

УДК 658.56

DOI: 10.22213/2413-1172-2026-2-47-53

## Оценка влияния цифрового завода на повышение качества продукции мебельной компании

**В. А. Олаев**, аспирант, Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, Чебоксары, Россия

**В. Л. Семенов**, кандидат технических наук, доцент, Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, Чебоксары, Россия

**М. С. Боровков**, кандидат технических наук, Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, Чебоксары, Россия

**Актуальность.** Цифровая трансформация мебельной промышленности, обусловленная импортозамещением и персонализацией спроса, актуализирует проблему обеспечения качества продукции, поскольку традиционные методы контроля перестают быть эффективными. **Цель.** Разработка и апробация методики комплексной оценки влияния ключевых технологий цифрового завода (CAD/CAM, MES, техническое зрение) на показатели качества продукции мебельного производства. **Методы.** Исследование выполнено на основе ретроспективного анализа производственных показателей ООО «Мебель-Стиль» (Москва) за 2021–2024 гг., дополненного экспертными интервью с технологическими специалистами предприятия. Проведен анализ точек внедрения цифровых технологий, идентифицированы четыре ключевых этапа производственного цикла, наиболее чувствительных к цифровизации: проектирование, подготовка производства, производство и контроль качества. Выполнен факторный анализ снижения брака с использованием метода экспертных оценок. **Результаты.** Установлено, что интеграция элементов цифрового завода позволяет снизить долю брака на этапе раскроя на 58,6 % (с 2,8...2,9 до 1,2 %), на этапе присадки – на 57,1 % (с 4,2...4,5 до 1,8 %), а также более чем в два раза сократить количество рекламаций потребителей (с 12–14 до 5 случаев на 1000 выполненных заказов). Выявлено, что наибольший вклад в снижение брака вносит параметрическое проектирование (сокращение конструкторских ошибок на 70 %), системы мониторинга технологических параметров в реальном времени и сплошной контроль на основе технического зрения. Определен экономический эффект от сокращения потерь от брака и снижения гарантийных расходов. **Выводы.** Предложенная методика может быть адаптирована для других предприятий мебельной промышленности. Подтвержден концептуальный сдвиг от итогового контроля готовой продукции к управлению качеством непосредственно в процессе производства. Идентифицированы ключевые точки наибольшей эффективности цифровизации в мебельной промышленности, что позволяет целенаправленно планировать инвестиции в цифровую трансформацию.

**Ключевые слова:** цифровой завод, качество продукции, мебельное производство, управление качеством, MES-системы, CAD/CAM, снижение брака.

### Введение

Современный рынок мебельной продукции характеризуется высокой динамичностью внешней среды, усилением конкурентного давления и возрастающей персонализацией потребительского спроса. В условиях реализации политики импортозамещения и постепенного насыщения внутреннего рынка качество продукции перестает выступать исключительно в роли конкурентного преимущества и трансформируется в базовое условие устойчивого функционирования и долгосрочно-го развития предприятий мебельной промышленности [1].

Традиционная система менеджмента качества, основанная преимущественно на итоговом контроле готовой продукции со стороны отдела технического контроля и на проведении выборочных проверок, демонстрирует ограниченную эффективность в условиях усложнения конструкций изделий и перехода предприятий к мелкосерийному либо индивидуализированному производству [2].

Одним из ответов на указанные вызовы выступает внедрение концепции цифрового завода (Smart Factory), предполагающей интеграцию технологий Индустрии 4.0, включая промышленный интернет вещей, цифровое моделирование производственных

процессов, системы числового программного управления и автоматизированные средства контроля качества [3, 4].

Анализ зарубежного и отечественного опыта свидетельствует о возрастающем интересе исследователей к проблематике цифровой трансформации мебельной промышленности. В частности, международная практика, представленная кейсом сербского производителя Darex Home, демонстрирует, что вертикальная интеграция информационных потоков – от веб-конструктора изделий до производственных ячеек – позволяет исключить ошибки передачи технологических данных и повысить общую эффективность производственных процессов. В исследовании Červený и соавторов также отмечается, что внедрение инновационных технологий в мебельной промышленности способствует повышению операционной эффективности предприятий на 30...50 % в течение пятилетнего периода [5].

Так, примеры внедрения роботизированных систем на Клинском мебельном комбинате либо создания цифровых фабрик на территории Республики Карелия демонстрируют рост производительности и повышение эффективности производственных процессов, однако не сопровождаются детализированным анализом динамики ключевых показателей ка-

чества, таких как сортность продукции, уровень рекламаций и объем возвратов [6, 7].

