

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

Критерии и типология адаптивного управления отраслевой производственно-экономической системой предприятия в условиях Индустрии 4.0

Criteria and Typology of Adaptive Management of the Industrial Production and Economic System of the Enterprise in the Context of Industry 4.0

DOI: 10.12737/2587-6279-2025-14-4-42-49

Получено: 27.01.2025 / Одобрено: 05.02.2025 / Опубликовано: 25.12.2025

Ташкинов А.Г.

Канд. экон. наук, доцент кафедры экономики и управления промышленным производством, ФГБАУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»; начальник координационно-методического центра внедрения цифровой экономики, УИТ АО «Пермский завод «Машиностроитель», г. Пермь, e-mail: alekss.perm@gmail.com

Tashkinov A.G.

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Economics and Industrial Production Management Department, Perm National Research Polytechnic University; Head of the Coordination and Methodological Center for the Introduction of the Digital Economy, JSC Perm Plant Mashinostroitel, Perm, e-mail: alekss.perm@gmail.com

Аннотация

В статье автор представляет фундаментальное исследование, которое вносит вклад в экономику отраслевых проектов в промышленности. Автором представлена теоретическая база, раскрыт прикладной контекст, рассмотрена теория адаптивного управления и организационного обучения, перечислены ключевые направления исследователей, чьи работы являются теоретическим фундаментом для разработки критериев и типологий в контексте отраслевых систем. Основным результатом научной работы является предложенный автором методологический подход к изучению нового явления с использованием гибридных цифровых ресурсов в отраслях промышленности в условиях Индустрии 4.0. Предложенный в работе методологический подход к изучению цифровой трансформации с использованием гибридных цифровых ресурсов в отраслях промышленности приводит к фундаментальным сдвигам в характере труда.

Ключевые слова: адаптивное управление, гибридные цифровые ресурсы, Индустрия 4.0., отраслевая производственно-экономическая система, экономика отраслевых проектов в промышленности, ресурсный уклад, цифровая трансформация.

Abstract

In this article, the author presents a fundamental study that contributes to the economics of industry projects in industry. The author presents the theoretical framework, reveals the applied context, examines the theory of adaptive management and organizational learning, lists the key areas of the researchers, whose works are the theoretical foundation for the development of criteria and typologies in the context of industry systems. The main result of the scientific work is the methodological approach proposed by the author to the study of a new phenomenon using hybrid digital resources in industries in the context of Industry 4.0. The methodological approach proposed in the work to the study of a new phenomenon using hybrid digital resources in industries leads to fundamental shifts in the nature of work.

Keywords: adaptive management, hybrid digital resources, Industry 4.0., industrial production-economic system, economics of industry projects in industry, resource structure, digital transformation.

Введение

Современная глобализированная конкурентная экономика во многом зависит от научно-технического прогресса. Надлежащий выбор технологий и инноваций позволяет компаниям не только снижать свои затраты, но и, в том числе, улучшать операционные показатели и инновации в продуктах, услугах и организации, тем самым позволяя им получать доступ и создавать новые рынки, а также снижать негативное воздействие своей продукции на окружающую среду. Роль, которую методы адаптивного управления играют в отраслевой экономике, чрезвычайно возросла после первой промышленной революции, став важной для конкуренции в среде,

характеризующейся более ориентированными на ресурсный уклад в условиях Индустрии 4.0 (И4.0). Её значение достигает своего наибольшего выражения в 4-й промышленной революции, широко известной как Индустрия 4.0, которая привела к беспрецедентному прогрессу в течение короткого времени [1].

В настоящее время изучение Индустрии 4.0 в рамках нового ресурсного уклада в экономике отраслевых проектов в промышленности требует системного подхода, объединяющего технологические, управленические, экономические и социальные аспекты. Индустрия 4.0 стала ключевой парадигмой современной экономики. Научное сообщество ак-

тивно исследует эту область, однако накопленный массив знаний содержит существенные пробелы, требующие выявления и заполнения.

