

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

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)

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата экономических

наук

**Научный руководитель
– чл.-корр. РАН, доктор
экономических наук, профессор,
заслуж. деятель
науки РФ
Елисеева Ирина Ильинична**

Санкт-Петербург – 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ	15
1.1 Эволюции понятия производительности труда	15
1.2 Методы измерения производительности труда	20
1.3 Принципы изучения производительности в условиях цифровизации производства	29
2. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА В СИСТЕМЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ.....	41
2.1 Оценка коинтеграции производительности труда и показателей, характеризующих основные фонды	41
2.2 Формализация диагностического подхода к анализу и управлению производительностью труда в цифровых производственных системах.....	46
3. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАКРОПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА И ЗАНЯТОСТЬ В РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКЕ.....	65
3.1 Анализ детерминант изменения характера труда в экономике	65
3.2 Классификация субъектов Российской Федерации в фокусе становления цифровых производственных систем.....	76
3.3 Сценарная оценка производительности труда в обрабатывающей промышленности Российской Федерации	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	98
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	103
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	122

ВВЕДЕНИЕ

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. Большое распространение получила производственная функция Кобба-Дугласа, параметры которой оценивают вклады живого труда и капитальных активов. Эти оценки даются отдельно, что соответствует индустриальной фазе развития. Последующий научный поиск экономистов включал проблему измерения производительности труда и проблему повышения отдачи от производственного оборудования, так называемой, активной части основных производственных фондов.

Переход к цифровой экономике, к постиндустриальному укладу обусловил коренное изменение характера труда во многих производствах. 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» [6], 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 трудовые 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 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, с особой спецификой 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. Предложена статистическая методология выявления тенденций развития цифровизации в обрабатывающей промышленности Российской Федерации; предложена модифицированная версия индекса производительности труда, выполнено обобщение 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 1857–1858 гг. Он подчеркивал, что производительность труда — это совокупный результат всех условий и факторов [67,68,69]. Особое внимание К. Маркс обращал на изменение орудий труда в связи с техническим прогрессом [67]. Маркс пишет, что увеличение производительной силы труда представляет собой «необходимую тенденцию капитала» [67., С. 205]. 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 в начале второй половины XIX в. понимал, 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» [67., С. 421]. Машины вытесняют работников, так что «происходит превращение переменного капитала в постоянный» [67., С. 449–457] и этот процесс неостановим.

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 [131].

К периоду, называемому индустриализацией, основоположником отечественной промышленной статистики А.И. Ротштейном (1891–1975) были систематизированы и проанализированы существующие методы измерения производительности труда: стоимостной, натуральной 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 труда [109]. 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 [54,55].

На современном этапе исследований развитию системы показателей производительности уделялось внимание А.А. Водолазским в его монографии «Производительность труда: проблемы и решения» (2021) [29]. А.А.Френкель [24,130] 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 [139], М.В. Мельничук [72], В. Н. Миронова [73]. Эти авторы рассматривали факторы, которые влияют на итоговую эффективность производства и производительность труда. Зарубежные исследователи такие как: Супаче Чансарн (Supachet Chansarn) [156], Мика Малиранта (Mika Maliranta) [155],

Герт Вольтер (Geert Woltjer) [157] 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 следующих: В. М. Малейн и Ю.Ю. Пономарев [66], Йово Коффи и Вайбена Тине-Эне Дторане [158] и др. За последние 30–40 лет сформировались два новых подхода к измерению эффективности: *DEA* и *Frontier Boarder*. Однако, эти методы основаны на оценке эффективности, как соотношения выпуска со всей суммой затрат, без учета интеграции живого и овеществленного труда. Оба подхода не связывают напрямую измерение производительности труда, качество продукции и состояние производственного оборудования в контексте цифровизации процесса производства. Тоже можно сказать о работах вышеназванных современных авторов. Предлагаемые конструкты – показатели, системы показателей, подходы – основаны на представлениях индустриального производства, не принимающих во внимание то, что человечество вступает в эпоху нового способа производства с новыми требованиями к орудиям труда, 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 современные производственные комплексы, производящие продукцию массового потребления.

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 статистический анализ показателя производительности труда и показателей, характеризующих основные фонды на микро- и макроуровне, что способствует формулировке унифицированных

положений при формализации подхода к измерению и анализу производительности.

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. 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 масштабов 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

Основные положения и результаты исследования представлены в следующих научных трудах диссертанта:

- 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.

- 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.

- Оценка коинтеграции инфляции и производительности: на примере России и стран Западноафриканского экономического и валютного союза (ЗАЭВС) // Наука Красноярья. 2023. Т. 12, №1. С. 60–77. DOI: 10.12731/2070–7568-2023-12-1-60–77

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

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 приводится анализ детерминант 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.

1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

1.1 Эволюции понятия производительности труда

Пристальное внимание к производительности труда с позиций измерения эффективности труда уделялось экономической наукой в разные периоды. Основные положения теории производительности труда были сформированы представителями классической школы политической экономии, прежде всего А. Смитом (1723–1790), а затем развиты К. Марксом (1818–1883). Но классики политэкономии опирались на труды политических арифметиков, У. Петти, Г. Кинга, Ч. Давенанта и др. У. Петти (1623–1687) был первым, кто выявил обратно пропорциональную зависимость между стоимостью произведенного товара и производительностью труда, которую он рассматривал в качестве источника дохода. При этом делается вывод, что ее повышение возможно за счет увеличения интенсивности труда или использовании дополнительных средств, которые облегчают процесс производства работникам.

А. Смит выделял главную роль труда в создании блага и ввел понятие производительности труда как экономической категории [90]. В работе «Исследование о природе и причинах богатства народов» [115] А. Смит описывал возможность повышения производительности труда не только за счет разделения труда, а также за счет использования машин и профессионализма трудовых ресурсов [115., С. 253]. Положения, приведенные А. Смитом, создали основу дальнейшего изучения производительности труда.

Следующим этапом развития экономической мысли относительно производительности явились труды французских ученых- Ж.Б. Сэя (1767–1832) и Ф. Бастиа (1801–1850). Ж.-Б.Сэй считал, что создание стоимости происходит ввиду действия совокупности трех факторов: земля, труд, капитал. Далее Ж.Б. Сэй выделял следующие виды доходов, которые эквиваленты трем источникам

стоимости, а именно: заработная плата – труд, рента – земля и процент – капитал.

В XIX веке теория производительности труда развивалась в рамках классической школы и возникающей неоклассической. К. Маркс в своих работах продолжил развитие взглядов таких классиков как А. Смита и Д. Рикардо (1772–1823) с учетом новых тенденций развития производства. Важнейшей заслугой К. Маркса является формирование трудовой теории стоимости. Он выделял закономерности производительности труда и выделил абсолютную, относительную, индивидуальную и общественную производительность. Обоснование производительности труда как экономической категории и связи квалификации работника и технологического оснащения были описаны К. Марксом в «Капитале» (1857–1858 гг.) Несмотря на то, что К. Маркс утверждал, что только рабочая сила может выступать источником создания стоимости, он обращает внимание на то, что машины и технологии сами по себе не создают новую стоимость, но являются ключевым способом повышения производительности труда. Он писал, что увеличение производительности труда приводит к снижению стоимости рабочей силы и, следовательно, к увеличению прибавочной стоимости. Именно поэтому капиталистическое производство стремится к постоянному внедрению технологических инноваций [67]. Маркс подчеркивал, что производительность труда — это совокупный результат всех условий и факторов [67]. В одной из своих лекций, опубликованной в газете «*Neue Rheinische Zeitung*» № 264—269 в Берлине в 1849 году, Карл Маркс говорил об упрощении труда в связи с его разделением, через оснащение производств машинами, которые производят то же действие, что и наемный работник. Труд работника, выполняемые им операции передаются машине. Тем самым ручной труд становится менее востребованным. Из этого следовал вывод: машины вытесняют отдельные группы работников ручного труда. Резюмируя высказывания Карла Маркса, можно сказать, что при возрастании производительного капитала расширяется разделение труда и применение машин. Как следствие, при большем применении машин усиливается конкуренция между работниками и снижается заработная плата, если функции работника состоят в обслуживании машины. Но,

как было отмечено ранее, во вводной части, постепенно формируется группа работников, занимающихся техническим состоянием машин, и из них выделяются производственные работники. Их численность постоянно сокращается в силу увеличения производительности системы машин. Происходит то, что К. Маркс определил как «превращение переменного капитала в постоянный» [67., С.452].

Представители неоклассиков такие как Дж. Б. Кларк (1847–1938), А. Маршалл (1842–1924), Э. Уикстид (1844–1924), Ф. Эджуорт (1845–1926) внесли свой вклад в изучение производительности труда. В конце XIX века Дж.Б. Кларком была предложена теория предельной производительности, которая строилась на основе теории трех факторов (земля, труд и капитал), предложенной Ж.Б. Сэем. Кларк исходил из того, что основной целью предпринимателей является максимизация прибыли и производство расширяется до тех пор, пока значение добавочного труда имеет низкую производительность, что в свою очередь не приносит убытков предпринимателю. Предельный продукт по Кларку равен выражению труда в стоимости, что и является предельной производительностью труда [131].

А. Маршалл выделил четвертый фактор – предпринимательскую способность и дал определение «чистого» продукта [70]. Внимание к взаимосвязи производительности с предельными величинами обусловило новый взгляд на процесс создания стоимости.

Д.М. Кейнс (1883–1946) разделял идеи классиков, выделяя труд как фактор производства и считал, что вознаграждение за труд должно быть пропорционально производительности труда рабочих, которые производят продукт [56., С. 342].

Б. Хикмен (1911–1970), изучая проблемы экономического роста, также опирался на теорию предельной производительности труда [79., С. 99].

Теория предельной производительности оказала влияние на Р. Солоу (1924–2023) при разработке теории равновесия. [90]. Р. Солоу исходил из того, что производительность труда увеличивается с убывающей скоростью при росте капиталовооруженности [131].

Важной вехой в развитии экономической теории явилась концепция

организации труда, которая была предложена на рубеже XIX–XX веков Ф. Тейлором (1856–1915) и последователями. Идея концепции заключалась в разделении труда и рационализации трудового процесса. Ф. Тейлором было доказано, что при рациональной и удобной компоновке производства можно сократить потери времени и сил работников. Данная концепция ориентировалась на решение практических задач в экономике [88]. К этому направлению примыкает разработка концепции научной организации труда, основанной на идеях Ф. Тейлора и его последователей: Г. Гантта (1861–1919), Ф. Гилбрета (1868–1924), Г. Эмерсона (1853–1931) [23].

В поисках инициативного импульса повышения производительности труда возникла «Теория человеческих отношений» работников и работодателей, предложенная Э. Мэйо (1880–1949). Мотивирующим фактором было улучшение условий труда и отдыха. [58]. Данная концепция получила свое развитие в трудах Дж. Гелбрейта (1908–2006), который рассматривал идею строительства тесных взаимоотношений между субъектами производства для обеспечения совместного управления последним.

В конце 1980-х- начале 1990-х годов получили признание идеи М. Портера, который утверждал, что производительность труда – это основной драйвер уровня жизни и богатства. Он отмечал, что развитие уровня производительности зависит от качества производственной инфраструктуры и уровня образования кадров. В этом ключе подход к производительности рассматривался как одно из условий конкуренции между странами [93., С. 689–691].

В развитие теории производительности внесли вклад и отечественные ученые-экономисты. Системный подход к изучению производительности труда берет свое начало в предсоветский и в советский период. В. И. Ленин (1870–1924), развивая идеи К. Маркса, выдвинул на первый план идею повышения производительности, в возможности достижения высокой производительности он видел превосходство социализма над капитализмом [65., С. 394]. Производительность труда изучалась: Н. И. Бухариным (1888–1938) в работе «Теория распределения» (1909) [25,26], Н.А.Вознесенским (1903–1950) в работе «К

вопросу об экономике социализма» (1931) [37], внесших вклад в активное обсуждение сущности понятия. П.П.Масловым (1867–1946) предлагалось такое понятие как «продуктивность труда» [35], а О.А. Ерманский и Г. Е. Завьялов ввели термин «успешность труда» [37].

В период индустриализации, 1925 - 1932 гг., основоположником отечественной промышленной статистики А.И. Ротштейном (1891–1975) были систематизированы и проанализированы существующие методы измерения производительности труда: натуральный, нормативно – трудовой и стоимостной методы, выявлены преимущества и недостатки каждого, показаны возможности расчетов и дана сравнительная интерпретация получаемых результатов. В статье «Использовать внутрипроизводственные резервы повышения производительности труда», опубликованной в ежемесячном журнале «Экономика строительства» (1961), А.И. Ротштейн отмечал, 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 труда [109]. Прежде всего, подчеркивалось значение обоснованного измерения выпуска, т. е. результата процесса производства. Кроме того, обращалось внимание на адекватность измерения трудозатрат в человеко-днях или в человеко-часах, изменение характера труда в связи с механизацией трудовых процессов. Это направление нашло отражение в трудах Я.Б.Кваши, посвященных анализу и классификации основных фондов [54,55].

Целевая установка на достижение высоких показателей производительности труда во всех отраслях народного хозяйства СССР выдвигалась на самом высоком уровне управления (ЦК КПСС и Госплан СССР). При этом рост производительности планировалось обеспечить за счёт механизации и автоматизации производств реального сектора. В современный период ожидание экономического роста и повышения производительности труда связывается с повсеместной цифровизацией. Всё более актуальной становится задача бережного

отношения к ресурсам (энергетическим, материальным и трудовым), особенно теперь, когда сокращается численность населения, что не может не сказаться на трудовых ресурсах. Так что рост производства может быть обеспечен только за счёт технической оснащённости, внедрения новых технологий, способных поднять производительность труда. Этот показатель может быть включён в индикативное планирование [41., С. 71].

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что процесс определения экономического содержания такой категории экономической науки как производительность труда берет свое начало с XVIII века и продолжается до сих пор, ввиду изменения характера труда и эволюции подходов к измерению. Становление цифровой экономики и переход к постиндустриальному укладу обусловил коренное изменение характера труда в высокотехнологичных производствах. Изменились функции работника в условиях автоматизации и роботизации производственных процессов. В штатном режиме труд работника массовых производств сливается с работой оборудования и становится неотделимым от них. Характер труда изменился и обретает черты «человек-система машин», а производственная система становится цифровой. Вытеснение ручного труда машинами было предсказано К. Марксом в середине XIX века. Он отмечал, что машины и технологии в совокупности с рабочей силой являются не только способом повышения производительности труда, но и источником создания новой стоимости. За цифровизацией производственных систем последует сокращение работников «старого типа», которые не будут соответствовать по уровню компетенций работе в цифровых производственных системах. Соответственно, развитие цифровых производственных систем влечет за собой становление работника нового типа.

1.2 Методы измерения производительности труда

Производительность труда является ключевым показателем развития национальной экономики и определяет эффективность хозяйственной системы

поскольку отражает уровень развития производства, эффективность использования системы машин и использования рабочей силы. Измерение производительности труда должно отвечать общему понятию «измерение»- кодирование и соотнесение степени выраженности признака с определенными правилами (измерительной шкалой). В зависимости от решаемых задач измерение производительности производится на порядковой, интервальной шкале, а также шкале отношений. Проблема измерения данного показателя неоднократно поднималась на заседании научно-методологического совета Росстата ввиду несовершенства методик расчета производительности труда. Несвершенство расчета производительности труда в РФ заключается в том, что данные могут демонстрировать высокие результаты производительности у неуспешных предприятий. Особенно такая тенденция прослеживается в холдингах с вертикальной организационной (интегрированной) структурой. Нередко предприятия, входящие в холдинг, могут продавать продукцию друг другу тем самым увеличивать внутривладельческий оборот холдинга, что приведет к увеличению показателя производительности труда, тогда как в реальности роста производительности не наблюдается. Зачастую высокие показатели производительности достигаются за счет высвобождения занятых. Проблемой расчета является недостаток информации, по мнению представителей Росстат, а именно сплошной статистики по отработанному времени. Росстат и Министерство экономического развития разработали методики расчета производительности труда на основе данных Федеральной налоговой службы (ФНС). Предполагается, что данные ФНС точнее данных статистической отчетности, и оценка станет более достоверной. Развитие цифровых технологий способствует цифровизации не только производственных процессов, но и увеличивает возможности аналитики с точки зрения сбора, хранения, расчета и представления данных. В этой связи возникает вопрос о возможности использования технологий цифровой экономики для получения данных, которые помогут дать оценку не только динамике производительности, но и позволят определить параметры для прогнозирования производительности труда.

Росстат осуществляет расчет индекса производительности труда на

основании приказа N 274 от 28 апреля 2018 г. «Об утверждении Методики расчета показателя «Индекс производительности труда» (таблица 1.1) [8].

Таблица 1.1 – Расчет индекса производительности труда Росстат

Показатель	Формула расчета
Индекс производительности труда в целом по экономике	$\frac{\text{Индекс ВВП}}{\text{Индекс совокупных затрат труда}} * 100\%$
Индекс производительности труда по отраслям	$\frac{\text{Индекс ВДС}}{\text{Индекс совокупных затрат труда}} * 100\%$
Индекс производительности труда по субъектам	$\frac{\text{Индекс ВРП}}{\text{Индекс совокупных затрат труда}} * 100\%$

Источник: составлено автором по данным [8]

ОЭСР (Организация экономического сотрудничества и развития) рассчитывает производительность с учетом отработанного времени, как ВВП в расчете на час отработанного времени. Международная организация труда (МОТ) производит расчет производительности как отношение произведенной продукции на количество работников за период (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Расчет индекса производительности труда ОЭСР и МОТ

Показатель	Формула расчета
Производительность труда (ОЭСР)	$\frac{\text{ВВП}}{\text{Отработанное время}}$
Производительность труда (МОТ)	$\frac{\text{ВВП}}{\text{Общая численность занятых}}$

Источник: составлено автором по данным [117]

Любая методология опирается на созданную базу данных. Так, база данных *OECD Productivity Database* включает в себя ежегодные данные роста производительности труда для многих стран. База содержит ежегодные оценки затрат капитала и многофакторной производительности для 38 стран ОЭСР и пополняется с учетом добавления новых стран участников. Обновление базы осуществляется ежегодно. База данных *OECD System of Unit Labor Cost and Related Indicators* обновляется поквартально и включает в себя данные производительности труда в расчете на отработанный час и на одного занятого (оба показателя, приведенных в таблице 1.2).

Обзор показателей производительности труда в современной российской статистике содержится в работе И. И. Елисейевой [40], где подчеркивается, что для обеспечения сопоставимости и проведения межотраслевого анализа Росстат использует не собственно показатель выработки на одного работника в единицу времени, а его динамику или как соотношение динамики показателей выпуска и динамики рабочей силы. Расчет индекса производительности труда производится Росстатом по видам экономической деятельности, регионам и в целом по экономике РФ как отношение данных отчетного года к предыдущему. Этот показатель рассчитывается как отношение физического объема ВВП к изменению совокупных затрат, что не позволяет давать объективную оценку изменений производительности труда ввиду влияния ценового фактора [94].

Измерение производительности может осуществляться на уровне отдельных подразделений и всего хозяйствующего субъекта, на уровне видов деятельности / отраслей, на уровне административно-территориальных единиц и на уровне экономики в целом. Для наглядного представления процесса измерения производительности труда представим набор показателей в виде концептуальной карты измерения производительности труда в Российской Федерации (рисунок 1.1).

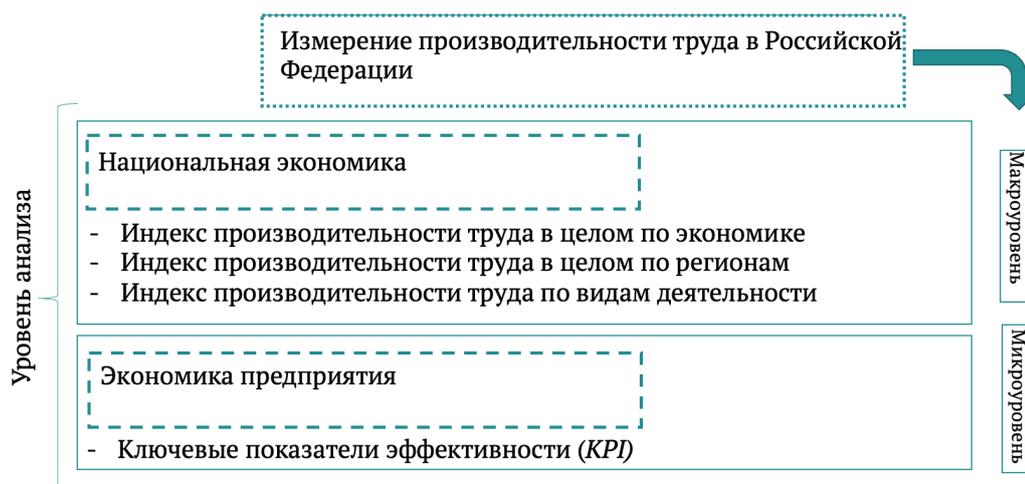


Рисунок 1.1 - Концептуальная карта измерения (анализа) производительности труда в Российской Федерации

Источник: составлено автором

Представленная карта показывает поэтапность статистического измерения производительности труда, но это не означает единство методологий расчета. На микроуровне, т.е. на уровне хозяйствующего субъекта, важно учесть все выполненные работы за отчетный период, включая работы, выполненные «на сторону», незавершенное производство, производство полуфабрикатов, т.е. рассчитать показатель валового выпуска по схеме расчета валовой продукции, и соотнести этот показатель с численностью работников или отработанным временем. Рассчитанный таким образом показатель характеризует именно производительности работника в традиционном понимании. На макроуровне, т.е. для расчетов производительности отрасли или территориальной единицы (например, субъекта РФ), а также экономики в целом, нельзя оперировать показателями производительности как выработки работником в единицу времени, поскольку в многопродуктовой экономике присутствует несопоставимость затрат на производство, т.е. стоимости промежуточного потребления. Поэтому, в официальной статистике рассчитываются и публикуются не показатели производительности, а их динамика по отношению к данным прошлого периода, т.е. отношение $t / t-1$.

Анализ макроэкономических показателей и выявление взаимосвязи с индексом производительности труда представляет систему оценок развития как отраслей и регионов, а также позволяет производить сравнительный анализ на международном уровне.

На макроуровне производительность труда измеряется в целом по стране и по отдельным видам экономической деятельности в форме индекса и публикуется Росстатом. Данный показатель характеризует динамику и методологически рассчитывается как отношение физического объема валового внутреннего продукта (ВВП) к изменению совокупных затрат.

В этой связи А. И. Щербаков в статье «Измерение производительности труда» (2023) разделяет производительность труда на несколько уровней: предприятие (первичный), административно-территориальный субъект (региональный), народнохозяйственный комплекс (агрегированный) [140]. Разделение

производительности труда позволяет определить аналитический инструментарий и подходы для последующего анализа или управления. Методология и расчетные показатели производительности труда имеют также различие на каждом уровне. В статье Н.Н. Шаш и А. И. Бородина «Показатели и способы измерения производительности труда и возможность их применения на предприятиях» (2015) приводится сравнительный анализ традиционных методов измерения и приводится формализация основных требований к показателям производительности труда, которые заключаются в том, что единицы измерения должны отражать изменения уровня производительности, а показатели должны носить универсальный характер и представлять собой надежные данные, которые могут использоваться в рамках сравнительного анализа [139].

Вся история статистических методов измерения производительности труда свидетельствует, что основой методологии была концепция изолированных факторов производства, в рамках которой выделялся такой фактор как «живой труд», формально не связанный с его техническим вооружением, т.е. с овеществленным трудом. Каждый из методов измерения производительности имеет свой набор показателей, которые отражают производительность труда в стоимостном, натуральном и трудозатратном эквиваленте. Применение того или иного метода на уровне конкретного предприятия зависит от направления деятельности, уровня развития аналитической функции, организационной структуры и регулируется принятыми методологическими документами на уровне компании, административно-территориальной единицы или на федеральном уровне (включая выделение отраслей/видов деятельности и проч.).

За последние 30–40 лет сформировались два подхода к измерению эффективности: *DEA* и *Frontier Boarder*. В статье (2012) Агнешки Барчак, посвященной применению метода *DEA*, приводится сравнение фактического показателя эффективности ферм с расчетным показателем по методу *DEA* [143]. Метод *DEA* служит для оценки эффективности деятельности организаций, которая определяется путем сопоставления с другими организациями. Рассчитывается как отношение суммы взвешенных результатов к взвешенной сумме затрат. Лучшие

организации представляют собой линию фронтирования (*Frontier Boarder*). Однако, данный метод позволяет лишь сравнивать эффективность по ряду факторов, но не анализировать и измерять производительность труда.

Поиск отечественными и зарубежными авторами новых методов измерения и анализа производительности привел к интегральному показателю использования ресурсов (*Total factor productivity*), который базируется на принципе «затраты-выпуск».

$$TFP = P/W \quad (1.1)$$

где, TFP – совокупная совокупная факторная производительность; P – совокупный продукт; W – средневзвешенное значение издержек.

Производственная функция Кобба-Дугласа, которая получила широкое распространение, имеет вид:

$$Y = A * K^\alpha * L^\beta \quad (1.2)$$

где, Y – объем выпуска; A – общая факторная производительность; K – затраты капитала; L – затраты труда; α , β , γ коэффициенты, отражающие доли в объеме выпуска K и L .

Тогда, формула *Total factor productivity* с учетом преобразования производственной функции имеет вид:

$$TFP = A = \frac{P}{W} = Y / (K^\alpha * L^\beta) \quad (1.3)$$

Так, авторы В.М. Малейн и Ю.Ю. Пономарев в статье «Совокупная факторная производительность в черной металлургии: влияние новых технологий» (2019) анализируют совокупную факторную производительность (*Total factor productivity*) черной металлургии Российской Федерации с учетом влияния новых технологий [66]. Авторы упомянутой статьи обращаются к производственной функции Кобба-Дугласа, в которой сделана попытка сопоставления значимости вкладов основных факторов выпуска - труда и капитала (или, в более расширенном варианте, - земли, труда, капитала и управления ими [148]. Авторы вышеупомянутой статьи видят главный минус в отсутствии отражения «технологического шока» в интерпретации результатов [66].

Метод совокупной факторной производительности получил распространение

в отечественной и зарубежной науке. Так, в статье (2023) Сеитова С. К. метод совокупной факторной производительности адаптируется под изучение отрасли сельского хозяйства в разрезе регионов Российской Федерации [111]. Представители Университета Ломе Йово Коффи и Вайбена Тине-Эне Дторане в своей статье (2022), посвященной влиянию государственных расходов и общего фактора сельского хозяйства на рост производительности делают вывод, что государственные расходы стимулируют рост сельскохозяйственной *Total factor productivity*, особенно когда они направлены на инвестиции, но замедляют его, когда они направлены на потребление [158].

В статье М. В. Мельничук (2008), посвященной совокупной факторной производительности как показателю экономического роста, поднимается вопрос поиска фактора, который бы определял динамику ВВП. В результате автор предлагает включать инвестиции в расчет совокупной факторной производительности [72].

Резюмируя вышесказанное, метод *Total factor productivity*, применяется для измерения технологических изменений или как мерило влияния факторов, которые берутся в расчет.