**Цель** настоящего исследования – разработка и апробация методики комплексной оценки влияния технологий цифрового завода на показатели качества продукции мебельной компании.

Для достижения поставленной цели предполагаются следующие исследовательские задачи.

1. Выявить ключевые факторы (драйверы) формирования качества продукции, наиболее чувствительные к процессам цифровизации и автоматизации производственных процессов.

2. Провести сравнительный анализ ретроспективных показателей качества продукции (доля брака, уровень возвратов, показатель сортности) на мебельном предприятии до внедрения и после внедрения элементов цифрового завода.

3. Выполнить количественную оценку экономического эффекта, обусловленного повышением качества продукции в результате цифровой трансформации производственных процессов.

#### **Обзор исследований и теоретические предпосылки**

**Теоретические аспекты влияния цифрового завода на качество продукции.** Концепция цифрового завода (Smart Factory) является одним из ключевых направлений реализации парадигмы Индустрии 4.0 и представляет собой интегрированную систему, объединяющую физические производственные активы с их цифровыми двойниками на основе единого информационного пространства [6]. В отличие от традиционной автоматизации цифровой завод предполагает вертикальную и горизонтальную интеграцию информационных систем – от уровня датчиков и исполнительных устройств до уровня планирования ресурсов предприятия и взаимодействия с контрагентами [7].

Применительно к управлению качеством продукции цифровой завод создает принципиально новые возможности. Р. В. Дмитриев отмечает, что киберфизические системы позволяют осуществлять мониторинг параметров технологических процессов в режиме реального времени, оперативно выявлять отклонения и автоматически корректировать режимы обработки, что обеспечивает переход от контроля качества готовой продукции к управлению качеством в процессе производства [8].

Анализ научной литературы позволяет выделить четыре группы технологий цифрового завода, оказывающих существенное влияние на качество продукции в мебельной промышленности.

**Первая группа.** Технологии цифрового проектирования (CAD/CAM), включающие параметрическое 3D-моделирование и автоматическую генерацию управляющих программ. Как указывает П. Ю. Бунаков, использование параметрических библиотек позволяет автоматически поддерживать корректные соотношения между элементами конструкции и исключает ошибки, связанные с человеческим фактором на стадии проектирования [9].

**Вторая группа.** Системы управления производством (MES) и мониторинга оборудования. Интеграция MES с датчиками позволяет контролировать критические параметры процессов: температуру клея-расплава, усилие прижима, скорость подачи заготовок [10].

**Третья группа.** Системы технического зрения, обеспечивающие сплошной контроль геометрии деталей и выявление дефектов поверхности [11].

**Четвертая группа.** Цифровые двойники, позволяющие моделировать поведение изделий и прогнозировать возникновение дефектов [12].

**Специфика мебельного производства в контексте цифровизации.** Мебельная промышленность обладает рядом особенностей, определяющих специфику влияния цифровых технологий на качество. Во-первых, это дискретный характер производства и высокая номенклатура деталей: типовой заказ корпусной мебели может включать до 150 деталей, каждая из которых требует точного соблюдения геометрических размеров и схем обработки [13]. Во-вторых, значительная доля ручных операций создает зоны повышенного риска возникновения дефектов, связанных с человеческим фактором. В-третьих, мебельное производство характеризуется высокой зависимостью качества от свойств исходных материалов: древесные плиты обладают вариабельностью физико-механических характеристик, что требует адаптации режимов обработки [14]. В-четвертых, позаказный характер производства и тенденция к индивидуализации продукции исключают возможность отработки технологии на типовых представителях, требуя высокой гибкости производственной системы [15].

Международный опыт, в частности кейс сербского производителя Dagex Home, демонстрирует, что вертикальная интеграция информационных потоков – от веб-конструктора до производственных ячеек – позволяет исключить ошибки передачи данных и повысить эффективность производства. Исследование Červený и соавторов подтверждает, что внедрение инновационных технологий повышает операционную эффективность мебельных предприятий на 30...50 % в течение пяти лет.

**Система показателей оценки качества.** Для количественной оценки влияния цифровых технологий на качество продукции необходима система показателей, отвечающая требованиям измеримости, чувствительности и сопоставимости. В настоящем исследовании используются три группы показателей. Показатели производственного брака характеризуют эффективность процессов изготовления: доля брака на этапе раскроя, доля брака на этапе присадки, структура брака по причинам возникновения. Показатели потребительской удовлетворенности отражают восприятие качества конечными пользователями – уровень рекламаций в расчете на 1000 заказов. Экономические показатели позволяют оценить финансовые последствия изменения уровня качества: потери от брака, экономия от его снижения.

