмента качества, основанного на цифровых технологиях и автоматизированных средствах, что открывает возможности значительного повышения эффективности КТПП [3]. Схожего мнения придерживается Краснораменский А. С.: «Цифровизация экономики оказывает значительное влияние на систему управления качеством, что требует от организаций адаптации к новым условиям и внедрению современных технологий» [4].

Коровкин В. В. и Кузнецова Г. В. [5] акцентируют свое внимание на том, что цифровая трансформация машиностроительной отрасли подразумевает интеграцию цифровых технологий и инновационных решений в производственные процессы, управление цепочками поставок и взаимодействие с заказчиками. В свою очередь исследование [6] посвящено изучению применения цифрового моделирования производственных процессов в тяжелом

машиностроении, демонстрируя особую значимость этих технологий на различных этапах жизненного цикла продукции.

Анализ зарубежных источников [7, 8] показал, что активный переход к Индустрии 4.0 подразумевает внедрение технологии цифровых двойников в процессы КТПП. Применение данных технологий позволяет на ранних этапах КТПП исключить ошибки, внести корректировки и подобрать необходимые режимы обработки. Также подчеркивается важность использования цифровизации в процессах управления качеством КТПП, но при этом отмечается неопределенность относительно анализа затрат и выгод от внедрения новых технологий [8].

Отечественные и зарубежные ученые, занимающиеся изучением управления качеством КТПП, сходятся во мнении, что цифровые платформы играют ключевую роль. Инновационные цифровые платформы содействуют более точному контролю и анализу, необходимому для улучшения производственных процессов, существенно снижая риски ошибок.

Кулева Н. И. и Степанов А. С. отмечают, что формирование единого информационного пространства для КТПП требует регулярного обновления СМК [9]. Этот процесс должен учитывать специфику каждого предприятия, включая ассортимент продукции, объем выпуска, организационную структуру, а также количество сотрудников. В работе [10] высказывается мнение, что высокий уровень качества разработки изделий достигается лишь благодаря комплексному подходу к повышению эффективности производства, который предполагает сокращение сроков выполнения работ, увеличение производительности и улучшение качества на всех этапах жизненного цикла изделия. Авторы работы предлагают создать единое информационное пространство путем внедрения технологий информационной поддержки изделий в процессе КТПП. Они также утверждают, что эти технологии должны базироваться на PLM-системах (англ. Product Lifecycle Management — управление жизненным циклом изделия). Внедрение таких технологий требует наличия новых компетенций у специалистов, осуществляющих управление качеством, что также обуславливает необходимость учебных программ и курсов по цифровой трансформации [11].

Стрелков Г. С. в своей работе отмечает значительное преимущество применения цифровых технологий, включая численное и виртуальное моделирование, CAD/CAM-системы (англ. Computer-aided Design — система автоматизированного проектирования; англ. Computer-aided manufacturing — система автоматизированного производства), PLM-системы. Данные технологии способствуют оптимизации и автоматизации производственных процессов, улучшая качество конструкторско-технологической подготовки производства [12].

В исследованиях иностранных ученых отмечается использование автоматизированных систем управления производством, позволяющих повысить качество КТПП до 25 % [13]. Зарубежные ученые в свою очередь больше преуспели во внедрении таких цифровых технологий, как искусственный интеллект, машинное обучение, IIoT (англ. Industrial Internet of Things — промышленный интернет вещей), AR/VR — технологий (англ. Augmented Reality — дополненная реальность; Virtual Reality — виртуальная реальность).

Применение технологии искусственного интеллекта и машинного обучения при управлении качеством КТПП позволяют давать рекомендации специалистам по качеству, помогая применять обоснованные решения на основе анализа различных данных. Указанные системы позволяют предотвращать не только возникновение дефектов готовой продукции на этапах изготовления [14], но и посредством применения цифровых технологий устранять дефекты на этапе проектирования путем всестороннего анализа конструкции [15].

Применение IoT при управлении качеством КТПП открывает новые перспективы для повышения эффективности и точности как процессов проектирования, так и производства. Зарубежные научные исследования подтверждают успешность внедрения данной технологии в различных областях промышленности [16, 17]. Следовательно, дальнейшее развитие данной технологии позволит сделать IoT неотъемлемой частью современного процесса управления качеством КТПП.