Таким образом, эволюция методов измерения производительности труда все чаще приводит исследователей к использованию неких подходов, которые позволяли бы интегрировать участие труда и капитала в выпуске продукции, что несомненно, является следствием отражения технического прогресса: изменения производственных технологий, внедрение автоматизированных производственных процессов. Особенно, интенсивно изменяются технологии поточных производств. На рисунке 1.2 изображена динамика индекса производительности труда по основным видам деятельности в Российской Федерации за период 2012–2022 гг.



Рисунок 1.2 – Индекс производительности труда по видам деятельности, Российская Федерация, 2012 -2022 гг., в процентах

Источник: составлено автором по данным [50]

Исходя из представленных данных тенденцию к росту за рассматриваемый период имеют такие виды деятельности как сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство и строительство. Добыча полезных ископаемых и обрабатывающие производства имеют тенденцию к снижению производительности труда. Среднегодовые темпы роста представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Среднегодовой темп совокупного роста индекса производительности труда по основным видам деятельности, Российская Федерация, 2012 -2022 гг., в процентах

Вид деятельности	Среднегодовой темп совокупного роста
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	1,007
Добыча полезных ископаемых	0,996
Обрабатывающие производства	0,993
Строительство	1,001

Источник: рассчитано автором по данным [50].

Таким образом, исследования в области поиска методов измерения производительности труда с поступательным развитием цифровых технологий сбора и анализа информации наталкивают на мысль о развитии новых подходов к

измерению и анализу производительности труда в сложившихся условиях. Метод совокупной производительности труда (*Total factor productivity*), который основан на применении производственной функции Кобба-Дугласа и позволяет анализировать влияние отдельных факторов на совокупную производительность труда как в рамках отрасли, региона и в страны в целом может быть взят за основу при формализации новых подходов измерения производительности с учетом тенденции становления цифровых производств. Концептуальная карта измерения производительности труда наглядно отражает уровни анализа показателей производительности труда на текущем этапе.

1.3 Принципы изучения производительности в условиях цифровизации производства

Идея цифровизации производства была впервые озвучена Николой Тесла в 1926 году в беседе с корреспондентом журнала *Collier's*: «С появлением беспроводных систем вся Земля превратится в один огромный мозг. Мы сможем общаться друг с другом практически мгновенно, невзирая на расстояния».

По данным Росстата [78] за период с 2003 по 2019 среднегодовой темп прироста удельного веса организаций, использовавших информационные и коммуникационные технологии составил 1,4%, а удельный вес организаций, использовавших специальные программные средства в среднегодовом выражении, составил около 0,63%. Данные по годам показаны на рисунке 1.3.

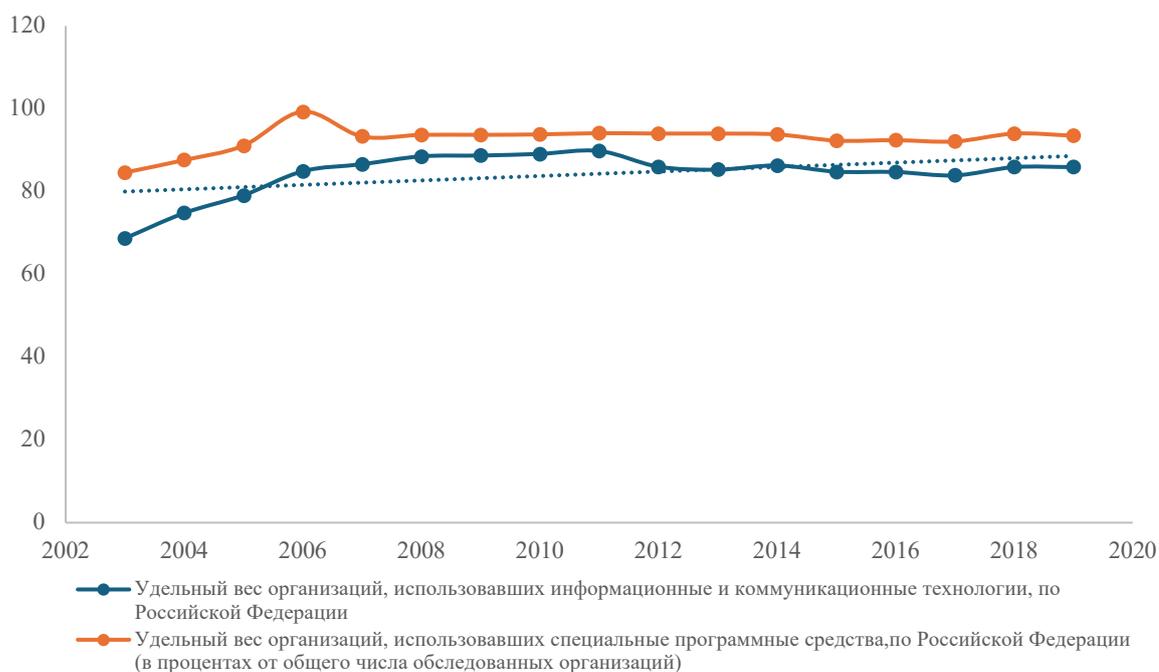


Рисунок 1.3 - Удельный вес организаций, использующих ИТ решения и специализированные программы, Российская Федерация, 2003 -2019 гг., в процентах от общего числа обследуемых организаций

Источник: составлено автором по данным [78]

На основании данных можно сказать, что основной период становления цифровизации в экономике приходится на 2003–2005 гг., что объясняется массовой доступностью персональных компьютеров и разработкой специализированных программ, которые стали активно внедряться в хозяйственную деятельность предприятий. Период с 2006 по 2019 характеризуется существенно меньшими колебаниями. Процесс цифровизации начал составлять существенную часть инвестиций в производство.

По данным Росстата [78] за период с 2005 по 2022 среднегодовой темп прироста уровень инновационной активности организаций составляет 0,72 % Данные по годам представлены на рисунке 1.4.

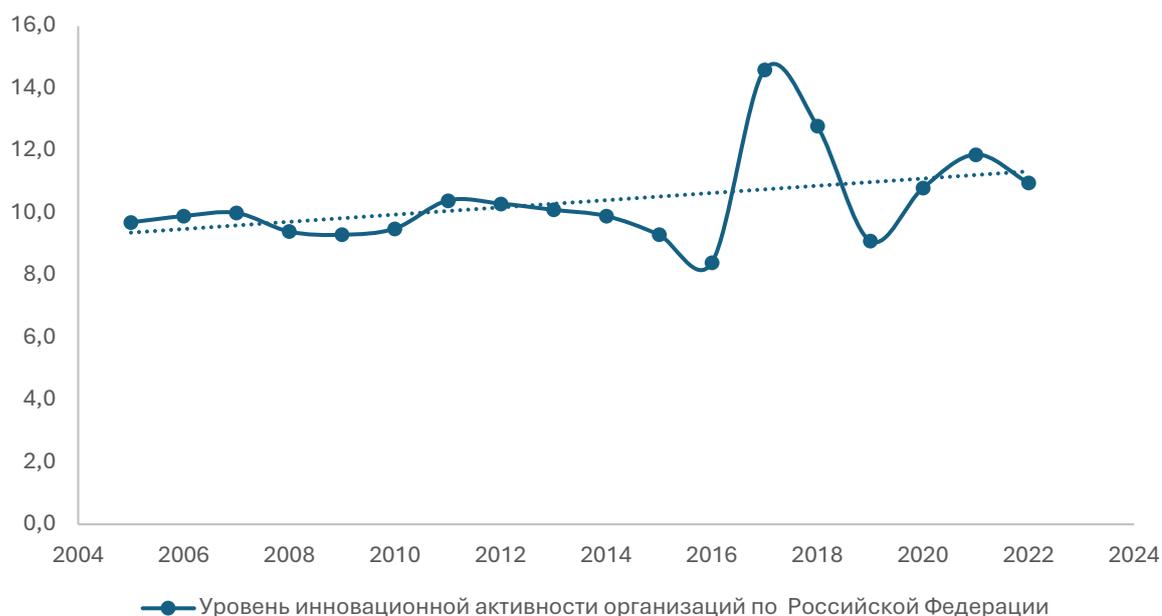


Рисунок 1.4 – Уровень инновационной активности организаций, Российская Федерация, 2005 -2022 гг., в процентах

Источник: составлено автором по данным [78]

Наблюдаемый пик уровня инновационной активности приходится на 2017 год, но это может быть связано с изменением методологии расчета (при отсутствии ретроспективных пересчетов). В 2017 году было принято решение установить три критерия для отнесения организации к инновационной, тогда как до 2017 года использовался один критерий. Обновлённая методология была введена и утверждена 2019 году в целях обеспечения сопоставимости данных на международном уровне [78].

В период 2011–2012 гг. в мировых исследованиях и СМИ появляется понятие Индустрия 4.0. В общем понимании термин Индустрия 4.0 означает цифровизацию производственного процесса с перспективой становления глобальной промышленной сети. Возникновение данного термина связано с одним из государственных проектов Германии, который заключался во внедрении концепции умного производства (*Smart Manufacturing*). В этой связи И. В. Тарасов пишет следующее: «Понятие «Индустрия 4.0» впервые было введено немецким федеральным правительством как стратегический план развития немецкой промышленности, основанный на объединении в едином информационном пространстве промышленного оборудования и информационных систем, что

позволит им взаимодействовать между собой и с внешней средой без участия человека» [122].

Идеи цифровизации производства пришли в Россию немного позже и были связаны с идеей необходимости повышения производительности труда через утверждение программ научно-технологического развития. К таким программам можно отнести «Национальную технологическую инициативу» (сроки действия с 2014 по 2035 год) [4], «Стратегию научно-технологического развития РФ» (с 2016 по 2035 год) [3], Национальную программу «Цифровая экономика РФ» (2017-2030 год)» [2], Национальный проект «Производительность труда и поддержка занятости населения 2018-2024» [6].

В 2022 году была запущена платформа цифровых решений, которая позволяет внедрять цифровые инструменты и облегчать производственные и рутинные процессы предприятий. В рамках национального проекта «Производительность труда и поддержка занятости» проходит обучение по внедрению подходов, стимулирующих повышение производительности труда на производствах. При участии Минпромторга осуществляется внедрение цифровых решений, которые способствуют повышению производительности труда [104]. В СМИ была отмечена успешность результатов реализации проекта на предприятиях Ленинградской и Московской областей [104].

Локальные успехи не отменяют анализа тенденции цифровизации на уровне отраслей или видов деятельности, а также экономики страны. В этой связи Н.В.Цхададзе в статье, посвященной трансформации промышленности, отмечает следующее: «Россия находится лишь в начале пути массового перехода отечественных предприятий к новым технологиям. По данным *IFR* на 2018 г. в РФ на 10 тыс. рабочих приходится три промышленных робота, в среднем по миру — 69, а в лидирующих Японии, США и Германии — более 1008» [134]. На отставание отечественных предприятий по уровню роботизации и цифровизации обращают внимание Е.В. Вашаломидзе и М.Н.Дудин в статье «Производительность труда, уровень и качество жизни населения России: динамика изменения и современные тенденции взаимовлияния» (2022), в которой в качестве одного из направлений

повышения производительности рассматривается стимулирование инновационно-внедренческой деятельности, включая технологизацию, роботизацию, автоматизацию, в нефинансовом секторе национальной экономики [27].

Внедрение положений по цифровизации производства, содержащихся в концепции «Индустрия 4.0», позволило выявлять рутинные задачи и качественно изменять характер труда. В.В. Аранжин в статье «Взаимосвязь заработной платы и производительности труда: тенденции в условиях цифровизации экономики» (2019) подчеркивает то, что цифровые технологии способны решить большой объем задач; с их развитием будет меняться рынок трудовых ресурсов, будут исчезать привычные профессии и появляться новые [17]. Переоборудование производства, оснащение новым цифровым оборудованием, роботами и искусственным интеллектом влечет за собой новые требования к квалификации персонала. Это неизбежно приводит к идее трансформации системы образования и роли университетов. Затрагивая эту проблему Н.Ю. Щетина отмечает: «При переходе промышленных предприятий кластера на концепцию Индустрии 4.0 ВУЗ может выступать в качестве системного интегратора перехода промышленных предприятий на единую открытую информационную платформу, организовать обучение специалистов и оказывать помощь по созданию «цифровых образов» деталей и продукции предприятия» [141].

Современные предприятия в свете применения цифровых технологий Индустрии 4.0 анализируют свою деятельность, в том числе производительность, через определение ключевых показателей эффективности (*KPI*). Основными примерами могут служить такие компании как: ПАО «Газпром», *Procter & Gamble*, АО «БАТ-СПб» и др. Вопрос повышения производительности труда стоит перед каждым предприятием, независимо от сферы его деятельности. В производстве товаров повседневного спроса (*FMCG*) в большинстве случаев используется линейная структура производства, где поточные линии автоматизированы, и каждая линия или её часть имеет свой блок управления и модуль сбора данных о параметрах работы. Вне зависимости от уровня цифровизации и автоматизации производственного оборудования, в паспорте которого указывается высокая

проектная производительность, не всегда достигается соответствие фактических показателей максимально возможным. Основными причинами недостижения максимальной интенсивности оборудования высокой сложности могут быть скрытые дефекты в узлах оборудования, использование материалов, не отвечающего требованиям производителя оборудования, низкий уровень технической подготовки производственного персонала, отсутствие технического обслуживания и др. При этом блоки управления и сбора информации с помощью датчиков в производственных узлах способны сообщить о наличии технической проблемы.

В качестве одного из ключевых показателей эффективности (*KPI*) на предприятиях *FMCG* присутствует такой показатель как «общая эффективность оборудования» (*Overall Equipment Effectiveness, OEE*). Данный показатель является интегральным, основывается на трех производственных показателях, а именно: доступности, производительности и качестве. Доступность включает в себя любой внеплановый простой оборудования, отсутствие персонала, материалов и др. Производительность учитывает производственную скорость и все ее изменения по причине некачественных материалов или недостаточных навыков персонала. Качество характеризуется появлением брака и измерением потерь относительно качественной готовой продукции. Согласно *World Class Manufacturing* показатель общей эффективности оборудования в мультипликативном выражении трех его составляющих должен находиться на уровне не ниже 85% [92].

Основываясь на подходе *OEE* рассмотрим дерево свойств производительности труда, представленное на рисунке 1.5.

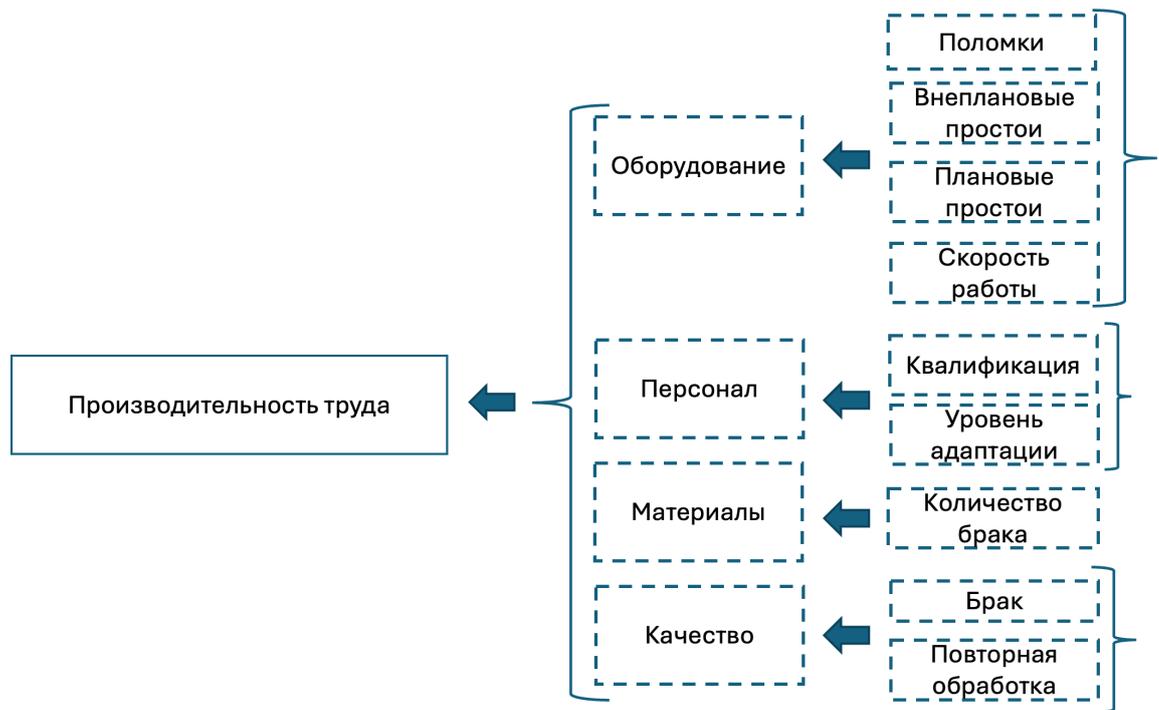


Рисунок 1.5 - Дерево свойств производительности труда

Источник: составлено автор

В построении дерева свойств производительности труда, по сути, переосмыслен подход к общей эффективности оборудования. В рамках дерева свойств выделено четыре основных фактора: оборудование, персонал, материалы и качество. Каждый фактор также был разделен на составные части (точки), на основании которых появляется возможность производить анализ каждого фактора и взаимосвязей между ними, а также осуществлять превентивные управленческие действия для недопущения снижения производительности. Дерево свойств способствует методов анализа производительности труда с помощью разложения процесса производства на факторы и точки. Такой подход может быть эффективно использован для определения потерь в производительности ввиду детализации процесса производства.

Фактор «оборудование» включает в себя все поломки, внеплановые и плановые простои, оценки скорости работы оборудования. С точки зрения анализа и управления в этом ключе прорабатывается недопущение аварийных поломок, а также контроль времени внеплановых и плановых остановок, которые сокращают операционное время производства.

Фактор «персонал» содержит две точки: квалификация и уровень адаптации.

С позиций анализа и управления возможно построение системы адаптации новых сотрудников и развития технической экспертизы через систему наставничества – передачи опыта более опытных работников менее опытным.

Фактор «материалы» подразумевает количество брака ввиду использования материалов ненадлежащего качества.

Фактор «качество» учитывает производство качественной продукции по отношению к потерям ресурсов в результате брака, а также затраты времени на повторную упаковку.

При поиске первопричин возникновения потерь в той или иной точке рекомендуется использование гибких инструментов анализа.

Развитие Индустрии 4.0 повлекло за собой не только цифровизацию производство и углубление цифровизации производственных процессов, но и формализацию Индустрии 5.0, которая в отличии от предыдущей не исключает человека из производственного процесса, а наделяет работника новой функцией развития цифровых технологий и совершенствования систем, основанных на искусственном интеллекте. Основным направлением Индустрии 5.0 становится сотрудничество человека и машины в таких направлениях, как машинное обучение, аналитика данных и цифровые двойники. Основную ценность человека в рамках концепции Индустрия 5.0 отмечается как основная ценность человеческий интеллект и возможность его применения в процессе адаптации технологий. Так, в статье Н. Н. Трофимовой приводится тезис о том, что интеграция человека и машин в рамках Индустрии 5.0 позволяет достичь быструю и эффективную автоматизацию в сочетании с силой человеческого интеллекта [125].

Примечательно, что один из драйверов развития цифровизации производства компания *SAP* в одной из своих статей «Индустрия 5.0: добавление человеческого потенциала к «Индустрии 4.0»» подчеркивает следующее: «Индустрия 4.0» ставит интеллектуальные технологии в центр производства и цепочек поставок, «Индустрия 5.0» призвана расширить эту цифровую трансформацию за счет более значимого и эффективного сотрудничества между людьми и машинами и системами в рамках их цифровой экосистемы. Партнерство людей и умных машин

сочетает точность и скорость промышленной автоматизации с креативностью, инновациями и критическими навыками мышления людей [52].

Эффект от слияния *smart*-технологий и человека как работника нового типа является логическим продолжением освоения *smart*-технологий Индустрии 4.0.

Н.М.Розанова в статье «Индустрия 5.0: золотой век или прыжок в темноту?» отмечает, что человек в роли работника снова находится в центре производственного процесса, но его деятельность дополняется системами искусственного интеллекта и виртуального пространства, что нивелирует грани между разными специализациями работников и неизбежно должно привести к высокому уровню взаимозаменяемости людей [108]. Это положение, на наш взгляд, не бесспорно. Безусловно, развитие технологий открывает широкие возможности в плане взаимозаменяемости разных типов работников, которая становится возможной на высочайшем уровне квалификации, а также в связи с тем, что функция человека в системе Индустрии 5.0 будет носить координирующий характер при цифровизации всех технологических процессов производства.

Таким образом, 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. Соответственно, доля заработной платы работников, занятых в производстве, в переменном капитале должна быть меньше или равна соотношению переменного и постоянного капитала.

Завершая главу, можно сделать следующие выводы:

1. Производительность труда как экономическая категория была предметом изучения многих величайших представителей науки в разные времена. Каждый внес свой вклад в становление понимания производительности труда и способов ее

достижения. 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. Концептуальная карта измерения производительности труда в Российской Федерации показывает, что на уровне национальной экономики измерение производительности труда осуществляется в форме индекса, рассчитываемого Росстатом в разных срезах, а на уровне предприятия в формате ключевых коэффициентов эффективности (*KPI*). Практика выделяет три основных метода измерения производительности труда: натуральный, стоимостной и трудозатратный. Современные предприятия формализуют специфические методы измерения производительности труда, которые берут за основу положения трех основных методов и представляются в формате ключевых коэффициентов эффективности (*KPI*) на уровне предприятия в зависимости от принятых нормативно-методологических документов и специфики вида деятельности. В научной среде отечественные и зарубежные авторы активно применяют метод совокупной производительности труда (*Total factor productivity*), который основан на применении производственной функции и позволяет анализировать влияние отдельных факторов на совокупную производительность труда.

3. Развитие информационных технологий и поступательное внедрение в процесс производства ознаменовали начало становления цифровых производственных систем; внедрение инструментов Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0 в производственные процессы. Главной целью цифровизации производства является повышение производительности за счет автоматизации, роботизации, предиктивной аналитики, искусственного интеллекта и др. В качестве основных показателей анализа производственной деятельности на уровне предприятия формулируются ключевые показатели эффективности (*KPI*), которые закрепляются на уровне нормативно-методологических документов, принятых в

компании. Схематичное структурирование факторов, которые влияют на производительность труда, можно представить в формате дерева свойств, которое наглядно представляет все взаимосвязи и позволяет производить декомпозицию факторов на более мелкие для более четкого представления. Схематичное представление процесса анализа производительности труда позволяет более точно использовать такие инструменты аналитики как анализ причинно-следственных связей (5-почему), рыба кость, карта пути и др. Базовыми принципами статистического измерения производительности в условиях цифровизации являются: неразрывность живого и овеществлённого труда, приоритет безразмерных показателей, определение критериев для объекта измерения и учет изменений переменного и постоянного капитала за счет когнитивности труда.

2. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА В СИСТЕМЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

2.1 Оценка коинтеграции производительности труда и показателей, характеризующих основные фонды

Следуя сформированным принципам измерения производительности в условиях цифровизации, рассмотрим методы, позволяющие интегрировать воздействие основных факторов производства и их взаимосвязей. С позиций выявления долгосрочного равновесия наибольшее значение представляет метод оценки коинтеграции изменения трех показателей эффективности: фондовооруженности, фондоотдачи и производительности труда. Применение этого метода в рамках поставленной задачи было рассмотрено диссертантом в статье «Применение непараметрического метода оценки коинтеграции индексов изменения фондовооруженности, фондоотдачи и производительности труда» (2023) [96]. Этот метод был разработан Робертом Энглom и Клайвом Грэнджером в конце XX века, ими был предложен коинтеграционный тест [146]. Метод оценки коинтеграции основан на выявлении существования линейной комбинации интегрированных временных рядов [115]. При этом временные ряды должны иметь один порядок интегрирования, например, первый порядок интегрирования, $I(1)$:

$$X_t \sim I(1) \text{ и } Y_t \sim I(1) \quad (2.1)$$

В нашем случае применение классического теста на коинтеграцию осложняется небольшим количеством наблюдений. Для анализа малочисленных данных можно применить неколичественный коинтеграционный тест, разработанный К. Бойя и Дж.-Л. Монино [145]. Непараметрический тест позволяет упростить процедуру анализа и ввести использование вероятностей для принятия решения. Как известно, непараметрические тесты имеют то преимущество, что они

пригодны для обработки сравнительно небольшого количества данных, закон распределения которых неизвестен [42]. Методология К. Бойя и Дж.-Л. Монино включает следующие шаги:

1) тестирование стационарности переменных.

Анализируя два временных ряда, x_t и y_t , необходимо проверить, что они являются интегрированными рядами первого порядка, что совпадает с требованием классического теста на коинтеграцию:

$$x_t \sim I(1) \text{ и } y_t \sim I(1) \quad (2.2)$$

2) преобразование временных рядов в виде первых разностей

Этот шаг включает в себя определение первых разностей, а также изучение признаков последовательных изменений между двумя периодами. Если первая разность положительная, то ей присваивается единица (1), соответственно, при наличии отрицательной разницы (-1). Ранжирование разностей позволяет оценить направление изменений между двумя временными рядами.

3) оценка новой переменной, z_t , и расчет взаимозависимости между переменными.

Переменная z_t определяется следующим образом:

$$z_t = \begin{cases} 1, & \text{если } \Delta x_t = \Delta y_t \\ 0, & \text{если } \Delta x_t \neq \Delta y_t \end{cases} \quad (2.3)$$

Использование z - переменной позволяет построить следующую вероятностную модель:

$$\begin{cases} \text{Вероятность } (z_t = 1) = \text{Вероятность } (\Delta x_t = \Delta y_t) = p \\ \text{Вероятность } (z_t = 0) = \text{Вероятность } (\Delta x_t \neq \Delta y_t) = 1 - p \end{cases} \quad (2.4)$$

Вероятность p рассматривается как мера качественной взаимозависимости между анализируемыми переменными. Эту меру взаимозависимости будем рассматривать как альтернативный способ анализа коинтеграции между переменными.

4) определение непараметрического коэффициента связи.

Непараметрический коэффициент связи определяется по формуле:

$$\sigma = \{\text{Вероятность } (p) - \text{Вероятность}(1 - p)\} \quad (2.5)$$

Значение этого коэффициента даёт возможность принять решение о существовании и характере связи между временными рядами:

$$\sigma = \begin{cases} > 0 & \text{корреляция положительная} \\ < 0 & \text{корреляция отрицательная} \\ = 0 & \text{корреляция отсутствует} \end{cases} \quad (2.6)$$

Отсутствие корреляции приводит к отклонению гипотезы о наличии долгосрочной связи между исследуемыми временными рядами. Если наличие корреляции подтверждается, то с определенной вероятностью можно сделать вывод о наличии взаимосвязи в долгосрочной перспективе. Таким образом, основное отличие между классическим методом и непараметрическим подходом к измерению коинтеграции состоит в том, что в результате использования последнего метода оценка приобретает выраженный вероятностный характер.

В качестве иллюстрации непараметрической оценки коинтеграции были использованы годовые данные Росстата за период 2008–2021 гг., представленные на рисунке 2.1.