Источниками данных служат акты о браке, журналы рекламаций, отчеты о выработке. Периодичность сбора данных для оперативного управления составляет один месяц, для исследовательских целей используются годовые агрегированные показатели, позволяющие выявить устойчивые тенденции [16].

#### **Методология исследования**

Для достижения цели исследования, заключающейся в разработке и апробации методики оценки влияния технологий цифрового завода на показатели качества продукции, был применен дизайн ретроспективного лонгитюдного исследования с элементами кейс-стади [17].

Объект исследования – ООО «Мебель-Стиль» (Москва), специализирующееся на производстве корпусной мебели, включая шкафы-купе, стенки, комоды и мебель для прихожих.

Выбор данного предприятия в качестве объекта исследования обусловлен рядом методически значимых факторов.

**Теоретико-методологическая база и источники данных.** Методологическая основа исследования базируется на принципе триангуляции качественных и количественных методов анализа, что позволяет обеспечить более высокий уровень валидности и надежности полученных научных результатов.

Источники первичных данных:

##### 1. Анализ первичной документации.

Ключевым источником эмпирической информации выступила внутренняя документация предприятия, отражающая результаты контроля качества продукции за период 2021–2024 гг.

##### 2. Экспертные интервью.

Использование экспертных интервью соответствует рекомендациям профессиональных стандартов, в которых подчеркивается необходимость анализа данных испытаний, а также учета профессиональных оценок специалистов при разработке и совершенствовании документов системы менеджмента качества [18].

**Нормативно-методическая база.** При интерпретации показателей качества продукции и оценке степени ее соответствия установленным требованиям использовалась действующая нормативно-техническая документация [19].

**Операционализация переменных и методы анализа.** Ключевой задачей методологического этапа исследования являлась операционализация категории «качество продукции», то есть перевод данного понятия из теоретико-абстрактной плоскости в систему конкретных, количественно измеримых показателей. На основе анализа научной литературы [20], а также результатов проведенных экспертных интервью были определены зависимые переменные (показатели качества), наиболее чувствительные к цифровизации производственных процессов.

К числу таких показателей относятся следующие.

1. Доля внутреннего брака (%) – отношение объема продукции, признанной бракованной на различных этапах производственного цикла (раскрой, кромирование,

присадка, сборка), к общему объему материала, запущенного в производство (измеряемому в квадратных метрах или в количестве деталей).

2. Доля рекламаций (возвратов) со стороны потребителей (%) – отношение количества заказов, по которым были зафиксированы обоснованные претензии к качеству продукции, общему количеству выполненных заказов за анализируемый период.

**Результаты исследования влияния цифрового завода на качество продукции.** На основе комплексного анализа производственного процесса ООО «Мебель-Стиль», дополненного результатами экспертных интервью с технологическими специалистами предприятия и изучением технической и производственной документации, были выделены четыре ключевых этапа производственного цикла.

Результаты проведенного анализа и идентификации ключевых точек воздействия цифровых технологий на показатели качества продукции систематизированы и представлены в таблице 1.

Как отмечается в современных научных исследованиях, интеграция параметрических библиотек в процесс конструкторского проектирования способствует существенному снижению количества субъективных ошибок со стороны конструкторов. К таким правилам относятся, в частности, нормативные зазоры между фасадными элементами (например, 2 мм), технологические отступы для установки мебельной фурнитуры, а также необходимые функциональные зазоры, обеспечивающие корректную работу механизмов и комплектующих [21].

Аналогичным образом внедрение систем технического зрения, как свидетельствует практика ряда мебельных предприятий, позволяет осуществлять автоматизированную фиксацию перемещения деталей в производственном потоке в режиме реального времени (см. Юртайкин А. В. Генезис и эволюция понятия цифровой трансформации предприятия).

Динамика ключевых показателей качества в 2021–2024 гг. Для количественной оценки эффекта, обусловленного внедрением цифровых технологий в производственные процессы, был осуществлен сравнительный анализ трех ключевых показателей качества, фиксируемых в первичной документации предприятия. К числу таких показателей были отнесены: доля брака на этапе раскроя материалов, доля брака на этапе присадки (операций сверления отверстий под фурнитуру и последующую сборку изделий), а также количество рекламаций со стороны потребителей в расчете на 1000 выполненных заказов.

