

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: АНАЛИЗ СУЩЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ***Надежда Никифоровна КРУПИНА**

доктор экономических наук, профессор кафедры технологий и управления,
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет (СПбГАУ),
Санкт-Петербург, Российская Федерация
krupina_n17@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7983-845X>
SPIN-код: отсутствует

История статьи:

Reg. № 273/2019
Получена 10.04.2019
Получена
в доработанном виде
27.05.2019
Одобрена 14.08.2019
Доступна онлайн
30.01.2023

УДК 338.1

JEL: O14, O32

Ключевые слова:

производственные
технологии, процессные
инновации,
технологический
режим, доступность
технологий, наилучшие
доступные технологии

Аннотация

Предмет. Общие существенные признаки производственной технологии как «специфической сложности», определяющей вектор общественного развития.

Цели. Обоснование значимости и направлений анализа общих существенных признаков технологии на базе исследования их сущности, форм проявления, диапазона изменений и влияния на достижение заданных результатов производственного процесса.

Методология. Использовались экономико-статистический, системный, структурный, сравнительный, графический и логический анализ, синтез, дедукция, индукция, систематизация известных точек зрения и опубликованных результатов исследований.

Результаты. Сформулировано определение производственной технологии, представлен состав и содержание ее общих существенных и взаимообусловленных признаков — входные и выходные материально-вещественные и энергетические потоки, пространственно-объемные характеристики, безопасность и отходоёмкость, аппаратное оформление, технологический режим, элементы механизации, автоматизации и компьютеризации управления, компетенции основного и вспомогательного персонала. Представлены статистические данные, характеризующие активность предприятий в области разработки и внедрения процессных технологических инноваций, предпосылки перехода предприятий к наилучшим доступным технологиям. На примере технологий водоочистки типа «конца трубы» проиллюстрирован методический подход к сравнительной оценке альтернативных решений с учетом эффекта масштаба производства. Результаты работы могут применяться в практике экспертного анализа форсайта, в управлении технологической модернизацией производства.

Выводы. Действие закона убывающей эффективности эволюционного совершенствования технических систем в условиях перехода к наилучшим доступным технологиям актуализирует задачи систематизации общих признаков, осмысления их сущностных характеристик как основы изменений и определения диапазона допустимых изменений при выборе наилучшего технологического обеспечения, диагностики проблемных мест. Существует необходимость дальнейшей разработки методологических аспектов анализа признаков процессной технологии в части развития инструментария управления долгосрочным устойчивым воспроизводственным циклом.

* Статья подготовлена по материалам журнала «Экономический анализ: теория и практика». 2019. Т. 18. № 9. С. 1646—1666.

Для цитирования: Крупина Н.Н. Производственные технологии: анализ существенных признаков // *Финансы и кредит*. — 2023. — Т. 29, № 1. — С. 172 — 200.
<https://doi.org/10.24891/fc.29.1.172>

Введение

Роль и место технологии в жизни общества описаны в фундаментальных теориях (капитал К. Маркса, производственная функция Кобба — Дугласа, технологические матрицы В.В. Леонтьева, теория длинных волн Н.Д. Кондратьева, концепция технологических укладов Д.С. Львова и С.Ю. Глазьева), а в практике управления традиционно используют методики анализа организационно-технического уровня производства и эффективности использования основных производственных фондов. Вместе с тем сама технология как специфическая система остается без достаточного внимания со стороны исследователей. Востребованность анализа технологии определяется необходимостью понимания природы ключевых факторов, определяющих направления ее развития (форсайта), следовательно, динамики инновационного роста и достижения технологического предела в конкретных отраслях экономики в соответствии с действием закона убывающей эффективности эволюционного совершенствования систем.

Академик В.А. Панфилов, отмечая исключительно сложный характер технологий АПК, интегрирующих биологические, химические, физические и управленческие процессы, указывает на настоятельную необходимость познания и упорядочения этого нового вида сложности [1]. Нам представляется, что системный подход при изучении сущности технологии как особого вида сложности в первую очередь должен опираться на детализацию, упорядочение и более полное раскрытие ее общих существенных признаков. Понимание признака как количественного и/или качественного отражения некоторых характеристик свойств технологии (системы), которым придается определенное значение с позиции задачи ее поступательного улучшения, позволит при описании признаков отразить следующие аспекты:

- регламентируемую последовательность действий по выполнению технологических операций и управленческих процедур, образующих завершённый цикл;
- разделение цикла на взаимоувязанные внутренние процессы или этапы;
- целеполагание каждого процесса или этапа, достижение заданных результатов;
- однозначность выполнения регламентируемых операций и процедур как неременное и решающее условие достижения заданных результатов.

Развивая идею Дж.К. Гэлбрейта о диктате передовой техники в отношении потребности в капитале, специализации рабочей силы и производства, М.И. Масленников анализирует меру влияния прорывных технологических инноваций на экономику и приходит к выводу о неизбежности роста значимости экспертизы самих технологий [2]. Актуальность анализа составляющих промышленной технологии Е.В. Иванова и В.Ю. Смирнова связывают с тем, что перевороты структуры технологий, приводящие к возникновению технологических разрывов, становятся стандартным состоянием и формируют закономерности общественного развития [3]. Переход отечественных предприятий на наилучшие доступные технологии (НДТ) актуализирует задачу анализа существенных признаков технологии, учета специфических связей между ними в процессе достижения эффективности производства.

Под производственной технологией понимаем высокоорганизованную систему средств производства и компетенций персонала в единстве с осознанно реализуемыми физико-механическими и биолого-химическими методами воздействия на конкретные предметы труда (сырье, материалы и полуфабрикаты), используемые в установленном порядке (потоки и циклы) для получения продукта заданного качества и эффективного управления регламентированными процессами трансформации.

Статистика свидетельствует о противоречивом развитии инновационной активности крупных предприятий и компаний. С 2010 по 2016 г. количество организаций, осуществляющих процессные технологические инновации, увеличилось с 1 738 до 2 307 (на 32,7%) и заметно вырос объем продаж — от 1,05 трлн до 3,97 трлн руб. (табл. 1).