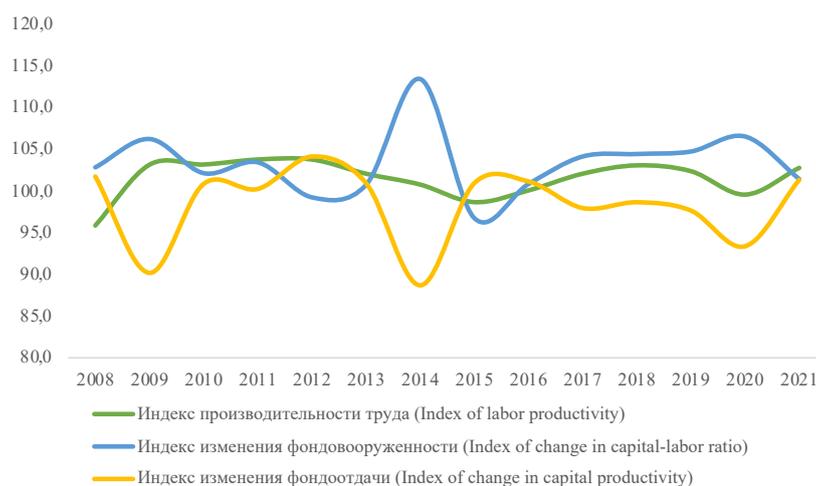


Рисунок 2.1 – Динамика индексов производительности труда, фондовооруженности и фондоотдачи, Российская Федерация, 2008 -2021 гг., в процентах к предыдущему году

Источник: составлено автором по данным [50,51]

Очевидна неустойчивость показателей фондовооруженности и отдачи от использования основных фондов, в то время как динамика производительности труда в меньшей степени подвержена значительным колебаниям. Характер динамики всех трех показателей вызывает предположение об отсутствии тенденций.

Результат проведенного теста на стационарность временных рядов представлен в таблицах 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1 - Расширенный тест Дики-Фуллера (ADF) логарифма показателей

Показатель	P -значение	стационарный / нестационарный
Индекс изменения фондоотдачи: $\ln(IF)$	0,650	нестационарный
Индекс изменения фондовооруженности: $\ln(IFG)$	0,669	нестационарный
Индекс производительности труда: $\ln(IT)$	0,856	нестационарный

Источник: составлено автором по данным [96]

Таблица 2.2 - Расширенный тест Дики-Фуллера (ADF) первых разностей логарифма показателей

Показатель	P - значение	стационарный / нестационарный
Индекс изменения 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

Источник: составлено автором по данным [96]

Тесты единичного корня показывают, что динамика переменных не является стационарным процессом на нулевом уровне, поскольку P -значения больше 5% (таблица 1), однако, динамика первых разностей является стационарной для всех трех переменных. Таким образом, выполняется первое необходимое условие существования коинтеграционных отношений, $I(1)$.

Результаты непараметрического теста на коинтеграцию первых разностей

логарифмов IF и IT представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3- Результаты непараметрического теста на коинтеграцию

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

Источник: составлено автором по данным [96]

Результаты непараметрического теста на коинтеграцию первых разностей логарифма между IFG и IT представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Непараметрический тест на коинтеграцию

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

Источник: составлено автором по данным [96]

Полученные непараметрические коэффициенты отличны от нуля, что означает возможность существования коинтеграции между переменными. В результате проведенной непараметрической оценки коинтеграции можно сделать следующие выводы:

- с вероятностью 0,54 существует долгосрочная взаимосвязь между индексом изменения фондоотдачи и индексом производительности труда;
- с вероятностью 0,62 существует долгосрочная взаимосвязь между индексом изменения фондовооруженности и индексом производительности труда.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что с крайне малой вероятностью изменения основных фондов и показателей, их включающих (фондовооруженность, фондоотдача) в долгосрочном периоде, имеют равнонаправленное развитие с индексом производительности труда.

Очевидно, что главной задачей функции управления на производственных предприятиях является достижение и поддержание высокого уровня производительности труда при наименьших затратах. При этом результат оценки

коинтеграции показал, что изменение фондовооруженности не влечет за собой увеличение производительности и не обеспечивает высокий уровень фондоотдачи. Следовательно, при разработке стратегий управления необходимо исходить из того, что даже самое высокопроизводительное оборудование не гарантирует высокий уровень производительности.

Апробация непараметрического метода подтвердила его применимость к временным рядам с небольшим количеством наблюдений, что позволяет использовать данный метод для проведения экономических исследований в условиях ограниченных данных. В результате проведенного исследования удалось оценить вероятность коинтеграции между индексами и сделать вывод о том, что вероятность долгосрочных отношений и однонаправленности между исследуемыми индексами существует, но не является значительной. Результаты данного исследования открывают предпосылки поиска свойств экономической категории «производительность труда», её связи с отдачей от основных фондов, а также определения подходов к оптимальному соотношению таких ресурсов как труд и капитал, управлению ими на уровне предприятия.

2.2 Формализация диагностического подхода к анализу и управлению производительностью труда в цифровых производственных системах

С целью формализации диагностического подхода было взято типовое поточное производство предприятия, которое относится к сектору производства товаров повседневного спроса (*FMCG*) и входят в обрабатывающую промышленность. Предприятия данного типа используют линейно-поточную структуру организации производственного процесса. Поточная линия состоит из нескольких составных частей (машин), которые выполняют производственные операции для изготовления и упаковки производимой продукции. Типовая структура производственного процесса представлена на рисунке 2.2.

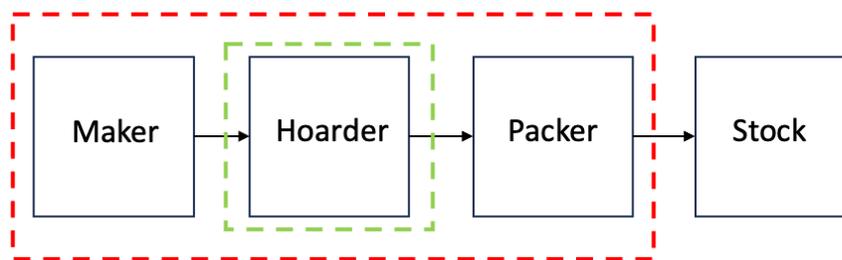


Рисунок 2.2 – упрощенный производственный процесс поточной линии

Источник: составлено автором по данным [97]

Схематичное разложение производственного процесса на элементы позволяет представить производственный процесс любого типа производства. Замеры производительности (пропускной способности) от элемента к элементу позволяют выявить ограничение-то самое «бутылочное горлышко», которое и является барьером повышения общей производительности от элемента входа (*Maker*) до элемента отгрузки продукции (*Packer – Stock*). Оптимизация производственной скорости каждого элемента производственного процесса позволяет достичь максимальной производительности всей производственной системы как целого, несмотря на возможное снижение производительности отдельного частного элемента производственного процесса [94].

Оценка эффективности производственной деятельности на предприятиях разных отраслей осуществляется на основании утвержденных на уровне предприятия ключевых показателей эффективности. Становление цифровых производственных систем открывает предпосылки для формализации новых подходов к анализу и управлению производительностью труда на производственных предприятиях.

Попытка формализации такого подхода, который бы учитывал технологическую и методологическую особенности линейно-поточного производства с учетом становления цифровых производственных систем, изложен диссертантом в статье «Диагностический подход к измерению производительности труда на производствах *FMCG*» (2023) [94]. Диагностический подход к измерению производительности понимается как совокупность аналитических действий, направленных на мониторинг производительности труда с целью превентивного

управления для минимизации потерь, которые снижают уровень производственной эффективности. Основное преимущество подхода заключается в получении актуальной информации о состоянии производственного процесса, что в свою очередь повышает эффективность принятия управленческих решений. Важно отметить, что в результате синергии аналитики и управления в единое действие, можно избежать линейности двух процессов и обеспечить их гибкость. Объединение двух процессов в единый подход концептуально представлено на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 - Концептуальная схема диагностического подхода

Источник: составлено автором по данным [94]

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

Под принципом доступности понимается простота получения данных и их аналитическая обработка. Принцип интерпретируемости понимается как возможность понимания полученных расчетов не только специалистами аналитиками, но и всеми заинтересованными лицами включая производственный персонал, который является основным субъектом формирования производительности труда. Принцип адресности заключается в возможности диагностирования коренной причины низкого или высокого уровня производительности труда с целью последующего воздействия субъектом управления.

Для раскрытия методики применения данного подхода были выбраны месячные данные за 2022 год, полученные с поточных производственных линий

предприятия *FMCG*. Цифровые данные представляют собой зафиксированную информацию о рабочем времени производственного оборудования, которые собираются датчиками в разных агрегатных узлах по потоку движения материала.

Оценка производительности в условиях поточной линии производится выполнение планового задания исходя из допустимых характеристик производственного оборудования с минимальными потерями. К основным потерям рабочего времени можно отнести следующие: потери рабочего времени ввиду сбоев и поломок оборудования; дополнительной настройки оборудования исходя из свойств используемых материалов. Кроме того, могут возникнуть потери в качестве выпускаемой продукции из-за дефектов оборудования.

Для структурирования потерь в рамках диагностического подхода нами предложена следующая классификация потерь.

Плановые потери – это потери, которые производственный персонал может контролировать и управлять ими. Например, дополнительная чистка оборудования, передачи смены, обучение персонала или плановое техническое обслуживание оборудования.

Внеплановые потери – это потери неконтролируемые. К данному виду потерь можно отнести следующее: поломка оборудования, пожарная тревога, задержка в поставке материалов, донастройка 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.

Использование диагностического подхода позволяет выявлять и диагностировать все изменения с помощью оценки их влияния в динамике.

Периодичность измерения в рамках данного подхода для его эффективного применения следующая: ежедневно, еженедельно и ежемесячно.

Данными для анализа выступают сведения, поступающие от производственного оборудования, которые считаются контрольными датчиками.

В качестве практического примера проведен анализ производительности труда с помощью диагностического подхода на основе имеющихся месячных данных о работе поточной линии предприятия, о видах остановок оборудования (рисунок 2.4).

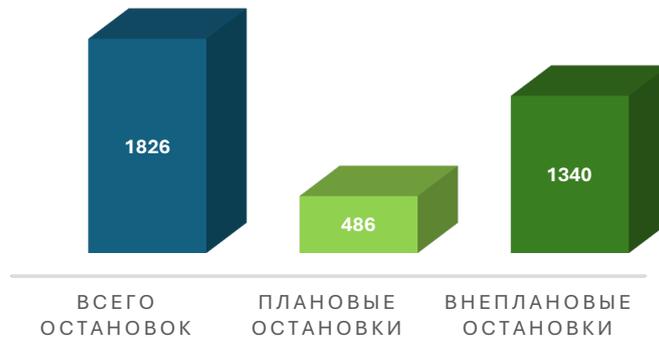


Рисунок 2.4 - Распределение количества остановок оборудования за месяц, в единицах

Источник: составлено автором по данным [94]

Исходя из распределения остановок основные потери времени пришлись на внеплановые остановки, что эквивалентно 73% от общего числа остановок оборудования. Плановые остановки составили 27% от общего числа.

Следующий шаг исследования в рамках диагностического подхода состоит в анализе каждой категории остановок производственного оборудования.

На круговой секторной диаграмме представлены все причины внеплановых остановок за месяц в долях от общего числа плановых остановок (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 - Распределение плановых остановок поточной производственной линии по причинам за месяц, в процентах

Источник: составлено автором по данным [94]

Наибольшую долю остановок составила категория «замена материала», рисунок 3. За месяц по этой причине было зафиксировано 257 остановок, что составляет более половины всех плановых остановок. Основной фокус аналитических и управленческих действий необходимо направить на выявление коренной причины такого большого количества остановок. Для этого можно использовать анализ «5 почему» совместно с производственным персоналом линии для выявления коренной причины и формирования действий по снижению. После проведения мероприятий по снижению числа остановок оборудования по причине замены материала производится дается повторное построение круговой диаграммы распределения и оценка влияния предпринятых действий.

Проведен анализ внеплановых остановок анализируемой поточной линии. Распределение внеплановых остановок машин в процентах от общего числа представлено на рисунке 2.6.

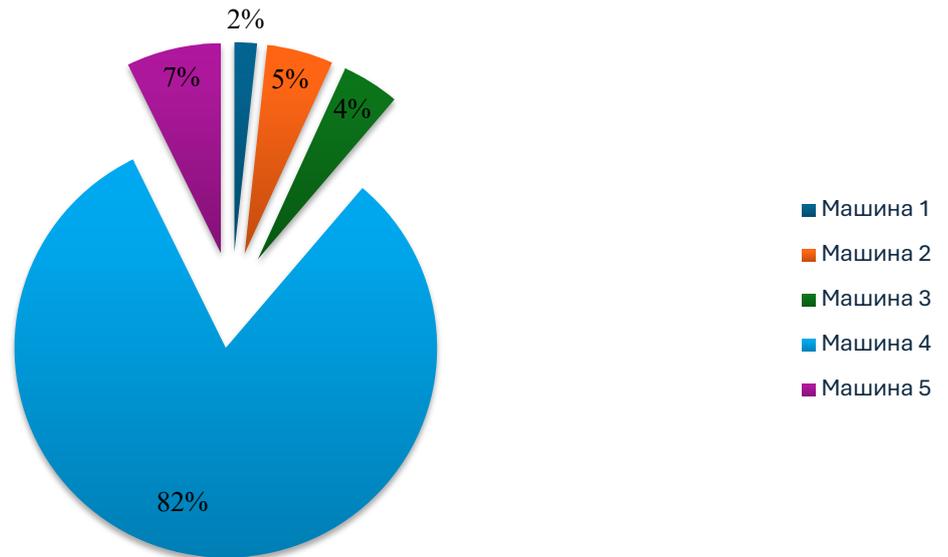


Рисунок 2.6 - Распределение внеплановых остановок поточной производственной линии за месяц по видам машин, в процентах

Источник: составлено автором по данным [94]

Основная часть остановок, 82% внеплановых остановок пришлась на машину 4, которая в соответствии со своим технологическим предназначением производит первичную упаковку продукции.

Отсюда становится понятно, что большая доля плановых остановок связанных с заменой материалов скорее всего происходит из-за дефекта именно в этой части оборудования. Соответственно, в рамках диагностического подхода можно сформулировать действия по снижению потерь. Например, рекомендовать в рамках еженедельной проверки оборудования проводить диагностику на поиск скрытых дефектов машины № 4. Проводить на ежесменной основе отслеживание с помощью чек-листа основных проблем, связанных с заменой материала на этой линии и другие мероприятия в соответствии с положениями на производстве.

Применение диагностического подхода к оценке производительности труда позволяет диагностировать влияние отдельных производственных операций, процессов и узлов оборудования на общую производительность труда. В рамках такого подхода возможна его трансформация с точки зрения использованных метрик исходя из возможности и способов получения данных о работе производственного оборудования. В рамках этого подхода происходит интеграция

измерения производительности труда и оценки качества продукции.

Диагностический подход позволяет:

- максимально локализовать источник возникновения потери производительности труда за счет перманентного мониторинга состояния производственного оборудования;
- ранжировать потери по степени их влияния для последующего устранения;
- вовлечь в процесс управления производительностью труда не только управленческий персонал, но и производственный персонал.

Вышеизложенное позволяет в той или иной мере подтвердить практическую значимость диагностического подхода к оценке измерения и анализа производительности.

При масштабировании подхода в рамках производственного участка возможно проведение бенчмаркинга между поточными линиями для выявления оптимальных настроек оборудования, что позволяет превентивно избежать снижения уровня производительности. В разрезе накопления аналитических данных появляется возможность отследить, как те или иные материалы и комплектующие оказывают влияние на производительность труда, что в свою очередь позволяет более эффективно подходить к снабженческой и закупочной функции предприятия.

С целью адаптации гибких методологий в рамках диагностического подхода в статье «Практика применения бенчмаркинга в рамках диагностического подхода на производствах сектора *FMCG*» (2023) [93] были раскрыты особенности применения бенчмаркинга. В рамках диагностического подхода бенчмаркинг выполняет функцию одного из инструмента для выявления «лучших практик». Последние выявляются на основе сравнения производственного оборудования (в том числе, поточных линий) с максимально идентичной технологией. При этом один объект выделяется как «эталонный», а другой- как сравниваемый. В качестве предмета сравнения принимается набор факторов таких как: качество продукции, количество остановок, настроек за период и др. Основной целью адаптации бенчмаркинга в составе диагностического подхода является использование

инструмента сравнительного анализа, который позволяет не только найти области улучшения, но и провести диагностику по выбранным параметрам.

Рассмотрим в качестве примера сравнения двух поточных линий, с позиций влияния на производительность поточного оборудования следующих факторов.

Смена вида производимой продукции – это технологический переход, при котором могут изменяться материалы, меняются настройки и происходит замена узлов (например, замена узла формата и размера упаковки продукции). Технологический переход сопровождается остановкой и перезапуском поточной линии, а также дополнительной настройкой, ввиду изменения свойств материала и замены узлов оборудования. Основной риск потерь в производительности за счет процесса технологического перехода возникает тогда, когда совершаются электронные и механические настройки оборудования и подбор параметров под новый тип сырья. Задача производственной команды на линии – вывести линию максимально быстро на установленную производственную скорость и должный уровень производительности.

Одним из важных индикаторов при технологическом переходе становится количество выбросов, т. е. отбраковки на определённых этапах трансформации сырья в производственном процессе. Например, отбраковка может быть на стадии изготовления продукта или его упаковки. Количество выбросов непосредственно связано с производительностью через качество, поскольку все выбросы производственной линии — это то, что на ней изготовлено, 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 из строя какого-либо узла, раскалибровка чувствительности контрольных датчиков и др. Данный фактор сказывается на продолжительности 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 демонстрации и обобщения влияния данных аспектов на производительность построена диаграмма Дж. Венна (рисунок 2.7).

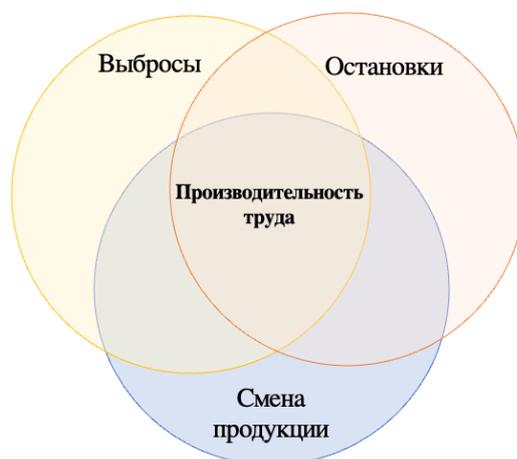


Рисунок 2.7 – Диаграмма Венна: вероятности совмещения событий, влияющих на производительность труда в поточном производстве

Источник: составлено автором по данным [95]

Данная диаграмма отражает возможные соотношения между факторами, которые представлены в виде окружностей. Каждый фактор представляет собой некий процесс, который влияет на общую составляющую. В нашем примере общей составляющей всех трех факторов является производительность труда. Диаграмма Венна иллюстрирует умножение вероятностей совместных событий. Смена сырья и материалов часто связано со сменой выпускаемой продукции, что может повлечь за собой выбросы и остановку поточной линии. Так что выбранные факторы оказывают влияние на эффективность производственного процесса и общую производительность труда.

Как отмечено ранее, для целей диагностирования наличия отклонений в показателях необходимо сравнить две поточные линии с одинаковой технологией производства для выявления эталонных значений каждого из факторов. Для проведения бенчмаркинга внутри одного производственного подразделения были выбраны две поточные линии с одинаковой технологией производства продукции.

При этом типовая структура производственной поточной линии упрощённо может быть представлено следующим образом:

- оборудование, производящее продукцию (*Maker*);
- оборудование, которое накапливает произведенную продукцию (*Hoarder*);
- оборудование, упаковывающее продукцию (*Packer*).

Задачи внутреннего бенчмаркинга состоят в сравнении двух поточных линий по выбранным факторам и определении того, какая из производственных линий находится в большем отклонении, выдвижении и проверки гипотезы для формирования управленческих решений. При этом одна из поточных линий принимается за эталонную исходя из соответствия показателей нормативным значениям изготовителя оборудования или присвоенному классу оборудования в рамках технического аудита. Данные для проведения бенчмаркинга были получены с производственного оборудования путем сбора с лазерных датчиков и дальнейшей оцифровки с помощью специализированных программных средств таких как *Smart Factory* и *MS Excel*.

Исходные данные для бенчмаркинга: период сравнения работы двух линий включал пять дней. Работа на линиях осуществлялась в две смены по 12 часов. За рассматриваемый период на линиях были выполнены технологические переходы вследствие смены вида изготавливаемой продукции. На линии № 1 было выполнено три технологических перехода, а на линии № 2 за рассматриваемый период было выполнено два перехода в связи со сменой продукции, аналогичных по сложности. Всего за анализируемый период было выполнено пять переходов по смене вида изготавливаемой продукции. Линия № 1 в рамках проводимого бенчмаркинга принималась за эталонную.

При осуществлении технологических переходов осуществлялись электронные и механические настройки, в том числе настройка датчиков контроля. В рамках сравнительного анализа двух поточных линий были рассмотрены данные выбросов. Соотношение выбросов на оборудовании двух линий представлено на рисунке 2.8.

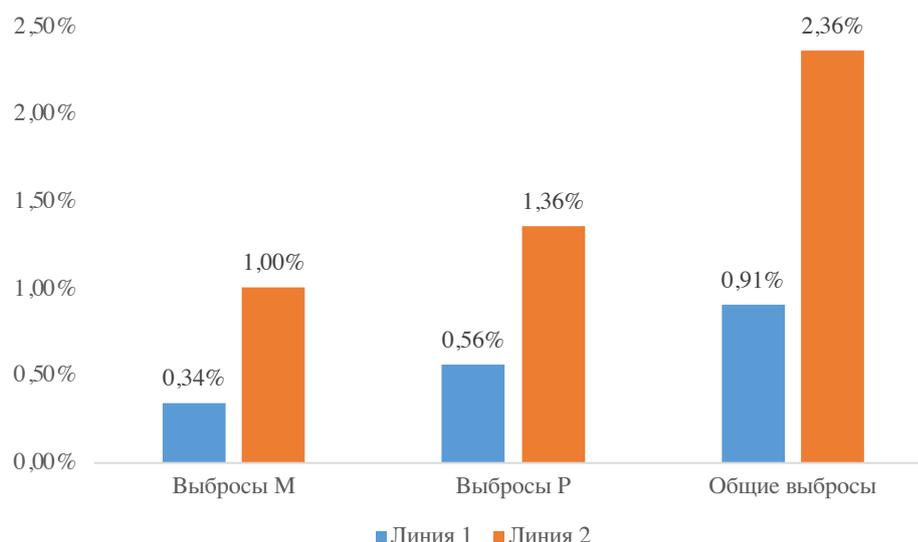


Рисунок 2.8 – Количество выбросов по данным контрольных датчиков, в процентах

Источник: составлено автором по данным [95]

На рисунке 2.8 приводятся данные в разрезе технологических частей: *Maker* и *Packer*. Общие выбросы линии 2 превышают общие выбросы линии 1 примерно в 2,5 раза при условии, что количество технологических переходов на линии 1 составляло три перехода, тогда как на линии 2 было произведено два технологических перехода, что в свою очередь, подчеркивает расхождение и отставание по уровню производительности одной из поточных линий относительно другой.

Рассмотрим количество внеплановых остановок на двух линиях для сравнения стабильности работы каждой из линий. На рисунке 2.9 представлены данные о количестве внеплановых остановок в разрезе технологического оборудования по двух поточным линиям.

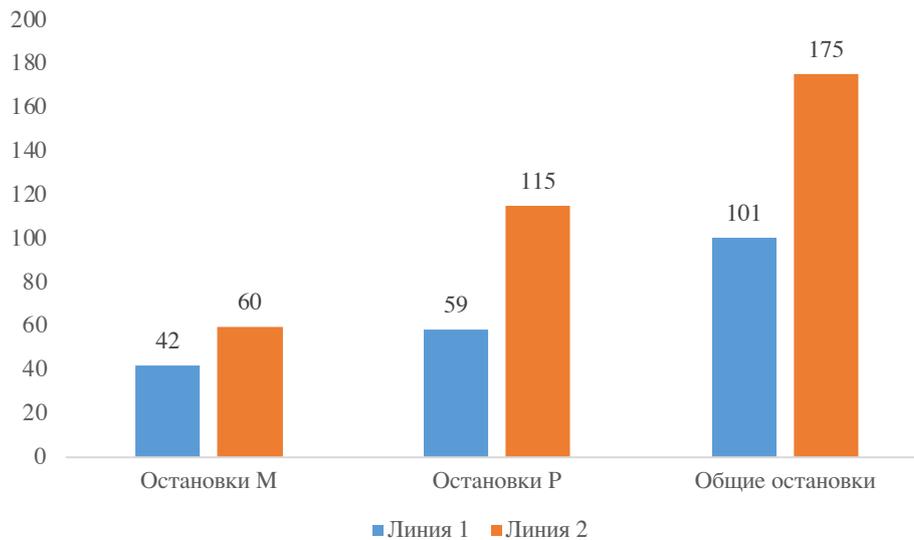


Рисунок 2.9 – Количество внеплановых остановок, в единицах

Источник: составлено автором по данным [95]

На линии № 2 за анализируемый период внеплановых остановок было больше в 1,7 раз, чем на линии № 1, т.е. линия № 1 работала более стабильно.

В результате проведения бенчмаркинга работы двух поточных линий за основу был взят процесс технологического перехода по смене изготавливаемой продукции и было выявлено следующее.

Линия № 2 работает менее стабильно, чем эталонная 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. В качестве направлений вектора управленческих мероприятий естественно выглядят следующие предложения (или рекомендации):

- провести внутренний аудит при ближайшем технологическом переходе на линии № 2 с целью проверки соблюдения технологических стандартов;
- сравнить стандарты технологического перехода линии № 1 и линии № 2;

- после проведения валидации «лучших практик» провести повторно бенчмаркинг для контроля устойчивого результата;

Исходя из имеющихся в распоряжении диссертанта параметров двух поточных линий была продемонстрирована практика адаптации и применимости такого инструмента как бенчмаркинг для цели оценки производительности. Одним из недостатков данного метода можно отметить, что не всегда парк оборудования содержит одинаковые линии (дублиеры), среди которых можно выявлять эталонные и сравнивать с ними другое оборудование (систему машин, поточные линии и т. д.). При всех сложностях сопоставления и нахождения сходных типов оборудования, на каждом предприятии можно выявить параметры для сравнения и принимать в качестве эталонных значения, утвержденные главными технологами. Такого рода диагностику и анализ можно проводить (и действительно проводится) в до-цифровом (автоматизированном) производстве. В рамках цифровизации производства происходит углубление оцифровки производственных процессов с помощью внедрения различных ИТ-технологий. Степень цифровой зрелости производственных процессов зависит от стратегии развития каждого из предприятия. Тем не менее при цифровизации производств мы исходим из того, что синтез цифры и производства образует цифровую производственную систему. В рамках цифровой производственной системы датчики отражают по секундам информацию о состоянии оборудования. Такие данные могут служить базой для предиктивной аналитики остановок и поломок, в том числе при условии технологических переходов, что позволит прогнозировать производительность труда с учетом влияния нескольких факторов на разных этапах производственного процесса.

Повышение производительности труда не сходит с повестки международных экономических форумов долгие годы. Продолжается поиск оптимальных путей повышения с помощью внедрения инноваций, гибких методов управления, с параллельным поиском методов измерения, как на уровне страны в виде реализаций национальных проектов, так и на уровне предприятий в виде инициатив по оптимизации производственного процесса, в том числе внедрения

интегрированных рабочих систем.