Учитывая вышесказанное, в данном исследовании представим теоретическое обоснование необходимости разработки критериев и типологии адаптивного управления отраслевой производственно-экономической системой (ОПЭС), в основе которого положен методологический подход к изучению нового явления, в том числе развитие экономики отраслевых проектов в промышленности, производства и изменение форм взаимодействия с использованием гибридных цифровых ресурсов.

Данное обоснование проистекает из фундаментальных вызовов, с которыми сталкиваются отрасли промышленности и современные предприятия.

Отметим важную особенность данного вопроса. Данный методологический подход к изучению нового явления рассматривается в литературе различными зарубежными, отечественными авторами в контексте смежных понятий, поэтому предлагаем рассмотреть ключевые направления зарубежных и отечественных авторов, чьи работы составляют теоретический фундамент для выявления таких критериев и типологий.

Исходя из вышеизложенного, актуальность обусловлена ускоренной цифровизацией промышленности под влиянием глобальных кризисов (пандемия, geopolитика, климат), где Индустрия 4.0 выступает как драйвер трансформации ОПЭС, требующий адаптивного управления для выживания предприятий.

Методологический подход к изучению нового явления

В данном разделе представим теоретическую базу, прикладной контекст, рассмотрим теорию адаптивного управления и организационного обучения, опишем ключевые направления исследований отечественных авторов, чьи работы составляют теоретический фундамент для выявления таких критериев и типологий в контексте отраслевых систем.

1. Общая теория систем и кибернетика (теоретическая база)

В изучаемой теории лежат истоки понятия «адаптивность».

Людвиг фон Берталанфи — основоположник общей теории систем. Его работы по открытым системам, взаимодействующим со средой, являются фундаментом для любого анализа адаптации [2].

Норберт Винер — основатель кибернетики, науки об управлении, связи и переработке информации в системах [3]. С точки зрения методологического подхода к изучению нового явления, автор использует в научном арсенале ключевые концепции — обратная связь и гомеостазис, которые, по его мнению, являются центральными для адаптивного управления.

Стэнфорд Бир — развел кибернетику применительно к управлению организациями [4]. Его модель *Viable System Model (VSM)* — это не просто одна из многих теорий, а, по сути, законченная и целостная операционная модель адаптивной системы.

С учетом этого рассмотрим, почему модель *VSM* является именно «готовой типологией и критерием» адаптивного управления ОПЭС.

Итак, согласно Биру, любая система, чтобы быть жизнеспособной (*viable*), т.е. способной долгосрочно существовать и развиваться в изменяющейся среде, обязана иметь пять обязательных и взаимосвязанных подсистем (Систем 1–5). Их наличие и правильное взаимодействие — это и есть главный критерий адаптивности.

Если какая-то из этих систем отсутствует или функционирует неправильно, организация становится неадаптивной, бюрократической и в конечном итоге нежизнеспособной.

Исходя из этого, модель *VSM* рассматривается Биром как типология адаптивного управления. Бир не просто перечислил функции, он описал архетип структуры, который применим к любой сложной адаптивной системе — от мозга человека до многонациональной корпорации (*multinational corporation*). По его мнению, это и есть типология [4].

Учитывая данное положение, представим в табл. 1 интерпретацию модели *VSM* с перечислением пяти обязательных и взаимосвязанных подсистем, которые являются готовой типологией и критерием адаптивного управления ОПЭС.

**Таблица 1
Пять систем и их роль в адаптивном управлении
ОПЭС**

Система	Название	Роль в обеспечении адаптивности	Интерпретация в организме
Система 1	Реализация (операционные единицы)	Это «руки» организации, которые непосредственно производят продукт/услугу и контактируют со средой. Их гибкость и автономность — основа операционной адаптации	Мышцы, органы

