

На правах рукописи

Портнов Александр Вадимович

**ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И АНАЛИЗА
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В ЦИФРОВЫХ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ**

Специальность 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика
(Бухгалтерский учет, аудит и экономическая статистика)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени кандидата
экономических наук

Санкт-Петербург – 2024

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

Научный руководитель – чл.-корр. РАН, доктор экономических наук, профессор, заслуж. деят. науки РФ

Елисеева Ирина Ильинична

**Официальные
оппоненты:**

Сысоева Евгения Александровна, доктор экономических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, заведующий кафедрой статистики и информационных технологий в экономике и управлении

Зуга Екатерина Игоревна, кандидат экономических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный университет, доцент кафедры статистики, учёта и аудита

Ведущая организация –

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Марийский государственный университет»

Защита диссертации состоится «09» декабря 2024 г. в 13 часов на заседании диссертационного совета 24.2.386.09 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет» по адресу: 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30/32, лит. А., ауд. 3033

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте <http://www.unecon.ru/dis-sovety> Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет».

Автореферат разослан « » _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

М.П. Декина

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертационного исследования. Развитие экономики предполагает не только наличие ресурсов, но и их эффективное использование, т.е. как можно больший объем производства на единицу использованного ресурса в единицу времени. Обычно оценки использования ресурсов давались отдельно, что соответствует индустриальной фазе развития. Переход к цифровой экономике, к постиндустриальному укладу обусловил коренное изменение характера производства. В первую очередь, это касается массового производства, которое полностью автоматизировано. Функции работника состоят в контроле за показаниями приборов, определении вероятности возникновения нештатной ситуации, принятия решения об остановке производственного процесса в критических ситуациях. В штатном режиме труд работника сливается с работой производственных линий, становится неотделимым от них. Новая реальность вызывает необходимость разработки новых подходов к измерению производительности труда на этапе становления цифровых производственных систем. Сегодня под цифровым производством понимается использование технологий цифрового моделирования как самих продуктов, так и производственных процессов, т. е. цифровых двойников продукта и процесса его производства. Обобщенно цифровое производство можно определить как комплекс интегрированных технологических решений и информационных систем (Индустрия 4.0). Данные всевозможных датчиков служат информационной базой для измерения производительности труда и анализа состояния производственных процессов. В зависимости от уровня «цифровой зрелости» предприятия используют набор показателей, которые служат индикаторами для управленческой функции.

Основным направлением исследования производительности труда в научных трудах российских и зарубежных ученых, является разработка методов измерения и поиск оптимальных путей повышения производительности труда. Изучение производительности труда приобретает особую актуальность в рамках реализации национального проекта «Производительность труда и занятость населения»¹, который предполагает, что предприятия участники под руководством экспертов внедряют инструменты бережливого производства с целью повышения производительности труда и оптимизации производственных процессов. Актуальным направлением измерения производительности труда становится оценка выработки с учетом всех потребляемых ресурсов, таких как материалы, оборудование и энергетические ресурсы. Производительность труда понимается нами как выпуск в единицу времени, подразумевая при этом участие как работников, так и цифровых производственных систем. Поиск новых подходов к измерению производительности труда затрагивает вопросы согласованности методов анализа и управления в рамках цифрового производства с целью

¹ Национальный проект «Производительность труда и поддержка занятости» утвержден Указом Президента РФ от 7 мая 2018 года №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.economy.gov.ru/material/file/172bbcafd00605246f9db6834d7a7461/Passport_NP.pdf (Дата обращения 14.04.2022)

адекватной оценки влияния изменений условий и учета основных факторов, влияющих на производительность труда.

Цифровое производство характеризуется своей гиперсвязью с технологическими процессами. Текущие процессы внедрения цифровых технологий на современных предприятиях свидетельствуют о постепенном становлении цифровых производственных систем, имеющих специфику в разных отраслях экономики Российской Федерации. В этих условиях цифровая экономика пока что не выделяется в качестве объекта официальной статистики. Так что в настоящее время отсутствует возможность непосредственного анализа процесса цифровизации производств и его влияния на производительность. Особенность данного исследования состоит в том, что в нем предпринята попытка приоткрыть латентность происходящей цифровизации и обосновать её влияние на производительность системы, органично соединяющей труд работника и функционирование системы машин, включая робототехнику и использование искусственного интеллекта. Это потребовало разработки статистической методологии выявления тенденций развития цифровизации в обрабатывающей промышленности Российской Федерации, модифицированной версии индекса производительности труда, обобщения полученных результатов в форме вероятностного сценарного прогноза.

Степень разработанности научной проблемы. Обоснование производительности труда как экономической категории и связи с квалификацией работника и технологическим оснащением рассмотрены К. Марксом (1818–1883). Он подчеркивал, что производительность труда — это совокупный результат всех условий и факторов. Особое внимание К. Маркс обращал на изменение орудий труда в связи с техническим прогрессом. Маркс пишет, что увеличение производительной силы труда представляет собой «необходимую тенденцию капитала»². Это тенденция выражается в постепенном переходе от применения отдельных средств труда, к применению машины, а затем, - системы машин. Одна машина – двигатель может теперь приводить в движение много рабочих машин, возникает кооперация многих однородных машин с системой машин. Это даёт возможность применения новых технологий, обработки всё более твердого сырья (материалов), которые не могли бы быть обработаны человеческим трудом. Понятно, что использование отдельного орудия труда, машины, системы машин, автоматов и цифровых устройств, роботов и искусственного интеллекта осуществляется человеком и производительность любой техники зависит от человека. К. Маркс уже во второй половине XIX в. писал, что «главной категорией становится количественно незначительный персонал, который занят контролем над всеми машинами и их постоянной починкой. Это внешний, частью научно образованный, частью ремесленного характера слой работников, стоящий вне круга фабричных рабочих, просто присоединенный к нему»³. Машины вытесняют работников, так что «происходит превращение переменного капитала в постоянный»⁴ и этот процесс неостановим.

² Маркс К. Капитал, Т.1. / Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., Т.23, М.:1960

³ Маркс К. Капитал, Т.1. / Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., Т.23, М.:1960 – С.435

⁴ Маркс К. Капитал, Т.1. / Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., Т.23, М.:1960 – С. 451

Связь проблемы производительности с научно-техническим прогрессом обосновал Р. Солоу при формировании теории равновесия (1956). Он исходил из того, что производительность труда возрастает с убывающей скоростью при росте капиталовооруженности.

К периоду, называемому индустриализацией, основоположником отечественной промышленной статистики А.И. Ротштейном (1891–1975) были систематизированы и проанализированы существующие методы измерения производительности труда: стоимостной, натуральный и нормативно - трудовой, выявлены их преимущества и недостатки. В статье «Использовать внутрипроизводственные резервы повышения производительности труда», опубликованной в ежемесячном журнале «Экономика строительства» (1961) А.И.Ротштейном отмечалось, что главными резервами производительности являются: сокращение ручного труда, совершенствование организации труда, включая сокращение потерь рабочего времени, связанных с поломками оборудования. Труды А.И.Ротштейна определили направления развития статистических методов измерения производительности труда⁵. Прежде всего, подчеркивалось изменение характера труда в связи с механизацией трудовых процессов. Это направление нашло отражение в трудах Я.Б.Кваши, посвященных анализу и классификации основных фондов, формированию системы машин.