Уменьшилась доля инноваций, защищенных патентами, и изменилась структура используемых передовых технологий по длительности периода внедрения. Более высокий уровень инновационной активности в Москве, Санкт-Петербурге, Приволжском федеральном округе, а высокая научная новизна (43,4%) — в Центральном федеральном округе, что связано с наиболее развитой инфраструктурой и наличием высококвалифицированных кадров (табл. 2). В сети трансфера технологий (Russian Technology Transfer Network) представлено около 800 предложений, из которых 60% — промышленные технологии, 13% — биотехнологии и 13% — новые материалы, однако предложение доминирует над внутренним спросом, что не создает предпосылок для технологического прорыва.

Признаки производственной технологии

Теоретическими основами экономического анализа, диагностики и прогнозирования являются фундаментальные законы развития технических систем, обнаруживающие повторяемость устойчивых объективных связей. По закону убывающей эффективности эволюционного совершенствования систем развитие

технологии описывается S-образным маршрутом. Это означает, что когда принципиально новые решения проникают повсюду, то отдача от них все больше приближается к своему технологическому пределу, и каждое последующее поколение основных средств приносит все меньшие приросты производительности, а затраты на их внедрение если не возрастают, то и не уменьшаются [4].

Закон возрастания необходимого разнообразия сложности систем отображает факт зависимости роста разнообразия принимаемых решений от знаний об объектах управления, так как вероятность выхода системы за пределы заданных признаков возрастает с увеличением разнообразия управленческих решений сверх определенного предела. Учет законов позволяет своевременно минимизировать потенциальные потери от снижения результативности и рентабельности любой технологии с течением времени. В частности, при анализе технологической или амортизационной политики, а также при оценке рыночной стоимости активов рекомендуется учитывать десятилетнюю периодичность смены активной части основных производственных фондов, а при их значительном разнообразии и высокой стоимости — контролировать принципы действия и динамику свойств по каждой группе оборудования.

Если технология есть результат не только эволюционного совершенствования, но и функционального генезиса ее постоянно совершенствующихся компонентов, индивидуально и в совокупности определяющих рабочие ходы, результаты, возможности трансфера [5], то анализ общих признаков позволяет:

- показать «овеществленность» технологии, как ее отличительную особенность, обеспечивающую снижение рисков и расходов предприятий по внедрению и быстрое получение прибылей [6];
- предвидеть вектор развития технологии и ее конкурентные преимущества через анализ влияния возможных изменений компонентов на способность ключевых показателей производства реагировать на эти изменения [7];
- максимально реализовать потенциал коммерциализуемости технологии через анализ уровня удовлетворения свойств компонентов предъявляемым требованиям со стороны инвесторов, собственников, потребителей, контролирующих органов и пр. [8];
- для конкретного предприятия обозначить узкие места, доминирующие условия, пути снижения себестоимости, а также ключевые преимущества альтернативных технологий с точки зрения приоритетов концепции НДТ.

С учетом масштаба проявления и высокой вероятности изменчивости конкретизация общих существенных признаков представлена на *рис. 1*.

Рассмотрим эти признаки с позиции производственной и исследовательской практики.

Входные и выходные потоки позволяют рассматривать производственную технологию как особую форму пространственной организации операционного цикла по заданному маршруту трансформации сырья в целевой продукт, влияющую на энергоемкость, трудоемкость и материалоемкость. Менее материалоемкие изделия часто оказываются менее долговечными и малополезными, что заставляет оценивать материалосберегающий уровень технологии, измеряя соотношение массы изделия и полезного результата, а учет свойств материала, закономерностей его деформации и разрушения позволяет сократить энергозатраты на 20% [9]. На начальном этапе внедрения технологии информация по потокам может быть нестабильной, противоречивой, недостаточно проверенной и даже конфликтной, что делает актуальными нетрадиционные приемы сравнения технологий — измерение информационной энтропии [10], нечеткую логику [11], анализ чувствительности, нормализацию и взвешивание [12]. Оптимизация потоков на принципах бережливости, скоординированности и рационализации оргпроцедур приводит к сокращению затрат на 10%, обеспечивает отраслевое лидерство и рост доходности до 40% [13].

Объемно-пространственные характеристики. Интеграция взаимоувязанных потоков определяет приемы их пространственной организации, поэтому разработчики технологий ориентируются на минимизацию площади, снижение плотности и этажности застройки и оптимизацию транспортных маршрутов. Так, в производстве минеральных удобрений именно размещение площадок переработки сырья определяет рентабельность всего аграрного сектора [14], а в фондоемких производствах — удобство и безопасность обслуживания, прирост выпуска продукции без капитального строительства. Правильная расстановка станков, оборудования, сетей водо- и газоснабжения, систем освещения, отопления, вентиляции в химической индустрии снижает энергопотребление на 20% [15]. Следует учесть значимость технической эстетики в повышении культуры производства и достижении удовлетворенности работников.

Технологический режим. Реализуемые физико-механические и химико-биологические приемы трансформации сырьевых материалов отличаются широким диапазоном изменения рабочих условий, поэтому вводятся граничные параметры приемлемой (неприемлемой) технологии и создаются базы экспертных знаний о температуре, давлении, кислотности и агрегатном состоянии среды, объемной и линейной скорости потоков, концентрации и соотношении реагентов, состоянии катализатора или иного агента (растворителя, ингибитора, наполнителя), времени контакта и длительности рабочих ходов. В реальных условиях сложно выделить один режимно-технологический фактор, оказывающий влияние на расход ресурсов, поэтому необходимо нормировать различные виды затрат (электроэнергия, газ, пар, вода и пр.), вырабатывать единый критерий оценки эффективности и выбрать

исходный набор технологических факторов на каждом переделе [16]. Например, в машиностроении для задач резания — это сила, мощность, глубина и скорость, параметры инструментов и их стойкость, а при обогащении пищевых продуктов для поддержания стабильности витаминов — кислотность среды, температура раствора и время обработки. При обжиге углеродных изделий расход топлива, качество продукта и объем брака зависят от начальной температуры воздуха [17], а при электрофлотационной очистке стоков от тяжелых металлов природа флокулянта определяет степень извлечения (эффективность катионных и неионогенных образцов 98% в сравнении с анионным 80%) [18]. В швейно-трикотажном производстве операция «отлеживания материала» проводится при относительной влажности воздуха $65 \pm 2\%$ и температуре $20 \pm 2\text{оС}$, а любое нарушение параметров ухудшает качество изделия и повышает отходоёмкость производства.