Окончание табл. 1

Система	Название	Роль в обеспечении адаптивности	Интерпретация в организме
Система 2	Координация	Предотвращает хаос, устанавливая правила и ритмы взаимодействия для Систем 1. Адаптивная роль: гасит «колебания», обеспечивает слаженность без прямого командования	Спинной мозг, вегетативная нервная система
Система 3	Контроль (управление «здесь и сейчас»)	Распределяет ресурсы, ставит задачи для Систем 1 и контролирует их выполнение. Адаптивная роль: оптимизирует внутреннюю деятельность для текущей эффективности	Подкорковые структуры мозга, управляющие базовыми функциями
Система 4	Разведка (<i>intelligence</i>)	Ключевой элемент адаптивности. Сматривает «вовне» — анализирует рынок, конкурентов, тренды, и «внутрь» — оценивает потенциал. Разрабатывает сценарии будущего	Кора головного мозга, мышление, анализ
Система 5	Политика (нормотворчество)	Определяет общую идентичность, миссию, ценности и стратегические цели. Балансирует интересы «сегодня» (Система 3) и «завтра» (Система 4). Принимает окончательные решения	«Я» человека, сознание, воля

Таким образом, описанная модель VSM — это готовая типология и критерий адаптивной системы управления ОПЭС. Любая жизнеспособная система, по данной модели, должна иметь пять функциональных подсистем, включая те, что отвечают за адаптацию и развитие.

2. Экономика и теория организаций (прикладной контекст)

Здесь понятие адаптивности применяется к экономическим объектам.

Ричард Нельсон и Сидней Уинтер в книге «Эволюционная теория экономических изменений» [5] предлагают рассматривать фирмы как организации, действующие на основе рутин. Адаптация происходит через поиск новых и изменение старых рутин, что является аналогом естественного отбора в биологии. Это прямая основа для типологизации адаптивных механизмов.

Игорь Ансофф разрабатывал критерии того, насколько стратегия и структура компании должны быть адаптивными в зависимости от уровня нестабильности внешней среды [6].

Эдит Пенроуз в своей теории роста фирмы рассматривает адаптивное управление, основанное на

управлении уникальными ресурсами и компетенциями. Адаптация с этой точки зрения — это способность фирмы перестраивать свои ресурсы под новые вызовы. Это ключевой критерий адаптивности [7].

3. Теория адаптивного управления и организационного обучения

Джеймс Марч — классик теории организационного поведения. Его работы о двух типах организационного обучения [8]:

Exploitation (эксплуатация) — улучшение существующих практик;

Exploration (исследование) — поиск совершенно новых решений.

Здесь мы наблюдаем баланс между ними, принимаем за ключевой критерий и основу для типологии адаптивных стратегий фирмы.

Генри Минцберг разрабатывал типологии организационных структур (adhocracy, machine bureaucracy и др.) [9]. Он утверждал, что адаптивные структуры (как «адхократия») наиболее эффективны в сложной и динамичной среде, предоставляя тем самым критерий для выбора типа управления.

Питер Сенге предложил концепцию «обучающейся организации» [10]. Она, по сути, является синонимом адаптивной системы. Критерии такой организации: системное мышление, групповое обучение, общее видение и др.

Далее перейдем к рассмотрению ключевых направлений отечественных авторов, чьи работы составляют теоретический фундамент для выявления таких критериев и типологий.

4. Российские исследователи (в контексте отраслевых систем)

Российские ученые часто исследуют эту проблематику в рамках «мезоуровня» экономики.

А.А. Аузан, А.И. Бахтигараева, В.А. Брызгалин рассматривают работы по институциональной экономике и роли институтов в адаптации экономических систем [11]. Авторы подчеркивают проблемы в креативной экономике: низкая интеграция инноваций в традиционные ПЭС (только 15% российских фирм используют колаборативные платформы), санкционные ограничения на технологии и культурные барьеры (сопротивление изменениям), приводящие к потере конкурентоспособности в глобальных рынках.

С.А. Гринев, В.Л. Квинт предлагают исследования стратегирования для сложных социально-экономических систем в условиях неопределенности

[12]. Авторы предлагают модель, где стратегирование включает сценарное планирование, адаптивные циклы и интеграцию человеческого фактора для резилиентности (устойчивости).