Интегрированная рабочая система представляет собой подход, при котором основные и вспомогательные процессы компании представляют собой системы (например, система управления качеством, управление поставками, организация документооборота и др.), которые между собой интегрируются с целью улучшения организационных и бизнес-возможностей, и снижения потерь.

В рамках применения диагностического подхода предполагается синтез двух функций: управление и аналитика, основой которого являются данные текущего мониторинга за состоянием производственных систем с целью диагностики и превентивного принятия управленческих решений для предотвращения снижения эффективности производства, в том числе производительности труда.

Использование бенчмаркинга производительных систем является дополнительным инструментом в составе диагностического подхода к измерению производительности труда в системе «работник-цифровизированное оборудование».

Подводя итоги рассмотрения бенчмаркинга в рамках диагностического подхода анализа и управления производительностью труда можно сделать следующие выводы относительно возможностей этого подхода:

- выявление «лучших практик» для повышения стабильности работы производственного оборудования;
- проведение тестирования гипотезы применимости определенных действий, которые были запланированы в рамках цикла поставленных задач;
- оптимизация «лучших практик» на основе собственного опыта и опыта «эталона», что обеспечивает приращение эффективности.

В качестве иллюстрации этих положений был проведен бенчмаркинг двух поточных линий на базе процесса технологического перехода по смене продукции по следующим факторам:

- количество выбросов;
- количество внеплановых остановок.

В результате аналитической части была продемонстрирована практическая

применимость бенчмаркинга для целей внутренней диагностики производственного оборудования. В рамках реализации управленческой функции были сформулированы направления, нацеленные на повышение качества продукции и рост производительности.

Бенчмаркинг поточных линий единой технологии способствует выявлению коренных причин снижения производительности. Регулярное проведение сравнительного анализа и обмена лучшими практиками позволяет превентивно избежать снижения уровня производительности. С позиций накопления аналитической базы важно следить за тем, как каждая технология работает при смене материала и какие оптимальные настройки необходимо произвести для выпуска качественной продукции.

Становление цифровых производственных систем влечет за собой появление информации в режиме реального времени, которая описывает состояние производственного оборудования. Высокие проектные характеристики производственного оборудования не гарантируют высокопроизводительного результата по ряду причин. Основная причина в том, что оборудование является составной частью цифровой производственной системы и на его работу влияют такие факторы как качество материалов, периодичность технического обслуживания, параметры настройки, квалификация персонала и др. Изменение производственного процесса влечет за собой и изменение подходов к анализу и управлению. Принципиально новая система требует формализации новых или адаптация традиционных методологических подходов. В данном случае бенчмаркинг как инструмент сравнительного анализа был применен в рамках диагностического подхода. Внедрение цифровых производственных систем в структуру производства требует трансформации кадров, прежде всего, производственного персонала. Производственный персонал должен обладать целым набором компетенций, которые позволяют достигать целевых показателей эффективности в рамках достигнутого уровня зрелости цифровой производственной системы. Производственный персонал нового типа можно охарактеризовать как высокопроизводительный, многофункциональный и

высокоответственный.

Любая производственная система имеет свойство изменяться и главная задача управленческой функции накапливать знания и максимально очерчивать, и фиксировать оптимальные паттерны поведения производственного оборудования. Такая система ценностей активно реализуется через интегрированные рабочие системы в секторе производства товаров повседневного спроса (*FMCG*). Суть таких систем — это перманентный поиск улучшений через выявление потерь и формирование контрмер на выявленные потери. Примерами предприятий, успешно реализующих рабочие системы в цифровом производстве, являются *Procter&Gamble*, АО «БАТ-Спб», *Unilever* и др. При выявлении наиболее эффективной контрмеры решение обязательно приобретает стандартизованную форму, в которую могут входить фотографии положения узла производственного оборудования, значения электронных параметров, положения чистящего инструмента при проведении обслуживания оборудования. В стандарте обязательно указываются материалы и характеристики, на которых это решение было эффективным и способствовало снижению потери. Практика применения стандартизации является частью образования производственного персонала, поскольку при нахождении оптимального решения созданные стандарты могут быть реплицированы на другие производственные участки. В целом совокупность таких стандартов представляет собой базу знаний. Такая база знаний помогает адаптироваться новым сотрудникам без внеплановой потери производительности. Если по каким-то причинам решение возникающей в производственном процессе потери не найдено, то оператору оборудования предлагается найти решение с помощью таких инструментов как: диаграмма Исикавы, форма 5-Почему, карта потери.

В статье диссертанта на тему «Гибкие инструменты обучения занятых в цифровом производстве как основа повышения производительности труда» (2023) [101] приводятся следующие инструменты:

Диаграмма Исикавы (Рыбья кость) может быть адаптирована к любым факторам и помогает разложить процесс и выявить только те факторы, которые

оказывают наибольшее влияние на возникновение потерь.

Форма 5-Почему представляет собой блочную схему, в начале которой описывается наблюдаемое событие и к нему в логической последовательности задаются пять уточняющих вопросов, что позволяет максимально разложить событие в хронологической последовательности и выявить причинно-следственные связи.

Карта потери – это контурная карта всего оборудования с обозначением точек трансформации материала или, иными словами, те узлы оборудования, где материал меняет свое свойство или траекторию движения. Такой способ позволяет детально представить устройство оборудования и установить место и причину возникновения сбоя процесса, поломки или потери. Большинство гибких методов могут быть представлены в формате инструментов обучения. Адаптивность такого подхода не вызывает сомнений, поскольку была апробирована крупными игроками сектора производства товаров повседневного спроса. Безусловно, применение гибких инструментов обучения не может считаться тождественным с программами профессиональной переподготовки, но однозначно может быть рассмотрено производственными предприятиями как дополнение и надстройка позволяющая накапливать ценные сведения и реплицировать наилучшие решения для поддержания и повышения производительности труда [99].

Завершая главу, можно сделать следующие выводы:

1. Обосновано значение метода непараметрической коинтеграции в условиях интегрирования таких факторов производства как труд и капитал. Адаптация данного метода позволила показать его применимость 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. Стоит отметить, что вероятность однонаправленных долгосрочных отношений между исследуемыми индексами существует, но не является значительной. Это свидетельствует о том, что в условиях цифрового производства достижение высокого уровня производительности труда будет

происходить не за счет увеличения уровня фондовооруженности, а за счет управления и применения таких технологий в управлении как предиктивная аналитика и искусственный интеллект. Результаты применения непараметрической коинтеграции позволили проследить связь производительности труда с отдачей от основных фондов, что позволяет сделать вывод о необходимости формирования подходов к оптимальному соотношению таких ресурсов как труд и капитал, интегрированному управлению ими на уровне предприятия.

2. Формализация диагностического подхода позволяет сформировать набор практико-ориентированных инструментов, который направлен не только на измерения производительности труда, но и на анализ состояния всей производственной системы с целью формирования контрмер на уже возникающие потери из-за снижения производительности труда и превентивные мероприятия по недопущению потерь в производственных процессах. Детальное рассмотрение производственного процесса типового предприятия сектора производства товаров повседневного спроса позволило адаптировать набор инструментов для измерения и анализа производительности труда, а также понять особенности цифровизации производственных процессов и глубину сбора данных в период становления цифровых производственных систем. Набор данных для анализа в рамках разных цифровых производств может отличаться ввиду уровня цифровизации производственного оборудования, но диагностический подход и предлагаемые методы такие как бенчмаркинг могут быть использованы на различных данных при условии сопоставимости сравниваемых параметров.

3. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАКРОПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА И ЗАНЯТОСТЬ В РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКЕ

3.1 Анализ детерминант изменения характера труда в экономике

Поступательное развитие технологий и становление цифровой экономики влекут за собой изменения характера труда. Процесс цифровизации производства происходит постепенно: от индустриального производства, использующего систему машин, к постиндустриальному, основанному на автоматизированном производстве, робототехнике, а затем на постепенном внедрении цифровизации и искусственного интеллекта. Происходящие изменения сказываются не только на развитии техники и технологий производства, возникают новые требования к обустройству рабочего места, к квалификации работников. В статье А.А. Угрюмовой, М.В. Савельевой отмечается, что наблюдается тенденция несоответствия уровня оснащения рабочего места с квалификацией работников в связи с набирающим обороты технологическим переоснащением производства [127., С. 109].

В качестве одного из показателей, отражающих трансформацию труда в условиях становления цифровых производственных систем, было рассмотрено число высокопроизводительных рабочих мест (далее – ВПРМ). В прогнозе долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года, разработанном Министерством экономического развития [7], показатель производительности труда, который определен как добавленная стоимость в расчете на одного сотрудника в рамках хозяйствующего субъекта, рассматривается как один из критериев ВПРМ. Заметим, что в настоящее время показатель добавленной стоимости не рассчитывается на микроуровне, но то, что его расчет предусмотрен, свидетельствует о возможностях последовательного агрегирования данных в анализе производительности труда.

В статье С.Л. Полуэктовой, И.Н. Якунино.,Е.А. Колесниченко, посвященной

вопросам модернизации ВПРМ, приводится тезис о том, что в процессе формирования новых ВПРМ будет активизироваться становление нового рынка труда и новых кадров, которые будут способствовать решению задач по импортозамещению, снижению издержек, автоматизации и цифровизации производства и т. д [91.,С.69].

Основной задачей анализа детерминант изменения характера труда в экономике является оценка текущего состояния на основе официальных показателей, которые характеризуют изменения характера труда в экономике. Одной из гипотез исследования является позитивное влияние процесса становления цифровых производственных систем, который сопряжен с изменением организации и характера труда, на производительность труда. Для исследования текущих изменений рассмотрена ретроспектива изменения числа ВПРМ, а также производство высокотехнологичной и наукоемкой продукции и структура инвестиций. Особое внимание заслуживает анализ структуры инвестиций ввиду того, что инвестиции являются одним из ключевых индикаторов изменения производства и сигнализируют о стратегических изменениях в структуре производственного процесса.

По данным Росстата [126] в период 2011–2022 гг. среднегодовой темп совокупного прироста ВПРМ составил 4,2%. Динамика количества ВПРМ представлена на рисунке 3.1.

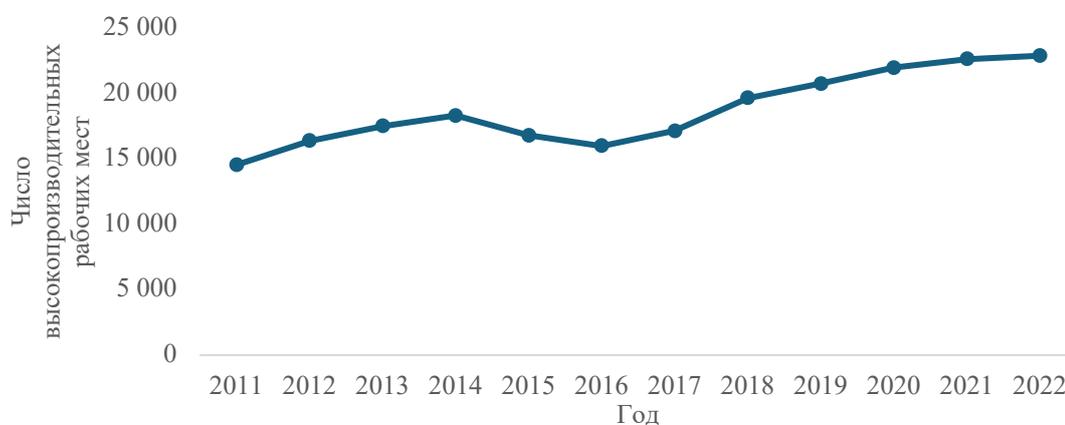


Рисунок 3.1 - Число высокопроизводительных рабочих мест, Российская Федерация, 2011–2022 гг., тыс. единиц

Источник: составлено автором по данным [126]

Динамику ВПРМ можно разделить на три периода: 2011–2014 гг., 2015–2016 гг. и 2017–2022 гг. В таблице 3.1 представлена характеристика каждого, выделенного периода.

Таблица 3.1 – Периоды развития высокопроизводительных рабочих мест, Российская Федерация, 2011–2022 гг.

Период	Темп прироста за период, %	Среднегодовой прирост, %
2011–2014 гг.	26	8
2015–2016 гг.	- 5	-5
2017–2022 гг.	34	6

Источник: составлено автором на основе данных [126]

Данные таблицы 3.1 показывают, что за рассмотренный период 2011–2022 гг. число ВПРМ имеет тенденцию к росту. Спад показателя был зафиксирован в период 2015–2016 гг., что можно рассматривать как следствие девальвации рубля и действия введенных санкций в отношении сырьевого и оборонного комплекса Российской Федерации. Стабилизация среднегодового темпа роста ВПРМ наметилась на уровне 6% в период 2017–2022 гг.

Приведенная периодизация на основе показателя высокопроизводительных рабочих мест имеет обоснование и в целом наглядно отражает основные тенденции развития современной экономики Российской Федерации с учетом внешних воздействий таких как: посткризисная адаптация 2011–2014 гг., влияние санкций и девальвации рубля 2015–2016 гг. и адаптация экономики, частичная переориентация на Восток и преодоление эпидемии *Covid-19* в 2017–2022 гг.

Развитие цифровых производственных систем в разных отраслях экономики Российской Федерации влечёт за собой изменение в характере труда. Анализ динамики ВПРМ показывает, что все большее число рабочих мест становится высокопроизводительными за счет внедрения новых технологий, оборудования и цифровизации производственных процессов.

В таблице 3.2 представлена динамика численности занятых и число ВПРМ по данным Росстата [126] в Российской Федерации за период 2011–2022 гг.

Таблица 3.2 - Численность занятых и число высокопроизводительных рабочих мест (ВПРМ), Российская Федерация, 2017–2022 гг.

Год	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Численность занятых, тыс.	72142,0	72354,4	71764,5	70460,8	71597,7	71861,0
Число ВПРМ, тыс.	17114,0	19638,0	20732,0	21946,0	22610,0	22862,0

Источник: составлено автором на основе данных [126]

Численность занятых за последние годы по Российской Федерации имеет тенденцию к росту, в том числе за счет проведённой Пенсионной реформы 2019 – 2028 г. Число ВПРМ за рассматриваемый период характеризуется возрастающей тенденцией, что свидетельствует о переходе традиционных рабочих мест в высокопроизводительные и подтверждает изменение характера труда. Изменение занятости проявляется в соотношении между высокопроизводительными и традиционными рабочими местами, что представлено в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Доля ВПРМ в общей численности занятых, 2017–2022 гг.

Годы	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Доля ВПРМ в численности занятых	0,24	0,27	0,29	0,31	0,32	0,32

Источник: составлено автором на основе данных [126]

В результате анализа соотношения между высокопроизводительными и традиционными рабочими местами выявлено, что темп прироста доли ВПРМ в общей численности занятых составил 34%, а среднегодовой темп прироста 6% за рассматриваемый период 2017–2022 гг.

Визуализация снижения не высокопроизводительных рабочих мест в общей численности занятых представлена на рисунке 3.2.

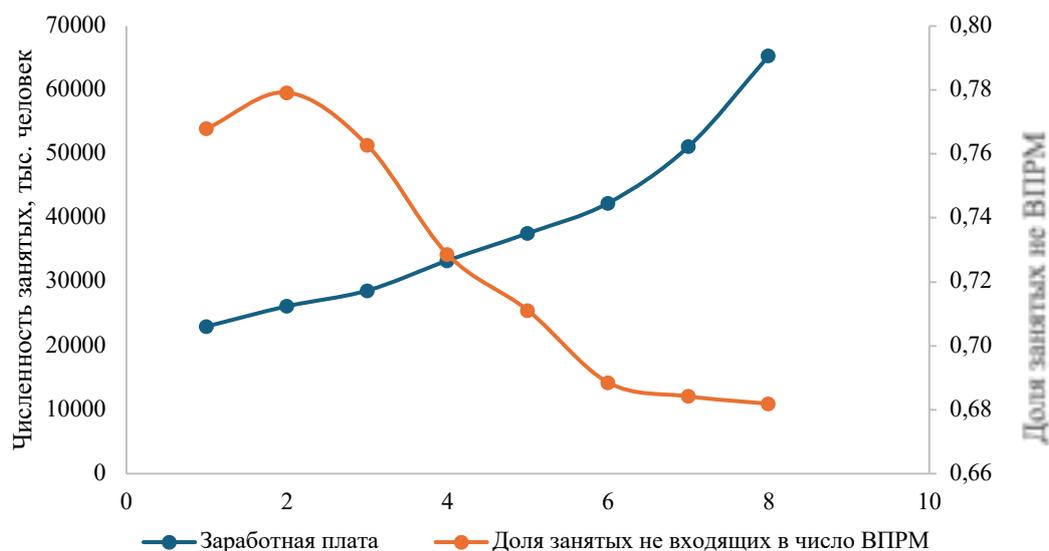


Рисунок 3.2 – Зарботная плата и доля занятых на не высокопроизводительных рабочих местах в общей численности занятых, Российская Федерация, 2017–2022 гг.

Источник: составлено автором по данным [126]

Становление цифровых производственных систем повлекло за собой изменения характера труда ввиду изменения требований и подходов к производству. На рисунке 3.2 показано, что при увеличении заработной платы за рассматриваемый период происходит снижение доли числа рабочих мест, не попадающих под критерий ВПРМ. Данная зависимость демонстрирует, что заработная плата растет в новых специализациях, которые относятся к числу ВПРМ.

Согласно прогнозу долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 г., вне зависимости от сценариев развития, прогнозируется увеличение ВПРМ за счет перехода экономики Российской Федерации на инновационный путь развития. Наибольший рост ВПРМ ожидается в обрабатывающих отраслях промышленности, строительстве, торговле, здравоохранении и сфере оказания услуг [7].

Увеличение числа ВПРМ в экономике Российской Федерации неизбежно повлечет за собой перераспределение рабочей силы ввиду требований новых навыков от работников из числа ВПРМ.

Вопрос развития кадрового потенциала в части соответствия компетенций кадров характеристикам ВПРМ получил развитие в становлении корпоративных

университетов на базе компаний. Так, в статье *Forbes Russia* приводятся тезисы исследования НИУ ВШЭ на тему тенденций корпоративных университетов и говорится о становлении группы лидеров по вопросам корпоративного образования из числа российских компаний таких как: Сбер, Сибур, Банк России, РЖД, НЛМК, Газпром нефть и др. [74].

По данным доклада (2022) лаборатории исследований рынка труда НИУ ВШЭ отмечается, что самая высокая доля трудоустройства зафиксирована среди выпускников математических и ИТ направлений около 78%, технические направления занимают 77 % среди бакалавриата/специалитета и 84% среди выпускников магистратуры. При это отмечается, что наличие диплома не является достаточным условием и работодатели хотят видеть работников, имеющих опыт в реальном секторе экономики. Зафиксирован запрос на специалистов с техническими и цифровыми навыками, которые являются необходимыми для реализации инновационного потенциала [33]. Данные лаборатории исследований рынка труда НИУ ВШЭ подтверждают наметившуюся тенденцию об изменении характера труда, что подтверждается запросом реального сектора касательно выпускников высших учебных заведений.

В этой связи особый интерес представляет динамика доли продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте (далее – ВРП). Согласно данным Росстата за период 2011–2021 гг. в Российской Федерации уровень данного показателя в 2021 г. соответствует уровню 2011 г., что показано на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 - Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте, Российская Федерация, 2011–2021 гг.

Источник: составлено автором по данным [78]

Несмотря на прирост числа ВПРМ существенного увеличения доли продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей не произошло. Такое несоответствие может означать, что рост ВПРМ относится в равной мере как к отраслям, производящим высокотехнологичную продукцию, так и к отраслям экономики, не производящим высокотехнологичную и наукоемкую продукцию.

Технологический переход к цифровой экономике означает поиск нового соотношения между основным капиталом и трудом. Состав основного капитала трансформируется под влиянием инвестиций, которые могут быть рассмотрены в качестве детерминант изменения характера труда. Инвестиции в основной капитал по данным Росстат за период 2017–2023 гг. представлены на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 - Инвестиций в основной капитал, Российская Федерация, 2017–2023 гг., тыс. руб.

Источник: составлено автором по данным [49]

Согласно рисунку 3.4 сформировалась тенденция роста инвестиций в основной капитал по всем видам экономической деятельности в Российской Федерации за рассматриваемый период 2017–2023 гг. Структура инвестиций включает вложения в машины и оборудования, информационные технологии и другие фонды (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Структура инвестиций в основной капитал в Российской Федерации, 2017–2022 гг.

Показатель	Доля фонда в общей сумме инвестиций в основной капитал
Фонд ИТ (<i>dIT</i>)	0,0132
Фонд машин и оборудования (<i>dXM</i>)	0,4762
Фонд интеллектуальной собственности (<i>dNA</i>)	0,0595
Фонд прочие (<i>dECT</i>)	0,0438
Фонд другие(<i>dDRD</i>)	0,4073

Источник: составлено автором по данным [49]

Наибольшую долю в общих инвестициях в основной капитал занимает фонд машин и оборудования. Фонд другие включает в себя жилые здания, сооружения, расходы на их реновацию, транспортные средства и является вторым по величине доли в общей сумме инвестиций в основной капитал. На рисунке 3.5 представлена доля инвестиций в основной капитал.

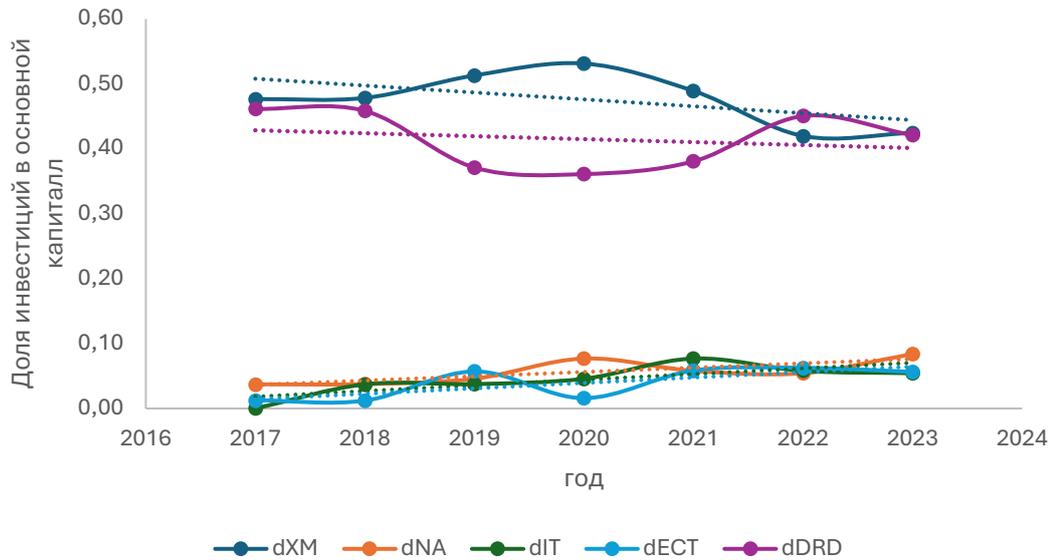


Рисунок 3.5 - Доля инвестиций в основной капитал по фондам, Российская Федерация, 2017–2023 гг.

Источник: составлено автором по данным [49]

За рассматриваемый период просматривается тенденция снижения доли инвестиций в фонды машин и оборудования и фонду «другие». При этом наблюдается тенденция роста доли инвестиций в такие фонды как: информационные технологии (ИТ), интеллектуальная собственность и нематериальные активы (НМА) и прочие. В таблице 3.5 представлен среднегодовой темп роста / снижения доли инвестиций по рассматриваемым фондам.

Таблица 3.5 – Среднегодовой коэффициент роста (снижения) доли инвестиций по фондам в Российской Федерации 2017–2022 гг.

Показатель	Среднегодовой коэффициент роста /снижения
Фонд информационных технологий (<i>dIT</i>)	1,0248
Фонд машин и оборудования (<i>dXM</i>)	0,9809
Фонд интеллектуальной собственности (<i>dNA</i>)	1,1451
Фонд прочие (<i>dECT</i>)	1,2839
Фонд другие(<i>dDRD</i>)	0,9848

Источник: рассчитано автором по данным [49]

За исследуемый период 2017–2023 гг. среднегодовой относительный прирост инвестиций в основной капитал по фондам ИТ (*dIT*) составил 2,5%, по фонду интеллектуальной собственности в форме нематериальных активов (*dNA*) 14,5%,

инвестиции в фонд машин и оборудования (*dXM*) снижались ежегодно на 2,5% за исследуемый период, инвестиции в прочие фонды (*dECT*) растут на 28% вследствие увеличения расходов на обслуживание, по инвестициям в фонд другое наблюдается среднегодовое снижение на 2,5%.

Фонд прочие может быть представлен инвестициям, которые направлены на обратный инжиниринг и конвертацию производственного оборудования, текущее обслуживание и содержание активов, а также на мероприятия организационно-образовательного характера, такие как организация внутренних центров компетенций, внедрение гибких систем управления такие как *Agile* и бережливое производство.

Существующий рост инвестиций в информационные технологии позволяет предположить их связь с процессом становления цифровых производственных систем и отмеченным ранее ростом числа ВПРМ. То, что увеличение числа ВПРМ не сказалось на увеличении доли продукции, относящейся к высокотехнологичной и наукоемкой за рассматриваемый период свидетельствует, что увеличение числа ВПРМ приходится и на смежные отрасли и секторы экономики, не связанные с производством такой продукции. Содержание и характер труда в цифровой экономике предполагают наличие работников нового типа, органично включенных в цифровую производственную систему. Рост числа ВПРМ является свидетельством намечающейся тенденции опережающего переоснащения рабочих мест и возникновения несоответствия квалификации работника техническому и технологическому уровню рабочего места. Несомненно, кадровый потенциал значительно влияет на показатель производительности труда, поскольку высокий уровень технологического оснащения рабочих мест без должной квалификации производственного и обслуживающего персонала не позволит достичь плановых показателей выработки и не увеличит производительность труда.

На основе анализа детерминант было выявлено, что за период 2017–2022 гг. происходит существенный рост числа ВПРМ и поступательное снижение числа рабочих мест, не относящихся к ВПРМ, что подтверждает гипотезу об изменении характера труда и становлении новых цифровых производственных систем.

Многие крупные предприятия ввиду необходимости развития кадрового потенциала создают корпоративные институты или профильные подразделения с целью развития и обучения кадров для сокращения несоответствия компетенций работников уровню используемых технологий. Примерами корпоративных институтов и центров образования могут служить: Газпром корпоративный институт [62], Академия *Isource* [82], Яндекс Практикум [83] и Корпоративный университет «КАМАЗ» [106] и др. Стоит отметить, что развитие корпоративного образования происходит не только с точки зрения организации внутреннего обучения, но и как направление бизнеса.

В качестве периода анализа инвестиций в основной капитал был выбран период 2017–2022 гг. ввиду того, что он характеризуется стабилизирующей динамикой. Анализ инвестиций в основной капитал за период 2017–2023 гг. показал, что рассматриваемый период характеризуется приращением высокопроизводительного оборудования, накоплением технологий в фондах интеллектуальной собственности и расширением производств в Российской Федерации. Среднегодовое снижение инвестиций за период 2017–2022 гг. в фонды машин и оборудования, фонды другое свидетельствует о завершении одной из стадий становления цифровых производственных систем, а увеличение инвестиций в такие фонды как ИТ, фонды интеллектуальной собственности и прочие характеризует актуальность структурных сдвигов, связанных со становлением цифровой производственной инфраструктуры в цифровых производственных системах.