Разные множества и последовательности режимных условий могут одновременно приводить к близким значениям показателей качества и существенным отличиям эксплуатационных характеристик, что открывает возможность направленно задавать рабочие свойства изделий [19] и косвенно оценивать экономичность агрегатов по времени контакта, выходу продукта, степени превращения, температуре, длительности цикла [20].

Безопасность и отходоёмкость. Любые технологии генерируют опасности по причинам исчерпания технического ресурса, износа основных производственных фондов, отступления от режимно-технологических норм при эксплуатации оборудования, неблагоприятных метеоусловий, использования горючих и взрывоопасных веществ. В целях снижения аварийности и отходоёмкости технологий востребованы принципиально новые решения в рамках интегрированных технологий и рециклов, моделирования рассеивания маркерных веществ, анализа эффектов совместного действия токсикантов и т.п.

Элементы механизации, автоматизации и компьютеризации управления. Автоматизация потоковых процессов обеспечивает надежность производства, цифровизация — унификацию, единство и устранение дублирования информации; «глубокое проникновение киберфизических систем» делает современные технологии самоорганизующимися, сверхгибкими и реализующими синергетический потенциал инновационного развития [21], а создание справочно-информационных баз способствует снижению себестоимости и минимизации информационных рисков [22].

Аппаратурное (конструктивное) оформление. Рабочие механизмы, машины и оборудование — ядро любой технологии, обеспечивающее непосредственно передачу или трансформацию вещества и энергии. Инновации связаны с поиском эффективной геометрической формы оборудования, при которой масса (расход материала) при сохранении эксплуатационных свойств будет наименьшей: использование нового материала в конструкции машины целесообразно, если

увеличение затрат на этапе изготовления будет компенсироваться их снижением на этапе эксплуатации и рецикла отходов после ее выбытия. При этом конструктивная материалоемкость машин может быть абсолютной (степень использования в конструкции соответствующих свойств материала) и относительной (эффективность использования конструкционного материала по сравнению с аналогом). Так, при проектировании емкостей используют шарообразные или цилиндрические модели, для которых разрабатываются структурно-функциональные карты с указанием элементной структуры изделия (вес, объем, материал и пр.) и его многообразных функций (главных, второстепенных, основных, вспомогательных, бесполезных). В многономенклатурном машиностроении минимизация затрат, фондоотдача, длительность циклов, производительность труда, качество продукции обеспечиваются достижением наибольшего соответствия конструкции машины оптимальным условиям и объемам производства. Однозначного решения не бывает, например, увеличение объема бункера зерноуборочного комбайна повышает коэффициент использования машины, но заполненный бункер увеличивает энергозатраты на перевозку зерна, а при переувлажнении почвы резко усиливает техногенное воздействие ходовой системы, разрушая структуру, снижая по факту заполняемость бункера на 25–35% и плодородие почвы. А при установке бункера непосредственно на раме гусеничной тележки наблюдается синергия эффектов: снижается масса комбайна, повышается его устойчивость, улучшается проходимость, увеличивается полезный объем бункера, снижается дробление зерна и техногенная нагрузка на почву [23].

В земледелии своевременная качественная обработка почвы зависит от конструкции рабочих органов — дисков (плоские, ножевидные, волнистые, сферические, сферические вырезанные). Фирма Great Plains (США) на почвообрабатывающих агрегатах применяет спирально-ножевидный каток Turbo-chopper, обеспечивающий высокую проникающую способность в процессе резки растительных остатков [24]. При этом при обработке высокостебельных культур предпочтительна спиральная форма катков, которая обеспечивает постоянный контакт с почвой, предотвращает ее уплотнение, улучшает режущее действие, снижает вибрацию и увеличивает производительность, а также позволяет сократить время расщепления и разложения растительных остатков в почве, что препятствует распространению болезней и вредителей¹. Однако для низкостебельных культур (до 15 см) или каменистой почвы эти эффекты не характерны из-за частого повреждения ножа катка и забивания пространства между ножами растительными остатками и почвой. И таких примеров сложного и противоречивого влияния конструкции оборудования на показатели технологического процесса множество.

Еще один аспект — надежность оборудования, определяющая стабильность технологического процесса в целом, реальное количество продукции при заданных

¹ *Holland H., Debbeler A.* Marktübersicht: So kriegen Sie Zwischenfrüchte klein. DLZ Agrarmagazin, 2016, vol. 134, no. 2, pp. 99–101.

номенклатуре, режиме работы, степени соответствия структур требуемых и располагаемых ресурсов, компетенций персонала. Следовательно, эффективная конструкция оборудования через пропускную способность определяет объем продаж, финансовый результат и конкурентные преимущества товаропроизводителя.

Компетенции основного и обслуживающего персонала. Технологическая модернизация не разделяет и не противопоставляет труд и капитал, а повышает интеллектуальный потенциал общества [5], изменяя требования к квалификации кадров и замещая труд и капитал одного качества трудом и капиталом другого качества². Приоритетом становится уникальная способность интеллекта глубоко проникать в фундаментальную научную основу процессов и понимание физических, химических, биологических, социальных, психологических, организационных, управленческих закономерностей технологического развития.

Осмысление свойств выделенных компонентов дает возможность понять многообразие сочетаний режимов и конструкций, обеспечивающих оптимальный технологический маршрут, лучшие результаты трансформационного процесса и положительную динамику денежных потоков. Исследуя тенденции форсайта, авторы работы [25] отмечают признание научным сообществом революционизирующего воздействия перспективных технологий на структуру производства и роли драйверов смены экономического уклада.

В Евросоюзе действует программа СТЕКС (Converging Technologies for the European Knowledge Society), в США — программа NBIC (Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science), в России — Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. Ведущие мировые компании затрачивают на информационный поиск и патентные исследования более 10% средств, направляемых на инновационные разработки. Поиск идет по ключевым направлениям:

- системам контроля производственных процессов;
- многомерному моделированию сложных изделий;
- интеллектуальным системам управления производством;
- системам создания, выращивания и преобразования материальных объектов;
- композиционным материалам.