Многие зарубежные исследователи подтверждают успешность активного внедрения AR/VR-технологий в процессы управления качеством КТПП. В процессе проектирования изделий данные технологии позволяют значительно сократить время на выявление ошибок проектировщика [18]. Данные технологии позволяют проводить наглядную симуляцию и множественные эксперименты до запуска производства путем создания виртуальных моделей технологических процессов [19].

Группы отечественных и зарубежных ученых, занимающихся изучением вопроса внедрения инновационных технологий в процессы управления качеством КТПП, сходятся в важности цифровых преобразований процессов КТПП и необходимости повышения квалификации специалистов в условиях прогрессирующей цифровизации. При этом отечественные ученые уделяют внимание индивидуальному подходу к каждому предприятию, учитывая их особенности [10, 11]. Несмотря на различия в подходах в изучении, обе стороны вносят существенный вклад в развитие теории и практики управления качеством КТПП.

Эффективное управление качеством на предприятиях требует от сотрудников не только знаний, но и специфических навыков, актуальных для динамично меняющихся производственных процессов. В рамках СМК ключевую роль играет подготовка и постоянное обучение персонала. Это обеспечивается через внедрение программ, ориентированных на актуализацию знаний и развитие практических умений работников [20].

Исследования [21, 22, 23] обращают внимание на необходимость высокого уровня квалификации инженерного и рабочего персонала предприятия для улучшения качества как на этапе конструкторско-технологической подготовки производства, так и при выпуске продукции. По мнению авторов на качество продукции влияет не только правильность принятых конструкторских решений, но и во многом формируется грамотная технологическая подготовка производства. Несмотря на это, цифровые технологии в области инженерно-технологической подготовки применяются не в полном объеме. Решение таких задач, как сокращение сроков, повышение качества КТПП и обоснование технологических решений, возможно через внедрение автоматизированных систем управления жизненным циклом изделий на основе PLM-решений.

Исходя из представленных работ, можно сделать вывод, что инженеры, обладающие знаниями современных цифровых технологий, соответствуют требованиям современного цифрового производства. По мнению авторов данных работ, эти требования должны быть непосредственно отражены в профессиональных стандартах, что позволит значительно повысить уровень качества конструкторско-технологической подготовки производства. Как отмечается в [1], переход к цифровым технологиям в управлении качеством — это постепенный процесс, требующий не только технических изменений, но и трансформации менталитета сотрудников, что предполагает их активное участие в этой трансформации. Эмпатия, солидарность и готовность к изменениям становятся важными характеристиками, которыми должен обладать современный инженер.

СМК объединяет процессы, включая управление компетенцией персонала, который обеспечивает постоянное улучшение качества продукции [24]. Важно, чтобы у каждого работника была возможность понимать и принимать участие в процессах, влияющих на качество. Это связано с применением комплексных систем, в которых работают мотивирующие механизмы, способствующие росту компетенций и улучшению общей производительности коллективов.

Исследование [25] показывает, что при интеграции информационных технологий в процесс КТПП возникает конфликт интересов между отделами внедрения, конструкторским подразделением и отделом норм контроля при проектировании конструкторской документации, а также между отделом внедрения и технологическим отделом в процессе технологической подготовки производства. Автор утверждает, что эти разногласия возникают из-за недостаточной координации действий указанных отделов, что свидетельствует о низком уровне управленческих компетенций при внедрении информационных систем.

На уровне организационных структур следует отметить важность создания полноценных систем процедур и нормативных актов, которые будут определять взаимодействие между различными подразделениями и оптимизировать процессы управления качеством. В отсутствие четко структурированных процессов управление качеством может терять свою эффективность, что негативно сказывается на конечном продукте и имидже компании. Следует учитывать, что эффективность цифровых технологий будет зависеть от их полной интеграции в существующие процедуры и от способности сотрудников адаптироваться к новым условиям [11].

Зарубежные исследователи [26] поддерживают идею необходимости высокой квалификации специалистов при внедрении цифровых технологий. Также встречается вопрос, связанный с тем, что сотрудники сопротивляются нововведениям, опасаясь потери рабочих мест. При внедрении новых технологий необходимо обеспечить поддержку сотрудников и их вовлеченность в процесс изменений. В данном исследовании также поднимается вопрос информационной безопасности, связанный с внедрением цифровых технологий.

Отечественные и иностранные исследователи выдвигают вызовы, подчеркивающие сложность к переходу управления качеством КТПП при помощи цифровых технологий, но одновременно указывают на значительные возможности для повышения эффективности и конкурентоспособности предпри-

ятий, готовых инвестировать в развитие своих систем управления качеством КТПП.