На современном этапе исследований развитию системы показателей производительности уделялось внимание А.А. Водолазским в его монографии «Производительность труда: проблемы и решения» (2021). А.А.Френкель предложил типологию регионов по уровню производительности труда, а также многофакторный регрессионный анализ в исследовании производительности труда. Изучением производительности труда занимались Н.Н. Шаш, А.И.Бородин, М.В. Мельничук, В. Н. Миронова. Эти авторы рассматривали факторы, которые влияют на итоговую эффективность производства и производительность труда. Зарубежные исследователи, такие как Супаче Чансарн (Supachet Chansarn), Мика Малиранта (Mika Maliranta), Герт Вольтер (Geert Woltjer), изучали вопросы измерения производительности и классификации видов экономической деятельности по уровню производительности труда. Поиски отечественных и зарубежных авторов привели к признанию интегрального показателя использования ресурсов (*Total factor productivity*), построенного по принципу «затраты-выпуск». К отечественным авторам, применяющим в своих исследованиях данный метод, можно отнести В. М. Малеина и Ю. Ю. Пономарева, к зарубежным можно отнести Йово Коффи и Вайбена Тине-Эне Дторане и др. За последние 30–40 лет получили распространение два новых подхода к измерению эффективности: *DEA* и *Frontier Boarder*. Однако, эти методы основаны на оценке эффективности, как соотношения выпуска со всей суммой затрат. Оба подхода не связывают напрямую измерение производительности труда, качество продукции и состояние производственного оборудования в контексте цифровизации процесса производства. Также можно сказать о работах вышеназванных современных авторов. Предлагаемые в этих работах конструкты – показатели, системы

⁵ Ротштейн А. И. Основы статистики социалистической промышленности. Часть II. Факторы производства. Соцэкгиз. ЛО, 1934. С.255-32

показателей, подходы - основаны на представлениях индустриального производства, не принимающих во внимание то, что человечество вступает в эпоху нового способа производства с новыми требованиями к средствам производства, технологиям и работникам.

Цель диссертационного исследования – обосновать принципы измерения производительности в условиях цифрового производства; предложить систему статистико-эконометрических методов, отвечающих основополагающим принципам изучения производительности, формализовать подход к измерению и анализу производительности труда с учетом многоэтапности становления цифрового производства и поддержки управленческой функции.

Достижение поставленной цели потребовало решения следующих задач:

- рассмотреть эволюцию понятия производительности труда и подходов к её измерению;
- раскрыть трансформацию производственных систем, привлекая разработки Индустрии 4.0 и 5.0;
- сформулировать принципы измерения производительности труда в цифровом производстве;
- проанализировать современные статистические методы измерения производительности труда;
- обосновать приоритетное значение коинтеграции производительности труда и показателей, характеризующих эффективность использования основных фондов;
- формализовать диагностический подход к анализу и управлению производительностью труда в цифровых производственных системах;
- проанализировать детерминанты изменения характера труда в условиях становления цифровых производственных систем;
- руководствуясь принципом многостадийности становления цифрового производства, провести классификацию субъектов Российской Федерации по уровню производительности труда в обрабатывающей промышленности;
- построить сценарную модель оценки производительности труда в обрабатывающей промышленности Российской Федерации.

Объектом исследования является поточное производство в обрабатывающей промышленности как базовая составляющая цифровых производственных процессов в экономике субъектов Российской Федерации, а также российская обрабатывающая промышленность.

Предметом исследования являются содержание понятия «производительность труда» в цифровом производстве, принципы и методы измерения производительности в цифровых производственных системах, позволяющие получить представления об основных проявлениях цифровизации при отсутствии системы статистических показателей, непосредственно характеризующих изучаемый процесс.

Теоретическая и методологическая основа диссертационного исследования. Теоретическую и методологическую базу диссертационной работы составляют положения экономической теории, а также анализ статистических показателей производительности труда и показателей, характеризующих основные фонды на микро- и макроуровне.

С целью решения поставленных задач в рамках выполнения диссертационного исследования были использованы следующие методы: непараметрический метод оценки коинтеграции, бенчмаркинг, концептуальные карты, дерево свойств и анализ причинно-следственных связей (*RCA*), классификации (многомерная и одномерная), моделирования, включая построение производственной функции, сценарный метод прогнозирования и его обобщение.

Диссертационное исследование выполнялось с использованием программных продуктов *MS Excel*, *Visial-paradigm*, *Eviews* и *Gretl.R-studio*.

Информационная база исследования. Диссертационное исследование выполнено на основе открытых данных Федеральной службы государственной статистики (Росстат), цифровых данных поточно-производственных линий сектора массового производства товаров повседневного спроса, а также данных из открытых тематических Интернет-ресурсов.

Обоснованность результатов исследования обусловлена тем, что исследуемая тема проработана на основе положений классической и неоклассической экономической теории, применения общенаучных и статистико-эконометрических методов классификации и моделирования, анализа и сценарного прогнозирования производительности труда и других показателей эффективности производства, их тенденций и взаимосвязей.

Достоверность результатов исследования заключается в применении методов статистического и эконометрического моделирования на основе официальных статистических данных, получении результатов, согласующихся с положениями экономической теории. Результаты исследования были апробированы на международных и всероссийских научных и научно-практических конференциях и публикациях в научных рецензируемых журналах в открытой печати.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Научно-квалификационная работа соответствует паспорту специальности 5.2.3 – «Региональная и отраслевая экономика» (Бухгалтерский учет, аудит и экономическая статистика): П.11.17. «Прикладные статистические исследования в экономике. Статистическая поддержка управленческих решений».

Научная новизна диссертационного исследования состоит в разработке принципов измерения производительности в условиях цифровизации экономики; предложении измерения производительности труда при объединении важнейших функций статистического анализа и управления на основе мониторинга состояния производственных систем в рамках диагностического подхода как инструмента поддержки управленческих решений; выделении объекта моделирования, отвечающего критерию однородности, построении производственных функции в соответствии с принципами цифровизации, обосновании построения модифицированного индекса производительности труда, разработке сценарных подходов к статистическому измерению производительности труда в условиях цифровизации производства.

Положения, обладающие научной новизной:

- разработаны принципы измерения и анализа производительности труда в условиях цифровизации производства;

- проведена оценка долгосрочного равновесия эффективности использования живого и овеществленного труда- показателей производительности труда и изменения фондовооруженности и фондоотдачи;
- предложена методика измерения производительности труда на поточных производствах, ориентированная на поддержание функции управления на основе диагностического подхода;
- предложена адаптация бенчмаркинга как метода анализа состояния производительности по данным поточных производственных систем;
- адаптирован метод кастомной группировки данных для выделения однородного объекта статистического моделирования производительности труда в обрабатывающей промышленности РФ;
- предложена модель выпуска, основанная на индикаторах становления цифровой производственной системы, и построен сценарный прогноз развития российской обрабатывающей промышленности с учетом становления цифровых производственных систем.

Теоретическая значимость исследования состоит в формировании базовых принципов измерения и анализа производительности труда с помощью дерева свойств, объединяющих аналитическую и управленческую функции в условиях цифровизации производства; адаптации концепции диагностического подхода для разложения и последующей интеграции факторов, влияющих на производительность; разработке методологии выявления тенденций цифровизации, включающей сочетание многомерной и одномерной классификации субъектов РФ, построение производственных функций, отвечающих возрастающей отдаче от масштаба цифровизации производства, разработке сценарного подхода к измерению производительности труда в контексте прогрессирующего процесса цифровизации производства;

Практическая значимость работы заключается в том, что положения диссертационного исследования носят практико-ориентированный характер и могут быть использованы в качестве основы измерения производительности труда в поточном производстве в условиях цифровизации, включая предложение о построении модифицированного индекса производительности труда. Представленные методы статистического анализа могут быть адаптированы для исследования производительности труда в разных отраслях экономики, сценарная оценка развития может служить базой для принятия управленческих решений и разработки стратегии развития отрасли/комплекса отраслей на региональном уровне. Предложенные теоретические положения и методологические обоснования могут использоваться в образовательном процессе в высших учебных заведениях в преподавании таких дисциплин как «Статистика фирм и отраслей» и «Экономическая статистика».