² *Davis C., Hogarth T., Gambin L. et al. Sector Skills Insights: Advanced Manufacturing. Evidence Report 48, 2012. London, UK Commission for Employment and Skills.*

Поддержка решений в выборе наилучших доступных технологий

Объективность проявления законов циклического развития и убывающей эффективности эволюционного совершенствования систем исключает непрерывность экономического роста, но обеспечивает экспоненциальный рост результативности и эффективности деятельности при переходе к более высоким технологическим укладам [26], что должно ориентировать менеджмент на организацию воспроизводственного процесса на базе обновляющихся технологий. Российские предприятия не имеют достаточного опыта и надежной практики оценивания результативности альтернативных решений в контексте требований НДТ. Отсутствие универсального приема оценки технологии обусловлено многокритериальностью выбора лучшей альтернативы, необходимостью учета технического состояния действующей инженерной инфраструктуры, наличием конфликта интересов (производственных, финансовых, коммерческих, социальных, экологических).

Для определения НДТ за рубежом создают адаптивные методологии экспертной оценки сложных и конфликтных решений с анализом большого количества свойств, факторов, критериев, характеристик [27], в российской практике разрабатываются отраслевые справочники. На смену действующим нормам по контролю промышленных выбросов, сбросов и отходов приходят технические удельные нормативы негативного воздействия в расчете на единицу выпускаемой продукции и комплексные экологические разрешения на производственно-хозяйственную деятельность. Для мощных производственных объектов устанавливаются технологические нормативы выбросов, сбросов, образования отходов, потребления энергии (электрической, тепловой), разрабатываемые на основании технологических показателей и не превышающие значений, включенных в реестр НДТ. Постепенно происходит гармонизация российских и европейских регламентов и переход на общепринятую схему анализа: «движущие силы — давление — состояние — воздействие — реагирование» (рис. 2). Все известные регламенты ориентированы на учет статистики монетизации «экологического следа» в экономике и вреда здоровью человека, а также на сопоставление затрат на внедрение конкретных решений и получаемых публичных выгод. До 2025 г. все отечественные предприятия первой категории должны внедрить НДТ, что по прогнозам Минприроды России позволит сократить в масштабах национальной экономики ущерб на 45—50%, а в последующие годы — на 75—80% [28].

В целом НДТ есть совокупность технологических, технических и управленческих решений, позволяющих минимизировать удельное техногенное воздействие при достижении высокой ресурсоэффективности производства экономически целесообразными методами. Для технологий «конца трубы» важно понимать суть внутреннего противоречия: активы находятся в производственном процессе, но непосредственно не участвуют в производстве целевого продукта, их единственной задачей является охрана окружающей среды, но их отсутствие всегда сохраняет

возможность операционной деятельности [29]. Соответствующие инвестиции не имеют самостоятельного микроэкономического значения (хотя улучшают общую привлекательность основной технологии), носят характер «разорванных», потому что средства направляются самостоятельными потоками на некоммерческие природоохранные мероприятия. Наилучшие технологии минимизируют уровень удельного негативного техногенного воздействия, которое по росту причиняемого ущерба распределяется так: твердые отходы (по наименьшей степени распространения и с учетом возможности уменьшения класса опасности) — сбросы в воду (с учетом возможности очистки стоков и водоемов) — загрязнение почвы — атмосферные выбросы. Нам представляется, что в условиях глобального экологического неблагополучия природоохранные инновации следует относить к поддерживающим экосистемным услугам и оценивать их неявные рыночные результаты и публичные эффекты.

Переход развивающихся стран к НДТ оценивается как прорывной этап развития национальных экономик, потому что приводит к более высоким темпам технологического прогресса [30]. Согласно п. 4 ст. 28.1 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» НДТ должны сочетать не менее пяти критериев:

- наименьший уровень негативного воздействия в расчете на единицу времени или объема продукции (работы, услуги);
- экономическую эффективность внедрения и эксплуатации;
- применение ресурсо- и энергосберегающих методов;
- период внедрения;
- промышленное внедрение технологии на двух и более объектах.

С позиции диалектической логики выбор НДТ включает отбор и систематизацию подлежащих анализу общих существенных признаков; определение диапазона и пределов их допустимых изменений; выявление взаимных влияний изменений на показатели эффективности. Авторы работы [31] предлагают анализировать соответствие множества возможных решений по критериям себестоимости и эффективности и множества конкретных условий по каждому возможному решению с последующим выявлением связей между условиями и решениями.

Рассматриваемый нами состав общих признаков хорошо координирует с этим алгоритмом, позволяя расширить аспекты научного осмысления критериев выбора НДТ с позиции балансирования технических и гуманитарных потребностей общества. Сохраняя строго прикладное назначение, технологии в XXI в. все больше приобретают эколого-социальный характер.

В качестве примера рассмотрим водоочистные технологии, которые в единстве с энергетикой и транспортом формируют инфраструктурное ядро экономики и выступают драйверами роста производительности, здоровья населения и национального благосостояния³. Эксперты компании «АКВИФЕР» оценивают оборот российского рынка водоподготовки в 1 700 млн долл. и прогнозируют рост мирового оборота к 2020 г. на 50%. В настоящее время актуальность очистки промышленных и коммунальных стоков стремительно возросла.

Прикладной аспект обусловлен тем, что во избежание необратимости масштабной экологической деструкции окружающей среды природоохранную эффективность следует определять так же оперативно и принимать соответствующие технологические решения, как и при анализе экономической отдачи.

Для иллюстрации воспользуемся опубликованными результатами разработки водооборотного цикла в крахмалопаточном производстве⁴.

Отводимые стоки и шламы содержат многообразные трудноразрушаемые органические и минеральные вещества, которые уменьшают концентрацию растворенного кислорода в природных водоемах, выделяют токсины, снижают биологическую продуктивность экосистем и стимулируют развитие сине-зеленых микроводорослей.