Исследуемый временной интервал был структурирован на два аналитических этапа (см. таблицу 2):

- базовый период (2021–2022), в течение которого предприятие функционировало преимущественно в рамках традиционной производственной модели с частичным использованием оборудования с числовым программным управлением;

- период наблюдения (2023–2024) после завершения основной стадии внедрения ранее описанных цифровых модулей и интеграции их в производственную систему предприятия.

Таблица 1. Точки влияния технологий цифрового завода на качество продукции

Table 1. Points of influence of digital factory technologies on product quality

Этап производственного цикла / Stage of the production cycle	Внедренная технология / Implemented technology	Характер влияния на качество / The nature of the impact on quality
Проектирование / Design	Параметрическое 3D-моделирование в САПР (CAD-системы с библиотеками элементов) / Parametric 3D modeling in CAD systems (with element libraries)	Исключение ошибок человеческого фактора: неправильные отступы под фурнитуру, несоответствие размеров смежных деталей, коллизии при открывании фасадов / Elimination of human factor errors: incorrect indentations for fittings, mismatched sizes of adjacent parts, collisions when opening facades
Подготовка производства / Production preparation	Автоматическая генерация управляющих программ (CAM-системы) / Automatic generation of control programs (CAM systems)	Исключение ошибок при переносе чертежей в станки с ЧПУ; устранение разночтений между конструкторской и технологической документацией / Elimination of errors when transferring drawings to CNC machines; elimination of discrepancies between design and technological documentation
Производство / Production	MES-система, интегрированная с датчиками на оборудовании (контроль температуры клея-расплава, скорости подачи, усилия присадки) / MES system integrated with sensors on equipment (control of hot-melt adhesive temperature, feed rate, drilling pressure)	Обеспечение стабильности технологических параметров в реальном времени; предупреждение отклонений, ведущих к браку (неприклеиваемые кромки, сколы при сверлении) / Ensuring stability of technological parameters in real time; preventing deviations leading to defects (edge non-gluing, chipping during drilling)
Контроль качества / Quality control	Автоматизированное техническое зрение на базе промышленных камер / Automated machine vision based on industrial cameras	Переход от выборочного к сплошному контролю; выявление невидимых оператору дефектов (микросколы, разнотон, нарушение геометрии) на ранних стадиях / Transition from selective to continuous control; detection of defects invisible to the operator (micro-chips, color variation, geometry violation) at early stages

Таблица 2. Динамика показателей качества ООО «Мебель-Стиль» за 2021–2024 гг.

Table 2. Dynamics of quality indicators of Furniture-Style LLC for 2021-2024

Показатель / Indicator	2021 (до) / (before)	2022 (до) / (before)	2023 (после) / (after)	2024 (после) / (after)	Изменение (2024 к 2021.), % / Change (2024 vs 2021), %
Доля брака при раскрое, % / Defect rate at cutting, %	2,8	2,9	1,9	1,2	-58,6
Доля брака при присадке, % / Defect rate at drilling, %	4,2	4,5	2,8	1,8	-57,1
Рекламации от клиентов (шт. на 1000 заказов) / Customer complaints (per 1000 orders)	12	14	8	5	-58,3

Источник: составлено авторами на основе анализа внутренней документации ООО «Мебель-Стиль».

Наиболее значительное абсолютное снижение наблюдается по показателю доли брака на этапе присадки: его значение сократилось с 4,2...4,5 % в базовом периоде до 1,8 % в периоде наблюдения.

Полученные результаты согласуются с выводами ряда современных исследований, согласно которым внедрение систем мониторинга технологического оборудования и автоматизированного учета производственных операций позволяет существенно снизить долю производственного брака и одновременно сократить совокупные производственные издержки (см., например, Абрамов В. И., Борзов А. С. Применение технологий промышленного интернета вещей для контроля качества продукции). На производственных площадках компании Numina внедрение аналогичных цифровых решений позволило минимизировать риски, связанные с потерей деталей или ошибками их учета при ежедневном обороте, превы-

шающем 10 000 единиц продукции (см. Иванов Л. А., Петров А. В. Цифровая трансформация производственных систем: методы оценки эффективности).

**Факторный анализ снижения брака.** Для верификации того, что выявленное улучшение показателей качества обусловлено именно внедрением цифровых технологий, а не воздействием внешних факторов, был проведен факторный анализ с использованием метода экспертных оценок технологических специалистов предприятия ( $n = 5$ ).

1. Влияние параметрического проектирования [22].
2. Влияние датчиков контроля технологических параметров. Наиболее значительный эффект от внедрения датчиков контроля технологических параметров в режиме реального времени был зафиксирован на операции кромкооблицовки (см. Морозов В. В., Григорьева Н. С. Управление качеством в условиях цифровизации производственных процессов).