Апробация результатов исследования. Результаты исследования прошли всестороннюю апробацию на следующих научных конференциях разного уровня:

- XXIV-я Международная молодежная научно-практическая конференция "Актуальные проблемы экономической теории и экономической политики" (МБИ, Санкт-Петербург, декабрь, 2020);
- Международная научно-практическая конференция молодых ученых "Научные

исследования современных проблем развития России: Цифровая трансформация экономики"(СПБГЭУ, Санкт-Петербург, февраль, 2021);

- 2-я международная онлайн-конференция «Устойчивое развитие: вызовы и возможности» (СПБГЭУ, Санкт-Петербург, май, 2021);
- Международная конференция "Планирование в рыночной экономике: Воспоминания о будущем" (К 100 - летию Госплана СССР) (ВЭО России, Санкт-Петербург, март, 2021);
- Научная конференция аспирантов СПБГЭУ – 2021 «Современные вызовы и актуальные проблемы науки, образования и бизнеса в условиях мировой нестабильности» (СПБГЭУ, Санкт-Петербург, апрель, 2021);
- Научная конференция аспирантов СПБГЭУ – 2022 «Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации» (СПБГЭУ, Санкт-Петербург, апрель, 2022);
- V Всероссийская научно-практическая конференция «Информационные технологии в экономике и управлении» (ДГТУ, Махачкала, ноябрь, 2022);
- XV всероссийская научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая» (КГТУ имени Т.Ф. Горбачева, Кемерово, апрель, 2023);
- Международная конференция (конгресс) «Статистическое образование в России: интеллектуальный анализ данных» (ОГУ, Оренбург, октябрь, 2023);
- Всероссийская (с международным участием) научно-практическая конференция «Измерение и анализ благосостояния» (СПБГЭУ, Санкт-Петербург, январь, 2024).

По теме проведенного исследования опубликовано 12 работ объемом 5,25 п.л., в том числе 5 научных статей 4,19 п.л. (авторский вклад 2,26), опубликованных в научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Российской Федерации.

Структура диссертационного исследования. Диссертация содержит введение, три главы, заключение и список используемой литературы. Общий объем диссертационного исследования составляет 121 страница основного текста, включая 18 таблиц, 20 рисунков, 22 формулы; кроме того, имеются 4 приложения. Структура настоящего исследования отвечает поставленной цели и задачам. В первой главе обсуждается степень разработанности научной проблемы; дается критический обзор достижений отечественных и зарубежных экономистов в области экономического обоснования и измерения производительности труда. Подчеркивается концептуальная значимость положений, выдвинутых К. Марксом. Вторая глава посвящена принципам и методам измерения и оценки производительности труда в поточном производстве и изменению характера труда в условия автоматизированных технологий массового производства, значимости диагностического подхода. В третьей главе анализируются детерминанты производительности труда в связи со становлением цифровых производственных систем в обрабатывающей промышленности, производится кластеризация регионов по уровню производительности, строятся и интерпретируются эконометрические модели, отвечающие принципам измерения производительности труда в условиях цифровизации, разрабатываются сценарии производительности с учетом становления цифровых производственных систем.

Личный вклад автора в проведенное исследование

Диссертационное исследование проведено автором лично на основе изучения статистической базы данных, анализа теоретико-методологических положений, детального погружения в сферу производства товаров повседневного спроса. В работе был использован практико-ориентированный подход.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Разработаны принципы измерения и анализа производительности труда в условиях цифровизации производства

Развитие информационных технологий и популяризация концепции «Индустрия 4.0» стали базисом для развития проектных инициатив повышения производительности труда на государственном уровне. Развитие цифровых производств стимулирует разработку новых подходов к анализу производительности труда на предприятиях. В зависимости от направления деятельности и уровня зрелости цифровой производственной системы применяются различные ключевые показатели эффективности. Такая трансформация производства требует переосмысления подходов к анализу и управлению производством, основанных на трансформации профессионального образования. Цифровая производственная система представлена производственным оборудованием, которое способно аккумулировать и обрабатывать цифровые данные с помощью датчиков и выстраивать работу в соответствии с заданными параметрами. Соответственно, становление цифровой производственной системы требует изменения подходов к анализу процесса производства, управлению и кадрам. Аналитика цифровых данных может быть представлена в формате дашбордов с настройкой частоты обновления отслеживаемых параметров.

Краткий обзор сущности цифровизации и её влияния на поточное производство дает основания для формулировки базовых принципов, т.е. положений, лежащих в основе статистического измерения производительности в условиях цифровизации:

1. Измерение должно основываться на принципе неразрывности живого и овеществленного труда, понимания условности измерения их изолированного воздействия.
2. Приоритет должен отдаваться безразмерным показателям, позволяющим измерять динамику выпуска и его себестоимости. Основополагающее значение приобретают методы, интегрирующие и раскрывающие взаимосвязи *KPI*.
3. Измерение должно исходить из того, что на макроуровне процесс цифровизации протекает не форме «технологических шоков», а постепенно. Так что выделение объекта исследования требует введения некоторых критериев, позволяющих выделить те виды деятельности или территориальные образования, которые находятся на единой стадии цифровизации, постепенно приближаясь к кумулятивному эффекту цифрового производства – к увеличению выпуска, росту производительности и снижению себестоимости.

4. С ростом когнитивности производственных функций работников и совершенствовании технологий и техники, неизбежно происходит сокращение численности работников, занятых в производстве, при росте их заработной платы.

Таким образом, многие ученые уже на рубеже XIX века предсказывали изменения в характере труда и слияние человека с производственным оборудованием. В период активной фазы индустриализации актуальным был вопрос повышения производительности труда за счет эффективной работы оборудования, что и по сегодняшний день является главной задачей управленческих кадров на всех уровнях.

2. Проведена оценка долгосрочного равновесия эффективности использования живого и овеществленного труда- показателей производительности труда и изменения фондовооруженности и фондоотдачи

Производительность труда зависит, прежде всего, от механизации, а в современных условиях – от автоматизации труда. Традиционным показателем измерения этого фактора является показатель фондовооруженности. С другой стороны, производственные фонды представляя основной капитал нуждаются в оценке эффективности их использования, то есть сопоставлении затрат и результатов посредством показателя фондоотдачи. Возникает необходимость оценить изменение производительности труда во взаимосвязи с такими показателями как индекс изменения фондоотдачи и индекс изменения фондовооруженности. Информационной базой для решения этой задачи явились годовичные данные Росстата за период 2008–2021 гг. по Российской Федерации⁶, которые представлены на рисунке 1.