Особое значение имеет удаление соединений азота в органической, аммонийной, нитратной и общей формах. Технические способы водоочистки объективно являются «технологиями конца трубы», поэтому их внедрение и последующее обслуживание связаны с ростом условно-постоянных и условно-переменных затрат. Темпы роста себестоимости крахмала во многом будут определяться составом и объемом стоков, следовательно, выбором значений температуры, продолжительности вымачивания, концентрации сернистого ангидрида (0,20—0,25%). Приоритетный результат водоочистки — эффективность удаления азота.

Общая характеристика и ранжирование водоочистных технологий по критериям НДТ представлены в *табл. 3*.

Для оценки приемлемой рентабельности и соответствующего ей лучшего варианта технологического обеспечения производства можно применить классический графический прием, основанный на эффекте масштаба производства (*рис. 3*).

По справочным, отчетным, статистическим данным и результатам научных исследований для каждой сравниваемой технологии строится график зависимости

³ Trimboth S. Economic Infrastructure: Building for Prosperity. *STP Working Paper*, 2011-02, 34 p.

⁴ Наумов В.Н., Коньков М.А., Зайцев В.А., Кузнецов В.А. Разработка водооборотного цикла и комплексная микробиологическая переработка стоков крахмалопаточного производства // *Экология и промышленность России*. 2011. № 6. С. 8—12.

эксплуатационных затрат от объема поступающего на очистку стока (мощности систем очистки).

Определяется область, ограниченная отрезками, соответствующими минимальным затратам.

В примере область эффективных технологий (сегмент ABCD) демонстрирует, что при мощности системы до 10 млн м³ в год наилучшей будет технология I; в интервале от 10 до 20 млн м³ в год — технология III; свыше 20 млн м³ в год — технология II.

Заключение

Производственные технологии обеспечивают прогресс экономики, но в конкретный период времени объективно достигают предельного уровня развития. Анализ общих существенных признаков и направленности их изменений обеспечивает адекватность выбора лучшего технологического обеспечения для построения долгосрочного устойчивого воспроизводственного цикла, снижает неопределенность оценки его последствий.

Обозначенные общие признаки не являются исчерпывающими и всеобъемлющими, не всегда четко проявляются, часто проникают друг в друга и допускают дополнение. Как сказал выдающийся мыслитель Мануэль Кастельс, технология есть «использование научного знания для определения способов изготовления вещей в воспроизводимой манере».

Таблица 1**Динамика показателей развития технологических инноваций в России****Table 1****Changes in indicators of technological innovation development in Russia**

Показатель	2010 г.	2012 г.	2014 г.	2016 г.
ВВП, трлн руб.	46,31	62,18	71,41	82,7
Инвестиции в основной капитал, млрд руб.	1 276,6	1 881,3	2 526,2	3 140,6
Количество организаций, осуществляющих процессные технологические инновации, ед.	1 738	2 152	2 167	2 307
Доля затрат на технологические инновации, %	3,4	5,3	5,9	5,4
Объем продаж организациями, осуществляющими технологические инновации, млрд руб. (%)	1 045,8 (8,9)	2 571,3 (15,1)	3 231,8 (15,8)	3 967,8 (16,6)
Доля товаров по уровню новизны, %:				
– вновь введенные или подвергшиеся значительным технологическим изменениям	59,4	69,3	54,3	73,2
– подвергшиеся усовершенствованию	38,6	25,9	40,4	22,4
Структура разработанных передовых технологий, %:				
– новые	89,5	89,3	88,4	87,5
– принципиально новые	10,5	10,7	11,6	12,5
Структура используемых передовых технологий по срокам внедрения, %:				
– до 1 года	9,6	9,1	7,9	6,7
– от 1 до 3 лет	25,2	24	23,5	21,3
– от 4 до 5 лет	19,2	18,1	17,6	16,8
– 6 и более лет	46	48,8	51	55,2
Доля разработанных передовых технологий с использованием патентов, %	48,7	48,5	50,5	34,4

Источник: Статистика науки и образования. Вып. 4. Инновационная деятельность в Российской Федерации: информационно-статистические материалы. М.: НИИ РИНКЦЭ, 2017. 92 с.; Россия в цифрах. 2017. М.: Росстат, 2017. 511 с.

Source: *Statistika nauki i obrazovaniya. Vyp. 4. Innovatsionnaya deyatel'nost' v Rossiiskoi Federatsii: informatsionno-statisticheskie materialy* [Science and education statistics. Iss. 4. Innovation in the Russian Federation: Information and Statistical Materials]. Moscow, SRI FRCEC Publ., 2017, 92 p.; *Rossiya v tsifrakh. 2017* [Russia in numbers. 2017]. Moscow, Rosstat Publ., 2017, 511 p.

Таблица 2**Технологическая инновационная деятельность по федеральным округам, %****Table 2****Technological innovation in Federal districts, percentage**

Федеральный округ	Доля компаний, осуществляющих технологические инновации (в том числе процессные)	Доля затрат на технологические инновации в объеме выпуска	Доля инноваций по уровню новизны	
			Новые или с незначительными изменениями	Подвергшиеся усовершенствованию
Центральный, всего	9 (4,8)	7,3	43,35	18,62
В том числе Москва	14,9 (7,6)	6,3	28,55	0,99
Северо-Западный	7,1 (4,3)	5,7	9,23	2,28
В том числе Санкт-Петербург	13,8 (7,1)	11,8	7,42	1,4
Южный	6,2 (3,9)	5,4	7,1	3,36
Северо-Кавказский	2,6 (1,9)	7,5	0,42	2,62
Приволжский	8,4 (5)	4,7	26,16	59,27
Уральский	6,5 (4,2)	3,3	9,36	3,82
Сибирский	6 (4,1)	4,8	2,94	6,68
Дальневосточный	5,7 (4,4)	5,2	1,44	3,35

Источник: Статистика науки и образования. Вып. 4. Инновационная деятельность в Российской Федерации: информационно-статистические материалы. М.: НИИ РИНКЦЭ, 2017. 92 с.