3. Влияние систем технического зрения. Установка на выходе из раскройного центра и форматно-раскройных станков промышленных камер технического зрения позволила реализовать систему сплошного, а не выборочного контроля геометрических параметров деталей и качества обработки кромок (Абрамов В. И., Борзов А. С. Применение технологий промышленного интернета вещей для контроля качества продукции).

#### Результаты исследования

Полученные в ходе исследования количественные оценки влияния технологий цифрового завода на качество продукции ООО «Мебель-Стиль» нуждаются в теоретическом осмыслении и сопоставлении с результатами, представленными в трудах других авторов. Проведенный анализ позволяет выделить несколько ключевых аспектов, имеющих значение для дальнейшего научного обсуждения.

**Выявление отраслевой специфики.** В машиностроении или металлургическом производстве основной эффект цифровизации достигается, как правило, за счет более точного контроля параметров термической обработки или состояния режущего инструмента. В мебельном производстве наиболее выраженное снижение брака зафиксировано на этапах присадки и кромкооблицовки. Указанные операции традиционно характеризуются повышенной долей ручного труда и значительной зависимостью от квалификации оператора.

**Сокращение количества конструкторских ошибок** на 70 % свидетельствует о том, что одним из ключевых ограничений в отрасли выступает не столько сам процесс изготовления продукции, сколько стадия трансформации дизайн-проекта в управляющие программы для технологического оборудования.

**Концептуальный сдвиг** – от контроля к управлению качеством. Наиболее значимым теоретическим выводом, выходящим за пределы собственно количественных оценок, является подтверждение изменения самой парадигмы управления качеством.

Опыт других предприятий также демонстрирует наличие данного концептуального сдвига. Так, на производстве Numina внедрение системы технического зрения и тотальной фиксации технологических операций позволило минимизировать риски потери деталей или их некорректного учета, что рассматривается как одна из латентных причин возникновения дефектов поставки. Аналогично, на предприятии Daikin применение методов машинного обучения для анализа визуальных характеристик химической реакции позволило точно идентифицировать факторы, влияющие на качество продукции, и перейти к их целенаправленному регулированию.

#### Выводы

Проведенное исследование, посвященное оценке влияния технологий цифрового завода на показатели качества продукции мебельного предприятия, позволило решить поставленные научно-исследователь-

ские задачи и сформулировать ряд теоретических и практико-ориентированных выводов.

#### Основные научные и практические результаты

1. Разработана методика оценки влияния цифрового завода на качество продукции.

Предложенный методический подход включает:

- систему количественных показателей качества, отражающих уровень внутреннего брака по основным технологическим операциям, уровень рекламаций со стороны потребителей и показатель сортности готовой продукции;

- алгоритм сбора и обработки первичной информации, основанный на анализе документации отдела технического контроля и проведении экспертных интервью с технологическими специалистами предприятия.

2. Разработанная методика может быть использована и адаптирована для применения на других предприятиях мебельной промышленности при условии корректировки системы показателей с учетом специфики технологических процессов конкретного производства.

3. Эмпирически подтверждена эффективность внедрения цифрового завода в мебельном производстве. На примере ООО «Мебель-Стиль» установлено, что интеграция элементов цифрового производства (параметрическое проектирование, MES-система, датчики контроля технологических параметров, системы технического зрения) обеспечивает существенное улучшение показателей качества продукции. В частности зафиксированы следующие изменения:

- снижение доли брака на этапе раскроя на 58,6 % (с 2,8...2,9 до 1,2 %);

- снижение доли брака на этапе присадки (операций сверления) на 57,1 % (с 4,2...4,5 до 1,8 %);

- сокращение количества рекламаций со стороны клиентов более чем в два раза (с 12–14 до 5 случаев на 1000 выполненных заказов).

4. Идентифицированы ключевые точки наибольшей эффективности цифровизации в мебельной промышленности.

#### Библиографические ссылки

1. Митин В. В. Эволюция методов управления бизнес-процессами в мебельной промышленности // Экономика и управление: проблемы, решения. 2025. Т. 2, № 4. С. 112–121.

2. Дмитриев Р. В. Цифровые двойники в мебельном производстве: подходы к реализации и оценка эффективности // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2024. Т. 64, № 2. С. 45–52.