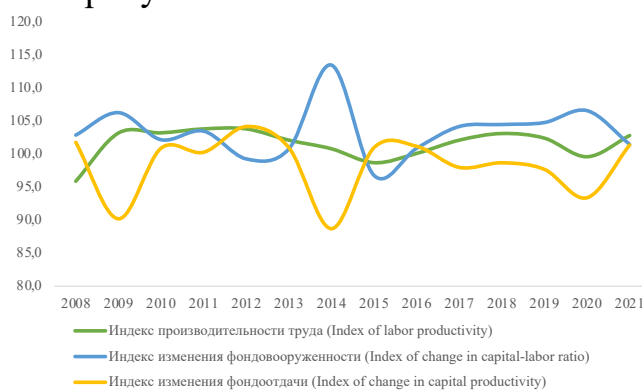


Рисунок 1 – Динамика индексов производительности труда, фондовооруженности и фондоотдачи, 2008 -2021 гг., в процентах к предыдущему году

Наблюдаемые тенденции представляют зависимость от времени, что вносит преувеличение в оценку взаимосвязи на основе корреляции. Динамика исследуемых показателей (рисунок 1) позволяет выдвинуть гипотезу о наличии коинтеграции между индексом производительности труда и каждым из рассматриваемых показателей. Короткий временной период осложняет применение классического теста Энга Гренджера⁷ на коинтеграцию временных

⁶ Индексы изменения фондовооруженности [Электронный ресурс] / Росстат– Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/11186> (Дата обращения 20.02.2023)

⁷ Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction : Representation, estimation, and testing. *Econometrica*, 55(2), 251. <https://doi.org/10.2307/1913236>

рядов. Поэтому для проверки гипотезы был применен непараметрический метод оценки коинтеграции, предложенный в 2013 году К. Бойя К., и Дж.-Л.Монино⁸, который позволяет оценить вероятность взаимосвязи исследуемых показателей в долгосрочной перспективе.

Проверка исследуемых временных рядов с помощью расширенного теста Дики-Фуллера (*ADF*) показала, что стационарными являются первые разности логарифмов анализируемых показателей. Результаты проверки представлены в таблице 1.

Таблица 1 Расширенный тест Дики-Фуллера (*ADF*) первых разностей логарифмов показателей.

Показатель	<i>P</i> -значение	стационарный / нестационарный
Индекс фондоотдачи: $\Delta \ln (IF)$	0,000	стационарный
Индекс производительности труда: $\Delta \ln (IFG)$	0,000	стационарный
Индекс производительности труда: $\Delta \ln (IT)$	0,000	стационарный

Результаты непараметрического теста на коинтеграцию первых разностей логарифмов индексов фондоотдачи и производительности труда представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты непараметрического теста на коинтеграцию индексов фондоотдачи и производительности труда

Двоичная переменная Z_t	Значение 1	Значение 0	Итого
численность	7	6	13
вероятность	0,54	0,46	1
Непараметрический коэффициент коинтеграции $\sigma = 0,1$			

Результаты непараметрического теста на коинтеграцию первых разностей логарифмов индексов фондовооруженности и производительности труда представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Тест на коинтеграцию индексов фондовооруженности и производительности труда

Двоичная переменная Z_t	Значение 1	Значение 0	Итого
численность	8	5	13
вероятность	0,62	0,38	1
Непараметрический коэффициент $\sigma = 0,24$			

Полученные непараметрические коэффициенты (таблицы 2- 3) отличны от нуля, что подтверждает гипотезу о возможности существования коинтеграции:

- с вероятностью 54% между индексом фондоотдачи и индексом производительности труда существует взаимосвязь в долгосрочной перспективе;
- с вероятностью 62% между индексом фондовооруженности и производительности

⁸ Boya, C., & Monino, J.-L. (2013). Modélisation non paramétrique de la relation entre Les Séries : La Cointégration Qualitative. Innovations, n° 42(3), 211–235. URL: <https://doi.org/10.3917/inno.042.0211>

труда существует взаимосвязь в долгосрочной перспективе.

Таким образом, для подтверждения гипотезы о наличии долгосрочного отношения между производительностью труда и показателями фондовооруженности, фондоотдачи была впервые применена непараметрическая методика оценки предложенная К. Бойя К., и Дж.-Л.Монино. Результат оценки долгосрочного равновесия показал, что вероятность долгосрочного равновесия между исследуемыми индексами существует на 95% уровне значимости, но не является значительной. В экономическом смысле изменение фондовооруженности с вероятностью 62% будет иметь равнонаправленное движение с производительностью труда. Изменение фондоотдачи с вероятностью 54% в долгосрочной перспективе будет иметь равное направление производительности труда. Следовательно, при разработке стратегий управления необходимо исходить из того, что даже самое высокопроизводительное оборудование не гарантирует высокий уровень производительности.

3. Предложена методика измерения производительности труда на поточных производствах, ориентированная на поддержание функции управления на основе диагностического подхода

Диагностический подход к измерению производительности понимается как совокупность аналитических действий, направленных на мониторинг производительности труда с целью превентивного управления для минимизации потерь и поддержке уровня производственной эффективности цифровой производственной системы. Цифровая производственная система – это система, представленная производственным оборудованием, которое способна аккумулировать и обрабатывать цифровые данные с помощью датчиков и выстраивать работу в соответствии с заданными параметрами.

Основное преимущество подхода заключается в получении актуальной информации о состоянии производственного процесса, что в свою очередь повышает эффективность принятия управленческих решений.

Диагностический подход основан на следующих принципах: доступность, интерпретируемость и адресность.

Под принципом доступности понимается простота получения данных и их аналитическая обработка. Ввиду цифровизации производственных систем возрастает поток данных, который при должной обработке может быть использован для измерения и анализа производительности труда.

Принцип интерпретируемости нацелен на обеспечение возможности понимания полученных расчетов не только специалистами аналитиками, но и всеми заинтересованными лицами, включая производственный персонал, который является основным субъектом формирования производительности труда. Следование данному принципу обеспечивает согласованность трех функций: аналитической, управленческой и исполнительной (производственной). Если все участники процесса понимают, как формируется конечный показатель производительности, что на него влияет и каким образом на него можно воздействовать, то обеспечивается мультипликативный эффект и согласованность действий каждой функции.

Принцип адресности заключается в возможности диагностирования

коренной причины низкого или высокого уровня производительности труда для последующего воздействия субъектом управления. Если известен каждый фактор, то легче выстроить действия всех участников разных функций на устранения причины снижающей общей уровень производительности. Отсюда следует, что аналитик выявляет отклонение фактора, управленец принимает решение, производственный персонал выполняет определенное действие, которое в последующем дает основание для оценки эффективности.

Для структурирования диагностического подхода построено дерево свойств производительности труда на микроуровне (Рисунок 2).

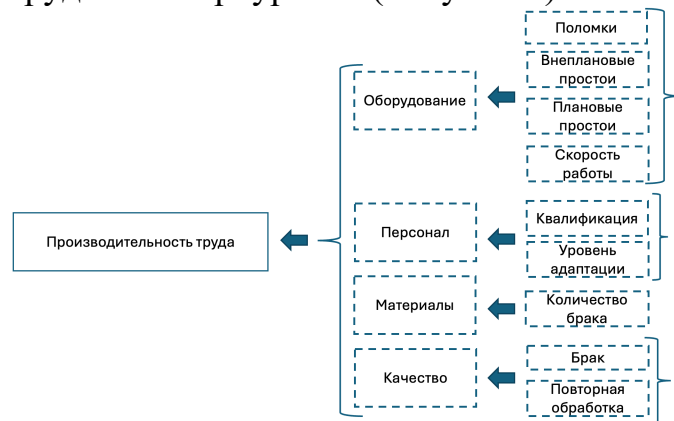


Рисунок 2 – Дерево свойств производительности труда

При построении дерева свойств производительности труда был переосмыслен подход общей эффективности оборудования. В рамках дерева свойств выделено 4 основных фактора: оборудование, персонал, материалы и качество. Каждый фактор был также разделен на составные части, на основании которых возможно производить анализ каждого фактора, а также осуществить превентивные управленческие действия для недопущения снижения производительности. Дерево свойств способствует осуществлению анализа производительности труда с помощью разложения на факторы и их части. Такой способ позволяет эффективно определять потери в производительности ввиду детального представления процесса производства каждым участником производственного процесса (принцип доступности).