В.М. Анышин, А.З. Бобылева анализируют институциональные барьеры [13]. На примере агропромышленного комплекса в бойлерном производстве описывают проблемы антикризисной трансформации: задержки во внедрении *big data* из-за дефицита квалифицированных кадров (недостаток 40% специалистов в АПК), логистические сбои (пандемия увеличила простой на 25%) и регуляторные барьеры (несоответствие стандартов Индустрии 4.0), что снижает эффективность ПЭС на 10–15% [13].

В качестве адаптивного управления ОПЭС авторы предлагают использовать механизм антикризисного управления: принципы устойчивого развития, сетевой подход с элементами цифровой трансформации.

По нашему мнению, адаптивное управление ОПЭС в Индустрии 4.0 — это системный подход к координации ресурсов, процессов и инноваций предприятия, направленный на минимизацию рисков и максимизацию эффективности в условиях турбулентности (глобальные кризисы, технологические сдвиги). Оно опирается на принципы кибернетики (адаптация через обратные связи) и цифровые инструменты, интегрируя стратегирование для сценариев неопределенности.

Принимая во внимание перечисленные работы, автором в данном исследовании выявлены глобальные тренды и отраслевая цифровизация как императив адаптации. Мы утверждаем, что, цифровизация отраслевой экономики (включая машиностроение и АПК) повышает конкурентоспособность на 25–40% за счет искусственного интеллекта и промышленного интернета вещей, что, на наш взгляд, требует адаптивного управления для интеграции в «умные цепочки поставок» (*smart supply chains*) [14].

В целом авторы предлагают использовать критерии и типологии адаптивного управления в контексте отраслевых систем, применительно к проектам в промышленности.

Таким образом, нами рассмотрены ключевые направления зарубежных и отечественных авторов, чьи работы являются необходимыми, в частности, разработки критериев и типологии адаптивного управления ОПЭС, применительно к проектам в промышленности, в основе котороголожен методологический подход к изучению нового явления.

Разработка критериев и типологии адаптивного управления отраслевой производственно-экономической системой предприятия

Далее перейдем к разработке критериев и типологии. В связи с этим сведем в табл. 2 ключевые аргументы, основанные на анализе научных источников.

Таблица 2

Ключевые аргументы, основанные на анализе научных источников

Теоретический вызов / Потребность	Обоснование и аргументация	Практическая ценность критериев и типологии
Преодоление априорной неопределенности	Характерная черта современных систем — отсутствие полной информации о динамических свойствах объекта и будущих возмущениях. Традиционное управление с фиксированными параметрами не обеспечивает качественного и устойчивого управления в условиях Индустрии 4.0	Позволяют количественно оценить уровень неопределенности и задать класс адаптивности — границы возможных изменений, для которых система должна оставаться работоспособной
Управление реструктуризацией и кризисными процессами	В российских условиях адаптивное управление по своей сути является управлением комплексной реструктуризацией предприятий, носящей антикризисный и модернизационный характер	Критерии позволяют отделить текущую операционную деятельность от трансформационных процессов, оценить глубину необходимых изменений и выбрать адекватный тип адаптивной стратегии
Обеспечение адаптивной устойчивости	Устойчивость сложных экономических систем достигается не статичностью, а за счет наращивания адаптационного потенциала и способности к самоорганизации в ответ на вызовы среды в условиях Индустрии 4.0	Критерии дают инструмент для измерения адаптационного потенциала — степени согласованности внутренних переменных предприятия (технологии, оборудования, управления) для приспособления к изменениям в условиях Индустрии 4.0
Повышение скорости и качества управляемого реагирования	Иерархические системы управления страдают от медленного прохождения сигналов и их искажений, что недопустимо в условиях Индустрии 4.0, и высокой динамики рынка. Адаптивное управление — это управление с обратной связью, анализирующее внешние факторы до получения негативного результата	Типология позволяет идентифицировать тип ситуации и выбрать наиболее эффективный алгоритм адаптации (параметрическая, структурная настройка), сокращая время реакции

На основе анализа теоретических источников можно предложить следующие направления для построения системы критериев и типологии адаптивного управления ОПЭС.

В связи с этим представим классификацию систем по характеру адаптации и уровню неопределенности.