Ряд экспертов считают, что в будущем системы управления качеством станут более интегрированными и гибкими, что обеспечит организациям значительное конкурентное преимущество. Важно отметить, что развитие технологий и изменение потребительских предпочтений требуют постоянного обновления знаний и навыков, что, в свою очередь, диктует необходимость внедрения новых методологий [27].

Таким образом, в условиях стремительной цифровизации и внедрения новых технологий управление качеством КТПП становится не просто необходимым, но и критически важным аспектом, определяющим конкурентоспособность и эффективность производственных процессов.

Современные тенденции в управлении качеством КТПП свидетельствуют о том, что основной упор делается на интеграцию цифровых технологий, что способствует значительному улучшению контроля и анализа качества КТПП на каждом этапе производственного процесса. Внедрение таких технологий, как искусственный интеллект, большие данные и интернет вещей, открывает новые горизонты для мониторинга и анализа качества, позволяя не только выявлять проблемы на ранних стадиях, но и предсказывать возможные сбои в производственном процессе. В свою очередь это способствует более эффективному управлению ресурсами и снижению затрат, что является важным фактором в условиях жесткой конкуренции на рынке.

Ключевые проблемы управления качеством, выявленные в ходе исследования, включают недостаточную квалификацию персонала, отсутствие четких стандартов и методик, а также сложности в интеграции новых технологий в существующие процессы. Эти проблемы требуют комплексного подхода к их решению, включая обучение и повышение квалификации сотрудников, а также активное использование современных технологий для оптимизации процессов.

Среди перспективных направлений исследований, необходимых для развития управления качеством КТПП цифровых производств, следует отметить следующие:

- развитие методологий и инструментов для управления жизненным циклом изделия;
- формирование методических требований по поэтапному внедрению системы управления качеством КТПП;
- создание методов количественной оценки функционирования системы управления качеством КТПП.

Таким образом, управление качеством в конструкторско-технологической подготовке цифровых производств представляет собой сложный и многогранный процесс, требующий комплексного подхода и постоянного совершенствования. Важно не только следовать современным тенденциям, но и активно участвовать в их формировании, что позволит организациям не только выжить в условиях жесткой конкуренции, но и занять лидирующие позиции на рынке.

Список источников / References

1. Васильев В. А., Александрова С. В., Летучев Г. М. Цифровые технологии в управлении качеством // Идеи

и новации. 2022. Т. 10, № 1-2. С. 125–129. DOI: 10.48023/2411-7943_2022_10_1-2_125. EDN: DWECNO.

Vasiliev V. A., Alexandrova S. V., Letuchev G. M. Tsifrovyye tekhnologii v upravlenii kachestvom [Digital technologies in quality management]. Idei i novatsii. Ideas and Innovations. 2022. Vol. 10, no. 1-2. P. 125–129. DOI: 10.48023/2411-7943_2022_10_1-2_125. EDN: DWECNO. (In Russ.).

2. Леон К. С., Порцев К. И. О качестве конструкторско-технологической подготовки цифрового машиностроительного производства // Роль технического регулирования и стандартизации в эпоху цифровой экономики: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Екатеринбург, 19 декабря 2024 года. Екатеринбург: Издат. дом «Ажур», 2024. С. 127–130. EDN: NFVAOP.

Leon K. S., Porsev K. I. O kachestve konstruktorskotekhnologicheskoy podgotovki tsifrovogo mashinostroitel'nogo proizvodstva [On the quality of design and technological preparation of digital engineering production] // Rol' tekhnicheskogo regulirovaniya i standartizatsii v epokhu tsifrovoy ekonomiki. Ekaterinburg, 2024. P. 127–130. EDN: NFVAOP. (In Russ.).

3. Васильев В. А., Александрова С. В. Управление качеством наукоемких процессов // Наукоемкие технологии в машиностроении. 2024. № 9 (159). С. 33–41. DOI: 10.30987/2223-4608-2024-33-41. EDN: AFWCZX.

Vasiliev V. A., Alexandrova S. V. Upravleniye kachestvom naukoymekikh protsessov [Quality management of knowledge-based processes]. Naukoymkiye tekhnologii v mashinostroyenii. Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering. 2024. No. 9 (159). P. 33–41. DOI: 10.30987/2223-4608-2024-33-41. EDN: AFWCZX. (In Russ.).

4. Краснораменский А. С. Трансформация системы менеджмента качества в условиях цифровизации экономики // Экономика. Бизнес. Инновации: сб. ст. XVII Междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 30 ноября 2021 года. Пенза: Наука и Просвещение, 2021. С. 35–37.