Таким образом, анализ детерминант показал, что труд работников существенно замещается высокопроизводительным, что наглядно видно на данных доли числа ВПРМ в экономике за рассматриваемый период. При этом рост заработной платы происходит одновременно с сокращением традиционных рабочих мест. Несмотря на существенный прирост ВПРМ за исследуемый период не прослеживается рост производства высокотехнологичной и наукоемкой продукции, что объясняется тем, что в связи с поступательным развитием и автоматизации роботизации производственного сектора происходит изменение

характера труда. Труд, производящий продукцию повседневного спроса, становится все более высокопроизводительным. Анализ структуры инвестиций в основной капитал показывает, что доля инвестиций в машины и оборудование снижается с поступательным увеличением доли инвестиций в фонды НМА и ИТ инфраструктуры. Такое положение в инвестиционной политике продиктовано тем, что в настоящий момент эффективность производства и высокий уровень производительности достигается за счет цифровизации производственных процессов и применения новых технологий и методологий управления производством.

3.2 Классификация субъектов Российской Федерации в фокусе становления цифровых производственных систем

Анализ детерминант в изменении характера труда и структуры инвестиций, проведенный в 3.1 показал, что в экономике происходит процесс становления цифровых производственных систем, что не является совершенно неожиданным процессом. Многие экономисты предсказывали в своих работах, что технологии и человеческий капитал будут ключевыми в развитии экономики. Ангус Дитон, нобелевский лауреат 2015 года, пишет: «Ян Тинбруген (1903–1994) один из первых экономистов, который разделил со своим коллегой Фришем Рагнарсом (1895–1973) нобелевскую премию в области экономики в 1969 году. Он рассматривал эволюцию распределения доходов существенно не с позиций битвы труда и капитала, а как гонку развития технологий и образования» [39].

С целью изучения данного процесса и его влияния на трансформацию такой экономической категории как производительность труда была проведена классификация субъектов РФ по уровню технологического перевооружения обрабатывающей промышленности. Согласно прогнозу долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 г. ожидается, что в обрабатывающей промышленности вне зависимости от сценариев развития прогнозируется увеличение ВПРМ за счет перехода экономики Российской

Федерации на инновационный путь развития [7].

Относительный рост обрабатывающих производств в Российской Федерации за 2023 год по данным Росстата составил 107,5%, что на 8,8 п.п. больше относительного роста добывающего производства [80]. По данным платформы Заводы.рф география обрабатывающей промышленности по округам и объёму производства выглядит следующим образом [81]:

- Центральный – 34,3%
- Приволжский – 20,5%
- Северо-Западный – 13,3%
- Уральский – 12,3%.
- Сибирский – 10,1%
- Южный – 6,7%
- Дальневосточный – 1,8%
- Северо-Кавказский – 1%.

Налицо концентрация обрабатывающих производств в первых четырех Федеральных округах РФ.

Современные обрабатывающие производства обладают высокотехнологичным оборудованием, в том числе для поточного производства, основываясь на цифровых платформах производственных систем. В.А.Бажанов, И.И.Орешко в своей статье, посвященной импортозамещению в обрабатывающей промышленности (2019), отмечают, что обрабатывающее производство определяет инновационный облик экономики [19., С.81].

Для изучения локализации обрабатывающей промышленности было решено провести классификацию субъектов Российской Федерации, выделив те территории, которые составят объект последующего исследования проникновения процесса цифровизации в экономику и его особенностей.

Многомерная классификация методом кластерного анализа не требует предположений о наборе данных и не накладывает на них ограничений, допуская использование разных типов данных. При этом исследуемые переменные должны измеряться в сравнимых шкалах, что достигается чаще всего их стандартизацией.

К основным задачам кластерного анализа относятся:

- классификация исследуемых объектов с учетом признаков, которые отражают целевое назначение классификации;
- выявление существующей структуры анализируемой совокупности;
- поиск и установка связей внутри исследуемой совокупности в целом, в пределах выделенных классов и между классами.

Для оценки регионального аспекта производительности труда с учетом внедрения инноваций, изменения характера труда, занятости и производства высокотехнологичной и наукоемкой продукции был проведен кластерный анализ с применением интегральной среды разработки *RStudio* с использованием статистического языка *R*. В рамках исследования применялись следующие пакеты анализа в *R*: *readxl*; *ggplot2*; *library(factoextra)*, *library(NbClust)*, *library(pastecs)*, *library(tidyverse)*, *library(dplyr)*, *library(stats)*, *library(cluster)*, *library(dbSCAN)*, *library(fpc)*, *library(hopkins)*.

Для проведения классификации методом кластерного анализа были рассчитаны показатели, представленные в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Показатели, отражающие трансформацию обрабатывающей промышленности в 2017–2022 гг., использованные для проведения кластерного анализа субъектов Российской Федерации

Обозначение	Описание показателя
<i>LP</i>	Производительность труда, рассчитанная как отношение выпуска к численности рабочей силы
<i>FI</i>	Обновление основных фондов - отношение инвестиций в основной капитал к основным фондам
<i>IQ</i>	Инвестиции в производство - отношение выпуска к инвестициям в основной капитал, т.е. выпуск на ед. инвестиций
<i>FL</i>	Фондовооруженность - отношение основных фондов к численности занятых в обрабатывающей промышленности

Источник: составлено автором

Наиболее распространённым алгоритмом последовательной кластеризации

является метод k -средних (*k-means*). Особенностью данного алгоритма является то, что он состоит из двух этапов и строится на предположении, что число кластеров k известно. Итерационная процедура алгоритма выглядит следующим образом:

- задаётся число кластеров;
- определяются начальные центры на основе выбора наблюдений случайным образом;
- для каждого наблюдения из исходного множества определяется ближайший центры, вследствие чего образуются начальные кластеры;
- выявляются центроиды и начальные центры смешаются в центроиды;
- итерации вычисления центроидов и смещения центров повторяются до тех пор, пока в рамках каждой итерации в кластерах не будет оставаться тот же набор наблюдений.

Другим методом применения кластерного анализа является алгоритм *CLARA* (*Clustering Large Applications*), который был предложен в 1990 г. Л.Кауфманом и П.Руссеу [149]. Алгоритм минимизирует средний разброс объектов относительно случайно, выбранного ближайшего медоида, при этом объекты выбираются случайным образом, а не все подряд, что позволяет исследовать большие объемы данных. При применении *CLARA* анализируется выборочная совокупность данных для создания оптимального набора медоидов, расположенных в центре кластеров. Алгоритм повторяет процесс выборки и классификации выбранное число раз для минимизации погрешности выборки. Финальные результаты классификации, проведенной с использованием алгоритма *CLARA*, соответствуют оптимальному набору медоидов [71]. Мерой качества кластеризации является расчет средних различий объектов с их ближайшим медоидом. Медоид представляет собой конкретный объект исследуемой совокупности, расположенный внутри кластера и имеющий минимальное среднее различие с остальными объектами кластера. Понятие «медоид» близко к понятию «центроид», основное отличие в том, что медоид является не расчетным конструктом, а конкретным субъектом, принадлежащим к кластеру.

Для кластеризации регионов были использованы открытые данные

государственной статистики, опубликованные Росстатом. Данные по обрабатывающему производству включали официальную статистику по 77 субъектам Российской Федерации, имеющих в наличии предприятия, которые относятся к обрабатывающему производству. Кластерный анализ методом *CLARA* показал наличие четырех кластеров. Результаты анализа представлены в приложении (таблица А.1). В таблице 3.7 содержатся итоги проведенного кластерного анализа субъектов Российской Федерации по уровню развития высокотехнологичных процессов в обрабатывающей промышленности.

Таблица 3.7 - Результаты кластерного анализа субъектов РФ методом *CLARA*

Показатель		Кластер				Единица измерения
		I	II	III	IV	
Количество объектов		1	13	27	34	
<i>LP</i>	Среднее значение	8 340	917 732	557 896	332 823	тыс.руб./чел.
	Коэффициент вариации	-	51,9	37,2	55,4	%
<i>FI</i>	Среднее значение	06,32	1,43	1,28	4,58	10 ² %
	Коэффициент вариации	-	42,2	56,7	43,6	%
<i>IQ</i>	Среднее значение	5,84	1,51	2,26	3,35	руб/руб
	Коэффициент вариации	-	52,5	50,5	58,5	%
<i>FL</i>	Среднее значение	2 253 423	4 826 770	2 364 972	1 024 995	млн руб./чел.
	Коэффициент вариации	-	25,0	18,2	44,5	%

Источник: составлено автором

В результате преобразований показателей и применения алгоритма *CLARA* в итоговую выборку вошли 75 из 77 субъектов Российской Федерации, так как при проведении классификации были исключены из выборки два субъекта: Республика Алтай, Магаданская область. Исключение данных субъектов обусловлено тем, что их значения интерпретировались как выбросы, ввиду их резких отличий от остальных субъектов и высокого влияния их значений на вариативность исследуемой совокупности. Анализ результатов кластерного анализа показал, что в полученных кластерах не достигнута однородность субъектов по исследуемым показателям. Только лишь по фондовооруженности, *FL* объекты второго и третьего кластера имеют коэффициенты вариации меньше 30%, а по остальным показателям

наблюдается средняя однородность с коэффициентом вариации, не превышающим 60%. В таблице 3.7 приведены значения показателей для I-ого кластера, но не приведены коэффициенты вариации, так как этот кластер включает один субъект (Белгородская область). На рисунке 3.6 представлена визуализация результатов кластерного анализа обрабатывающей промышленности в региональном разрезе на основе показателей, приведённых в таблице 3.7, из которой можно сделать вывод, что третий и четвертый кластер не имеют четкого разделения.

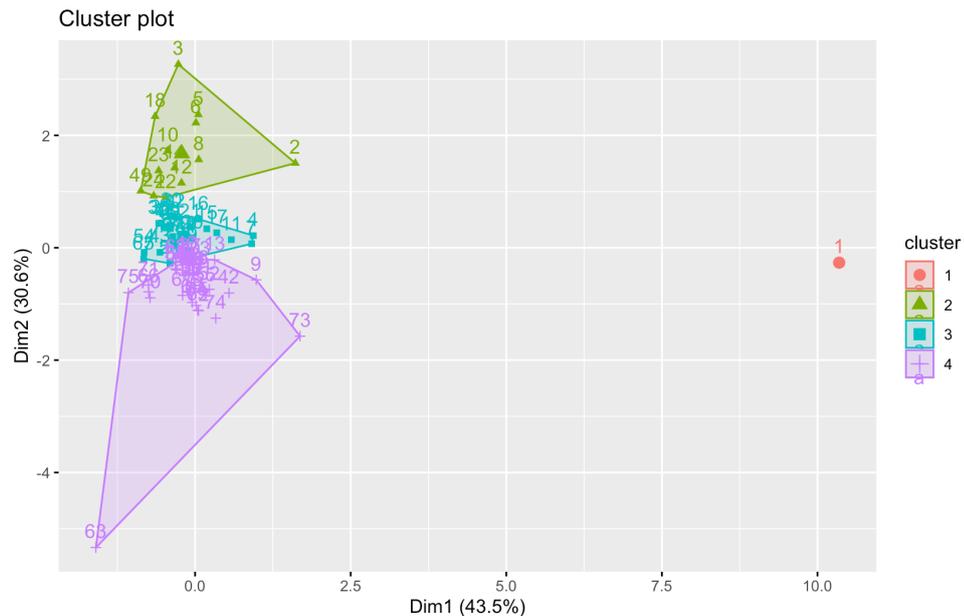


Рисунок 3.6 - Визуализация кластерного анализа субъектов РФ обрабатывающей промышленности методом *CLARA*

Источник: составлено автором

Для достижения однородности кластеров был применен метод настраиваемой (кастомной) группировки по показателю производительности труда (*LP*) в 2022 г. (таблица Б.1). 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 топ 3 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 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 3.8.

Таблица 3.8 - 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

Источник: составлено автором

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., что соответствует довольно высокому значению (таблица Б.1) при коэффициенте вариации 34,3 %.

Применив МНК, была построена линейная многофакторная модель производительности труда в обрабатывающей промышленности Российской Федерации по 40 субъектам, вошедшим в III группу, по данным за 2022 г. Статистические характеристики модели представлены в Приложении (таблица В.1).

Построенное уравнение регрессии в натуральном масштабе имеет вид:

$$LP = -6,98 \times 10^6 + 3,35 \times 10^7 * FI + 1,95 \times 10^5 * IQ + 1,70 * FL + \varepsilon, \quad (3.1)$$

где LP -производительность труда обрабатывающей промышленности РФ, FI -обновление основных фондов, IQ – инвестиции, направленные на выпуск, FL - фондовооруженность, ε - случайные остатки.

Все параметры и уравнение в целом статистически значимы (таблица В.2), коэффициент детерминации $R^2 = 73,1\%$. Применение теста Уайта на гетероскедастичность показало необходимость отклонить нулевую гипотезу, так как остатки оказались гетераскедастичными (таблица В.2). Для ее устранения потребовалось применить обобщенный метод наименьших квадратов (ОМНК).

В результате применения модели с поправкой на гетероскедастичность коэффициент детерминации составил $R^2 = 77\%$, при этом все параметры и уравнение в целом статистически значимы. Характеристики значимости параметров модели представлены в Приложении (таблица В.3).

Для сравнительной оценки влияния каждого показателя на производительность труда за исследуемый период 2022 г. уравнение регрессии представлено в стандартизированном виде:

$$t_{LP} = 0,0036 t_{FI} + 130,683 t_{IQ} + 146,35 \times 10^{10} t_{FL} + \varepsilon, \quad (3.2)$$

где t_{LP} - производительность труда, LP ; t_{FI} – обновление основных фондов, FI ; t_{IQ} – инвестиции, направленные на выпуск, IQ ; t_{FL} - фондовооруженность, FL ; ε – случайные остатки.

Стандартизированные коэффициенты регрессии можно ранжировать по величине, что позволяет сделать вывод, что фондовооруженность оказывает большее влияние на производительность труда, чем обновление основных фондов и инвестиции в выпуск, причем инвестиции оказывают большее влияние по сравнению с обновлением основных фондов.

При анализе детерминант в таблице 3.1 была предложена периодизация на основе показателя высокопроизводительных рабочих мест, которая показала, что в период 2017–2022 гг. характеризуется как стабильный. Изучение структуры инвестиций, приведенной в таблице 3.5, что за исследуемый период среднегодовое

снижение инвестиций в фонды машин и оборудования, фонды «другое» свидетельствует о завершении одной из стадий становления цифровых производственных систем. Ввиду вышеизложенного для проверки гипотезы о становлении цифровых производственных систем необходимо оценить изменения в границах рассматриваемого периода по обрабатывающей промышленности Российской Федерации. Для решения этой задачи была построена многофакторная модель по данным тех же 40 субъектов РФ, но по значениям показателей для начального года данного периода, т. е. за 2017 г.

Для этого также потребовалось применение ОМНК (Приложение, таблица В.4-В.6), так как уравнение регрессии, построенное на основе МНК, имело гетероскедастичность в остатках (таблица В.5). В результате применения модели с поправкой на гетероскедастичность достигнуто $R^2 = 70,2\%$. Все параметры и само уравнение статистически значимы. В натуральном масштабе модель LP -2017 имеет вид:

$$LP = -8,49 \times 10^5 + 9,15 \times 10^6 * IQ + 4,89 \times 10^4 * FI + 1,15 * FL + \varepsilon \quad (3.3)$$

Стандартизированное уравнение имеет следующий вид:

$$t_{LP} = 0,00798t_{FI} + 0,00054t_{IQ} + 1607008036997,9t_{FL} + \varepsilon \quad (3.4)$$

Сопоставив значения β – коэффициентов в двух стандартизованных моделях производительности труда в обрабатывающей промышленности за 2017 г. и 2022 г. были сделаны следующие выводы:

- к 2022 г. произошло снижение влияния обновления основных фондов на производительность труда, что может свидетельствовать о переходе на новый этап технологического оснащения в обрабатывающей промышленности;

- к 2022 г. увеличилось влияние инвестиций, направленных на выпуск готовой продукции, что можно объяснить тем, что прослеживается изменение в изменении структуры инвестиций в основной капитал, а именно увеличение затрат на ИТ-инфраструктуру и НМА, представленные лицензиями и технологиями и снижением инвестиций по фондам машины и оборудования. Анализ структуры инвестиций в основной капитал был приведен в таблице 3.5;

- существенно увеличилось влияние фондовооруженности на

производительность труда в обрабатывающей промышленности, что при завершающей стадии технологического оснащения может быть объясняется сокращением числа работников ввиду автоматизации и роботизации производственных рабочих мест.

Исходя из интерпретации результатов двух моделей производительности труда в обрабатывающей промышленности за 2017 и 2022 гг. можно отметить, что подтверждаются зародившиеся тенденции становления цифровых производственных систем, в которых существенно снижается присутствие традиционной формы труда и возникает новая форма «человек – система машин». При такой форме труда следует ожидать постоянного углубления цифровых процессов для повышения эффективности производств, а именно формирования цифровой инфраструктуры, которая позволяет собирать, анализировать и управлять производством на основе данных. При этом сохраняется индикативность собираемых данных, сигнализирующих о потерях на производстве. Собираемые данные могут выступать в качестве информационной базы, в том числе для моделирования возможных ситуаций. На текущем этапе цифровой зрелости производства способы получения и обработки данных являются приоритетной задачей. Такие данные необходимы для изучения свойств оборудования в цифровой системе производства. Наметившиеся тенденции углубления цифровизации производства в рамках становления и развития цифровых производственных систем не только меняют характер труда, но и позволяют использовать ИТ-инфраструктуру для минимизации потерь в процессе производства. В будущем предполагается, что в цифровые производственные системы массово войдут технологии и инструменты Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0 и другие технологии, включая нейросети, метавселенные и искусственный интеллект.

С целью углубления измерения и анализа производительности труда в цифровых производственных системах были построены модели выпуска как статические производственные функции. Построение таких моделей необходимо для выявления вектора развития и понимания стратегий развития производств,

основанных на интегрировании «человек- система машин».

Для представления модели выпуска, ориентированного на интеграцию труда и капитала, были построены статические производственные функции для двух рассматриваемых лет, 2017 г. и 2022 г.

Производственная функция по данным 2017 г. имеет вид:

$$Q = 233935,33IK^{0,17} * L^{0,94} * \varepsilon \quad (3.5)$$

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.

Модель отвечает необходимым критериям (Приложение, таблица Г.2).

Сумма коэффициентов $1,11 > 1$, что свидетельствует об интенсивном экономическом росте в обрабатывающей промышленности, за счет эффективного использования ресурсов в производстве, прежде всего, такого ресурса как труд: 2017 год входит в стабилизирующий период состояния рынка труда, рассмотренного в таблице 3.1. Экономической теории такой результат интерпретируется как возрастающая отдача от масштаба (масштаба цифровизации, в данном случае).

Производственная функция на основе данных 2022 г. имеет вид:

$$Q = 116\,891,33IK^{0,25} * L^{0,88} * \varepsilon \quad (3.6)$$

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.

Совокупный коэффициент составил $R^2 = 0,94$.

Модель значима в целом и по параметрам; гетероскедастичность в остатках отсутствует (Приложение, таблица Г.1).

Сумма коэффициентов этой модели 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 (3.5) и (3.6) 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.:

$$Q = 173991,09W^{1,03} * \varepsilon \quad (3.7)$$

– по данным 2022 г.:

$$OB = 59623,20W^{1,06} * \varepsilon \quad (3.8)$$

где Q - выпуск продукции в обрабатывающей промышленности РФ, W – фонд оплаты труда в обрабатывающей промышленности, ε - случайные остатки, $R^2 = 0,94$.

Оба уравнения отвечают критериям статистической значимости (Приложение, таблицы Г.4; Г.6)

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.

На основе анализа регрессионных моделей, построенных по данным за период 2022 и 2017 гг., сформулированы условия модели выпуска для периода цифровизации экономики, которые предполагают завершение стадии становления

цифровой производственной системы. Соответственно, должно произойти 100%-ое цифровое покрытие всех производственных процессов, осуществление мониторинга и управления производственным процессом на основе цифровых данных, служащих базой для обучения искусственного интеллекта, который будет управлять производственными процессами. При этом предполагается, что процесс становления работника нового типа с набором требуемых компетенций завершен. Стоит отметить, что применение искусственного интеллекта в рабочих задачах - не теория далёкого будущего, а существующее настоящее. Так, по данным исследования, которое было опубликовано на страничке Тинькофф банка «Наука ИИ» уже в 2023 году генеративный сервис *GenStudio* от компании *Adode* запустил маркетинговые выпуски, а в феврале 2024 нейросеть *OpenAI* начала самостоятельно генерировать рекламные ролики по текстовому запросу [77].

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:

$$Q = const * IK^{\alpha} * L^{\beta} * W^{\gamma} * \varepsilon \quad (3.9)$$

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

Тогда, суммарное значение параметров модели выпуска цифровых систем должно превысить единицу:

$$\begin{cases} \alpha > \gamma > \beta \\ \alpha + \beta + \gamma > 1 \end{cases} \quad (3.10)$$

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 настройки.

Коэффициенты в исследуемой модели (3.9) 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 3.9, где приведены соотношения коэффициентов при переменных в модели (3.9).

Таблица 3.9 – 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 работа непосредственно с оборудованием, 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

Источник: составлено автором

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 результате исследования установлено, что измерение и анализ производительности труда в региональном аспекте потребовал применения кастомной группировки, которая позволила получить значения коэффициента вариации в группах групп, отвечающих условиям их однородности, и выбрать из них наиболее представительную группу для последующего анализа. Были выделены 40 субъектов Российской Федерации как основа для последующего моделирования процессов в обрабатывающем производстве. В результате анализа данных по обрабатывающей промышленности было установлено, что обрабатывающая промышленность переходит к цифровым производственным системам, которые характеризуются новым форматом труда «человек - система машин». Изменение в структуре инвестиций в основной капитал подтверждает данную гипотезу, поскольку увеличивается доля инвестиций в фонды ИТ и интеллектуальной собственности, которые внедряются в машины и оборудование, повышая их производительность. Сумма коэффициентов производственной функции для обрабатывающей промышленности отражает интенсивный экономический рост, что свидетельствует о том, что эффективность промышленности достигается не за счет нового оборудования и роста численности занятых, что характерно для экстенсивного производства, а за счет оптимизации ресурсов производства и повышения эффективности их использования. Анализ детерминант показал, что с изменением технологической составляющей и ростом высокопроизводительных рабочих мест снижается доля рабочих мест, традиционных для индустриального производства. Тенденции изменения характера труда влекут за собой изменение подходов к оценке профессиональных компетенций работника нового типа. В этой связи приобретает все большую актуальность концепция непрерывного образования. Многие крупные компании (Газпром, Роснефть, Сбербанк, Яндекс, Авито, МТС и др.) уже сейчас создают корпоративные университеты, деятельность которых направлена на развитие персонала и адаптации к новым системам. Говоря о будущем, стоит отметить, что предположительно переход к цифровым производственным системам изменит детерминанты производительности труда. Подход к развитию персонала,

проектированию производств может быть реализован посредством «метавселенных», а производительность труда будущего будет зависеть не только от мощности машин и инвестиций, а от квалификации нового типа работника, суть работы которого будет состоять в мониторинге и обучении цифрового интеллекта по управлению производственными системами, контроле и консалтинге.

Применение кастомной группировки позволило достичь однородности объекта для моделирования производительности труда. Сравнительный анализ моделей производительности труда на основе производственных функций, построенных по данным за 2017 г. и 2022 г., позволил подтвердить гипотезу о становлении цифровых производственных систем в структуре производственных комплексов обрабатывающей промышленности, в том числе с учетом технологий и инструментов Индустрии 5.0.

3.3 Сценарная оценка производительности труда в обрабатывающей промышленности Российской Федерации

Изменения характера труда и поступательное развитие технологий производства в рамках Индустрии 4.0 и 5.0 в цифровых производственных системах обуславливают необходимость производить мониторинг за состоянием производительности труда. В статье Ху Тинтин, посвященной обзору национальных стратегий перехода к Индустрии 5.0, приводится тезис о возвращении человеческого труда в формате совместной работы с роботизированными системами для производства продуктов и оказания услуг [133., С.30]. Приведенный тезис находит свое отражение и в утверждённой Председателем Правительства Российской Федерации Стратегии развития обрабатывающей промышленности до 2024 года и на период до 2035 года [10], которая в качестве основных положений содержит информацию об активном применении информационной интеграции производственных систем с применением информационных технологий. Текущее состояние цифровизации обрабатывающей промышленности носит фрагментарный характер, что следует из вышеупомянутого документа.

Поэтапная оцифровка производственных процессов и накопления данных о состоянии производственных систем на разных стадиях позволяют совершенствовать анализ и управление производительностью системы при расширении управленческих воздействий - не только в рамках производственного участка, но и в рамках промышленных групп.

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:

$$iLP_{\frac{t}{t-n}} = \frac{LP_t}{LP_{t-n}} = \frac{f(FI_t, IQ_t, FL_t)}{f(FI_{t-n}, IQ_{t-n}, FL_{t-n})} \quad (3.11)$$

Согласно формуле (3.11) 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 проведена 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, представленные формулой (3.3) за 2017 г. и (3.1) – за 2022 г. В результате модель (3.11) приобретает вид:

$$iLP \frac{t}{t-n} = \frac{LP_t}{LP_{t-n}} = \frac{f(FI_t, IQ_t, FL_t)}{f(FI_{t-n}, IQ_{t-n}, FL_{t-n})} \quad (3.12)$$

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

$$iLP \frac{2022}{2017} = \frac{LP_{2022}}{LP_{2017}} = \frac{f(FI_t, IQ_t, FL_t)}{f(FI_{t-n}, IQ_{t-n}, FL_{t-n})} \quad (3.13)$$

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

Модель (3.13) предлагается использовать для проведения сценарного прогноза производительности труда в обрабатывающей промышленности в условиях становления цифровых производственных систем. В таблице 3.10 приведена архитектура сценарного прогноза с набором условий и указанием сценариев.

Таблица 3.10 – Архитектура сценарного прогноза изменения производительности труда в обрабатывающей промышленности Российской Федерации за исследуемый период 2017–2022 гг.

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

Источник: составлено автором

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 3.11 представлены результаты сценарного прогноза на основе модели (3.13).

Таблица 3.11 – 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>	

Источник: рассчитано автором

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.