Самонастраивающиеся системы. В этих системах адаптация происходит за счет изменения параметров управления, которые требуют значительного объема априорной информации.

Критерий — это стабильность структуры бизнес-процессов при изменении значений ключевых параметров (объемы выпуска, цены).

Самоорганизующиеся системы. В этих системах адаптация требует изменения не только параметров, но и структуры управляющего устройства. Системы способны работать при меньшем объеме начальных сведений.

Поисковые системы. Эти системы используют специально организованный поиск и настройку для отыскания экстремума показателя качества (например, максимизации прибыли или минимизации издержек).

Беспоисковые системы. Эти системы опираются на принцип отрицательной обратной связи, целенаправленно изменяя параметры регулятора для достижения заданного показателя. Наиболее распространены системы с эталонной моделью.

С учетом данной типологии перейдем к разработке критериев оценки эффективности адаптивного управления, которые позволяют перейти от общих концепций к практическим измерениям. Эти критерии должны отражать способность системы достигать цели в изменяющихся условиях.

Актуальность разработки критериев и типологии адаптивного управления для предприятий в условиях Индустрии 4.0 обусловлена необходимостью выживать и развиваться в принципиально новой, высокодинамичной и сложной среде. Традиционные системы управления часто не справляются с такой неопределенностью, что делает создание гибких, «адаптивных» подходов ключевым вопросом современной экономики и менеджмента.

Ниже представлена табл. 3, которая суммирует потенциальные группы критериев, основанные на анализе источников.

Таблица 3

Группы критериев, основанные на анализе источников

Группа критериев	Конкретные показатели и аспекты
Производственно-технологические	Скорость реагирования на сбои в цепочке поставок; эффективность внедрения решений на основе ИИ (например, прогнозирующее обслуживание); гибкость переналадки производства (например, с помощью 3D-печати)
Организационно-управленческие	Уровень горизонтальной и вертикальной интеграции (ликвидация информационных разрывов между этажами управления и цехами); способность к самоорганизации и изменению структуры регулятора; эффективность реализации антикризисных мер
Экономико-адаптационные	Минимизация адаптационных затрат; скорость выхода на нормативный уровень адаптивности; эффективность распределения ресурсов в условиях неопределенности; рост производительности за счет симбиоза человека и машины

Таким образом, разработка критериев и типологии адаптивного управления ОПЭС — это не креативное упражнение, а насущная практическая необходимость. Она позволяет трансформировать абстрактную концепцию в работающий управленческий инструмент, обеспечивающий предприятию динамическую устойчивость, способность к реструктуризации и эффективное функционирование в условиях неопределенности и быстрых изменений, характерных для современной экономики в рамках ресурсного уклада к реалиям Индустрии.

Исходя из этого, сделаем вывод, что ключевой аспект Индустрии 4.0 — это переход к принципиально новой парадигме развития на основе гибридных цифровых ресурсов. На основе проведенного анализа, разработанного методологического подхода к изучению нового явления, представим детальное описание, которое систематизирует эти изменения по отраслям и раскрывает их фундаментальную природу.

В табл. 4 представлен методологический подход к изучению цифровой трансформации с использованием гибридных цифровых ресурсов в отраслях промышленности.

Предложенный в работе методологический подход к изучению цифровой трансформации с использованием гибридных цифровых ресурсов в отраслях промышленности приводит к фундаментальным сдвигам в характере труда.

В связи с этим автором работы предлагается рассматривать новый термин — «гибридные цифровые ресурсы» (ГЦР).