Фактор оборудования включает в себя все поломки, внеплановые и плановые простои, скорость работы оборудования. С точки зрения анализа здесь возможна проработка недопущения аварийных поломок, а также контроль времени внеплановых и плановых остановок, которые снижают операционное время производства. Плановые остановки – это потери, которые производственный персонал может контролировать и управлять ими. Например, дополнительная чистка оборудования, передачи смены, обучение персонала или плановое техническое обслуживание оборудования. Внеплановые остановки – это потери неконтролируемые. К данному виду потерь можно отнести следующее: пожарная тревога, задержка в поставке материалов, настройка оборудования с учетом изменения свойств материала. Исходя из данного выше определения производительности труда внеплановые потери — это все что препятствует достижению производственного планового задания. Все внеплановые остановки отличаются хаотичным и несистемным характером, вследствие чего снижают

производительность труда. Скорость работы оборудования непосредственно влияет на производительность. Определение скорости работы оборудования является первой и базовой настройкой при первом запуске оборудования. Скорость подбирается таким образом, чтобы производственный персонал успевал подкладывать материал, контролировать качество выпускаемой продукции и следить за состоянием расходных частей оборудования.

Фактор персонал содержит, как минимум, две характеристики: квалификация и уровень адаптации.

Фактор материалы подразумевает количество брака ввиду использования материалов ненадлежащего качества. Свойства используемого материала влияют на скорость работы оборудования. В практике встречаются случаи, когда брак материала является незначительным и его обработка происходит на пониженной скорости, что оказывает влияние на итоговый показатель выполнения производственного плана и производительности труда в целом.

Фактор качество учитывает производство качественной продукции по отношению к производству брака. В практике возникают случаи, когда продукция произведена качественно, а упаковка нанесена с дефектом. Тогда продукция проходит повторную упаковку, что снижает операционное время производства.

При поиске коренных причин возникновения потерь в той или иной части рекомендуется использование инструментов глубокого анализа по принципу «5 почему» для более детального понимания первопричин. Анализ «5 почему» — это поиск причинно-следственных связей: происходит событие (что?) и к нему задаются пять уточняющих вопросов (почему?), чтобы установить первопричину наступления события.

Таким образом, систематизация факторов, влияющих на производительность с помощью дерева свойств в рамках диагностического подхода, упрощает процесс анализа и управления производительностью труда. Выявление потерь в точках позволяет сформировать превентивные управленческие действия к каждому фактору для недопущения возникновения потери и как следствие снижения производительности труда.

4. Предложена адаптация бенчмаркинга как метода анализа состояния производительности по данным поточных производственных систем

Особое место заслуживает адаптация бенчмаркинга как инструмента анализа производительности труда. Бенчмаркинг как метод активно используется в маркетинге и в бизнес-анализе как инструмент позволяющий оценить компанию или продукт с позиции сравнения с аналогом, принятым за эталон.

В целях анализа производительности труда особенно на производствах возможна адаптация применения бенчмаркинга как одного из инструмента для выявления «лучших практик». Сравнение рекомендуется проводить между производственным оборудованием с максимально идентичной технологией. Для сравнения выделяется один объект как «эталонный», а другой как сравниваемый. В качестве предмета сравнения можно выделить набор факторов таких как: качество продукции, количество остановок, настройки и др.

Проведено сравнение двух поточных линий в рамках процесса смены

производимой продукции.

Смена вида производимой продукции – это технологический переход, при котором могут изменяться материалы, настройки и происходит замена узлов (например, замена узла формата и размера упаковки продукции). Основной риск потери уровня производительности в процессе технологического перехода возникает тогда, когда совершаются электронные и механические настройки оборудования и подбор параметров под новый тип сырья и материалов. Основная задача производственного персонала – вывести линию за короткий срок на установленную производственную скорость и должный уровень производительности.

Одним из важных индикаторов в процессе технологического перехода является количество выбросов, т. е. данные отбраковки на определённых этапах трансформации сырья и материалов в производственном процессе. Количество выбросов непосредственно связано с производительностью через качество, поскольку все выбросы с производственной линии — это то, что на ней изготавливается, но не обладает необходимыми характеристиками качества. При отсутствии оптимальной настройки чувствительности датчика могут быть отбракованы хорошие продукты или, наоборот, на этап упаковки могут поступить продукты плохого качества.

Количество внеплановых остановок считываются датчиками, которые сигнализируют об остановке оборудования по внеплановым причинам. Это может быть застревание материала, выход какого-либо узла из строя, раскалибровка чувствительности контрольных датчиков и др. Данный фактор характеризует продолжительность работы производственного оборудования. Чем меньше внеплановых остановок оборудования, тем выше эффективность и бесперебойность изготовления продукции, выше производительность труда, а значит и выполнение производственного плана.

Для проведения бенчмаркинга внутри одного производственного подразделения были выбраны две поточные линии с одинаковой технологией производства продукции. Данные выбросов по двум поточным линиям в разрезе технологических частей: производство (*Maker*) и упаковка (*Packer*) представлены на рисунке 3.

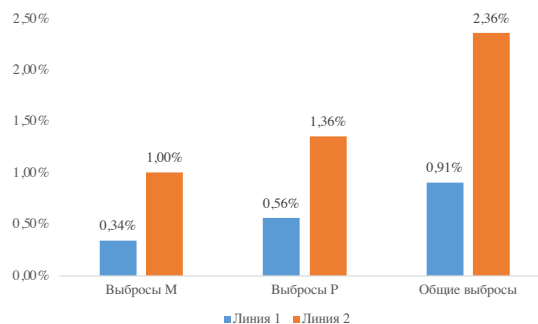


Рисунок 3 – Количество выбросов по данным контрольных датчиков, в процентах. Общие выбросы линии № 2 превышают общие выбросы линии № 1 примерно в 2,5 раза при условии, что количество технологических переходов на линии № 1 составляло 3 перехода, а на линии № 2 было 2, что в свою очередь подчеркивает расхождение и отставание по уровню производительности одной из поточных

линий относительно другой. Количество внеплановых остановок на двух линиях для сравнения стабильности работы каждой из линий представлено на рисунке 4.

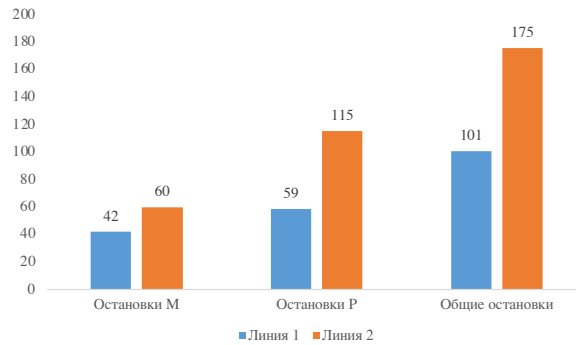


Рисунок 4 – Количество внеплановых остановок, единиц

Внеплановых остановок на линии № 2 за анализируемый период больше в 1,7 раз, чем на линии № 1. Линия № 2 работает менее стабильно, чем линия № 1 при абсолютной идентичности технологий и изготавливаемой продукции. Повышенные выбросы на линии № 2 связаны с большим количеством внеплановых остановок под влиянием процесса технологического перехода. Процесс технологического перехода с позиции стандартизации настроек при осуществлении настроек и замены узлов выстроен лучше на линии №1, что подтверждается сравнительно меньшими выбросами и количеством внеплановых остановок при наличии трех переходов по смене продукции.

Согласно дереву свойств производительности труда (рисунок 2) были получены оценки фактора оборудования, фактора качества и фактора материала по данным датчиков цифровой производственной системы.

