

УДК 658.56221:48

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ: АВТОМАТИЗАЦИЯ, ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ЭКОЛОГИЗАЦИЯ**

Н.В. ЗЕЛЕНКОВСКАЯ<sup>1</sup>, Н.Г. ЖУК<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старший преподаватель кафедры «Инженерная экономика»

<sup>2</sup> студент учебной группы 10302121

Белорусский национальный технический университет

Г. Минск, Республика Беларусь

*Аннотация. Сегодня при глобальной конкуренции и стремительном развитии технологий все промышленные предприятия имеют необходимость в трансформации технологических процессов. Современные подходы по улучшению производства сочетают в себе инновации, устойчивое развитие и управление рисками. Такие изменения значительно упрощают работу руководителей, инженеров и специалистов в области повышения качества продукции.*

**Ключевые слова:** *производство, качество, продукция, методы, экологизация, Industry 4.0, современные технологии, автоматизация, цифровизация*

## **MODERN METHODS FOR IMPROVING PRODUCT QUALITY IN INDUSTRIAL ENTERPRISES: AUTOMATION, DIGITALIZATION, AND GREEN MANUFACTURING**

<sup>1</sup> N.V. Zelenkovskaya, <sup>2</sup> N.H. Zhuk

<sup>1</sup>Senior lecturer at the department of «Engineering economics»

<sup>2</sup>Student of study group 10302121

Belarusian National Technical University

Minsk, Republic of Belarus

*Abstract. Today, in the context of global competition and rapid technological development, all industrial enterprises face the need to transform their technological processes. Modern approaches to production im-*

*provement combine innovation, sustainable development, and risk management. Such changes significantly simplify the work of managers, engineers, and specialists in the field of product quality enhancement.*

*Keywords: production, quality, products, methods, greening, Industry 4.0, modern technologies, automation, digitalization.*

Современными направлениями развития предприятий являются:

- автоматизация контроля качества, позволяет уменьшить влияние человеческого фактора и поднять четкость измерений;
- создание системы управления рисками качества, обеспечивает быстрое выявление и устранение угроз, из-за которых качество конечного продукта может быть хуже;
- использование цифровых (Industry 4.0) технологий в производство, дает новые возможности для совершенствования работы и добавления новых ноу-хау;
- экологизация, предоставляет возможность максимально снизить негативное воздействие на окружающую среду;
- совершенствование системы тестирования и испытаний, обеспечивает улучшение системы тестирования и дает возможность повышения надежности и долговечности продукции.

В сочетании все эти направления позволяют решать более сложные задачи, а также заложить фундамент для постоянного совершенствования предприятия.

Автоматизация контроля качества — это направление улучшения эффективности производства и обеспечения стабильного качества продукции. На Минском Автомобильном Заводе, где выпускаются не простые агрегаты (полуприцепы, грузовые автомобили, пассажирская техника, автокраны и другое), внедрение автоматизированных систем контроля может содействовать уменьшению неприятных ситуаций с влиянием человеческого фактора, снизить количество брака и некачественной продукции.

Цели автоматизации контроля качества:

- проверка безопасности и соответствия товара для потребителя;
- снижение брака на производстве;
- снижение вложений на исправление брака;
- поднятие статистики успешных заказов;

- повышение репутации бренда.

Автоматизированные системы контроля могут объединять в себе машинное зрение, систему сбора и анализ данных, искусственный интеллект. Машинное зрение позволяет системам контроля видеть все точно также как видит человек, но делать это более чутко и безошибочно. При работе сама система применяется для обследования визуальной составляющей продукции (соответствия цвета, наличие подтеков краски, шагрени, недостающих деталей). Машинное зрение по сравнению с человеком позволяет выполнять свою работу минимум на 30% быстрее, что очень сильно увеличивает эффективность контроля, а также производства. Такая система может выполнять задачи с высокой скоростью, что очень сильно повышает качество контроля. При этой системе используется много камер и специальных программ, которые предназначены для анализа этой продукции. Различные сенсоры и датчики отслеживают температуру, вибрации, давление и многое другое. Система сбора и анализа данных (SCADA) собирает информацию с различных участков производства, чтобы еще лучше становить уровень качества продукции. Искусственный интеллект позволяет на основе полученных данных предугадать возможные дефекты.

На заводе автоматизацию контроля качества можно внедрить в различные процессы начиная с точности сборки кузова, где будет досконально проверена геометрия кузова, качество сварных швов и заканчивая испытание узлов и агрегатов (трансмиссии, двигателей, ГУРов и тому подобного).

Система управления рисками качества имеет огромное значение в стабильности выпускаемой продукции, а также позволяет снизить потери, которые напрямую связаны с низким уровнем качества. На заводе, где выпускаются автобусы, краны, грузовики, внедрение данной системы позволит снизить риски низкого качества и повысить уровень доверия клиентов, что позволит закрепиться на высоких позициях на рынке.