Source: *Statistika nauki i obrazovaniya. Vyp. 4. Innovatsionnaya deyatel'nost' v Rossiiskoi Federatsii: informatsionno-statisticheskie materialy* [Science and education statistics. Iss. 4. Innovation in the Russian Federation: Information and Statistical Materials]. Moscow, SRI FRCEC Publ., 2017, 92 p.

Таблица 3**Ранжирование водоочистных технологий в крахмалопаточном производстве по критериям НДТ****Table 3****Ranking of water treatment technologies in the starch industry according to Best Available Technique (BAT) criteria**

Группа и ранг технологии по критериям НДТ	Достижимый результат
Комбинированные физико-химические и микробиологические приемы очистки (I — эффективная)	100%-ное удаление всех форм азота, получение кормовых концентратов, исключение осадков активного ила (и площадки для его хранения), снижение экологической нагрузки на водоемы за счет рецикла воды, сокращение платежей. Переработка осадков стоков и шламов в полезную и коммерчески привлекательную продукцию
Целевая микробиологическая конверсия (II — предпочтительная)	Использование специального питательного субстрата позволяет трансформировать азот в стерильных условиях в концентрированную протеиновую кормовую биомассу, рентабельность превышает 40%
Комбинирование микробиологических способов и обратного осмоса (III — понуждаемая)	Полное удаление всех форм азота, что существенно удорожает процесс — ионообменных смол (80—95%) и установок обратного осмоса (100%)
Анаэробная переработка и денитрификации (IV — допустимая)	Эффективность биологического удаления всех форм азота (65—80%); получение биогаза и биомассы, которые после очистки используются как полезные продукты
Физико-химические методы (V — приемлемые)	Электролиз, озонирование, химическая коагуляция, химическое восстановление — приемы энергозатратные и капиталоемкие. Очистка аммонийного азота — 70—95%, органического и общего — 30—70%, нитратного — 70%
Физико-механические методы с последующим хлорированием (VI — недопустимая)	Вакуумное выпаривание, отдувка воздухом, осаждение, сепарирование, фильтрация обеспечивают механическое отделение части примесей. Удаление аммонийного азота 90%, общего — 85%, органического и нитратного — 0%. Сложные, дорогостоящие и громоздкие аппараты, энергозатраты превышают затраты основного цикла

Источник: авторская разработка

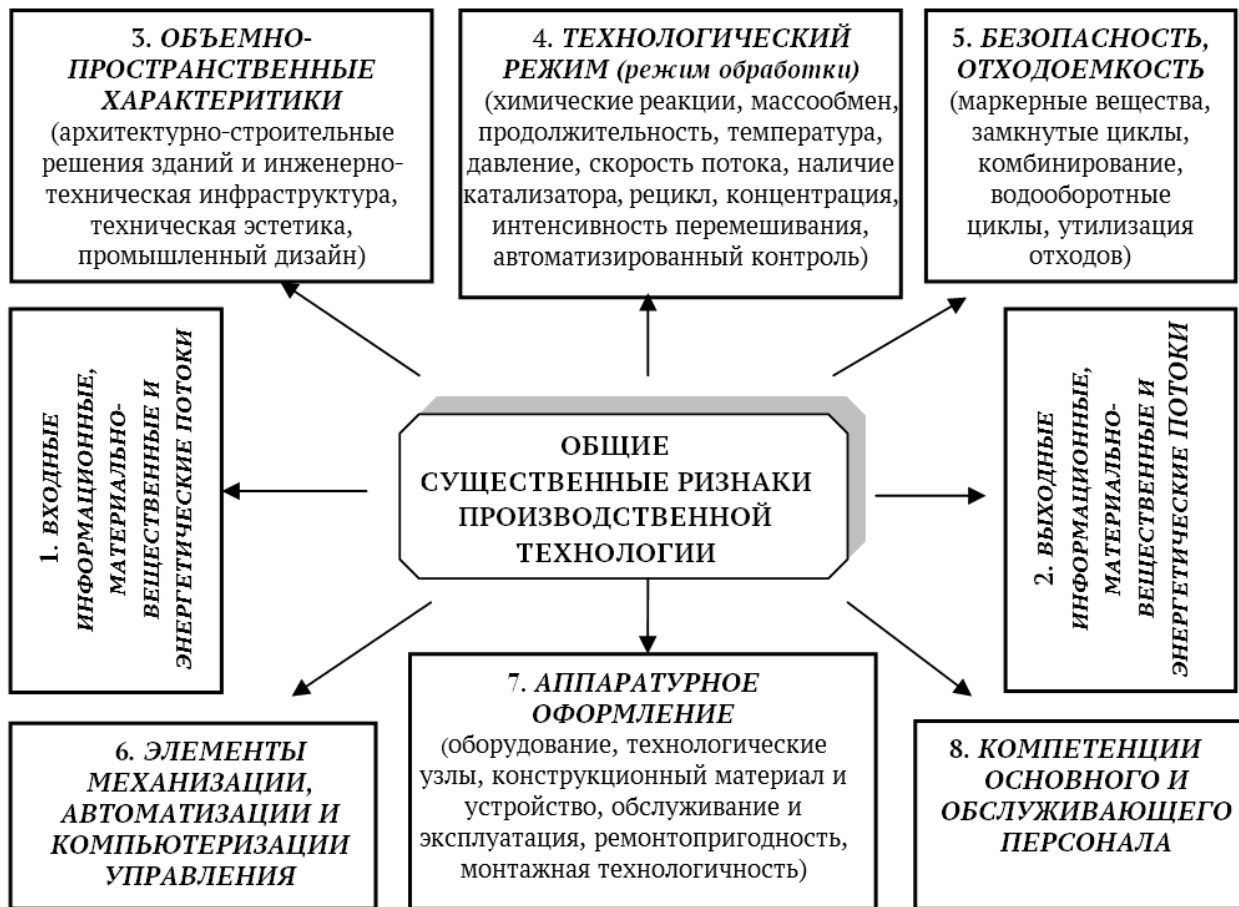
Source: Authoring

Рисунок 1

Общие существенные признаки производственной технологии

Figure 1

Common essential features of production technology



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 2
Сущностные особенности НДТ