Таким образом, применение бенчмаркинга как метода анализа позволяет понять первопричины снижения уровня производительности и воздействовать максимально точно на источник возникновения потери производственной эффективности.

5. Адаптирован метод кастомной группировки данных для выделения однородного объекта статистического моделирования производительности труда в обрабатывающей промышленности РФ

В целях выделения объекта исследования цифровизации в обрабатывающей промышленности был проведен кластерный анализ субъектов РФ методом - средних. Для достижения однородности кластеров был применен метод настраиваемой (кастомной) группировки по показателю производительности труда (LP) в 2022 г. Для каждого субъекта был рассчитан показатель производительности труда (LP), как отношение выпуска к численности занятых в обрабатывающей промышленности. Субъекты были ранжированы по LP в порядке убывания. В первую группу вошли Ямало-Ненецкий автономный округ и Магаданская область, что объясняется наличием крупных обрабатывающих предприятий таких как: НОМАТЭК, Усть-Магаданский рыбозавод, АО «Магаданский механический завод» и др. В первую тройку второй группы вошли следующие субъекты: Мурманская область, Тюменская область и Ленинградская область.

Образование каждого кластера в рамках кастомной группировки завершается

по достижению однородности группы при заданном значении коэффициента вариации, $V \leq 30\%$. Применение кастомной группировки позволило обеспечить однородность по LP в первых четырех группах; в последней, пятой группе требуемый уровень однородности не был достигнут. Результаты кастомной группировки 77 субъектов РФ представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Результат кастомной группировки субъектов РФ по уровню производительности труда в обрабатывающей промышленности

Группа	Количество субъектов, ед	Среднее значение LP , тыс. руб. на человека	Коэф. вариации, %
I	2	77 262 972,850	3,61
II	5	15 698 737,280	36,08
III	40	6 252 734,295	34,30
IV	27	3 064 580,866	30,75
V	3	684 321,023	60,82

Следующая задача состояла в оценке влияния факторов на производительность труда в обрабатывающей промышленности Российской Федерации. Именно для её решения нужно было выделить однородную группу субъектов. Для моделирования была выбрана III группа самая многочисленная, включающая 40 субъектов, и, вместе с тем, однородная, где среднее значение LP составило 6 252 734, 295 тыс. руб., при коэффициенте вариации 34,3 %.

6. Предложена модель выпуска, основанная на индикаторах становления цифровой производственной системы, и построен сценарный прогноз развития российской обрабатывающей промышленности с учетом становления цифровых производственных систем

Учитывая проведенное исследование и вышеизложенное представление о развитии цифровой производственной системы модель выпуска полностью автоматизированного цифрового производства, управляемого интеллектуальными системами в режиме реального времени, предлагается рассматривать в следующем виде:

$$Q = const * IK^{\alpha} * L^{\beta} * w^{\gamma} * \varepsilon \quad (1)$$

где, IK – инвестиции в основной капитал; L – численность занятых; w – средняя заработная плата; β , α , γ коэффициенты, отражающие становление нового технологического уклада в рамках развития и становления цифровых производственных систем.

Значения параметров модели выпуска цифровых систем должны отвечать условиям:

$$\begin{cases} \alpha > \gamma > \beta \\ \alpha + \beta + \gamma > 1 \end{cases} \quad (2)$$

Цифровые производственные системы будут базироваться на том, что вероятность потерь, таких как сбой технологического процесса, поломки, внеплановые остановки, потери качества и появление выбросов, будет практически сведена к нулю за счет предиктивного анализа информации о состоянии производственной системы и подборе оптимальных параметров работы

оборудования и его автоматической настройки.

Построенные производственные функции по данным за 2017г. и 2022г. отвечают условиям (2):

– по данным 2017 г.:

$$Q = 233935,33IK^{0,17} * L^{0,94} * \varepsilon \quad (3)$$

– по данным 2022 г.:

$$Q = 116\,891,33IK^{0,25} * L^{0,88} * \varepsilon \quad (4)$$

где Q - выпуск продукции в обрабатывающей промышленности РФ, IK - инвестиции в основной капитал в обрабатывающей промышленности РФ, L - численность занятых в обрабатывающей промышленности РФ, ε - случайные остатки. Коэффициенты детерминации составили: модель (3) $R^2 = 0,91$; модель (4) $R^2 = 0,94$. Параметры моделей статистически значимы; остатки гомоскедастичны.

Сумма коэффициентов модели (3) $1,11 > 1$, что свидетельствует об интенсивном экономическом росте в обрабатывающей промышленности, за счет эффективного использования ресурсов в производстве, прежде всего, такого ресурса как труд. В экономической теории такой результат интерпретируется как возрастающая отдача от масштаба (масштаба цифровизации, в данном случае). Сумма коэффициентов модели (4) также больше единицы, $1,13 > 1$, что свидетельствует об интенсивном экономическом росте в обрабатывающей промышленности, за счет эффективного использования ресурсов в производстве. Достижение роста выпуска достигается за счет гибких управленческих методик, оптимального подхода к организации рабочих места, цепей поставок и развития ИТ-ландшафта производства.

Сравнение моделей (3) и (4) позволяет сделать вывод, что в 2022 году снизилось прямое влияние фактора труда на выпуск продукции по сравнению с 2017 годом и возросло влияние инвестиций в основной капитал, которые направлены на расширение цифровой инфраструктуры производства и приобретение дополнительных нематериальных активов, таких как лицензии, технологии и специализированные ИТ-программы нацеленные на повышение эффективности использования ресурсов производства.

Примем фонд заработной платы качестве интегрального показателя затрат труда. Для оценки влияния заработной платы на выпуск были построены следующие уравнения регрессии:

– по данным 2017 г.:

$$Q = 173991,09W^{1,03} * \varepsilon \quad (5)$$

– по данным 2022 г.:

$$Q = 59623,20W^{1,06} * \varepsilon \quad (6)$$

где Q - выпуск продукции в обрабатывающей промышленности РФ, W – фонд оплаты труда в обрабатывающей промышленности, ε - случайные остатки. Коэффициент детерминации составил: модель (5) $R^2 = 0,89$; модель (4) $R^2 = 0,94$. Параметры моделей статистически значимы; остатки гомоскедастичны.

Влияние заработной платы увеличилось в 2022 г. по сравнению с 2017 г. при снижении влияния численности работников, что свидетельствует о том, что новые

цифровые производственные системы предполагают участие работника повышенной квалификации, вследствие чего происходит рост оплаты труда, который сочетается с высвобождением трудовых ресурсов. Параметры всех моделей статистически значимы (на 5%-ом уровне значимости).

Коэффициенты в модели (1) отражают производственный процесс нового типа следующим образом: сумма всех коэффициентов превышает 1, что отражает интенсивный рост за счет применения цифровых технологий в производственном процессе. Остальные аспекты влияния факторов на выпуск в модели цифровых производственных систем представлены в таблице 5, где приведены соотношения коэффициентов при переменных в модели (1).