Плюсы при внедрении данной системы включают в себя:

- снижение вероятности выпуска некачественной продукции;
- снижение затрат на устранение брака и возвраты;
- повышение вовлеченности клиента за счет хорошего качества и низкого уровня брака;

- повышение репутации производства.

Система управления рисками качества помогает более эффективно распоряжаться ресурсами, минимизировать потери, которые связаны с производственными рисками.

Недостатки данной системы:

- необходимость вовлечения персонала в данный процесс;
- достаточно большой объем финансовых вложений;
- время на внедрение этого процесса (может занимать от полу года до нескольких лет);
- система управления рисками качества должна быть интегрирована с другими системами управления предприятием (например: система менеджмента качества и система экологического менеджмента).

Industry 4.0 или Четвертая промышленная революция, предполагает интеграцию цифровых технологий в производственные процессы, благодаря чему включает в себя использование интернета вещей (IoT), BigData, искусственного интеллекта и цифровых двойников. Главная задумка, которой пользовались при внедрении всех этих технологий — создание «интеллектуального» производства, где оборудование, системы и люди взаимодействуют в реальном времени для оптимизации процессов и улучшения качества продукции.

Важной технологией четвертой промышленной индустрии является интернет вещей (IoT), благодаря которому появляется возможность объединения всех устройств, датчиков, камер в одну сеть. На Минском автомобильном заводе «Интернет вещей» может помогать в контроле состояния оборудования (в реальном времени), что дает возможность своевременно определять и устранять дефекты.

Большие данные (Big Data) помогают анализировать и прогнозировать разные вариации производственных процессов. На Минском автомобильном заводе при использовании BigData можно анализировать данные, которые предоставляет оборудование, камеры, датчики, в ходе чего можно своевременно выявить причины, которые способствовали появлению брака.

Роботизация производства позволит автоматизировать сложные операции (сварка, покраска, сборка узлов), благодаря чему повысится не только точность и скорость выполнения этих операций, но также и снизится нагрузка на персонал, улучшая трудовые условия.

Цифровые двойники (Digital Twins) – цифровые аналоги реальных процессов и объектов, которые позволяют моделировать и производить анализ в реально времени. Такие двойники в основном используются для улучшения производственных процессов до их фактического внедрения в реальное производство. Благодаря цифровым двойникам можно выявлять узкие места и разрабатывать способы их устранения.

Благодаря облачным технологиям появляется возможность хранения и обработки огромных объемов данных на удаленных серверах. На предприятии облачные технологии стоит использовать не только для хранения различных документов, но также и для хранения данных о сбоях оборудования, некачественных продуктах, что позволит произвести анализ и вычислить слабые стороны.

Проблемы введения цифровых технологий четвертой промышленной индустрии:

- высокая стоимость оборудования и программного обеспечения;
- изменение организационной структуры предприятия;
- обучение персонала;
- обеспечение кибербезопасности (так как внедрение таких систем достаточно сильно повышает риски хакерских атак).

Экологизация производства – неотъемлемый путь для развития современного производства. Этот путь направлен на максимально возможное снижение негативных воздействий, которые направлены на окружающую среду, а также повышение устойчивости предприятия.

Важной тенденцией экологизации является использование возобновляемых источников энергии. На предприятии можно установить солнечные батареи, ветрогенераторы которые помогут покрыть часть энергопотребления. Благодаря солнечным батареям и ветрогенераторам происходит снижение зависимости к традиционным источникам электроэнергии, а также снижаются вредные выбросы в атмосферу.

Снижение вредных выбросов — также является ключевым признаком экологизации. На предприятии этого можно добиться путем улучшения производственных процессов. Например, использование

более «экологичной» краски, использование более чистых технологической сварки. Все это достаточно значительно снизит выбросы летучих органических соединений. Можно также использовать экологически чистые материалы (биоразлагаемые смазочные материалы, экологически чистые краски и покрытия, легкие и прочные материалы), благодаря чему снизится расход топлива в транспорте.

Экологизация производства непрерывна связана с внедрением новых технологий:

- использование водородного топлива (создание водородных двигателей);
- создание «углекислотных ловушек», которые будут улавливать и хранить углекислый газ;
- технология замкнутого цикла.

Улучшение системы тестирования и испытаний – достаточно смелый и нужный шаг для обеспечения более лучшего качества производимой продукции, а также соответствия продукции нормам и требованиям. Эта система заключается в методах, которые направлены на точную проверку качества продукции, а также ее надежности и безопасности для потребителя.

Специальные стенды могут обеспечить хорошую точность испытаний, исключая возможность человеческого фактора и улучшая конечное качество продукта. Главным достоинством стендов перед человеком является возможность круглосуточной работы, что значительно ускорит процесс тестирования.