Таблица 4

Методологический подход к изучению цифровой трансформации с использованием гибридных цифровых ресурсов в отраслях промышленности

Отрасль	Гибридные цифровые ресурсы	Методологический подход к изучению нового явления	Развитие производства и изменение форм взаимодействия	Точки остановки искусственного интеллекта (ИИ) / Сложность
Авиадвигателестроение	<ul style="list-style-type: none"> Гибридные силовые установки (комбинация газотурбинного и электрического двигателя); адаптивные цифровые двойники, объединяющие физико-математические модели и данные с датчиков; адаптивные системы управления на основе ИИ для гиперзвуковых аппаратов 	Подход комплексной кибернетической интеграции: изучение системы «двигатель-среда-управление» как единого целого, где цифровой двойник становится полигоном для опережающего моделирования и выявления скрытых взаимозависимостей	Производство становится непрерывно оптимизируемым: цифровой двойник позволяет проводить «виртуальные доводки», сокращая сроки и стоимость создания двигателей. Взаимодействие смещается в сторону кооперации инженеров и ИИ-моделей на всех этапах жизненного цикла	Критически важные решения (выход на запредельные режимы, сертификация) должны оставаться за человеком. Сложность — обеспечение кибербезопасности и абсолютной надежности алгоритмов в условиях неопределенности
Машиностроение и Металлургия	<ul style="list-style-type: none"> Самонастраивающиеся микропроцессорные системы программного управления (СПУ) приводами энергоёмкого оборудования; унифицированные системы с элементами искусственного и гибридного интеллекта 	Подход «мягкой» кибернетизации: изучение того, как программная адаптация заменяет механическую сложность, упрощая кинематику машин при повышении их функциональности и надежности	Производство становится адаптивно-гибким: оборудование автоматически подстраивается под изменения сырья, износ инструмента, квалификацию оператора. Взаимодействие «человек-станок» трансформируется в операторский контроль над адаптивными системами	Остановка ИИ требуется при кардинальной смене номенклатуры продукции или серьезных авариях для перепрограммирования логики. Сложность — высокая вариативность внешних условий и необходимость вмешательства для перенастройки производственных цепочек
Нефтедобыча и Химическая промышленность	<ul style="list-style-type: none"> Гибридные цифровые двойники технологических установок, сочетающие физико-химические модели ML-модели; санкционно-устойчивые платформы на основе отечественного ПО; системы ИИ для анализа геологических данных и предиктивной аналитики 	Подход гибридного моделирования: изучение синергетического эффекта от объединения первых принципов (физико-химических законов) и методов машинного обучения, что позволяет преодолеть ограничения каждого из подходов в отдельности	Производство становится прогнозно-оптимизируемым: цифровые двойники в реальном времени рассчитывают оптимальные режимы работы установок, повышая выход продукции и снижая энергозатраты. Взаимодействие — коллаборация технологов и <i>Data Science</i>	ИИ нельзя доверять сертификацию новых уникальных технологических процессов и принятие решений в нештатных аварийных ситуациях, не представленных в обучающих данных
ИТ-отрасль	<ul style="list-style-type: none"> Гибридные данные: оперативные данные IoT + исторические архивы + результаты моделирования; гибридные вычисления: <i>Edge</i>-устройства + облачные платформы + <i>HPC</i>-кластеры. 	Экосистемный подход: изучение промышленных систем как сложных адаптивных экосистем, где ценность создается в непрерывном обмене данными и алгоритмами между всеми участниками цепочки создания стоимости	Формирование единого цифрового контура данных всего жизненного цикла продукта — от НИОКР до утилизации. Взаимодействие между предприятиями и контрагентами переходит на уровень автоматизированных цифровых платформ	Этические и правовые аспекты: ответственность за решения, принимаемые автономными системами; смещение компетенций на рынке труда

Гибридные цифровые ресурсы — синергетические комплексы, возникающие в результате глубокой интеграции физических ресурсов (оборудование, сырье, люди) с ключевыми цифровыми активами (цифровые двойники, данные, промышленный интернет вещей, интеллектуальные модели) и цифровыми компетенциями персонала, обладающие эмерджентными свойствами (повышенная гибкость, адаптивность, предсказательная способность), не присущими отдельным компонентам.