Таблица 5 – Соотношения между коэффициентами отдачи от ресурсов в модели выпуска цифровой производственной системы

Коэффициенты	Интерпретация соотношения коэффициентов
$\beta = \gamma$	<ul style="list-style-type: none"> За счет расширения и унификации компетенций ввиду изменения характера труда будет сокращен штат с пересмотром (повышением) оплаты труда.
$\alpha < \beta$	<ul style="list-style-type: none"> Инвестиции будут иметь большее влияние в виду ускорения НТП, появления новых материалов и технологий; Квалификация и набор компетенций будет пересмотрен ввиду полной цифровизации производственных процессов; задачей сотрудника нового типа будет обучение, развитие и мониторинг цифровых систем на базе искусственного интеллекта, контроль и консалтинг
$\alpha < \gamma$	<ul style="list-style-type: none"> Ввиду высокого уровня цифрового оснащения и роботизации производства влияние инвестиций на выпуск будет иметь меньшее влияние, чем оплата труда занятых в цифровых производственных системах ввиду универсализации компетенций; Ввиду завершения экстенсивной фазы развития производственных мощностей особое значение будет иметь квалификация сотрудника нового типа, в основные задачи которого будет входить не непосредственное использование оборудования, а развитие и мониторинг действий цифровой производственной системы.
$\alpha \approx \beta \approx \gamma$	<ul style="list-style-type: none"> Равновесное влияние труда и капитала может возникнуть в результате полной цифровизации производства, управляемого интеллектуальными системами в режиме реального времени при непрерывном взаимодействии с внешней средой и объединением в глобальную сеть

Таким образом, в будущем выпуск продукции по-прежнему будет зависеть от капитала и труда, но постепенно изменится характер этой зависимости, внедрение киберфизических систем в производство и обслуживание обеспечит единство интеллекта человека и машины.

В условиях происходящего становления и развития цифровых производственных систем возникает потребность в оценке производительности труда с учетом меняющихся условий, когда происходят изменения влияния основных фондов, инвестиций в основной капитал и фондовооруженности ввиду приобретения их особого значения в осуществлении производственных процессов при динамично изменяющихся производственных составляющих и характере труда.

В этой связи предлагается измерять изменение производительности труда за исследуемый период на основе модифицированного индекса производительности труда (iLP), который учитывает аналитические задачи, направленные на поддержку управленческих решений.

Модифицированный индекс производительности труда в условиях становления цифровых производственных систем предлагается представить в

следующем виде:

$$iLP_{\frac{t}{t-n}} = \frac{LP_t}{LP_{t-n}} = \frac{f(FI_t, IQ_t, FL_t)}{f(FI_{t-n}, IQ_{t-n}, FL_{t-n})} \quad (7)$$

Согласно формуле (7) в качестве основы измерения изменения производительности труда используется базовая оценка производительности труда в обрабатывающей промышленности Российской Федерации в условиях становления цифровых производственных систем, которая была получена по результатам исследования производительности труда в обрабатывающей промышленности Российской Федерации в разрезе регионов за исследуемый период 2017–2022 гг.

В качестве регрессионных моделей для оценки производительности труда используются модели производительности труда в обрабатывающей промышленности, за 2017 г. и за 2022 г. В результате модель (7) приобретает вид:

$$iLP_{\frac{t}{t-n}} = \frac{LP_t}{LP_{t-n}} = \frac{f(FI_t, IQ_t, FL_t)}{f(FI_{t-n}, IQ_{t-n}, FL_{t-n})} \quad (8)$$

$$= \frac{-6,98 \times 10^6 + 3,35 \times 10^7 * FI_{22} + 1,95 \times 10^5 * IQ_{22} + 1,70 * FL_{22}}{-8,49 \times 10^5 + 9,15 \times 10^6 * FI_{17} + 4,89 \times 10^4 * IQ_{17} + 1,15 * FL_{17}}$$

$$iLP_{\frac{2022}{2017}} = \frac{LP_{2022}}{LP_{2017}} = \frac{f(FI_t, IQ_t, FL_t)}{f(FI_{t-n}, IQ_{t-n}, FL_{t-n})} \quad (9)$$

$$= \frac{-6,98 \times 10^6 + 3,35 \times 10^7 * FI_{22} + 1,95 \times 10^5 * IQ_{22} + 1,70 * FL_{22}}{-8,49 \times 10^5 + 9,15 \times 10^6 * FI_{17} + 4,89 \times 10^4 * IQ_{17} + 1,15 * FL_{17}}$$

Модель (9) предлагается использовать для проведения сценарного прогноза производительности труда в обрабатывающей промышленности в условиях становления цифровых производственных систем. В таблице 6 приведена архитектура сценарного прогноза с набором условий и указанием сценариев. Таблица 6 – Архитектура сценарного прогноза изменения производительности труда в обрабатывающей промышленности Российской Федерации по результатам за исследуемый период 2017–2022 гг.

Сценарий	Условие прогноза	
I	a. <i>FI</i> (min) b. <i>FI</i> (max) c. <i>FI</i> (mean)	<i>IQ</i> (mean) <i>FL</i> (mean)
II	a. <i>IQ</i> (min) b. <i>IQ</i> (max) c. <i>IQ</i> (mean)	<i>FI</i> (mean) <i>FL</i> (mean)
III	a. <i>FL</i> (min) b. <i>FL</i> (max) c. <i>FL</i> (mean)	<i>FI</i> (mean) <i>IQ</i> (mean)

Представленная архитектура сценарного прогноза основывается на трех составляющих, которые не только принимаются в расчет при моделировании производительности труда, но и характеризуют становление цифровых производственных систем. К составляющим сценария относятся:

- *FI* - обновление основных фондов;
- *IQ* - инвестиции, направленные на выпуск;
- *FL* - фондовооруженность.

Архитектура модели содержит три сценария в каждом из которых указаны условия прогнозной оценки в трех вариантах с учетом минимального, максимального и среднего значения для показателя, определяющего сценарий. Сценарная оценка производительности труда позволяет решить аналитическую

задачу для поддержки управленческих решений в сфере стратегического планирования и управления для предварительной оценки и определения содержания управленческих действий.

В таблице 7 представлены результаты сценарного прогноза на основе модели (7).

Таблица 7 – Сценарный прогноз изменения производительности труда в обрабатывающей промышленности Российской Федерации за исследуемый период 2017–2022 гг.

Сценарий	Значение $iLP_{2022, \%}$ ₂₀₁₇	Условие прогноза	
I	147,36	<i>FI (min)</i>	<i>IQ (mean)</i> <i>FL (mean)</i>
	270,34	<i>FI (max)</i>	
	176,33	<i>FI (mean)</i>	
II	104,72	<i>IQ (min)</i>	<i>FI (mean)</i> <i>FL (mean)</i>
	138,37	<i>IQ (max)</i>	
	176,56	<i>IQ (mean)</i>	
III	148,12	<i>FL (min)</i>	<i>FI (mean)</i> <i>IQ (mean)</i>
	87,83	<i>FL (max)</i>	
	176,56	<i>FL (mean)</i>	

Таким образом, прогноз по данным за период 2017–2022 гг. показал, что при реализации I-го сценария наибольшее увеличение производительности труда в обрабатывающей промышленности будет при максимальном значении показателя обновления основных фондов (*FI*), а наименьшее при минимальном значении. В рамках реализации II-го сценария максимальное увеличения производительности труда возможно при среднем значении показателя инвестиций, направленных на выпуск (*IQ*), а наименьшее при минимальном значении показателя. В III-м сценарии при максимальном значении фондовооруженности зафиксировано снижение производительности труда, а при среднем и минимальном значении рост, при этом среднее значение показателя фондовооруженности (*FL*) при реализации данного сценария обеспечивает наибольший рост производительности труда в обрабатывающей промышленности. Так что опережение роста фондовооруженности может привести к разбалансированности сочетания факторов производства. Сценарное прогнозирование изменения производительности труда за рассматриваемый период позволяет оценить влияние параметров на производительность труда, что является важным индикатором для поддержки управленческих решений в части управления инвестициями, изменениями фондовооруженности и обновления основных фондов в период становления цифровой экономики.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стремительная цифровизация производственного процесса с одной стороны, открывает для статистики возможность работы с большими данными и использовать сложные модели, а с другой стороны, практике нужны доступные и простые методы оценки и измерения производительности труда для оперативного поддержания функции управления.