Завершая главу, можно сделать следующие выводы:

1. Анализ детерминант изменения характера труда в экономике показал, что наблюдается тенденция сокращения традиционного труда с поступающим увеличением высокотехнологичного и высокопроизводительного труда. Несмотря на существенный прирост ВПРМ за исследуемый период не прослеживается рост производства высокотехнологичной и наукоемкой продукции, что объясняется тем, что в связи с поступательным развитием и автоматизации роботизации производственного сектора происходит изменение характера труда. Труд, производящий продукцию повседневного спроса, становится все более технологичным. Анализ структуры инвестиций в основной капитал показывает, что доля инвестиций в машины и оборудование снижается с поступательным увеличением доли инвестиций в фонды НМА и ИТ инфраструктуры. Такое положение в инвестиционной политике продиктовано тем, что в настоящий момент эффективность производства и высокий уровень производительности достигается за счет цифровизации производственных процессов и применения новых технологий и методологий в управлении производством.
2. В результате классификации обрабатывающей промышленности в разрезе

субъектов Российской Федерации был применен метод настраиваемой (кастомной) группировки, который позволил достичь однородности выделенного объекта для последующего моделирования процессов, характеризующих производительность труда в обрабатывающей промышленности. Моделирование в региональном разрезе позволило подтвердить гипотезу о становлении цифровых производственных систем и усилений тенденций цифровизации, а именно проследить наличие тенденции становления цифровых производственных систем, в которых существенно снижается присутствие традиционной формы труда и возникает новая форма «человек – система машин». В результате сравнительного анализа моделей производственной функции для 2017 г. и 2022 г. было выявлено, что к 2022 году снизилось влияние трудовых ресурсов 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 теоретическая модель, которая описывает завершающую стадию перехода на автономные цифровые производственные системы, которые на основе данных и технологий Индустрии 4.0 исключают сбои процесса, внеплановые остановки и поломки, приводящие к потере рабочего времени. Производительность труда в будущем будет зависеть не от мощности машин и экстенсивных инвестиций, а от качества технологий и квалификации работника нового типа, суть работы которого будет состоять в мониторинге и обучении цифрового интеллекта по управлению производственными системами, консалтинге, при сокращении численности занятых.

3. Оценку сценарного прогноза производительности труда предлагается проводить, используя модифицированный индекс производительности труда (*iLP*) в условиях становления цифровых производственных систем, который учитывает аналитические задачи, направленные на поддержку управленческих решений. Архитектура сценарного прогноза включает три сценария в рамках детерминант производительности труда. На основе предложенного сценарного прогноза можно

принимать управленческие решения в части таких направлений как: обновления основных фондов, инвестиций, направленных на выпуск и степени фондовооруженности работников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стремительная цифровизация производственного процесса открывает для статистики, с одной стороны, возможность работы с большими данными и использовать метод моделирования, 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.

Концептуальная карта измерения производительности труда в Российской Федерации показывает, что на уровне национальной экономики измерение производительности труда осуществляется в форме индекса, рассчитываемого Росстатом в разных срезах, а на уровне предприятия - в формате ключевых коэффициентов эффективности (*KPI*). Традиционно выделяются три основных метода измерения производительности труда: натуральный, трудозатратный (нормативный) и стоимостной. Современные предприятия формализуют специфические методы измерения производительности труда, которые берут за основу положения трех основных методов и представляются в формате ключевых коэффициентов эффективности (*KPI*) на уровне предприятия в зависимости от принятых нормативно-методологических документов и специфики вида деятельности. Отечественные и зарубежные исследователи активно применяют метод совокупной производительности труда (*Total factor productivity*), который основан на применении производственной функции и позволяет анализировать влияние отдельных факторов на совокупную производительность труда.

Развитие информационных технологий и их поступательное внедрение в процесс производства ознаменовали начало становления цифровых производственных систем. Многие предприятия стали активно внедрять инструменты Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0 в свои производственные процессы. Главной целью цифровизации производства является актуальная проблема повышения производительности труда за счет сокращения времени, автоматизации, роботизации, предиктивной аналитики, искусственного интеллекта и др. В качестве основных показателей анализа производственной деятельности на уровне предприятия формулируются ключевые показатели эффективности (KPI), которые закрепляются на уровне нормативно-методологических документов, принятых в компании. Схематичное структурирование факторов, которые влияют на производительность труда, можно представить в формате дерева свойств, которое наглядно представляет все взаимосвязи и позволяет производить декомпозицию факторов на более мелкие для более адресного представления и воздействия. Схематичное представление процесса анализа производительности труда позволяет более точно использовать такие инструменты аналитики как анализ причинно-следственных связей (5-почему), рыба-кость, карта пути и др. На основе проведенного анализа происходящих процессов были сформулированы принципы изучения производительности в цифровых системах и выделены методы, в наибольшей степени отвечающие этим принципам. Прежде всего, это метод коинтеграции временных рядов.

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. Для подтверждения гипотезы о наличии долгосрочного отношения между производительностью труда и показателями фондовооруженности и фондоотдачи была впервые применена непараметрическая оценка коинтеграции, 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. 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.

Диагностический подход к измерению производительности труда учитывает связь живого и овеществленного труда в производстве. 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 следствия, снижения производительности труда. Формализация позволяет сформировать набор практико-ориентированных инструментов, который направлен не только на измерения производительности труда, но и на анализ состояния всей производственной системы. Детальное рассмотрение производственного процесса типового предприятия сектора производства товаров повседневного спроса позволило адаптировать набор инструментов для измерения и анализа производительности труда, а также понять уровень цифровизации производственных процессов и глубину сбора данных в период становления цифровых производственных систем. Набор данных для анализа в рамках разных цифровых производств может отличаться ввиду уровня цифровизации производственного оборудования, но предлагаемые методы такие как бенчмаркинг могут быть использованы на различных данных. Главным условием применения данного инструмента является сопоставимость сравниваемых параметров и возможность выявлять лучшие практики на основе

сравнительного анализа. Применение бенчмаркинга как метода анализа позволяет понять причины снижения уровня производительности и воздействовать на источник возникновения потери производственной эффективности.

Анализ детерминант изменения характера труда в экономике показал, что наблюдается тенденция сокращения традиционного труда с поступающим увеличением высокопроизводительного. Несмотря на существенный прирост ВПРМ за исследуемый период не прослеживается рост производства высокотехнологичной и наукоемкой продукции, что объясняется тем, что в связи с поступательным развитием и автоматизации роботизации производственного сектора происходит изменение характера труда. Труд, производящий продукцию повседневного спроса, становится все более высокопроизводительным. Доля инвестиций в машины и оборудование снижается с параллельным увеличением инвестиций в фонды нематериальных активов и ИТ-инфраструктуру. Такая тенденция в инвестиционной политике продиктована тем, что в настоящий момент эффективность производства и высокий уровень производительности достигается за счет цифровизации производственных процессов и применения новых технологий и методологий для управления производством.

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, основанных на положениях Индустрии 4.0 и 5.0 исключают сбои процесса, внеплановые остановки и поломки, приводящие к потере 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: обновления основных фондов, инвестиций, направленных на выпуск и повышения фондовооруженности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2017 г. № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kremlin.ru/acts/bank/41921> (Дата обращения 20. 03.2023)
2. Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. N 203 "О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/71670570/> (Дата обращения 20. 06.2023)
3. Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 "О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408518353/> (Дата обращения 15. 08.2023)
4. Протокол заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России от 14 февраля 2017 г. №1. «О плане реализации Национальной технологической инициативы» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://government.ru/news/26436/> (Дата обращения 18. 06.2023)
5. Методологические рекомендации по расчетам совокупных затрат труда по производству товаров и услуг на всех видах работ и показателя производительности труда по видам экономической деятельности в соответствии с ОКВЭД" (утв. Росстатом 12.12.2005) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_142182/ (Дата обращения 20. 09.2023)
6. 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/17>

2bbcafd00605246f9db6834d7a7461/Passport_NP.pdf (Дата обращения 14.04.2022)

7. Прогноз долгосрочного социально – экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс].

Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/41d457592e04b76338b7.pdf>

(дата обращения: 19.02.2024).

8. Министерство экономического развития Российской Федерации приказ Федеральная служба государственной статистики от 28 апреля 2018 г. N 274 Об утверждении Методики расчета показателя «Индекс производительности труда» [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/pr274-280418%5b3%5d.pdf> (Дата обращения

20. 03.2023)

9. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» утверждена распоряжением Правительством Российской Федерации от 28 июля 2017 г. No 1632-р [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>

10. Распоряжение Правительства РФ от 06.06.2020 N 1512-р (ред. от 07.11.2023) «Об утверждении Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 года и на период до 2035 года» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_354707/00ff9961a76a04b97b566f3d6632dde279612caf/

11. Абалкин Л.И. Производительность общественного труда / Л.И. Абалкин, Г. Шульц, В.С. Дунаева и др. М. : Мысль, 1987. 259 с.

12. Абрамов А.Е., Джаохадзе Е.Д., Радыгин А.Д., Чернова М.И. Совокупная факторная производительность российских компаний: оценки, тренды и факторы динамики. Вопросы экономики. 2023;(11):5-27. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2023-11-5-27>

13. Авдеев М. Ю. Теоретический обзор современных подходов к управлению производительностью труда // Теория и практика общественного развития. 2019. №5 (135). [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskiy-obzor-sovremennyh-podhodov-k-upravleniyu-proizvoditelnostyu-truda> (дата обращения: 30.03.2023).

14. Алиев, О. М. Оценка факторов, оказывающих влияние на снижение роста производительности в современном мире / О. М. Алиев // *Modern Economy Success*. – 2021. – № 4. – С. 21-24. – EDN PFSQHK.
15. Алланазаров, Т. Роль трудоемкости в расчете производительности труда / Т. Алланазаров, О. Бердиева // *Матрица научного познания*. – 2024. – № 3-2. – С. 127-130. – EDN HZBVPY.
16. Алов, Ю. Ю. Статистический анализ производительности труда в Российской Федерации / Ю. Ю. Алов, А. Е. Сенникова, В. А. Сизов // *Управленческий учет*. – 2022. – № 5-1. – С. 247-252. – DOI 10.25806/uu5-12022247-252. – EDN JCFPYB.
17. Аранжин В.В. Взаимосвязь заработной платы и производительности труда: тенденции в условиях цифровизации экономики // *Экономика труда*. 2019. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-zarabotnoy-platy-i-proizvoditelnosti-truda-tendentsii-v-usloviyah-tsifrovizatsii-ekonomiki> (дата обращения: 26.03.2024).
18. Асташова Е. А. Нормирование труда как фактор повышения производительности труда / Е. А. Асташова, Е. А. Дмитренко // *Экономика труда*. – 2022. – Т. 9, № 12. – С. 2145-2158. – DOI 10.18334/et.9.12.116865. – EDN BRLOQK.
19. Бажанов В.А., Орешко И.И. Обработывающие производства России: санкции, импортозамещение // *ЭКО*. 2019. №1 (535). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrabatyvayushchie-proizvodstva-rossii-sanktsii-importozameschenie> (дата обращения: 19.08.2024).
20. Баженов П. А. Управление коллективной производительностью труда с точки зрения системного подхода / П. А. Баженов // *Молодежная наука в развитии регионов*. – 2021. – Т. 1. – С. 45-49. – EDN FWMVJF.
21. Бережнов А. А. Цифровизация в сфере труда и ее влияние на повышение производительности труда / А. А. Бережнов // *Трудовое право в России и за рубежом*. – 2022. – № 2. – С. 11-13. – DOI 10.18572/2221-3295-2022-2-11-13. – EDN TTNCEJ.

22. Боченина М. В. Применение метода коинтеграции структурных данных в анализе рынка жилой недвижимости / М. В. Боченина // Вопросы статистики. – 2021. – Т. 28. – № 5. – С. 79-85.
23. Бурганов Р.Ф. Научная организация труда: история и современность // Экономический анализ: теория и практика. 2011. №44. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchnaya-organizatsiya-truda-istoriya-i-sovremennost> (дата обращения: 29.05.2024).
24. Бурцева Т.А., Френкель А.А., Тихомиров Б.И., Сурков А.А. Типология регионов по уровню производительности труда // Экономика труда. 2021. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tipologiya-regionov-po-urovnyu-proizvoditelnosti-truda> (дата обращения: 19.07.2024).
25. Бухарин Н.И. «Заметки экономиста» (1928) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.1000dokumente.de/index.html?c=dokument_ru&dokument=0031_buc&object=translation&l=ru
26. Бухарин Н.И. Теория распределения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nlr.ru/domplekhanova/dep/artupload/dp/article/74/NA1173.pdf>
27. Вашаломидзе Е.В., Дудин М.Н. Производительность труда, уровень и качество жизни населения России: динамика изменения и современные тенденции взаимовлияния. Социально-трудовые исследования. 2022;49(4):49-60. DOI: 10.34022/2658-3712-2022-49-4-49-60.
28. Верников, В. А. Факторы повышения производительности труда в малых и средних предпринимательских организациях / В. А. Верников // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. – 2022. – № 2(59). – С. 105-120. – EDN TCRTIO.
29. Водолазский А.А., Производительность труда: проблемы и решения. Научно-практическая монография. / Анатолий Водолазский, - Санкт-Петербург: ООО «СУПЕРИЗдательство», 2021–15 с.
30. Волчков В. Н. К вопросу о производительности труда в России // Мир науки и образования. 2016. №1 (5). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-proizvoditelnosti-truda-v-rossii> (дата обращения: 01.02.2021).

31. Воротникова, М. А. Оценка производительности труда в отрасли растениеводства субъекта агробизнеса и направление её повышения в условиях цифровизации / М. А. Воротникова, А. С. Симаков // Научный журнал молодых ученых. – 2024. – № 2(37). – С. 81-86. – EDN VVPPLI.
32. Ворушили, Л. В. Алгоритм применения бенчмаркинга в интересах повышения экономической эффективности логистических систем / Л. В. Ворушили, А. Х. Курбанов, Е. В. Ключин // Экономика и менеджмент систем управления. – 2015. – № 4(18). – С. 46–53. – EDN UKTUZR.
33. Выпускники высшего образования на российском рынке труда: тренды и вызовы [Текст] : докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2022 г. / Н. К. Емелина, К. В. Рожкова, С. Ю. Рошин, С. А. Солнцев, П. В. Травкин ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2022. — 160 с. — 50 экз. — ISBN 978-5-7598-2652-1 (в обл.). — ISBN 978-5-7598-2462-6 (e-book).
34. Гарифулина, Э. Р. Пути и способы повышения производительности труда на производстве / Э. Р. Гарифулина, Т. В. Кузнецова // Актуальные вопросы современной экономики. – 2022. – № 2. – С. 66-69. – EDN JULPXH
35. Голованов А.И. От производительности к эффективности труда // Вестн. Том. гос. ун-та. 2013. №376. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ot-proizvoditelnosti-k-effektivnosti-truda> (дата обращения: 29.05.2024).
36. Гранкина, С. В. Динамика производительности труда в России / С. В. Гранкина // Наука XXI века: актуальные направления развития. – 2024. – № 1-1. – С. 548-551. – EDN КАКQGD.
37. Громыко В.В. Николай Александрович Вознесенский (1903–1950) // Вестник РЭА им. Г. В. Плеханова. 2013. №5 (59). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nikolay-aleksandrovich-voznemenskiy-1903-1950> (дата обращения: 01.09.2024).
38. Дерябин В. С. Производительность труда // Вестн. Том. гос. ун-та. 2009. №319. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvoditelnost-truda> (дата обращения: 11.02.2021).

39. Дитон Ангус. Великий побег. Здоровье, богатство и истоки неравенства. Пер. с англ. Андрея Гуськова. — М.: Изд-во Института Гайдара, 2016 — С. 218.
40. Елисеева И.И. Образы будущего рынка труда и проблемы измерения производительности труда / Человек труда в цифровой экономике: новые реалии и социальные вызовы / М. В. Малаховская, Л. В. Кобзева, Н. В. Покровская [и др.]; Санкт-Петербургский государственный университет. — Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского государственного университета, 2021. — 284 с. — ISBN 978-5-288-06090-8. — EDN KCKRRB.
41. Елисеева, И. И. 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.
42. Елисеева, И. И. Спрос на рынке жилья и потребности россиян: эконометрический подход / И. И. Елисеева, М. В. Боченина // Экономическое возрождение России. — 2022. — № 4(74). — С. 41-56. — DOI 10.37930/1990-9780-2022-4-74-41-56. — EDN YQDDWY.
43. Еременко, Г. Б. Факторы, влияющие на производительность труда сотрудников электросетевой региональной компании (на примере АО «ЮРЭСК») / Г. Б. Еременко // Общество. — 2023. — № 4-2(31). — С. 51-57. — EDN ATDEZW.
44. Жмачинский В. И., Чернева Р. И. Производительность труда, заработная плата и уровень жизни: проблемы повышения и перспективы. Экономический анализ: теория и практика. 2019;18(1(484)):40-53.
45. Зотиков, Н. З. Производительность труда в рамках реализации национального проекта «Производительность труда и поддержка занятости» / Н. З. Зотиков // Управление. — 2024. — Т. 12, № 2. — С. 31-39. — DOI 10.26425/2309-3633-2024-12-2-31-39. — EDN JUVBER.
46. Зубрыкина, М. В. Основные факторы повышения производительности труда на предприятии / М. В. Зубрыкина, С. И. Мирской // Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики "Луганский национальный аграрный университет". — 2019. — № 5. — С. 99-105. —

EDN XCGUBP.

47. Ильичева, И. Ю. Условия и факторы роста производительности труда работников на современном предприятии / И. Ю. Ильичева, Т. В. Кузнецова // Актуальные вопросы современной экономики. – 2022. – № 1. – С. 180-183. – EDN HCQDKR.

48. Илюхина, Л. А. Совершенствование условий труда на предприятии как фактор повышения производительности труда / Л. А. Илюхина, И. В. Богатырева // Экономика и предпринимательство. – 2023. – № 2(151). – С. 1250-1254. – DOI 10.34925/EIP.2023.151.2.251. – EDN ORBHNY.

49. Инвестиции в нефинансовые активы [Электронный ресурс] / Росстат– Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/investment_nonfinancial (Дата обращения 20.03.2023)

50. Индекс производительности труда [Электронный ресурс] / Росстат– Режим доступа <https://rosstat.gov.ru/folder/11186> (Дата обращения 20.02.2023)

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

52. Индустрия 5.0: развитие человеческого потенциала в индустрии 4.0 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sap.com/central-asia-caucasus/insights/industry-5-0.html> (дата обращения: 24.04.2024).

53. Касимова, Ю. Н. Практический опыт современных компаний по повышению производительности труда: особенности и результаты / Ю. Н. Касимова, Е. С. Наложитая // Столыпинский вестник. – 2024. – Т. 6, № 2. – EDN UPXSVJ.

54. Кваша Я.Б. Избранные труды: В 3 т./ Я.Б. Кваша; РАН. Институт экономики.- Москва: Наука, 2003- Т.2: Капитальные вложения и воспроизводство основных фондов. - 2003.- 511 с.

55. Кваша Я.Б. Избранные труды: В 3 т./ Я.Б. Кваша; РАН. Институт экономики.- Москва: Наука, 2003- Т.3: Факторы развития экономики. - 2003.- 548 с.

56. Кейнс Д.М. Общая теория занятости, процента и денег. М.: Гелиос АРВ, 2002. 352 с.

57. Кен Х. Принципы менеджмента. Управление в системе цивилизованного предпринимательства. М.: ИНФРА-М, 1996. 221 с.
58. Ким, А. Л. Вклад интенсивных и экстенсивных факторов в динамику производительности труда на Дальнем Востоке России / А. Л. Ким // Регионалистика. – 2023. – Т. 10, № 3. – С. 26-39. – DOI 10.14530/reg.2023.3.26. – EDN FMRMYV.
59. Клейнер Г.Б. Производственные функции: Теория, методы, применение. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 239 с.
60. Кобзева, И. Н. Эволюция методов оценки в системе управления производительностью труда / И. Н. Кобзева // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2023. – № 5. – С. 116-120. – EDN FJOMJU.
61. Ковалева, Т. Ю. Статистическое изучение взаимосвязи динамики производительности труда и фондовооруженности в субъектах РФ / Т. Ю. Ковалева // Приволжский научный вестник. – 2015. – № 7(47). – С. 85-91. – EDN USEKWV.
62. Корпоративный университет Газпром [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://institute.gazprom.ru> (дата обращения: 24.04.2024).
63. Кудров, А. В. Непараметрические методы оценки функциональных моделей коинтеграции / А. В. Кудров // Молодая экономика: экономическая наука глазами молодых ученых: Научно-практическая конференция: материалы конференции, Москва, 10 декабря 2014 года / Центральный экономико-математический институт РАН. – Москва: Центральный экономико-математический институт РАН, 2014. – С. 79-80. – EDN UBWNYJ.
64. Кузнецова М.Н. Производительность труда как организационный фактор повышения эффективности промышленного предприятия // Вестник ВГТУ. 2014. №5-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvoditelnost-truda-kak-organizatsionnyy-faktor-povysheniya-effektivnosti-promyshlennogo-predpriyatiya> (дата обращения: 10.01.2021).
65. Ленин В.И. Полное собрание сочинений. М.: Издательство политической литературы, 1973. Т. 23. 594 с.

66. Малеин В.М., Пономарев Ю.Ю. Совокупная факторная производительность в черной металлургии: влияние новых технологий // Экономическая политика. 2019. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovokupnaya-faktornaya-proizvoditelnost-v-chnoy-metallurgii-vliyanie-novyh-tehnologiy> (дата обращения: 17.08.2024).
67. Маркс К. Капитал, Т.1. / Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., Т.23, М.:1960
68. Маркс К. Капитал. Т. 2: ООО «Издательство АСТ»; Москва; 2001
69. Маркс К. Приложение «Критика политической экономии (черновой набросок 1857-1858 гг.)» / Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., Т.46, часть 1. М.: 1968
70. Маршалл А. Принципы политической экономии. М.: Прогресс, 1984. 310 с.б.
71. Махрусе Насма Современные тенденции методов интеллектуального анализа данных: метод кластеризации // Московский экономический журнал. 2019. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-tendentsii-metodov-intellektualnogo-analiza-dannyh-metod-klasterizatsii> (дата обращения: 21.05.2024).
72. Мельничук М.В. Совокупная факторная производительность как показатель экономического роста // КЭ. 2008. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovokupnaya-faktornaya-proizvoditelnost-kak-pokazatel-ekonomicheskogo-rosta> (дата обращения: 18.08.2024).
73. Миронова В. Н. Производительность труда как фактор повышения конкурентоспособности экономики России // Экономика. Налоги. Право. 2017. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvoditelnost-truda-kak-faktor-povysheniya-konkurentosposobnosti-ekonomiki-rossii>(дата обращения: 13.01.2021).
74. Миронова М. Исследование: корпоративные университеты России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://education.forbes.ru/authors/korporativnie-universitety> (дата обращения: 24.04.2024).
75. Мухсимова Дилафруз Хикматуллаевна Оценка потенциала обрабатывающей промышленности в экономике России // Российский внешнеэкономический вестник. 2022. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-potentsiala-obrabatyvayushey-promyshlennosti-v-ekonomike-rossii> (дата обращения:

20.08.2024).

76. Наливайченко, Е. В. Рост производительности труда с переходом к технологиям «умного производства» в промышленности / Е. В. Наливайченко, С. П. Кирильчук // Экономика и управление: теория и практика. – 2024. – Т. 10, № 1. – С. 82-88. – EDN QMKDRY.

77. Наука в ИИ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tinkoff-research.tass.ru> (дата обращения: 24.04.2024).

78. Наука, инновации и технологии [Электронный ресурс] / Росстат– Режим доступа <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (Дата обращения 20.02.2023)

79. Николаев А.Б. Теория трудовой стоимости и современность. М. : Международные отношения, 2003. 191 с.

80. О промышленном производстве в 2023 году [Электронный ресурс] / Росстат – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/10_31-01-2024.html

81. Обрабатывающая промышленность России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://заводы.рф/publication/obrabatyvayushchaya-promyshlennost> (дата обращения: 24.03.2024).

82. Образовательная платформа «Академия Isource» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://academy.isource.ru> (дата обращения: 20.03.2024).

83. Образовательная площадка Яндекс Практикум [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://practicum.yandex.ru> (дата обращения: 24.03.2024).

84. Оганян, А. С. Экономика и производительность труда: проблемы и решения в условиях цифровизации / А. С. Оганян, Д. А. Русин // Научный аспект. – 2024. – Т. 10, № 1. – С. 1207-1213. – EDN HPSOLE.

85. Одегов Ю.Г., Разинов А.Е. Актуальные вопросы измерения производительности труда и результативности деятельности // Нормирование и оплата труда в промышленности. 2015. № 4. С. 17–24

86. Орлова, Е. В. Гибридный подход к моделированию факторов производительности труда: синтез рандомизированных контролируемых экспериментов и причинных байесовских сетей / Е. В. Орлова // Экономика и математические методы. – 2024. – Т. 60, № 1. – С. 108-120. – DOI

10.31857/S0424738824010099. – EDN EVLAYF.

87. Павлов, С. А. Внедрение системы КРІ для производственных рабочих с целью улучшения производительности труда / С. А. Павлов, Ю. Е. Галкина // Научный аспект. – 2023. – Т. 4, № 11. – С. 422-426. – EDN BNIJIV.

88. Паламаренко, Г. А. Система связи между техническим прогрессом и производительностью труда / Г. А. Паламаренко, И. Е. Ровенских // Заметки ученого. – 2022. – № 1-1. – С. 332-337. – EDN IUFIWE.

89. Параметрические и непараметрические методы в анализе социально-экономических процессов / под научной редакцией М.В. Бочениной, И.И. Елисеевой. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2021. – 202 с.

90. Петрухин В.С. Менеджмент XXI века. Пропедевтика, теория и практика высшей производительности труда: Руководство для бизнеса. М: Зеркало, 1998. 280 с.

91. Полуэктова С. Л., Якунина И.Н., Колесниченко Е. А. К вопросу о модернизации высокопроизводительных рабочих мест в системе устойчивого развития // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2019. №1-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-modernizatsii-vysokoproizvoditelnyh-rabochih-mest-v-sisteme-ustoi-chivogo-razvitiya> (дата обращения: 09.04.2024).

92. Портал управление производством. Механизм расчета ОЕЕ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://up-pro.ru/library/repair/tpm/jordansteel-oee/> (Дата обращения: 03.05.2022)

93. Портер М. Международная конкуренция. Конкурентные преимущества стран. М.: Международные отношения, 1993. 896 с.

94. Портнов А. В. Диагностический подход к измерению производительности труда на производствах FMCG // Вестник Государственного университета просвещения. Серия: Экономика. 2023. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnosticheskiy-podhod-k-izmereniyu-proizvoditelnosti-truda-na-proizvodstvah-fmcs> (дата обращения: 02.04.2024).

95. Портнов А. В. Практика применения бенчмаркинга в рамках диагностического подхода на производствах сектора FMCG // НК. 2023. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/praktika-primeneniya-benchmarkinga-v-ramkah-diagnosticheskogo-podhoda-na-proizvodstvah-sektora-fmcs> (дата обращения: 02.04.2024).
96. Портнов А. В. Применение непараметрического метода оценки коинтеграции индексов изменения фондовооруженности, фондоотдачи и производительности труда // Проблемы экономики и юридической практики. 2023. Т. 19. № 2. С. 260-265.
97. Портнов А. В. Адаптация теории ограничений для анализа и управления производительностью труда в цифровых производственных системах сектора FMCG Измерение и анализ благосостояния: тезисы докладов Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 25–27 января 2024 г. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2024. – 309с. – EDN : ALGRTO.
98. 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.
99. 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.
100. 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.
101. 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.
102. 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 BHFGPM.
103. Потапцева, Е. В. Национальный проект «Производительность труда»: от заявленных целей к реальным результатам / Е. В. Потапцева, П. Д. Чащихина // ЭКО. – 2023. – № 7(589). – С. 108-129. – DOI 10.30680/ECO0131-7652-2023-7-108-129. – EDN HSMSMD.
104. Производительность загружают на платформу [Электронный доступ]. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/5594772?tg> (дата обращения: 31.10.22).
105. Производительность труда начинается с эффективности: обучение прошли больше 570 человек [Электронный доступ]. – Режим доступа: https://ug.tsargrad.tv/news/proizvoditelnost-truda-nachinaetsja-s-jeffektivnosti-obuchenie-proshli-bolshe-570-chelovek_626402 (дата обращения: 31.10.22).
106. Профориентационная бизнес-сессия прошла на «КАМАЗе» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://kamaz.spbmb.ru/info/news/proforientatsionnaya_biznes_sessiya_proshla_na_kamaz/ (дата обращения: 18.04.2024).