Figure 2
The essential features of BAT



Источник: авторская разработка

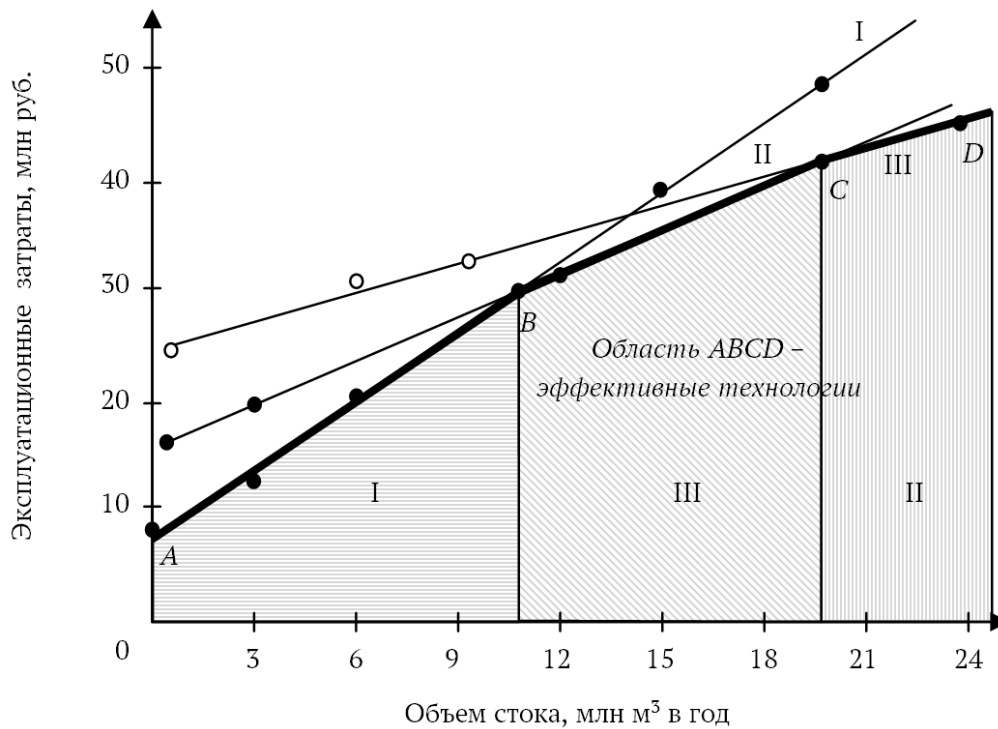
Source: Authoring

Рисунок 3

Динамика затрат по мере роста объема стока при разных технологиях очистки

Figure 3

Changes in costs as the flow volume increases under different treatment technologies



Примечание. I, II, III — альтернативные технологии.

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. *Панфилов В.А.* Развитие технологий аграрно-промышленного комплекса и методология научного поиска // *Известия КГТУ*. 2017. № 45. С. 170—175.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-tehnologiy-agrarno-promyshlennogo-kompleksa-i-metodologiya-nauchnogo-poiska>
2. *Масленников М.И.* Технологические инновации и их влияние на экономику // *Экономика региона*. 2017. Т. 13. Вып. 4. С. 1221—1235.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskie-innovatsii-i-ih-vliyanie-na-ekonomiku>
3. *Иванова Е.В., Смирнова В.Ю.* Технология как объект экономико-теоретического анализа // *Вестник Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого. Сер.: Экономические науки*. 2011. № 61. С. 4—8.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/tehnologiya-kak-obekt-ekonomiko-teoreticheskogo-analiza>
4. *Любушин Н.П., Бабичева Н.Э.* Теоретические основы экономического анализа развития организаций и законы развития систем // *Экономический анализ: теория и практика*. 2012. № 36. С. 2—13.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-osnovy-ekonomicheskogo-analiza-razvitiya-organizatsiy-i-zakony-razvitiya-sistem>
5. *Иванова Е.В.* Технологический капитал и его системные характеристики // *Экономический анализ: теория и практика*. 2012. № 30. С. 2—8.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskii-kapital-i-ego-sistemnye-harakteristiki>
6. *Денисюк В.А., Марков А.В.* О формировании рынка передовых производственных технологий в СНГ // *Инновации*. 2008. № 7. С. 11—17.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-formirovanii-rynka-peredovyh-proizvodstvennyh-tehnologiy-v-sng>
7. *Marisela Rodríguez Salvador, Paola Cruz Zamudio, Andrés Santiago Avila Carrasco et al.* Strategic Foresight: Determining Patent Trends in Additive Manufacturing. *Journal of Intelligence Studies in Business*, 2014, vol. 4, no. 3, pp. 42–62.
URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/69a1/d126c0c4f72a70dd6ab413057cb255f7281a.pdf>
8. *Зеткин А.С., Кортюв С.В.* Методологический подход к оценке коммерциализуемости инновационных продуктов // *Инновационный менеджмент*. 2002. № 1. С. 46—49.

9. Воронкина Д.В. Экономические проблемы производительного использования конструкционных материалов и методы их решения // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. 2014. Вып. 5. Ч. 1. С. 359—379. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-problemy-proizvoditel'nogo-ispolzovaniya-konstruktsionnyh-materialov-i-metody-ih-resheniya>
10. Птускин А.С. Энтропийный метод анализа данных для процедуры определения наилучших доступных технологий // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2018. Т. 11. № 3. С. 203—212. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/entropiynnyy-metod-analiza-dannyh-dlya-protsedury-opredeleniya-nailuchshih-dostupnyh-tehnologiy>
11. Herva M., Roca E. Review of Combined Approaches and Multi-Criteria Analysis for Corporate Environmental Evaluation. *Journal of Cleaner Production*, 2013, vol. 39, pp. 355–371. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.058>
12. Ibanez-Fores V., Bovea M.D., Perez-Belis V. A Holistic Review of Applied Methodologies for Assessing and Selecting the Optimal Technological Alternative from a Sustainability Perspective. *Journal of Cleaner Production*, 2014, vol. 70, pp. 259–281. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.082>
13. Макаренко С.А. Материальные потоки на машиностроительных предприятиях // Известия МГТУ «МАМИ». 2013. Т. 5. № 1. С. 207—217. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/materialnye-potoki-na-mashinostroitelnyh-predpriyatiyah>
14. Качанова Л.С. Организационно-экономические аспекты управления технологическими процессами производства и применения органических удобрений // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. № 10. С. 123—133. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/organizatsionno-ekonomicheskie-aspekty-upravleniya-tehnologicheskimi-protsessami-proizvodstva-i-primeneniya-organicheskikh>
15. Стародубцева О.А., Романова А.М. Анализ проблем внедрения энергосберегающих технологий промышленными предприятиями // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2019. № 1. С. 262—267. URL: <http://vestnik.volbi.ru/webarchive/146/yekonomicheskie-nauki/analiz-problem-vnedrenija-yenergoberega.html>
16. Корнеев А.М., Мирошникова Т.В. Оценка влияния затрат на производство с использованием критериев оценки оптимальности технологических режимов // Социально-экономические явления и процессы. 2011. № 1-2. С. 113—115.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyaniya-zatrat-na-proizvodstvo-s-ispolzovaniem-kriteriev-otsenki-optimalnosti-tehnologicheskikh-rezhimov>