Благодаря введению компьютерного моделирования можно виртуально оценить поведение продукции при достаточно больших нагрузках (аэродинамику, вибрации, из-за которых долговечность продукта может достаточно сильно снизиться). В результате чего можно выявить все недостатки еще на стадии создания продукции и устранить их до начала производства.

В рамках статьи были проанализированы, а также обоснованы методы, которые позволяют повысить уровень качества выпускаемой продукции на предприятии.

Благодаря автоматизации контроля качества существенно повышается точность и оперативность диагностики продукции. На Минском Автомобильном заводе это реализуется через внедрение ма-

шинного зрения, интеллектуальных систем и SCADA платформ. Благодаря этому появляется возможность контроля критичных параметров, как геометрия кузова, качество сварных швов и покраски.

Система управления рисками качества является логическим продолжением автоматизации и ориентирована не только на реакцию на уже произошедшие отклонения, но и на их превентивное выявление. В условиях Минского Автомобильного Завода данная система может быть реализована на всех стадиях производства — от входного контроля сырья и оценки поставщиков до финальных тестов готовой техники. Благодаря чему повышается доверие потребителей и снижаются затраты на рекламации.

Цифровизация и концепция Industry 4.0 помогают создать базу для формирования «Умного» производства, где все оборудование работает в единой связке.

Комбинированное применение этих методов позволяет не только устранить нынешние проблемы, а также дать основу для устойчивого развития и высокой конкуренции на мировом рынке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Экологизация производства - объективный процесс экономического развития предприятия: [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologizatsiya-proizvodstva-obektivnyu-protsess-ekonomicheskogo-razvitiya-predpriyatiya> (дата обращения:20.04.2025).
2. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции.: [сайт]. – URL: <https://gostassistant.ru/doc/cc4e6e91-59ba-4b18-a9bf-aa90e91ee614> (дата обращения:20.04.2025).
3. Индустрия 4.0 – реализация цифровой трансформации производств: [сайт]. – URL: <https://medium.com/secuteck/индустрия-4-0-реализация-цифровой-трансформации-производств-18baa8307999> (дата обращения:20.04.2025).
4. 7 ключевых технологий Индустрии 4.0: от машинного обучения до 3D печати [сайт]. – URL: <https://hightech.fm/2020/03/19/industry-4-0> (дата обращения:20.04.2025).

5. Зеленковская, Н. В. Организация и проектирование высокотехнологичных инновационных производств = Organization and design of high-tech innovative productions / Н. В. Зеленковская // Материалы Международной научно-технической конференции «Инженерная экономика», 27-28 ноября 2024 / Белорусский национальный технический университет, Машиностроительный факультет ; редкол.: К. В. Якушенко (пред.), А. В. Арабей, С. Н. Ковшар [и др.] ; сост. К. Н. Шкаровская. – Минск: БНТУ, 2024. – С. 181-185.

6. Зеленковская, Н. В. Применение искусственного интеллекта при подготовке производства в машиностроении / Н. В. Зеленковская, М. А. Горенкова, А. Д. Ясюкевич // Машиностроение: республиканский межведомственный сборник научных трудов / Белорусский национальный технический университет; редкол.: В. К. Шелер (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2024. – Вып. 35. – С. 68-71.

## REFERENCES

1. Greening of Production – an Objective Process of the Economic Development of an Enterprise: [website]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologizatsiya-proizvodstva-obektivnyy-protsess-ekonomicheskogo-razvitiya-predpriyatiya> (Accessed: 18 April 2025).

2. Industry 4.0 – Implementation of Digital Transformation in Manufacturing [Website]. Available at: <https://medium.com/secuteck/индустрия-4-0-реализация-цифровой-трансформации-производств-18baa8307999> (Accessed: 20 April 2025).

3. State Product Testing System. Product Testing and Quality Control: [website]. – URL: <https://gostassistant.ru/doc/cc4e6e91-59ba-4b18-a9bf-aa90e91ee614> (Accessed: 22 April 2025).

4. 7 Key Technologies of Industry 4.0: From Machine Learning to 3D Printing [Website]. Available at: <https://hightech.fm/2020/03/19/industry-4-0> (Accessed: 23 April 2025).

5. Zelenkovskaya, N. V. (2024). Organization and Design of High-Tech Innovative Productions. In: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference "Engineering Economics", November 27–28, 2024, Belarusian National Technical University, Faculty of Mechanical Engineering. Edited by K. V. Yakushenko (Chair), A. V. Arabey,

S. N. Kovshar et al., compiled by K. N. Shkarovskaya. Minsk: BNTU, P. 181–185.

6. Zelenkovskaya, N. V., Gorenkova, M. A., and Yasyukevich, A. D. (2024). Application of Artificial Intelligence in Production Preparation for Mechanical Engineering. In: Mechanical Engineering: Republican Interdepartmental Collection of Scientific Papers, Issue 35. Minsk: Belarusian National Technical University, P. 68–71.