107. Радостева, М. В. К вопросу о производительности труда / М. В. Радостева // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2018. – Т. 45. – № 2. – С. 268-272.
108. Розанова Н.М. Индустрия 5.0: золотой век или прыжок в темноту? // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2023. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/industriya-5-0-zolotoy-vek-ili-pryzhok-v-temnotu> (дата обращения: 04.08.2024).
109. Ротштейн А. И. Основы статистики социалистической промышленности. Часть II. Факторы производства. Соцэкгиз. ЛО, 1934. С.255-32
110. Самойлов, Ю. Н. «Производительность труда — это только один из индикаторов конкурентоспособности» / Ю. Н. Самойлов // Методы менеджмента качества. – 2023. – № 8. – С. 8-13. – EDN MSNPRA.
111. Сеитов С.К. Совокупная факторная производительность в сельском хозяйстве регионов России // Экономика региона. 2023. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovokupnaya-faktornaya-proizvoditelnost-v-selskom-hozyaystve-regionov-rossii> (дата обращения: 17.08.2024).
112. Селина, А. С. Сравнение производительности труда в России и за рубежом / А. С. Селина // Студенческий вестник. – 2024. – № 21-8(307). – С. 43-45. – EDN KWCQRS.
113. Сладкова, Н. М. РОСТ: эффективный инструментарий оценки барьеров и определения драйверов производительности труда / Н. М. Сладкова, О. А. Ильченко // Социально-трудовые исследования. – 2020. – № 1(38). – С. 126-138. – DOI 10.34022/2658–3712-2020-38-1-126-138. – EDN DNHUDU.
114. Смирнова, Е. А. Интегральная оценка производительности труда / Е. А. Смирнова, М. В. Постнова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15. – № 1(57). – С. 123-129. – DOI 10.12737/2073–0462-2020-123-129. – EDN JSOQGA.
115. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. М.: Соцэкгиз, 1935. 475 с.
116. Современная Российская статистика: развитие или стагнация? / И. И.

Елисеева, О. Н. Никифоров, Н. М. Багров, А. Н. Щирина // Труды Объединенного научного совета по гуманитарным проблемам и историко-культурному наследию. – 2010. – Т. 2009. – С. 19-48. – EDN TAQRRP.

117. Социальный бюллетень «Производительность труда в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ac.gov.ru/files/publication/a/13612.pdf>

118. Старцев, А. В. Трудовая мотивация персонала как фактор повышения производительности труда / А. В. Старцев, Е. А. Карпова // Первый экономический журнал. – 2024. – № 4(346). – С. 12-23. – DOI 10.58551/20728115_2024_4_12. – EDN MQDFWZ.

119. Струмилин С. Г. Проблемы экономики труда. М.: Наука, 198

120. Стукен Т. Ю., Маковская Н. В., Лапина Т. А., Коржова О. С. Резервы роста производительности труда руководителей среднего звена в российских и белорусских организациях / Т. Ю. Стукен, Н. В. Маковская, Т. А. Лапина, О. С. Коржова // Вестник Омского университета. Серия: Экономика. – 2022. – Т. 20, № 3. – С. 99–111. – DOI 10.24147/1812-3988.2022.20(3).99-111. – EDN AFRAAO.

121. Сумкина, Л. А. Развитие подходов к производительности труда и ее оценке / Л. А. Сумкина // Человек. Социум. Общество. – 2023. – № 12. – С. 196-202. – EDN YFHEPG.

122. Тарасов И. В. Индустрия 4. 0: понятие, концепции, тенденции развития // Стратегии бизнеса. 2018. №6 (50). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/industriya-4-0-ponyatie-kontseptsii-tendentsii-razvitiya> (дата обращения: 24.03.2024).

123. Терешкина, Н. Е. Бенчмаркинг в повышении конкурентоспособности региональных инновационных стратегий / Н. Е. Терешкина // Креативная экономика. – 2020. – Т. 14. – № 12. – С. 3247-3258. – DOI 10.18334/ce.14.12.111210. – EDN UUBZPA.

124. Тилиндис, Т. В. Методические аспекты формирования и использования бенчмарки для торговых предприятий / Т. В. Тилиндис, М. А. Демченко // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2022. – № 3. – С. 106-120. – DOI 10.24143/2073-5537-2022-3-106-120. – EDN

BFWLAL.

125. Трофимова, Н. Н. Индустрия 5.0: интеграция человеческого потенциала в Индустрию 4.0 / Н. Н. Трофимова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2023. – Т. 4, № 1(133). – С. 34-39. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2023.01.04.004. – EDN FDUHIS.

126. Трудовые ресурсы, занятость и безработица [Электронный ресурс] / Росстат– Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/labour_force (дата обращения: 24.04.2024).

127. Угрюмова А. А., Савельева М. В. Роль высокотехнологичных рабочих мест в развитии регионов // Управленческие науки. 2019. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-vysokotehnologichnyh-rabochih-mest-v-razviti-regionov> (дата обращения: 09.04.2024).

128. Усманов, Э. Р. Технический прогресс как глубокое влияние на экономический рост и производительность труда / Э. Р. Усманов, Е. Г. Хайруллина // Вести научных достижений. Экономика и право. – 2023. – № 15. – С. 29-31. – DOI 10.36616/2686-9837_2023_15_29. – EDN KHQJRO.

129. Франц, М. В. Взаимосвязь производительности труда и зарплатоотдачи: эмпирический анализ данных регионов России / М. В. Франц, Е. В. Потапцева // Экономическая наука современной России. – 2022. – № 3(98). – С. 26-37. – DOI 10.33293/1609-1442-2022-3(98)-26-37. – EDN MKJNXV.

130. Френкель, А. А. Прогнозирование производительности труда: методы и модели / А. А. Френкель; А. А. Френкель. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Москва: Экономика, 2007. – ISBN 978-5-282-02673-3. – EDN QSALTZ.

131. Хейлбронер Р. Экономика для всех. Тверь: Фамилия, 1994. 271 с.

132. Холопов А.В. История экономических учений. М.: Эксмо, 2008. 445 с.

133. Ху Тинтин. Обзор национальных стратегий перехода к Индустрии 5.0 // Экономика и управление инновациями. 2022. No 3 (22). С. 28-38. DOI: 10.26730/2587-5574-2022-3-28-38

134. Цхададзе Н.В. Трансформация промышленности в условиях перехода к «Индустрии 4.0» // Вестник Московского университета МВД России. 2020. №7.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transformatsiya-promyshlennosti-v-usloviyah-perehoda-k-industrii-4-0> (дата обращения: 24.03.2024).

135. Чижова, Е. Н. Инновационные предприятия и проблемы роста производительности труда / Е. Н. Чижова, Ю. И. Селиверстов, Г. Г. Балабанова // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2022. – № 3(94). – С. 30-40. – DOI 10.21295/2223-5639-2022-3-30-40. – EDN JMKGFFQ.

136. Чугайнов, Н. М. Подходы к построению показателя производительности труда, их свойства и границы применения / Н. М. Чугайнов, М. А. Пачин // Экономика труда. – 2022. – Т. 9, № 6. – С. 1043-1056. – DOI 10.18334/et.9.6.114831. – EDN IJUJCU.

137. Чупахина Т. А., Дивин А. Г., Гребенникова Н. М., Пономарев С. В. Роль бережливого производства в повышении производительности труда / Т. А. Чупахина, А. Г. Дивин, Н. М. Гребенникова, С. В. Пономарев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2023. – № 3(89). – С. 97-104. – DOI 10.17277/voprosy.2023.03.pp.097-104. – EDN GHСQBХ.

138. Шаныгин С. И., Зуга Е. И. Заработная плата и производительность труда в России: региональный аспект // Экономика и управление. 2019. № 10 (168). С. 39–49. DOI: 10.35854/1998-1627-2019-10-39-49

139. Шаш Н.Н., Бородин А.И. Показатели и способы измерения производительности труда, и возможность их применения на предприятиях // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2015. №3 (148). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-i-sposoby-izmereniya-proizvoditelnosti-truda-i-vozmozhnost-ih-primeneniya-na-predpriyatiyah> (дата обращения: 12.08.2024).

140. Щербаков А.И. Измерение производительности труда // Социально-трудовые исследования. 2023. №3 (52). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmerenie-proizvoditelnosti-truda> (дата обращения: 12.08.2024).

141. Щетинина Н. Ю. Индустрия 4. 0: практические аспекты реализации в российских условиях // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и

- обществе. 2017. №1 (21). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/industriya-4-0-prakticheskie-aspekty-realizatsii-v-rossiyskih-usloviyah> (дата обращения: 24.03.2024).
142. Эмерсон Г. Двенадцать принципов производительности. М.: Экономика, 1992. 217 с.
143. Barczak, Agnieszka. (2012). The use of the dea method to measure the efficiency of the production process based on a group of farms. 298 (69). 5-14. URL: <https://doi.org/10.4000/viatourism.1005>
144. Bogatyreva Irina, Simonova Marina, Privorotskaya Elena /Current state of labour productivity in the economy of developed countries, E3S Web of Conferences 91, 08022 (2019) URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199108022>
145. 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>
146. 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>
147. Geert Woltjer, Michiel van Galen & Katja Logatcheva (2021) Industrial Innovation, Labour Productivity, Sales and Employment, *International Journal of the Economics of Business*, 28:1, 89-113, URL: <https://doi.org/10.1080/13571516.2019.1695448>
148. Georgescu-Roegen Nicolas/ The Entropy Law and the Economic Process. Harvard University Press. Second Printing, 1974 . 487 p.
149. Kaufman L., Rousseeuw P. J Finding Groups in Data, An introduction to Cluster Analysis // John Wiley & Sons, Brussels, Belgium, 1990. - P.1-355
150. Mohammadreza, Salehi & Shirouyehzad, Hadi & Reza, Dabestani. (2013). Labour productivity measurement through classification and standardisation of products. *International Journal of Productivity and Quality Management*. 11. 57-72. 10.1504/IJPQM.2013.050568.
151. OECD Compendium of Productivity Indicators. 29 Apr 2019. Annual ISSN: 22252126 (online) URL: <https://doi.org/10.1787/22252126>

152. OECD: Russia has the lowest labor productivity in Europe. Retrieved from: <https://www.vedomosti.ru/management/articles/2015/08/10/604195-oesr-nizkaya-proizvoditelnost>.
153. Ohlsbom, R., & Maliranta, M. (2020). Management practices and allocation of employment: Evidence from Finnish manufacturing. *International Journal of the Economics of Business*, 28(1), 115–138. URL: <https://doi.org/10.1080/13571516.2020.1800343>
154. Pilat, Dirk & Schreyer, Paul. (2001). Measuring productivity. *OECD Economic Studies*. 2001. 13-13. [10.1787/eco_studies-v2001-art13-en](https://doi.org/10.1787/eco_studies-v2001-art13-en).
155. Roope Ohlsbom & Mika Maliranta (2021) Management Practices and Allocation of Employment: Evidence from Finnish Manufacturing, *International Journal of the Economics of Business*, 28:1, 115-138, URL: <https://doi.org/10.1080/13571516.2020.1800343>
156. Supachet Chansarn, Labor Productivity Growth, Education, Health and Technological Progress: A Cross-Country Analysis, *Economic Analysis and Policy*. Pages 249- 261 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0313592610500274>
157. Woltjer, G., van Galen, M., Logatcheva, K. (2019). Industrial Innovation, Labour Productivity, sales and employment. *International Journal of the Economics of Business*, 28(1), 89–113. <https://doi.org/10.1080/13571516.2019.1695448>
158. Yovo Koffi, Waibena Tinê-Ène Dtorane PUBLIC EXPENDITURES AND AGRICULTURAL TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY GROWTH: EVIDENCE FROM TOGO // *RJOAS*. 2022. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/public-expenditures-and-agricultural-total-factor-productivity-growth-evidence-from-togo> (дата обращения: 17.08.2024).

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А – КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ПО УРОВНЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА CLARA

Таблица А.1 – Результат классификации по уровню производительности труда в обрабатывающей промышленности на основе метода алгоритма CLARA

```
> library(readxl)
> library(tidyverse)
> library(hopkins)
> library(factoextra)
> library(NbClust)
> library(pastecs)
> library(cluster)
> library(dplyr)
>
```

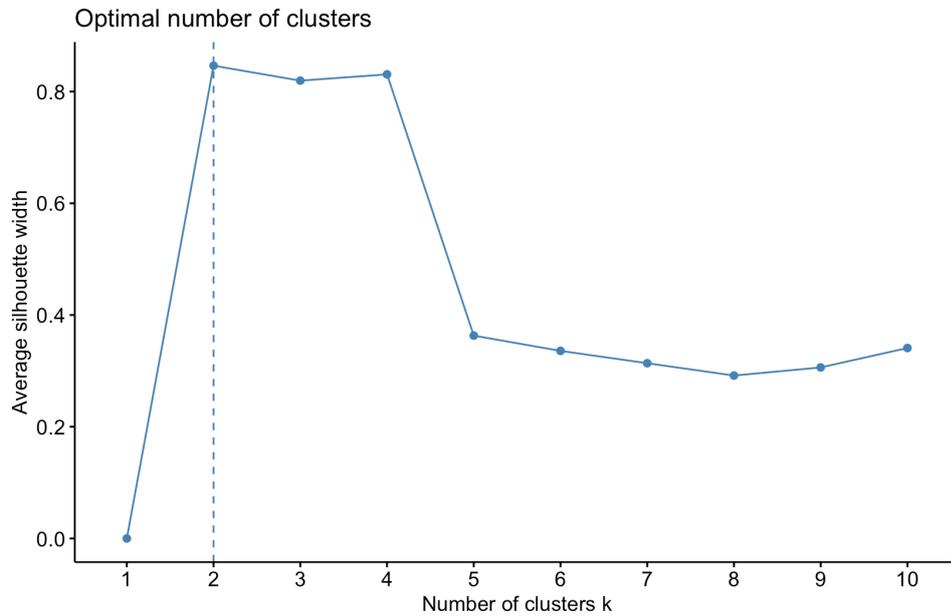
```
dd <- read_xlsx("/Users/aleksandrportnov/Desktop/SSP.xlsx", sheet = 1)
```

```
> View(dd)
> df <- dd[,6:9]
> stat.desc(df) # описательная статистика
```

	PTT	IF	BI	FZ
nbr.val	7.700000e+01	7.700000e+01	7.700000e+01	7.700000e+01
nbr.null	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
nbr.na	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
min	3.732359e+02	3.023912e-05	1.073568e-03	2.059097e+08
max	7.529006e+04	1.175903e-02	2.524244e-01	2.715280e+10
range	7.491682e+04	1.172879e-02	2.513508e-01	2.694689e+10
sum	5.343309e+05	2.164341e-02	2.237075e+00	2.076944e+11
median	4.553030e+03	1.037467e-04	2.566507e-02	1.884854e+09
mean	6.939362e+03	2.810832e-04	2.905293e-02	2.697331e+09
SE.mean	1.194624e+03	1.512941e-04	3.495948e-03	4.222751e+08
CI.mean.0.95	2.379300e+03	3.013283e-04	6.962784e-03	8.410337e+08
var	1.098888e+08	1.762522e-06	9.410674e-04	1.373035e+19
std.dev	1.048278e+04	1.327600e-03	3.067682e-02	3.705449e+09
coef.var	1.510627e+00	4.723157e+00	1.055894e+00	1.373747e+00

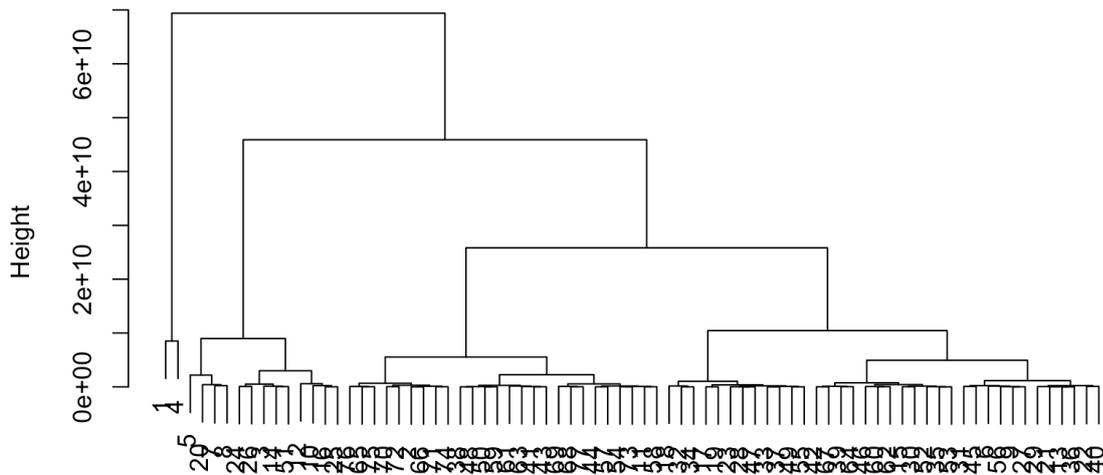
```
>
```

```
ds <- scale(df) # стандартизация
fviz_nbclust(ds, kmeans, method = "silhouette")
```



```
> dist.baz<-dist(bd[,6:9]) # матрица расстояний
> clust.baz<-hclust(dist.baz, "ward.D") # иерархический кластерный анализ
> plot(clust.baz)
```

Cluster Dendrogram



dist.baz
hclust (*, "ward.D")

U	OB	OF	ZOB	IOK	PTT	IF	BI	FZ
1 Ямало-Ненецкий автономный округ	826986	2.982464e+11	10.984	30666352	75290.0583	1.028222e-04	0.026967211	27152800619
2 Магаданская область	194366	1.544129e+09	3.430	769997	56666.4723	4.986611e-04	0.252424360	450183382
3 Мурманская область	888517	1.512601e+11	39.840	26000518	22302.1335	1.718928e-04	0.034173050	3796689709
4 Тюменская область	3115657	3.012532e+12	161.622	376026230	19277.4313	1.248207e-04	0.008285744	18639367462

```
> bdd <- bd
> bdd <- bdd[c(-1,-4),]
```

```

> bdd <- bd
> bdd <- bdd[c(-1,-4),]
> View(bdd)
> df <- bdd[,6:9]
> stat.desc(df) # описательная статистика

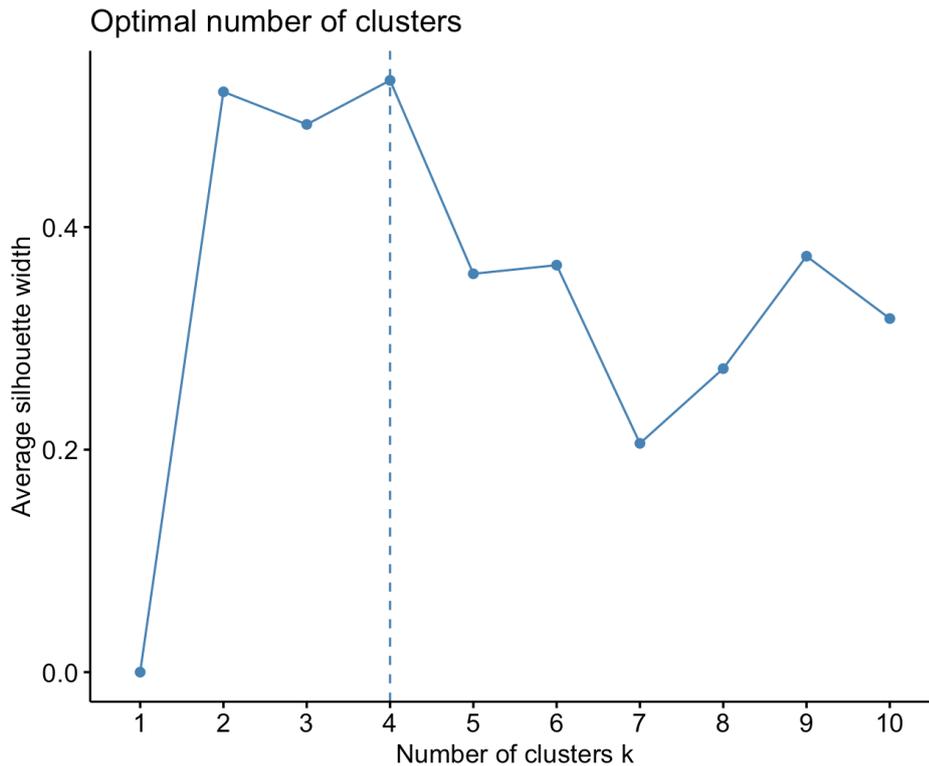
```

	PTT	IF	BI	FZ
nbr.val	7.500000e+01	7.500000e+01	7.500000e+01	7.500000e+01
nbr.null	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
nbr.na	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
min	3.732359e+02	3.023912e-05	1.073568e-03	2.059097e+08
max	5.666647e+04	1.175903e-02	2.524244e-01	7.541516e+09
range	5.629324e+04	1.172879e-02	2.513508e-01	7.335607e+09
sum	4.397634e+05	2.141577e-02	2.201822e+00	1.619023e+11
median	4.517066e+03	1.037467e-04	2.566507e-02	1.754113e+09
mean	5.863512e+03	2.855435e-04	2.935763e-02	2.158697e+09
SE.mean	7.873656e+02	1.553224e-04	3.578679e-03	1.747733e+08
CI.mean.0.95	1.568860e+03	3.094866e-04	7.130673e-03	3.482434e+08
var	4.649584e+07	1.809378e-06	9.605207e-04	2.290928e+18
std.dev	6.818786e+03	1.345131e-03	3.099227e-02	1.513581e+09
coef.var	1.162918e+00	4.710775e+00	1.055680e+00	7.011550e-01

```

> ds <- scale(df) # стандартизация
> fviz_nbclust(ds, kmeans, method = "silhouette")

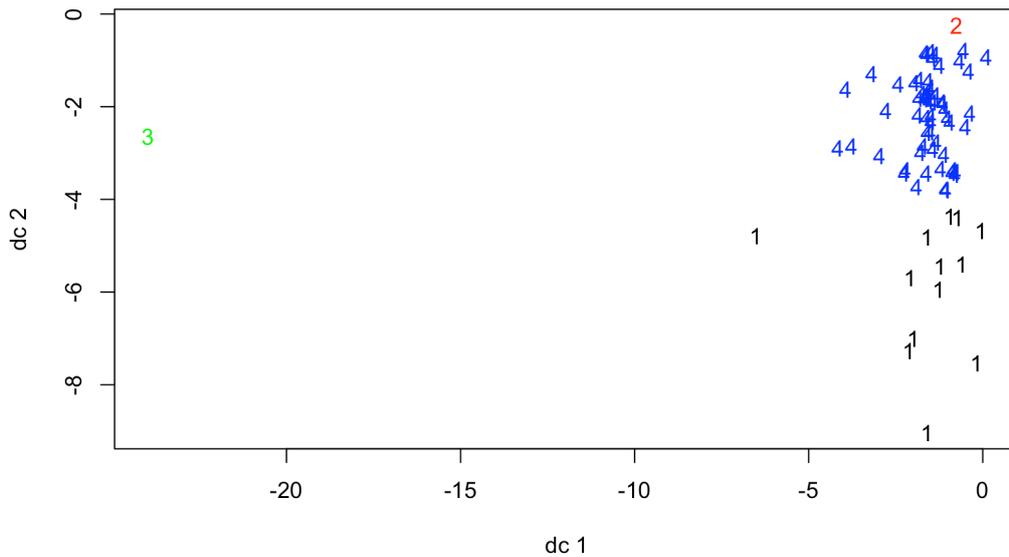
```



```

> dist.baz<-dist(bdd[,6:9]) # матрица расстояний
> clust.baz<-hclust(dist.baz, "ward.D") # иерархический кластерный анализ
> plot(clust.baz)

```

U	OB	OF	ZOB	IOK	PTT	IF	BI	FZ	kl
1 Республика Алтай	10915	864615000	4.199	10167034	2599.428	0.01175903	0.001073568	205909740	2

U	OB	OF	ZOB	IOK	PTT	IF	BI	FZ	kl
1 Магаданская область	194366	1544129000	3.43	769997	56666.47	0.0004986611	0.2524244	450183382	3

```
> stat.desc(v1[,6:9]) # описательная статистика
```

```

                PTT          IF          BI          FZ
nbr.val      1.300000e+01 1.300000e+01 1.300000e+01 1.300000e+01
nbr.null     0.000000e+00 0.000000e+00 0.000000e+00 0.000000e+00
nbr.na       0.000000e+00 0.000000e+00 0.000000e+00 0.000000e+00
min          3.891055e+03 6.929834e-05 6.002427e-03 3.571059e+09
max          2.230213e+04 2.441106e-04 3.417305e-02 7.541516e+09
range        1.841108e+04 1.748122e-04 2.817062e-02 3.970457e+09
sum          1.193052e+05 1.862007e-03 1.970217e-01 6.274801e+10
median       8.046416e+03 1.166672e-04 1.423710e-02 4.453920e+09
mean         9.177324e+03 1.432313e-04 1.515552e-02 4.826770e+09
SE.mean      1.320434e+03 1.686535e-05 2.210006e-03 3.353267e+08
CI.mean.0.95 2.876978e+03 3.674644e-05 4.815189e-03 7.306140e+08
var          2.266609e+07 3.697721e-09 6.349364e-05 1.461772e+18
std.dev      4.760891e+03 6.080889e-05 7.968290e-03 1.209037e+09
coef.var     5.187669e-01 4.245503e-01 5.257682e-01 2.504858e-01

```

```

> clara.r <- clara(ds,4, samples = 5, pamLike = TRUE)
> clara.r
Call: clara(x = ds, k = 4, samples = 5, pamLike = TRUE)
Medoids:
      PTT      IF      BI      FZ
[1,] 7.4504407 0.1584362 7.1974960 -1.1287889
[2,] 0.2372618 -0.1340399 -0.4322724 1.5164187
[3,] -0.1974613 -0.1425641 -0.2998331 0.1598319
[4,] -0.3842717 -0.1462166 0.1358709 -0.7078951
Objective function: 0.6855033
Clustering vector: int [1:75] 1 2 2 3 2 2 3 2 4 2 3 2 4 2 3 3 3 2 ...
Cluster sizes:      1 13 27 34
Best sample:
 [1] 1 4 5 8 9 11 12 14 15 18 19 23 25 26 27 28 29 31 32 34 35 36 37 38 39 40 41 42 44 47 48 50
[34] 53 54 55 56 57 59 60 61 67 68 69 71 72 73 74

Available components:
 [1] "sample"      "medoids"      "i.med"        "clustering"  "objective"   "clusinfo"    "diss"
 [8] "call"        "silinfo"      "data"

> fviz_cluster(
+ clara.r,
+ data = ds,
+ choose.vars = NULL, stand = TRUE, axes = c(1, 2), geom = c("point", "text"),
+ repel = FALSE, show.clust.cent = TRUE,
+ ellipse = TRUE, ellipse.type = "convex", ellipse.level = 0.95, ellipse.alpha = 0.2,
+ shape = NULL, pointsize = 1.5, labelsize = 12, main = "Cluster plot", xlab = NULL, ylab = NULL,
+ outlier.color = "black", outlier.shape = 19, outlier.pointsize = pointsize,
+ outlier.labelsize = labelsize, ggtheme = theme_grey()
+ )
> bdd$cl <- clara.r$clustering