Перечислим фундаментальные изменения в характере труда. Внедрение гибридных цифровых

ресурсов приводит к пяти фундаментальным сдвигам в характере труда:

- от оперативного управления к стратегическому контролю и постановке задач. В данном случае роль человека смещается от непосредственного управления механизмами (например, настройки станка) к формулировке целей и критериев оптимизации для адаптивных систем, а также к контролю над их работой в целом;
- от работы с физическими объектами, т.е. к работе с цифровыми моделями и данными. Основной средой деятельности инженера, технologа или

оператора становится не цех, а интерфейс цифрового двойника, где он взаимодействует с данными, алгоритмами и результатами симуляций;

- от узкой специализации к междисциплинарной интеграции. Здесь возникает потребность в специалистах — «интеграторах», которые понимают и технологию (физику, химию процесса), и большие данные, и принципы работы ИИ, способные быть специалистами, и экспертами своего дела;
- от реактивного реагирования к проактивному и предиктивному управлению. Здесь благодаря прогнозным моделям и цифровым двойникам, труд фокусируется на предотвращении проблем (прогнозирование поломок, оптимизация режимов) до их возникновения, а не на ликвидации последствий;
- от индивидуальной работы к коллаборации в системе «человек — ИИ». В данном случае формируется новый тип коллектива, где человек обеспечивает критическое мышление, креативность, общее видение и этическую оценку, а ИИ — обработку больших данных, многовариантные расчеты и рутинный мониторинг.

Исходя из этого, рассмотренный нами методологический подход к изучению цифровой трансформации с использованием гибридных цифровых ресурсов в рамках ресурсного уклада в отраслях промышленности, таких как авиастроение, машиностроение, металлургия, ИТ-отрасль, приводит к фундаментальным сдвигам в характере труда. В данном контексте меняется роль человека: смещается от непосредственного управления механизмами (например, настройки станка) к формулировке целей и критериев оптимизации для адаптивных систем, а также к контролю над их работой в целом.

Литература

1. Ташкинов А.Г. Цифровизация отраслевой экономики и современные тренды развития промышленности [Текст] / А.Г. Ташкинов // Международная экономика. — 2025. — Т. 22. — № 5 — С. 422–432. DOI: doi.org/10.33920/vne-04-2505-05
2. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем: критический обзор [Текст] / Л. фон Берталанфи. — М.: Прогресс, 1969. — 520 с.
3. Винер Н. Кибернетика и общество [Текст] / Н. Винер. — М., 1958. — 200 с.
4. Ховерштадт П. Фрактальная организация: создание устойчивых организаций с помощью модели жизнеспособной системы [Текст] / П. Ховерштадт. — 2009.
5. Fatas-Villafranca F. (2023). The Foundational Evolutionary Traverse of Richard R Nelson & Sidney G Winter. Routledge Handbook of Evolutionary Economics. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780429398971>
6. Ансофф И. Новая корпоративная стратегия [Текст] / И. Ансофф. — СПб.: Питер Ком, 1999. — 416 с
7. Penrose E.T. The Theory of Growth of the Firm. Oxford: Basil Blackwell, 1959.
8. Dong J., March J.G. & Workiewicz M. On organizing: an interview with James G. March. J Org Design 6, 14 (2017). DOI: <https://doi.org/10.1186/s41469-017-0024-z>
9. Mintzberg H. (1992). Structure in fives: Designing effective organizations. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
10. Senge P. et. al. (1994) The Fifth Discipline Fieldbook: Strategies and Tools for Building a Learning Organization.

Заключение

Индустрия 4.0 характеризуется априорной неопределенностью — отсутствием полных сведений о параметрах объекта, внешних возмущениях и будущих воздействиях. Традиционное управление, считанное на стабильные условия, в такой среде теряет эффективность. Адаптивное управление предназначено именно для работы с произвольными объектами в рамках заданного класса неопределенности.

Индустрия 4.0 в рамках ресурсного уклада интегрирует в отраслевые проекты гибридные цифровые ресурсы, такие как промышленный Интернет вещей, большие данные, искусственный интеллект, робототехника и облачные вычисления. Эти цифровые ресурсы кардинально меняют цепочки создания стоимости, требуя от систем управления способности быстро анализировать потоки данных и перестраивать процессы в реальном времени.