Новая реальность вызывает необходимость разработки новых подходов к измерению производительности труда в цифровых производственных системах. В

отличие от автоматизированного, цифровое производство оставляет цифровой след в виде данных, полученных с всевозможных датчиков. В цифровых производственных системах изменяется характер труда, возникает необходимость интегрального подхода ввиду неразрывной связи «живого» и «овеществленного» труда. В рамках исследования формализован диагностический подход измерения и анализа производительности труда на поточных производствах. Адаптированы гибкие методы.

Апробация применения непараметрической коинтеграции позволила показать применимость данного метода к анализу коротких временных рядов. Данный метод может использоваться для проведения экономических исследований в условиях ограниченных данных для целей поддержки управленческих решений, в том числе при проведении аналитики в рамках производств. Результат оценки долгосрочного равновесия показал, что вероятность долгосрочного равновесия между исследуемыми индексами существует на 95% уровне значимости. Изменение фондовооруженности с вероятностью 62% будет иметь однонаправленное движение с производительностью труда. Изменение фондоотдачи с вероятностью 54% в долгосрочной перспективе будет иметь один вектор направления с производительностью труда. Результаты применения непараметрической коинтеграции позволили проследить связь производительности труда с отдачей от основных фондов, что дает основание для вывода о необходимости формирования подходов к оптимальному соотношению таких ресурсов как труд и капитал, управлению ими на уровне предприятия и видов деятельности.

В результате классификации обрабатывающей промышленности в разрезе субъектов Российской Федерации был применен метод настраиваемой (кастомной) группировки, который позволил достичь однородности выделенной группы субъектов для последующего моделирования. Построение статических производственных функций по данным двух лет периода стабильного развития обрабатывающих производств позволило подтвердить гипотезу о становлении цифровых производственных систем и усилении тенденций цифровизации, при которых существенно снижается присутствие традиционной формы труда и возникает новая форма труда «человек – система машин». В результате сравнительного анализа моделей производственной функции, построенных по данным за 2017 г. и за 2022 г., было выявлено, что к 2022 году снизилось влияние численности занятых на выпуск продукции, увеличилось влияние инвестиций в основной капитал, которые направлены на расширение цифровой инфраструктуры производства и приобретение дополнительных НМА для более эффективного использования ресурсов производства. На основе полученных данных была предложена модель производительности цифрового производства, которая ориентирована на стадию перехода на автономные цифровые производственные системы, основанные на положениях Индустрии 4.0 и 5.0, исключая сбои процесса, внеплановые остановки и поломки, приводящие к потерям рабочего времени. Производительность труда в будущем будет зависеть как от уровня технологий, так и от квалификации нового типа работников, суть работы которых будет состоять в мониторинге, консалтинге и обучении искусственного интеллекта

управлению производственными системами.

В разработке сценарного прогноза производительности труда предложен модифицированный индекс производительности труда (*iLP*) в условиях становления цифровых производственных систем, который учитывает аналитические задачи, направленные на поддержку управленческих решений. Архитектура прогноза строилась на трех сценариях развития каждого из базовых показателей. На основе проведенного сценарного прогноза можно принимать управленческие решения в части таких направлений как обновление основных фондов, увеличения инвестиций, направленных на выпуск и повышения фондовооруженности.

IV. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Портнов, А. В. Диагностический подход к измерению производительности труда на производствах FMCG / А. В. Портнов // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. – 2023. – № 2. – С. 103-111. – DOI 10.18384/2310-6646-2023-2-103-111. – EDN AQEORR. – 0,5 п.л.

2. Портнов, А. В. Применение непараметрического метода оценки коинтеграции индексов изменения фондовооруженности, фондоотдачи и производительности труда / А. В. Портнов // Проблемы экономики и юридической практики. – 2023. – Т. 19, № 2. – С. 260-265. – EDN AESMXK. – 0,31 п.л.

3. Портнов, А. В. Практика применения бенчмаркинга в рамках диагностического подхода на производствах сектора FMCG / А. В. Портнов // Наука Красноярья. – 2023. – Т. 12, № 2-1. – С. 39-54. – DOI 10.12731/2070-7568-2023-12-2-39-54. – EDN DFWWJS. – 0,94 п.л.

4. Портнов, А. В. Оценка коинтеграции инфляции и производительности: на примере России и стран Западноафриканского экономического и валютного союза (ЗАЭВС) / А. В. Портнов, К. Н. К. Вику // Наука Красноярья. – 2023. – Т. 12, № 1-1. – С. 60-77. – DOI 10.12731/2070-7568-2023-12-1-60-77. – EDN KSPKGU. – 1,12 п.л. (авторский вклад 0,56)

5. Портнов, А.В. Производительность труда - взгляд через призму Госплана СССР / И. И. Елисеева, А. В. Портнов // Экономическое возрождение России. – 2021. – № 3(69). – С. 67-71. – DOI 10.37930/1990-9780-2021-3-69-67-71. – EDN UEQGRI. – 0,2 п.л. (авторский вклад 0,13)

6. Портнов, А. В. Адаптация теории ограничений для анализа и управления производительностью труда в цифровых производственных системах сектора FMCG / А. В. Портнов // Измерение и анализ благосостояния: тезисы докладов Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 25–27 января 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2024. – С. 309-311. – EDN FJTJME. – 0,19 п.л.

7. Портнов, А. В. Гибкие инструменты обучения занятых в цифровом производстве как основа повышения производительности труда / А. В. Портнов // Статистическое образование в России: интеллектуальный анализ данных:

материалы международной конференции (конгресса), Оренбург, 25–26 октября 2023 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2023. – С. 571–579. – EDN TCYFRW. – 0,5 п.л.

8. Портнов, А. В. Оценка связи между изменениями фондовооруженности и производительностью труда предприятий в России / А. В. Портнов // Россия молодая: Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 18–21 апреля 2023 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2023. – С. 84121.1–84121.3. – EDN UQRKED. – 0,19 п.л.

9. Портнов, А. В. Практика применения диагностического подхода анализа и управления производительностью труда в рамках поточного производства / А. В. Портнов // Информационные технологии в экономике и управлении: сборник материалов V всероссийской научно-практической конференции, Махачкала, 23–24 ноября 2022 года. – Махачкала: Дагестанский государственный технический университет, 2022. – С. 129–132. – EDN BHFQPM. – 0,25 п.л.

10. Портнов, А. В. Анализ и управление производительностью труда на производствах FMCG-сектора / А. В. Портнов // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации : Материалы научной конференции аспирантов, Санкт-Петербург, 19–27 апреля 2022 года / Под научной редакцией Е.А. Горбашко, редколлегия: А.Г. Бездудная [и др.]. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2022. – С. 175–176. – EDN LMSSIK. – 0,38 п.л.

11. Портнов, А. В. Анализ состояния производительности труда и оценка перспектив на примере ПАО «Газпром» / А. В. Портнов // Современные вызовы и актуальные проблемы науки, образования и бизнеса в условиях мировой нестабильности : материалы научной конференции аспирантов СПбГЭУ, Санкт-Петербург, 19–24 апреля 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. – С. 162–163. – EDN BYHRCB. – 0,19 п.л.

12. Портнов, А. В. Актуальные вопросы повышения производительности труда / А. В. Портнов // Устойчивое развитие: экологические, экономические и социальные аспекты: Сборник научных статей по результатам международной конференции, Санкт-Петербург, 12–14 мая 2021 года / Под редакцией Е.В. Викторовой. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. – С. 275–281. – EDN PRXKMY. – 0,3 п.л.