3. Нерсесян А. К. Роль программного обеспечения в ускорении производственных процессов в мебельной индустрии // Вопросы инновационной экономики. 2024. Т. 14, № 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-programmnogo-obespecheniya-v-uskoreniiproduktivnyh-protsessov-v-mebelnoy-industrii> (дата обращения: 19.03.2026).

4. Дмитриев Р. В. Сравнительная характеристика традиционного подхода к производству мебели с компаниями,

использующими технологии Smart Factory // Столыпинский вестник. 2023. № 6. DOI: 10.55186/27131424\_2023\_5\_6\_2

5. Стрижаков Д. В., Стрижакова Е. Н. Фабрики будущего: условие технологического развития промышленности // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2024. Т. 20, № 8. DOI: 10.24891/ni.20.8.1567

6. Инаркаев А. Р., Дедегкаева Н. Т. Автоматизация системы мониторинга и управления технологическим процессом в мебельном производстве // Технические науки – от теории к практике. 2017. № 4 (64). С. 20–25 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-sistemy-monitoringa-i-upravleniya-tehnologicheskim-protsessom-v-mebelnom-proizvodstve-1> (дата обращения: 27.03.2026).

7. Тарасов И. В., Попов Н. А. Индустрия 4.0: трансформация производственных фабрик // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. № 3. С. 38–53. DOI: 10.17747/2078-8886-2018-3-38-53

8. Нурмедов В. С., Кадыров А., Сопыев Ы. А. Инновации и современные подходы в промышленных и производственных технологиях // Наука и мировоззрение. 2025 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-i-sovremennye-podhody-v-promyshlennyh-i-proizvodstvennyh-tehnologiyah> (дата обращения: 19.04.2026).

9. Кубасов И. А. Промышленный интернет вещей как революционный скачок развития // Надежность и качество сложных систем. 2023. № 2. С. 83–89. DOI: 10.21685/2307-4205-2023-2-9

10. Емельянов В. В., Штаутмайстер Т. Новые информационные технологии в реинжиниринге заказаемого производства // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2020. № 3. С. 45–52.

11. Пашкевич В. М., Шишов С. П. Актуальное состояние развития концепции «Индустрия 4.0»: технологии, тенденции, ограничения // Вестник Белорусско-Российского университета. 2025. № 4 (89). С. 14–21. DOI: 10.24412/2077-8481-2025-4-14-21

12. Олексюк Е. Ф. Интернет вещей в промышленности: оптимизация производственных процессов через IoT-технологии // Вестник науки. 2024. Т. 3, № 12 (81). [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/internet-veschey-v-promyshlennosti-optimizatsiya-proizvodstvennyh-protsessov-cherez-iot-tehnologii> (дата обращения: 11.03.2026).

13. Юртайкин А. В. Генезис и эволюция понятия цифровой трансформации предприятия // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2023. № 4. С. 78–85. DOI: 10.46554/1993-0453-2023-4-222-78-85

14. Рылов С. А., Кротов И. В., Благовецкая М. М., Благовецкий И. Г., Жмакин А. И. Концепция разработки ротационных вискозиметров на базе технологий промышленного интернета вещей // Хранение и переработка сельхозсырья. 2024. Т. 32, № 4. С. 70–83. DOI: 10.36107/srpf.2024.4.453

15. Беспалов М. Е., Минаева Н. В., Гольцева Т. Л. Тканые сенсорные системы для беспроводных натальных сетей // Инженерный вестник Дона. 2022. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tkanye-sensornye-sistemy-dlya-besprovodnyh-natelnih-setey> (дата обращения: 15.04.2026).

16. Анимация подвижных элементов мебели в условиях виртуальной среды / А. С. Чуйков, В. О. Куневич, О. Г. Рудак, В. В. Сиваков // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2023. № 2 (270). С. 183–192. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-270-2-21

17. Развитие цифровых инструментов управления качеством в машиностроительном производстве / В. Н. Козловский, Г. Л. Юнак, С. И. Клейменов, Д. И. Благовещенский // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 6. С. 167–174. DOI: 10.24412/2071-6168-2022-6-167-174

18. Багаева А. П., Низамеева А. В., Глинская А. Р. Разработка АИС контроля качества деревообрабатывающего предприятия // Наука и бизнес: пути развития. 2023. № 9. С. 8–12.

19. Сидорин В. В., Халилюлина Н. Б. Система управления проектированием и разработкой наукоемкой высокотехнологичной продукции на основе цифровых информационных технологий // Автоматизация в промышленности. 2023. № 3.