Для многих предприятий, особенно в посткризисных условиях, адаптивное управление является синонимом управления комплексной реструктуризацией, носящей модернизационный характер. Это не разовые изменения, а непрерывный процесс приспособления структуры, бизнес-процессов и моделей деятельности к требованиям цифровой экономики.

Таким образом, в данном фундаментальном исследовании автором теоретически обоснована и аргументирована разработка критериев и типологии адаптивного управления ОПЭС, разработан методологический подход к изучению нового явления, в том числе развитие отраслевого производства и изменение форм взаимодействия с использованием гибридных цифровых ресурсов. Перечислены фундаментальные изменения в характере труда при внедрении гибридных цифровых ресурсов.

11. Аньшин В.М. Управление процессами антикризисной цифровой трансформации на примере бройлерного производства [Текст] / В.М. Аньшин, А.З. Бобылева // АПК: экономика, управление. — 2021б. — № 2. — С. 33–40. — DOI: 10.33305/212-33
12. Гринев С.А. Формирование стратегических приоритетов промышленного развития РФ как инновационный фактор преодоления кризисных периодов [Текст] / С.А. Гринев, В.Л. Квинт // Экономика промышленности. — 2023. — № 16(3). — С. 275–283. — DOI: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-3-275-283>
13. Аузан А.А. Развитие креативной экономики России в контексте современных вызовов [Текст] / А.А. Аузан, А.И. Бахтигараева, В.А. Брызгалин // Журнал Новой экономической ассоциации. — 2022. — № 2. — С. 213–220. — DOI: 10.31737/2221-2264-2022-54-2-12
14. Tashkinov A.G. (2025). The application of industry 4.0. into the company's production activities through effective decision-making. *Scientific Reports (Sci Rep)* 15, 34202. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-15688-0> (In Eng.) Scopus.
5. Fatas-Villafranca F. (2023). The Foundational Evolutionary Traverse of Richard R Nelson & Sidney G Winter. *Routledge Handbook of Evolutionary Economics*. <https://doi.org/10.4324/9780429398971>
6. Ansoff I. *New corporate strategy*. St. Petersburg: Peter Com, 1999. 416 p.
7. Penrose E.T. *The Theory of Growth of the Firm*. Oxford: Basil Blackwell, 1959
8. Dong J., March J.G. & Workiewicz M. On organizing: an interview with James G. March. *J Org Design* 6, 14 (2017). <https://doi.org/10.1186/s41469-017-0024-z>
9. Mintzberg H. (1992). *Structure in fives: Designing effective organizations*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
10. Senge P. et al. (1994) *The Fifth Discipline Fieldbook: Strategies and Tools for Building a Learning Organization*.
11. Auzan A.A., Bakhtigaraeva A.I., Bryzgalin V.A. (2022). Development of Russia's creative economy in the context of modern challenges. *Journal of the New Economic Association*, 2 (54), 213–220. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-54-2-12 (In Russ.)
12. Grinev S.A., Kvint V.L. Formation of strategic priorities of industrial development of the Russian Federation as an innovative factor in overcoming crisis periods. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2023. No.16(3). Pp. 275–283. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-3-275-283> (In Russ.).
13. Anshin V., Bobyleva A. Management of Anti-Crisis Digital Transformation Processes Using the Example of Broiler Production. *APK: economika i upravlenie*. 2021б. №. 2. Pp. 33–40. DOI: 10.33305/212-33 (In Russ.)
14. Tashkinov, A.G. (). The application of industry 4.0. into the company's production activities through effective decision-making. *Scientific Reports (Sci Rep)* 2025. No.15, 34202. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-15688-0> (In Eng.)

References

1. Tashkinov A.G. Digitalization of the sectoral economy and current industrial development trends. *The World Economics*. 2025. Vol. 22, no. 5, pp. 422 — 432. doi.org/10.33920/vne-04-2505-05 (In Russ.).
2. Bertalanfi L. background. General theory of Systems: a critical review. Moscow: Progress, 1969. 520 p.
3. Viner N. Cybernetics and society. Moscow, 1958. 200 p.
4. Hoverstadt P. (2009). Fractal organization: the creation of sustainable organizations using a model of a viable system.