Krasnoramensky A. S. Transformatsiya sistemy menedzhmenta kachestva v usloviyakh tsifrovizatsii ekonomiki [Transformation of the quality management system in the context of the digitalization of the economy] // Ekonomika. Biznes. Innovatsii. Penza, 2021. P. 35–37. (In Russ.).

5. Коровкин В. В., Кузнецова Г. В. Перспективы цифровой трансформации российского машиностроения // Ars Administrandi (Искусство управления). 2020. Т. 12, № 2. С. 291–313. DOI: 10.17072/2218-9173-2020-2-291-313. EDN: NXNOXM.

Korovkin V. V., Kuznetsova G. V. Perspektivy tsifrovoy transformatsii rossiyskogo mashinostroyeniya [Prospects for digital transformation in russian machine building industry]. Ars Administrandi (Iskusstvo upravleniya). Ars Administrandi (The Art of Governance). 2020. Vol. 12, no. 2. P. 291–313. DOI: 10.17072/2218-9173-2020-2-291-313. EDN: NXNOXM. (In Russ.).

6. Нигодин Ю. А., Нигодин Е. А. Цифровое моделирование производственного процесса в тяжелом машиностроении // Механики XXI века. 2023. № 22. С. 90–93. EDN: OOGKQF.

Negodin Yu. A., Negodin E. A. Tsifrovoye modelirovaniye proizvodstvennogo protsessa v tyazhelom mashinostroyenii [Digital modeling of the production process in heavy engineering]. Mekhaniki XXI veku. 2023. № 22. С. 90–93. EDN: OOGKQF. (In Russ.).

7. Leng J., Wang D., Shen W. [et al.]. Digital twins-based smart manufacturing system design in Industry 4.0: a review. Journal of Manufacturing Systems. 2021. Vol. 60. P. 119–137. DOI: 10.1016/j.jmsy.2021.05.011.

8. Maretto L., Faccio M., Battini D. The adoption of digital technologies in the manufacturing world and their evaluation: a systematic review of real-life case studies and future research agenda. Journal of Manufacturing Systems. 2023. Vol. 68. P. 576–600. DOI: 10.1016/j.jmsy.2023.05.009.