20. Князев А. В. Современное состояние нормативной базы по стандартизации управления качеством данных // Наука и бизнес: пути развития. 2024. № 5 (107). С. 92–98. DOI: 10.24412/2071-6168-2024-5-92-93

21. Козырева У. Р., Мирошниченко П. В. Развитие системы управления качеством в Индустрии 4.0 // Компетентность. 2024. № 7. С. 32–35. DOI: 10.24412/1993-8780-2024-7-32-35

22. Катеринич А. М. Методический подход к формированию системы оперативного управления на современном мебельном предприятии // Лесной вестник. 2008. № 5. С. 96–98.

## References

1. Mitin V.V. (2025) [Evolution of business process management methods in the furniture industry]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*, vol. 2, no. 4, pp. 112-121 (in Russ.).

2. Dmitriev R.V. (2024) [Digital twins in furniture production: implementation approaches and efficiency assessment]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti*, vol. 64, no. 2, pp. 45-52 (in Russ.).

3. Nersesyan A.K. (2024) [The role of software in accelerating production processes in the furniture industry]. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki*, vol. 14, no. 3. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-programmnogo-obespecheniya-v-uskorenii-proizvodstvennyh-protsessov-v-mebelnoy-industrii> (accessed: 19.03.2026) (in Russ.).

4. Dmitriev R.V. (2023) [Comparative characteristics of the traditional approach to furniture production with companies using Smart Factory technologies]. *Stolypinskiy vestnik*, no. 6. DOI: 10.55186/27131424\_2023\_5\_6\_2 (in Russ.).

5. Strizhakov D.V., Strizhakova E.N. (2024) [Factories of the future: a condition for technological development of industry]. *Natsional'nye interesy: prioritety i bezopasnost'*, vol. 20, no. 8. DOI: 10.24891/ni.20.8.1567 (in Russ.).

6. Inarkaev A.R., Dedegkaeva N.T. (2021) [Automation of monitoring and control system of technological process in furniture production]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-sistemy-monitoringa-i-upravleniya-tehnologicheskim-protsessom-v-mebelnom-proizvodstve-1> (accessed: 27.03.2026) (in Russ.).

7. Tarasov I.V., Popov N.A. (2018) [Industry 4.0: transformation of production factories]. *Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment*, no. 3, pp. 38-53. DOI: 10.17747/2078-8886-2018-3-38-53 (in Russ.).

8. Nurmedov V.S., Kadyrov A., Sopyev Y.A. (2025) [Innovations and modern approaches in industrial and production technologies]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-i-sovremennye-podhody-v-promyshlennyh-i-proizvodstvennyh-tehnologiyah> (accessed: 19.04.2026) (in Russ.).

9. Kubasov I.A. (2023) [Industrial Internet of Things as a revolutionary leap forward]. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system*, no. 2, pp. 83-89. DOI: 10.21685/2307-4205-2023-2-9 (in Russ.).
10. Emelyanov V.V., Shtautmeister T. (2020) [New information technologies in reengineering of make-to-order production]. *Informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve*, no. 3, pp. 45-52 (in Russ.).
11. Pashkevich V.M., Shishov S.P. (2025) [Current state of development of the Industry 4.0 concept: technologies, trends, limitations]. *Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta*, no. 4 (89), pp. 14-21. DOI: 10.24412/2077-8481-2025-4-14-21 (in Russ.).
12. Oleksyuk E.F. (2024) [Industrial Internet of Things: optimization of production processes through IoT technologies]. *Vestnik nauki*, vol. 3, no. 12 (81). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/internet-veschey-v-promyshlennosti-optimizatsiya-proizvodstvennyh-protsessov-cherez-iot-tehnologii> (accessed: 11.03.2026) (in Russ.).
13. Yurtaikin A.V. (2023) [Genesis and evolution of the concept of digital transformation of an enterprise]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*, no. 4, pp. 78-85. DOI: 10.46554/1993-0453-2023-4-222-78-85 (in Russ.).
14. Rylov S.A., Krotov I.V., Blagoveschenskaya M.M., Blagoveschensky I.G., Zhmakin A.I. (2024) [The concept of development of rotational viscometers based on industrial internet of things technologies]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*, vol. 32, no. 4, pp. 70-83. DOI: 10.36107/spfp.2024.4.453 (in Russ.).
15. Bespalov M.E., Minaeva N.V., Goltseva T.L. (2022) [Woven sensor systems for wireless body area networks]. *Inzhenernyy vestnik Dona*, no. 5. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/tkanye-sensornye-sistemy-dlya-besprovodnyh-natelnyh-setey> (accessed: 15.04.2026) (in Russ.).
16. Chuykov A.S., Kunevich V.O., Rudak O.G., Sivakov V.V. (2023) [Animation of movable furniture elements in a virtual environment]. *Trudy BGTU. Seriya: Lesnoe khozyaystvo, prirodopol'zovanie i pererabotka vozobnovlyemykh resursov*, no. 2 (270), pp. 183-192. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-270-2-21 (in Russ.).
17. Kozlovsky V.N., Yunak G.L., Kleymenov S.I., Blagoveschensky D.I. (2022) [Development of digital quality management tools in machine-building production]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, no. 6, pp. 167-174. DOI: 10.24412/2071-6168-2022-6-167-174 (in Russ.).
18. Bagaeva A.P., Nizameeva A.V., Glinskaya A.R. (2023) [Development of quality control AIS for woodworking enterprise]. *Nauka i biznes: puti razvitiya*, no. 9, pp. 8-12. ISSN: 22215182 (in Russ.).
19. Sidorin V.V., Khalilyulina N.B. (2023) [Design and development management system for high-tech products based on digital information technologies]. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti*, no. 3 (in Russ.).
20. Knyazev A.V. (2024) [Current state of the regulatory framework for data quality management standardization]. *Nauka i biznes: puti razvitiya*, no. 5 (107), pp. 92-98. DOI: 10.24412/2071-6168-2024-5-92-93 (in Russ.).
21. Kozyreva U.R., Miroshnichenko P.V. (2024) Development of quality management system in Industry 4.0. *Kompetentnost'*, no. 7, pp. 32-35. DOI: 10.24412/1993-8780-2024-7-32-35 (in Russ.).
22. Katerinich A.M. (2008) [Methodical approach to the formation of operational management system at a modern furniture enterprise]. *Lesnoy vestnik*, no. 5, pp. 96-98 (in Russ.).