```

```

> bdd$cl <- clara.r$clustering
> cv1 <- bdd |> filter(bdd$cl==1)
> cv2 <- bdd |> filter(bdd$cl==2)
> cv3 <- bdd |> filter(bdd$cl==3)
> cv4 <- bdd |> filter(bdd$cl==4)

```

```
> stat.desc(cv2[,6:9]) # описательная статистика
```

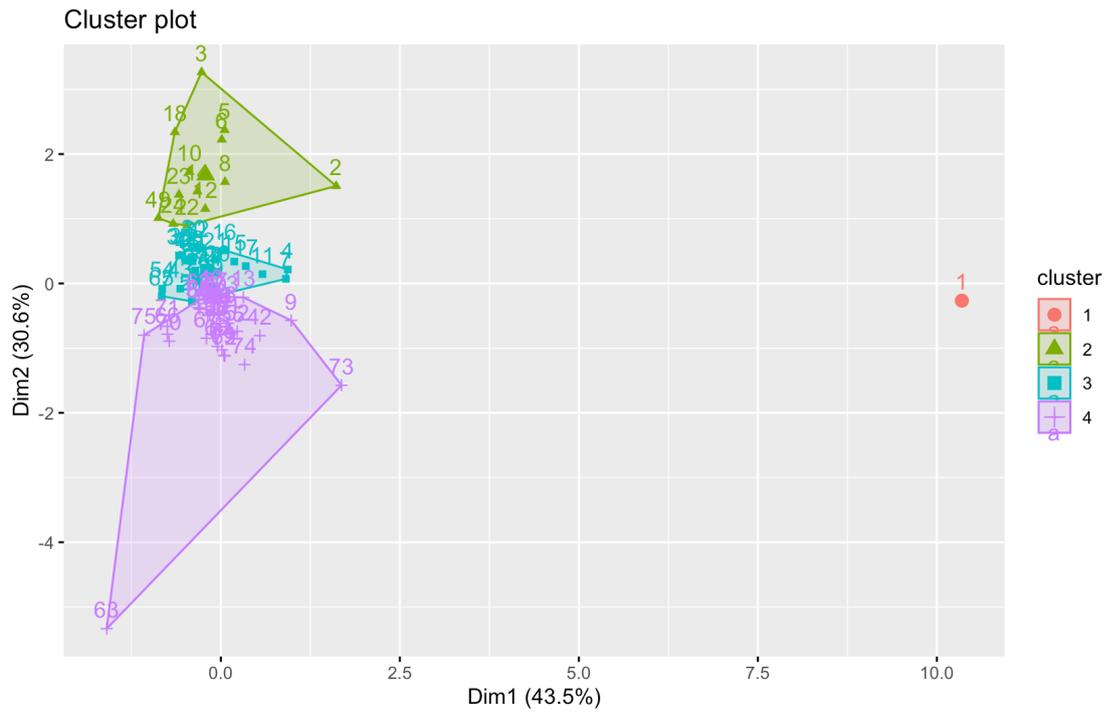
	PTT	IF	BI	FZ
nbr.val	1.300000e+01	1.300000e+01	1.300000e+01	1.300000e+01
nbr.null	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
nbr.na	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
min	3.891055e+03	6.929834e-05	6.002427e-03	3.571059e+09
max	2.230213e+04	2.441106e-04	3.417305e-02	7.541516e+09
range	1.841108e+04	1.748122e-04	2.817062e-02	3.970457e+09
sum	1.193052e+05	1.862007e-03	1.970217e-01	6.274801e+10
median	8.046416e+03	1.166672e-04	1.423710e-02	4.453920e+09
mean	9.177324e+03	1.432313e-04	1.515552e-02	4.826770e+09
SE.mean	1.320434e+03	1.686535e-05	2.210006e-03	3.353267e+08
CI.mean.0.95	2.876978e+03	3.674644e-05	4.815189e-03	7.306140e+08
var	2.266609e+07	3.697721e-09	6.349364e-05	1.461772e+18
std.dev	4.760891e+03	6.080889e-05	7.968290e-03	1.209037e+09
coef.var	5.187669e-01	4.245503e-01	5.257682e-01	2.504858e-01

```
> stat.desc(cv3[,6:9]) # описательная статистика
```

	PTT	IF	BI	FZ
nbr.val	2.700000e+01	2.700000e+01	2.700000e+01	2.700000e+01
nbr.null	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
nbr.na	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
min	2.543626e+03	5.518864e-05	4.398093e-03	1.511477e+09
max	1.224324e+04	3.869822e-04	4.862054e-02	3.038611e+09
range	9.699613e+03	3.317936e-04	4.422245e-02	1.527134e+09
sum	1.506320e+05	3.475928e-03	6.114911e-01	6.385425e+10
median	5.175977e+03	1.035806e-04	2.006512e-02	2.313629e+09
mean	5.578962e+03	1.287381e-04	2.264782e-02	2.364972e+09
SE.mean	3.993405e+02	1.404667e-05	2.201746e-03	8.280165e+07
CI.mean.0.95	8.208562e+02	2.887333e-05	4.525753e-03	1.702012e+08
var	4.305767e+06	5.327338e-09	1.308875e-04	1.851150e+17
std.dev	2.075034e+03	7.298861e-05	1.144061e-02	4.302500e+08
coef.var	3.719392e-01	5.669544e-01	5.051526e-01	1.819260e-01

```
> stat.desc(cv4[,6:9]) # описательная статистика
```

	PTT	IF	BI	FZ
nbr.val	3.400000e+01	3.400000e+01	3.400000e+01	3.400000e+01
nbr.null	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
nbr.na	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
min	3.732359e+02	3.023912e-05	1.073568e-03	2.059097e+08
max	9.401054e+03	1.175903e-02	1.155944e-01	1.743801e+09
range	9.027818e+03	1.172879e-02	1.145208e-01	1.537892e+09
sum	1.131597e+05	1.557917e-02	1.140885e+00	3.484984e+10
median	3.284271e+03	9.522628e-05	3.197750e-02	1.039329e+09
mean	3.328228e+03	4.582109e-04	3.355544e-02	1.024995e+09
SE.mean	3.164027e+02	3.426395e-04	3.366760e-03	7.822179e+07
CI.mean.0.95	6.437262e+02	6.971053e-04	6.849724e-03	1.591434e+08
var	3.403764e+06	3.991663e-06	3.853925e-04	2.080341e+17
std.dev	1.844929e+03	1.997915e-03	1.963141e-02	4.561075e+08
coef.var	5.543278e-01	4.360251e+00	5.850441e-01	4.449850e-01



Источник: рассчитано автором

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б – КЛАССИФИКАЦИЯ ПО УРОВНЮ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА НАСТРАИВАЕМОЙ
(КАСТОМНОЙ) ГРУППИРОВКИ**

Таблица Б.1 – Результат классификации по уровню производительности труда в обрабатывающей промышленности на основе метода настраиваемой (кастомной) группировки

REG	LP	Группа
Ямало-Ненецкий автономный округ	75290081,9	1
Магаданская область	79235863,8	1
Мурманская область	23343321,1	2
Тюменская область	20115156,9	2
Ленинградская область	10662388,3	2
Камчатский край	12591683,1	2
Вологодская область	11781137	2
Липецкая область	11238519,56	3
г.Санкт-Петербург	10291339,5	3
Республика Татарстан	9838597,248	3
г.Москва	13558074,4	3
Красноярский край	9605181,828	3
Белгородская область	8656775,951	3
Тульская область	7501789,363	3
Калининградская область	7144819,428	3
Калужская область	7388223,847	3
Московская область	7341698,56	3
Свердловская область	6827691,559	3
Кемеровская область	6504906,189	3
Республика Коми	5650999,378	3
Республика Хакасия	6258737,261	3
Республика Башкортостан	6170972,755	3
Новгородская область	6856449,961	3
Хабаровский край	6566674,841	3
Пермский край	5952157,113	3
Иркутская область	5970188,235	3
Воронежская область	5381713,855	3
Челябинская область	5707938,2	3

Краснодарский край	5506879,343	3
Курская область	4906796,666	3
Республика Мордовия	5358533,043	3
Нижегородская область	5196254,403	3
Республика Карелия	4690228,26	3
Волгоградская область	4939934,523	3
Ростовская область	4485576,498	3
Рязанская область	4920911,617	3
Сахалинская область	4953349,903	3
Новосибирская область	4687707,622	3
Владимирская область	4641420,357	3
Оренбургская область	4769266,14	3
Брянская область	4555971,55	3
Саратовская область	4796932,803	3
Тамбовская область	4338352,341	3
Алтайский край	3618815,125	3
Томская область	4574752,237	3
Смоленская область	4451484,539	3
Самарская область	4302755,779	3
Республика Адыгея	4026333,18	4
Ярославская область	4204778,33	4
Орловская область	4255566,05	4
Омская область	4020465,93	4
Тверская область	4164143,1	4
Ставропольский край	3596434,6	4
Псковская область	3426966,68	4
Архангельская область	3651503,93	4
Республика Бурятия	3857783,24	4
Курганская область	3633917,78	4
Республика Марий Эл	3396847,24	4
Удмуртская Республика	3265900,22	4
Костромская область	3427740,4	4
Пензенская область	3316366,32	4
Кировская область	3281102,43	4
Чувашская Республика	2967901,79	4
Ульяновская область	3135416,88	4
Республика Алтай	2731574,55	4
Ивановская область	2769700,43	4
Приморский край	2796537,18	4
Республика Саха (Якутия)	2204952,23	4

Астраханская область	2178714,91	4
Амурская область	2515714,37	4
Еврейская автономная область	2026625,26	4
Карачаево-Черкесская Республика	1623583,46	4
Забайкальский край	1157367,41	4
Кабардино-Балкарская Республика	1109745,49	4
Республика Северная Осетия-Алания	1134241,55	5
Республика Дагестан	605589,754	5
Чеченская Республика	313131,769	5

Источник: рассчитано автором

**ПРИЛОЖЕНИЕ В – РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ РФ**

Таблица В.1 – Описательная статистика показателей третьей группы субъектов РФ, 2022 г.

Описательная статистика, использованы наблюдения 1 - 40

Переменная	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум
PТТ	6.2527e+06	5.5789e+06	3.6188e+06	1.3558e+07
FI	0.11669	0.097049	0.056060	0.33942
IQ	24.389	22.598	6.4525	54.807
FL	2.8005e+06	2.5790e+06	9.3847e+05	5.5513e+06
Переменная	Ст. откл.	Вариация	Асимметрия	Экспесс
LP	2.1450e+06	0.34305	1.5753	2.2417
FI	0.056577	0.48486	1.9717	4.5102
IQ	11.861	0.48633	0.83169	0.21023
FL	1.1633e+06	0.41538	0.63667	-0.35555
Переменная	5% Проц.	95% Проц.	IQ range	Пропущенные наблюдения
LP	4.3045e+06	1.1191e+07	2.3627e+06	0
FI	0.060395	0.23400	0.057216	0
IQ	7.8398	51.929	15.293	0
FL	1.2439e+06	5.3880e+06	1.7515e+06	0

Источник: рассчитано автором

Таблица В.2 – Регрессионная модель производительности труда для третьей группы субъектов РФ, 2022 г.

Модель 1: МНК, использованы наблюдения 1-40
Зависимая переменная: LP

	<i>Коэффициент</i>	<i>Ст. ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-значение</i>	
	<i>t</i>				
const	-6.67747e+06	1.32501e+06	-5.040	<0.0001	***
FI	2.84787e+07	4.03922e+06	7.051	<0.0001	***
IQ	196166	22342.4	8.780	<0.0001	***
FL	1.72209	0.201525	8.545	<0.0001	***
Среднее зав. перемен	6252734	Ст. откл. зав. перемен		2144994	
Сумма кв. остатков	4.83e+13	Ст. ошибка модели		1157795	
R-квадрат	0.731064	Испр. R-квадрат		0.708653	
F(3, 36)	32.62029	P-значение (F)		2.28e-10	
Лог. правдоподобие	-613.1314	Крит. Акаике		1234.263	
Крит. Шварца	1241.018	Крит. Хеннана-Куинна		1236.705	

Тест Вайта (White) на гетероскедастичность -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует

Тестовая статистика: LM = 32.1563
 р-значение = P(Chi-квадрат(9) > 32.1563) = 0.000187112

Тест Вайта (White) на гетероскедастичность (только квадраты) -
 Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
 Тестовая статистика: LM = 30.9348
 р-значение = P(Chi-квадрат(6) > 30.9348) = 2.6086e-05

Тест Бриша-Пэгона (Breusch-Pagan) на гетероскедастичность -
 Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
 Тестовая статистика: LM = 31.124
 р-значение = P(Chi-квадрат(3) > 31.124) = 8.0046e-07

Источник: рассчитано автором

Таблица В.3 – Регрессионная модель производительности труда для третьей группы субъектов РФ с поправкой на гетероскедастичность, 2022 г.

Модель 2: С поправкой на гетероскедастичность, использованы наблюдения 1-40
 Зависимая переменная: LP

	<i>Коэффициент</i>	<i>Ст. ошибка</i>	<i>t-</i>	<i>P-значение</i>	
	<i>m</i>		<i>статистика</i>		
const	-6.98203e+06	1.16733e+06	-5.981	<0.0001	***
FI	3.35324e+07	3.90810e+06	8.580	<0.0001	***
IQ	194683	20685.5	9.412	<0.0001	***
FL	1.70500	0.158913	10.73	<0.0001	***

Статистика, полученная по взвешенным данным:

Сумма кв. остатков	131.8276	Ст. ошибка модели	1.913603
R-квадрат	0.770289	Испр. R-квадрат	0.751147
F(3, 36)	40.23959	P-значение (F)	1.37e-11
Лог. правдоподобие	-80.60985	Крит. Акаике	169.2197
Крит. Шварца	175.9752	Крит. Хеннана-Куинна	171.6623

Статистика, полученная по исходным данным:

Среднее зав. перемен	6252734	Ст. откл. зав. перемен	2144994
Сумма кв. остатков	5.33e+13	Ст. ошибка модели	1216651

Тест на нормальное распределение ошибок -
 Нулевая гипотеза: ошибки распределены по нормальному закону
 Тестовая статистика: Хи-квадрат(2) = 9.55053
 р-значение = 0.0843584

Источник: рассчитано автором

Таблица В.4 – Описательная статистика показателей третьей группы субъектов РФ, 2017 г.

Описательная статистика, использованы наблюдения 1 - 40				
Переменная	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум
LP	3.6962e+06	3.2822e+06	2.0120e+06	7.0753e+06
FI	0.10626	0.089256	0.034184	0.26941
IQ	25.188	20.133	8.2937	133.26
FL	1.9914e+06	1.7792e+06	7.4294e+05	9.8147e+06
Переменная	Ст. откл.	Вариация	Асимметрия	Экцесс
LP	1.3070e+06	0.35360	0.97425	0.27236
FI	0.055912	0.52618	1.2757	0.96060
IQ	20.387	0.80939	3.8777	17.973
FL	1.4197e+06	0.71289	4.3033	21.372
Переменная	5% Проц.	95% Проц.	IQ range	Пропущенные наблюдения
LP	2.2367e+06	6.9630e+06	1.8642e+06	0
FI	0.037946	0.23788	0.056091	0
IQ	8.7840	53.634	16.355	0
FL	7.8155e+05	3.4450e+06	9.3810e+05	0

Источник: рассчитано автором

Таблица В.5 – Регрессионная модель производительности труда для третьей группы субъектов РФ, 2017 года

Модель 1: МНК, использованы наблюдения 1-40
Зависимая переменная: LP

	Коэффициент <i>t</i>	Ст. ошибка	<i>t</i> - статистика	<i>P</i> -значение	
const	658240	661777	0.9947	0.3265	
FI	7.37325e+06	3.33147e+06	2.213	0.0333	**
IQ	45664.2	8911.95	5.124	<0.0001	***
FL	0.554522	0.116919	4.743	<0.0001	***
Среднее зав. перемен	3696211	Ст. откл. зав. перемен		1306993	
Сумма кв. остатков	3.19e+13	Ст. ошибка модели		941540.4	
R-квадрат	0.520963	Испр. R-квадрат		0.481043	
F(3, 36)	13.05024	P-значение (F)		6.37e-06	
Лог. правдоподобие	-604.8612	Крит. Акаике		1217.722	
Крит. Шварца	1224.478	Крит. Хеннана-Куинна		1220.165	

Тест Вайта (White) на гетероскедастичность -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 26.4724
p-значение = P(Chi-квадрат(9) > 26.4724) = 0.00170913

Тест Вайта (White) на гетероскедастичность (только квадраты) -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 21.3713
p-значение = P(Chi-квадрат(6) > 21.3713) = 0.00157298

Тест Бриша-Пэгона (Breusch-Pagan) на гетероскедастичность -
 Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
 Тестовая статистика: LM = 7.5806
 р-значение = P(Chi-квадрат(3) > 7.5806) = 0.0555233

Источник: рассчитано автором

Таблица В.6 – Регрессионная модель производительности труда для третьей группы субъектов РФ с поправкой на гетероскедастичность, 2017 г.

Модель 2: С поправкой на гетероскедастичность, использованы наблюдения 1-40
 Зависимая переменная: LP

	<i>Коэффициент</i>	<i>Ст. ошибка</i>	<i>t-</i>	<i>P-значение</i>	
	<i>t</i>		<i>статистика</i>		
const	-848937	521693	-1.627	0.1124	
FI	9.14930e+06	2.39374e+06	3.822	0.0005	***
IQ	48937.7	7730.91	6.330	<0.0001	***
FL	1.15465	0.138471	8.339	<0.0001	***

Статистика, полученная по взвешенным данным:

Сумма кв. остатков	44.42008	Ст. ошибка модели	1.110806
R-квадрат	0.702629	Испр. R-квадрат	0.677848
F(3, 36)	28.35365	P-значение (F)	1.37e-09
Лог. правдоподобие	-58.85378	Крит. Акаике	125.7076
Крит. Шварца	132.4631	Крит. Хеннана-Куинна	128.1501

Статистика, полученная по исходным данным:

Среднее зав. перемен	3696211	Ст. откл. зав. перемен	1306993
Сумма кв. остатков	5.81e+13	Ст. ошибка модели	1270881

Тест на нормальное распределение ошибок -
 Нулевая гипотеза: ошибки распределены по нормальному закону
 Тестовая статистика: Хи-квадрат(2) = 29.6551
 р-значение = 3.63484e-07

Источник: рассчитано автором

ПРИЛОЖЕНИЕ Г – ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФУНКЦИИ ПО ДАННЫМ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РФ

Таблица Г.1 – Производственная функция, 2022 г.

Модель 1: МНК, использованы наблюдения 1-40
Зависимая переменная: l_Q

	<i>Коэффициент</i>	<i>Ст. ошибка</i>	<i>t-</i> <i>статистика</i>	<i>P-значение</i>	
	<i>m</i>				
const	11.6690	0.950362	12.28	<0.0001	***
l_К	0.258920	0.0715583	3.618	0.0009	***
l_L	0.882296	0.0804931	10.96	<0.0001	***
Среднее зав. перемен	20.48418	Ст. откл. зав. перемен		1.003229	
Сумма кв. остатков	2.243289	Ст. ошибка модели		0.246230	
R-квадрат	0.942849	Испр. R-квадрат		0.939760	
F(2, 37)	305.2062	P-значение (F)		1.01e-23	
Лог. правдоподобие	0.861187	Крит. Акаике		4.277626	
Крит. Шварца	9.344265	Крит. Хеннана-Куинна		6.109563	

Тест Вайта (White) на гетероскедастичность -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 7.32415
p-значение = P(Chi-квадрат(5) > 7.32415) = 0.197627

Тест Вайта (White) на гетероскедастичность (только квадраты) -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 7.12823
p-значение = P(Chi-квадрат(4) > 7.12823) = 0.129265

Тест Бриша-Пэгана (Breusch-Pagan) на гетероскедастичность -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 4.42842
p-значение = P(Chi-квадрат(2) > 4.42842) = 0.10924

Источник: рассчитано автором

Таблица Г.2 – Производственная функция, 2017 г.

Модель 2: МНК, использованы наблюдения 1-40
Зависимая переменная: l_Q17

	<i>Коэффициент</i>	<i>Ст. ошибка</i>	<i>t-</i>	<i>P-значение</i>	
	<i>m</i>		<i>статистика</i>		
const	12.3628	1.11939	11.04	<0.0001	***
l_L17	0.940837	0.106736	8.815	<0.0001	***
l_К17	0.177013	0.0899935	1.967	0.0567	*
Среднее зав. перемен	19.96672	Ст. откл. зав. перемен		1.009700	
Сумма кв. остатков	3.527464	Ст. ошибка модели		0.308767	
R-квадрат	0.911282	Испр. R-квадрат		0.906486	
F(2, 37)	190.0252	P-значение (F)		3.45e-20	
Лог. правдоподобие	-8.191534	Крит. Акаике		22.38307	
Крит. Шварца	27.44971	Крит. Хеннана-Куинна		24.21500	

Тест Вайта (White) на гетероскедастичность -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 7.90523
p-значение = P(Chi-квадрат(5) > 7.90523) = 0.161536

Тест Вайта (White) на гетероскедастичность (только квадраты) -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 5.62896
p-значение = P(Chi-квадрат(4) > 5.62896) = 0.228624

Тест Бриша-Пэгана (Breusch-Pagan) на гетероскедастичность -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 6.08851
p-значение = P(Chi-квадрат(2) > 6.08851) = 0.0476317

Тест Бриша-Пэгана (Breusch-Pagan) на гетероскедастичность (робастный вариант) -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 3.66063
p-значение = P(Chi-квадрат(2) > 3.66063) = 0.160363

Источник: рассчитано автором

Таблица Г.3 – Производственная функция, 2017 г.

Модель 1: МНК, использованы наблюдения 1-40
Зависимая переменная: l_Q17

	<i>Коэффициент</i>	<i>Ст. ошибка</i>	<i>t- статистика</i>	<i>P-значение</i>	
	<i>m</i>				
const	11.1289	0.501954	22.17	<0.0001	***
l_W17	1.03666	0.0585467	17.71	<0.0001	***
Среднее зав. перемен	19.96672	Ст. откл. зав. перемен		1.009700	
Сумма кв. остатков	4.298130	Ст. ошибка модели		0.336316	
R-квадрат	0.891899	Испр. R-квадрат		0.889054	
F(1, 38)	313.5227	P-значение (F)		5.96e-20	
Лог. правдоподобие	-12.14355	Крит. Акаике		28.28711	
Крит. Шварца	31.66486	Крит. Хеннана-Куинна		29.50840	

Тест Вайта (White) на гетероскедастичность -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 2.21538
p-значение = $P(\text{Хи-квадрат}(2) > 2.21538) = 0.330321$

Тест Бриша-Пэгона (Breusch-Pagan) на гетероскедастичность -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 5.99751
p-значение = $P(\text{Хи-квадрат}(1) > 5.99751) = 0.0143261$

Тест Бриша-Пэгона (Breusch-Pagan) на гетероскедастичность (робастный вариант) -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 2.06343
p-значение = $P(\text{Хи-квадрат}(1) > 2.06343) = 0.150871$

Источник: рассчитано автором

Таблица Г.4 – Производственная функция с поправкой на гетероскедастичность, 2017 г.

Модель 2: С поправкой на гетероскедастичность, использованы наблюдения 1-40
Зависимая переменная: l_Q17

	<i>Коэффициент</i> <i>m</i>	<i>Ст. ошибка</i>	<i>t-</i> <i>статистика</i>	<i>P-значение</i>	
const	11.2117	0.509251	22.02	<0.0001	***
l_W17	1.02857	0.0583385	17.63	<0.0001	***
Статистика, полученная по взвешенным данным:					
Сумма кв. остатков	167.7806	Ст. ошибка модели		2.101257	
R-квадрат	0.891072	Испр. R-квадрат		0.888206	
F(1, 38)	310.8556	P-значение (F)		6.90e-20	
Лог. правдоподобие	-85.43310	Крит. Акаике		174.8662	
Крит. Шварца	178.2440	Крит. Хеннана-Куинна		176.0875	
Статистика, полученная по исходным данным:					
Среднее зав. перемен	19.96672	Ст. откл. зав. перемен		1.009700	
Сумма кв. остатков	4.307986	Ст. ошибка модели		0.336702	

Источник: рассчитано автором

Таблица Г.5 – Производственная функция, 2022 г.

Модель 3: МНК, использованы наблюдения 1-40
Зависимая переменная: l_Q

	<i>Коэффициент</i> <i>m</i>	<i>Ст. ошибка</i>	<i>t-</i> <i>статистика</i>	<i>P-значение</i>	
const	10.8286	0.371702	29.13	<0.0001	***
l_W	1.08188	0.0414419	26.11	<0.0001	***
Среднее зав. перемен	20.48418	Ст. откл. зав. перемен		1.003229	
Сумма кв. остатков	2.073041	Ст. ошибка модели		0.233567	
R-квадрат	0.947187	Испр. R-квадрат		0.945797	
F(1, 38)	681.5157	P-значение (F)		7.12e-26	
Лог. правдоподобие	2.439719	Крит. Акаике		-0.879438	
Крит. Шварца	2.498321	Крит. Хеннана-Куинна		0.341853	

Тест Вайта (White) на гетероскедастичность -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 2.6178
p-значение = P(Chi-квадрат(2) > 2.6178) = 0.270117

Тест Бриша-Пэгона (Breusch-Pagan) на гетероскедастичность -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 4.18137
p-значение = P(Chi-квадрат(1) > 4.18137) = 0.0408708

Тест Бриша-Пэгона (Breusch-Pagan) на гетероскедастичность (робастный вариант) -
Нулевая гипотеза: гетероскедастичность отсутствует
Тестовая статистика: LM = 2.26565

р-значение = $P(\text{Хи-квадрат}(1) > 2.26565) = 0.132271$

Источник: рассчитано автором

Таблица Г.6 – Производственная функция с поправкой на гетероскедастичность, 2022 г.

Модель 4: С поправкой на гетероскедастичность, использованы наблюдения 1-40
Зависимая переменная: l_Q

	<i>Коэффициент</i>	<i>Ст. ошибка</i>	<i>t-</i>	<i>P-значение</i>	
	<i>m</i>		<i>статистика</i>		
const	10.9958	0.261425	42.06	<0.0001	***
l_W	1.06319	0.0264215	40.24	<0.0001	***

Статистика, полученная по взвешенным данным:

Сумма кв. остатков	146.4367	Ст. ошибка модели	1.963058
R-квадрат	0.977070	Испр. R-квадрат	0.976467
F(1, 38)	1619.229	P-значение (F)	9.15e-33
Лог. правдоподобие	-82.71181	Крит. Акаике	169.4236
Крит. Шварца	172.8014	Крит. Хеннана-Куинна	170.6449

Статистика, полученная по исходным данным:

Среднее зав. перемен	20.48418	Ст. откл. зав. перемен	1.003229
Сумма кв. остатков	2.084138	Ст. ошибка модели	0.234192

Источник: рассчитано автором