9. Кулева Н. И., Степанов А. С. Актуализация системы менеджмента качества предприятия при создании информационного пространства конструкторско-технологической подготовки производства // Управление качеством на этапах жизненного цикла технических и технологических систем: сб. науч. тр. 2-й Всеросс. науч.-техн. конф., Курск, 27–28 мая 2020 года. Курск: Юго-Западный гос. ун-т, 2020. С. 131–134. EDN: AZOKTL.
- Kuleva N. I., Stepanov A. S. Aktualizatsiya sistemy menedzhmenta kachestva predpriyatiya pri sozdanii informatsionnogo prostranstva konstruktorsko-tehnologicheskoy podgotovki proizvodstva [Updating the quality management system of an enterprise when creating an information space for design and technological preparation of production] // *Upravleniye kachestvom na etapakh zhiznennogo tsikla tekhnicheskikh i tekhnologicheskikh system*. Kursk, 2020. P. 131–134. EDN: AZOKTL. (In Russ.).
10. Антипова О. И., Хаймович И. Н., Чекмарев А. Н., Чурилин С. В. Управление качеством конструкторско-технологической подготовки производства с использованием базовой концептуальной модели данных // Вестник Самарского муниципального института управления. 2020. № 1. С. 7–19. EDN: DBPCFT.
- Antipova O. I., Khaimovich I. N., Chekmarev A. N., Churilin S. V. Upravleniye kachestvom konstruktorsko-tehnologicheskoy podgotovki proizvodstva s ispol'zovaniyem bazovoy kontseptual'noy modeli dannykh [Quality management of design and technology preproduction using a basic conceptual data model]. *Vestnik Samarskogo munitsipal'nogo instituta upravleniya. Bulletin of Samara Municipal Institute of Management*. 2020. No. 1. P. 7–19. EDN: DBPCFT. (In Russ.).
11. Ковригин Е. А. Интеграция современных цифровых технологий в систему менеджмента качества высокотехнологичных предприятий: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2020. 144 с.
- Kovrigin E. A. Integratsiya sovremennykh tsifrovyykh tekhnologiy v sistemu menedzhmenta kachestva vysokotekhnologichnykh predpriyatiy [Integration of modern digital technologies into the quality management system of high-tech enterprises]. Moscow, 2020. 144 p. (In Russ.).
12. Стрелков Г. С. Применение цифровых технологий проектирования в машиностроении: актуальное состояние и перспективы // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 7. С. 132–134. DOI: 10.24412/2071-6168-2024-7-132-133. EDN: TRVDWN.
- Strelkov G. S. Primeneniye tsifrovyykh tekhnologiy proyektirovaniya v mashinostroyenii: aktual'noye sostoyaniye i perspektivy [Application of digital design technologies in mechanical engineering: current state and prospects]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskiye nauki. Proceedings of the Tula State University. Technical science*. 2024. No. 7. P. 132–134. DOI: 10.24412/2071-6168-2024-7-132-133. EDN: TRVDWN. (In Russ.).
13. Mantravadi S., Moller C. An overview of next-generation manufacturing execution systems: how important is MES for industry 4.0? *Procedia manufacturing*. 2019. Vol. 30. P. 588–595. DOI: 10.1016/j.promfg.2019.02.083.
- Huang G., Hu J., He Y. [et al.]. Machine learning for electronic design automation: A survey. *ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems (TODAES)*. 2021. Vol. 26, no. 5. P. 1–46. DOI: 10.48550/arXiv.2102.03357.
15. Adeyeye O. J., Akanbi I. Artificial intelligence for systems engineering complexity: a review on the use of ai and machine learning algorithms. *Computer Science & IT Research Journal*. 2024. Vol. 5, no. 4. P. 787–808. DOI: 10.51594/csitrj.v5i4.1026.
16. Okuyelu O., Adaji O. AI-driven real-time quality monitoring and process optimization for enhanced manufacturing performance. *Journal of Advances in Mathematics and Computer Science*. 2024. Vol. 39, no. 4. P. 81–89. DOI: 10.9734/jamcs/2024/v39i41883.
17. Hu Y. Industrial Internet of things intelligence empowering smart manufacturing: a literature review. *IEEE Internet of Things Journal*. 2024. DOI: 10.1109/JIOT.2024.3367692.
18. Ho P. T. Study of augmented reality based manufacturing for further integration of quality control 4.0: a systematic literature review. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12, no. 4. P. 1961. DOI: 10.3390/app12041961.
19. Husar J., Knapčíková L. Implementation of augmented reality in smart engineering manufacturing: a literature review. *Mobile Networks and Applications*. 2024. Vol. 29, no. 1. P. 119–132. DOI: 10.1007/s11036-023-02121-x.
20. Никольская В. А., Кошкина Г. В., Никольский С. В. Система управления персоналом в концепции системы менеджмента качества // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Науки об обществе и гуманитарные науки. 2024. № 3 (38). С. 76–80. DOI: 10.46573/2409-1391-2024-3-76-80. EDN: BHJVNK.
- Nikolskaya V. A., Koshkina G. V., Nikolsky S. V. Sistema upravleniya personalom v kontseptsii sistemy menedzhmenta kachestva [The personnel management system in the concept of a quality management system]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Nauki ob obshchestve i gumanitarnyye nauki. Bulletin of Tver State Technical University. Series: Sciences of Society and Humanities*. 2024. No. 3 (38). P. 76–80. DOI: 10.46573/2409-1391-2024-3-76-80. EDN: BHJVNK. (In Russ.).
21. Спиридонов О. В. Требования к квалификации рабочих машиностроительной промышленности в условиях цифровой трансформации // Вектор экономики. 2020. № 1 (43). С. 88. EDN: RHBPWE.
- Spiridonov O. V. Trebovaniya k kvalifikatsii rabochikh mashinostroitel'noy promyshlennosti v usloviyakh tsifrovoy transformatsii [Requirements for the qualification of workers in the machine-building industry in the context of digital transformation]. *Vektor ekonomiki. Vector Economy*. 2020. No. 1 (43). P. 88. EDN: RHBPWE. (In Russ.).
22. Спиридонов О. В. Подготовка высококвалифицированных рабочих в машиностроении в соответствии с требованиями профессиональных стандартов // Инновации в технологиях и образовании: сб. ст. XIII Междунар. науч.-практ. конф., Белово, 26 марта 2020 г. Белово: Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева, 2020. Т. 1. С. 149–154. EDN: JIERHR.
- Spiridonov O. V. Podgotovka vysokokvalifitsirovannykh rabochikh v mashinostroyenii v sootvetstviy s trebovaniyami professional'nykh standartov [Training of highly qualified workers in mechanical engineering in accordance with the requirements of professional standards] // *Innovatsii v tekhnologiyakh i obrazovanii. Innovations in technology and education*. Belovo, 2020. P. 149–154. EDN: JIERHR. (In Russ.).
23. Зайцев А. В., Спиридонов А. В. Цифровой функционал инженера-технолога в машиностроении // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2020. № 3 (12). С. 24–29. EDN: SSBTMR.
- Zaitsev A. V., Spiridonov A. V. Tsifrovoy funktsional inzhenera-tekhnologa v mashinostroyenii [Engineer-technology in mechanical engineering digital functional]. *Informatsionnyye tekhnologii. Problemy i resheniya. Information Technology. Problems and solutions*. 2020. No. 3 (12). P. 24–29. EDN: SSBTMR. (In Russ.).
24. Шемшурина С. А. Компетенция персонала в системе менеджмента качества // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. 2016. Т. 2, № 3. С. 214–221. EDN: WVQNII.
- Shemshurina S. A. Kompetentsiya personala v sisteme menedzhmenta kachestva [The competence of personnel in the quality management system]. *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V. N. Tatishcheva. Vestnik of Volzhsky University named after V. N. Tatishchev*. 2016. Vol. 2, no. 3. P. 214–221. EDN: WVQNII. (In Russ.).