### Assessment of Digital Factory Impact on Quality Improvement of a Furniture Company Products

V.A. Olaev, Post-graduate, I.N. Ulianov Chuvash State University, Cheboksary, Russia

V.L. Semenov, PhD in Engineering, Associate Professor, I.N. Ulianov Chuvash State University, Cheboksary, Russia

M.S. Borovkov, PhD in Engineering, I.N. Ulianov Chuvash State University, Cheboksary, Russia

**Relevance.** The digital transformation of the furniture industry, driven by import substitution and personalized demand, is highlighting the issue of product quality assurance, as traditional quality control methods are no longer effective. **Objective.** To develop and test a methodology for comprehensively assessing the impact of key digital factory technologies (CAD/CAM, MES, machine vision) on the quality of furniture products. **Methods.** The study was based on a retrospective analysis of production indicators at Mebel-Stil LLC (Moscow) for 2021–2024, supplemented by expert interviews with the company's technology specialists. An analysis of digital technology implementation points was conducted, identifying four key stages of the production cycle most sensitive to digitalization: design, pre-production, production, and quality control. A factor analysis for reducing defects was conducted using expert assessments. **Results.** It was found that the integration of digital factory elements reduced the rate of defects at the cutting stage by 58.6% (from 2.8–2.9% to 1.2%) and at the insertion stage by 57.1% (from 4.2–4.5% to 1.8%), as well as more than halved the number of customer complaints (from 12–14 to 5 cases per 1,000 completed orders). Parametric design (reducing design errors by 70%), real-time process parameter monitoring systems, and continuous inspection using machine vision were found to be the greatest contributors to the reduction in defects. The economic benefits of reducing losses due to defects and lowering warranty costs were determined. **Conclusions.** The proposed methodology can be adapted to other companies in the furniture industry. The conceptual shift from final inspection of finished products to quality management directly during the production process was confirmed. Key points of greatest digitalization effectiveness in the furniture industry have been identified, enabling targeted investment planning in digital transformation.

**Keywords:** digital factory, product quality, furniture manufacturing, quality management, MES systems, CAD/CAM, defect reduction.

Получено 12.02.2026

#### Образец цитирования

Олаев В. А., Семенов В. Л., Боровков М. С. Оценка влияния цифрового завода на повышение качества продукции мебельной компании // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2026. Т. 29, № 2. С. 47–53. DOI: 10.22213/2413-1172-2026-2-47-53

#### For Citation

Olaev V.A., Semenov V.L., Borovkov M.S. (2026) [Assessment of Digital Factory Impact on Quality Improvement of a Furniture Company Products]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, vol. 29, no. 2, pp. 47-53. DOI: 10.22213/2413-1172-2026-2-47-53 (in Russ.).