25. Чурилин С. В., Хаймович С. В. Конфликт интересов при внедрении информационных технологий в конструкторско-технологическую подготовку производства // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2020. Т. 22, № 5 (97). С. 36 – 40. DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-5-36-40. EDN: LKVEVW.

Churilin S. V., Khaimovich S. V. Konflikt interesov pri vnedrenii informatsionnykh tekhnologiy v konstruktorsko-tekhnologicheskuyu podgotovku proizvodstva [Conflict of interests in the implementation of information technologies in the design and technological preparation of production]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2020. Vol. 22, no. 5 (97). P. 36 – 40. DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-5-36-40. EDN: LKVEVW. (In Russ.).

26. Sader S., Husti I., Daroczi M. A review of quality 4.0: definitions, features, technologies, applications, and challenges. *Total Quality Management & Business Excellence*. 2022. Vol. 33, no. 9 – 10. P. 1164 – 1182. DOI: 10.1080/14783363.2021.1944082.

27. Горохова К. В. Перспективы развития системы менеджмента качества // Ученые записки Санкт-Петербургского им. В. Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии. 2021. № 2 (78). С. 78 – 82.

Gorokhova K. V. Perspektivy razvitiya sistemy menedzhmenta kachestva [Quality management system development prospects]. *Uchenyye zapiski Sankt-Peterburgskogo im. V. B. Bobkova filiala. Scientific Letters of Russian Customs Academy St. Petersburg Branch named after Vladimir Bobkov*. 2021. No. 2 (78). P. 78 – 82. (In Russ.).

ЛЕОН Кирилл Сергеевич, аспирант направления 2.5.22 «Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства» Ярославского государственного технического университета (ЯГТУ), г. Ярославль.

SPIN-код: 3217-1646

AuthorID (РИНЦ): 1266091

Адрес для переписки: kiril.leon2000@yandex.ru

ПОРСЕВ Кирилл Игоревич, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Компьютерно-интегрированная технология машиностроения» ЯГТУ, г. Ярославль.

SPIN-код: 6236-9993

AuthorID (РИНЦ): 890127

AuthorID (SCOPUS): 57205540730

Адрес для переписки: porsevki@ystu.ru

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила в редакцию 22.02.2025; одобрена после рецензирования 24.03.2025; принята к публикации 29.04.2025.

LEON Kirill Sergeevich, Postgraduate of the field of 2.5.22 "Product Quality Management. Standardization. Organization of Production", Yaroslavl State Technical University (YSTU), Yaroslavl.

SPIN-code: 3217-1646

AuthorID (RSCI): 1266091

Correspondence address: kiril.leon2000@yandex.ru

PORSEV Kirill Igorevich, Candidate of Technical Sciences, Head of the Computer-integrated Technology Mechanical Engineering Department, YSTU, Yaroslavl.

SPIN-code: 6236-9993

AuthorID (RSCI): 890127

AuthorID (SCOPUS): 57205540730

Correspondence address: porsevki@ystu.ru

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

The article was submitted 22.02.2025; approved after reviewing 24.03.2025; accepted for publication 29.04.2025.