17. *Жученко О.А., Коротинський А.П.* Дослідження впливу початкової температури повітря на температурний режим процесу випалювання вуглецевих виробів у камері «під вогнем». *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*, 2018, вып. 36, с. 201 — 209.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-nachalnoy-temperatura-vozduha-na-temperaturnyy-rezhim-protssessa-obzhiga-uglerodnyh-izdeliy-v-kamere-pod-ognem>
18. *Хейн Т.А., Аунг П., Колесников А.В., Колесников В.А.* Влияние флокулянтов различной природы на эффективность процесса электрофлотационного извлечения цветных металлов в составе многокомпонентных смесей // *Успехи в химии и химической технологии*. 2017. Т. 31. № 15. С. 49 — 51.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-flokulyant-razlichnoy-prirody-na-effektivnost-protssessa-elektroflotatsionnogo-izvlecheniya-tsvetnyh-metallov-v-sostave>
19. *Васильев А.С.* Направленное формирование эксплуатационных свойств деталей в технологических средах // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер.: Машиностроение*. 2017. Т. 17. № 1. С. 33 — 40.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/napravlennoe-formirovanie-ekspluatatsionnyh-svoystv-detaley-v-tehnologicheskikh-sredah>
20. *Илюшина С.В.* Методы оптимизации технологических процессов // *Вестник Казанского технологического университета*. 2014. Т. 17. № 8. С. 323 — 327.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-optimizatsii-tehnologicheskikh-protssessov>
21. *Кузнецов Б.Л., Кузнецова С.Б.* Технологический менеджмент в условиях научно-технических революций XXI века // *Управленец*. 2016. № 3. С. 2 — 7.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskii-menedzhment-v-usloviyah-nauchno-tehnicheskikh-revolyuitsiy-xxi-veka>
22. *Лотоцкий А.М., Горбунов И.В., Кабирова Ю.И. и др.* Управление технологическими данными как элемент интегрированной автоматизированной системы управления авиастроительным производством // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2016. Т. 18. № 4(3). С. 498 — 504.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/upravlenie-tehnologicheskimi-dannymi-kak-element-integrirovannoy-avtomatizirovannoy-sistemy-upravleniya-aviastroitelnym>
23. *Канделя М.В., Рябченко В.Н., Емельянов А.М.* Разработка зерноуборочного комбайна с новой компоновкой технологической части // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2012. № 3. С. 72 — 75.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-zernouborochnogo-kombayna-s-novoy-komponovkoj-tehnologicheskoy-chasti>

24. *Raper R.L., Simionescu P.A. et al.* Reducing Vibration while Maintaining Efficacy of Rollers to Terminate Cover Crops. *Applied Engineering in Agriculture*, 2004, vol. 20(5), pp. 581–584. URL: <https://pubag.nal.usda.gov/pubag/downloadPDF.xhtml?id=10014&content=PDF>
25. *Дежина И., Пономарев А.* Перспективные производственные технологии: новые акценты в развитии промышленности // Форсайт. 2014. Т. 8. № 2. С. 16–29. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnyye-proizvodstvennyye-tehnologii-novye-aktsenty-v-razvitii-promyshlennosti>
26. *Бабичева Н.Э., Любушин Н.П., Лылов А.И., Гуртовая И.Н.* Экспоненциальный рост и закон циклического развития систем // Экономический анализ: теория и практика. 2018. Т. 17. Вып. 11. С. 1996–2009. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.17.11.1996>
27. *Giner-Santonja G., Aragonés-Beltran P., Niclós-Ferragut J.* The Application of the Analytic Network Process to the Assessment of Best Available Techniques. *Journal of Cleaner Production*, 2012, vol. 25, pp. 86–95. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.012>
28. *Kalacheva L., Savon D.* Innovation Activities of Enterprises of the Coal Industry to Improve Productivity. *Baltic Journal of Real Estate Economics and Construction Management*, 2014, no. 2, pp. 11–15. URL: <https://doi.org/10.7250/bjreecm.2014.002>
29. *Сарабский И.А.* Экономическая сущность природоохранной техники // Фундаментальные исследования. 2007. № 10. С. 81–82. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=4512>
30. *Miao Wang, Sunny Wong M.C.* International R&D Transfer and Technical Efficiency: Evidence from Panel Study Using Stochastic Frontier Analysis. *World Development*, 2012, vol. 40, iss. 10, pp. 1982–1998. URL: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.05.001>
31. *Бром А.Е., Шутеев В.А.* Многофакторный подход к выбору технологического обеспечения производственного процесса для предприятий машиностроительного комплекса // Известия высших учебных заведений. 2012. № 12. С. 75–80. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogofaktornyy-podhod-k-vyboru-tehnologicheskogo-obespecheniya-proizvodstvennogo-protsess-a-dlya-predpriyatij-mashinostroitel'nogo>

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

PRODUCTION TECHNOLOGIES: AN ANALYSIS OF ESSENTIAL FEATURES

Nadezhda N. KRUPINA

Saint-Petersburg State Agrarian University (SPb SAU),
St. Petersburg, Russian Federation
krupina_n17@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7983-845X>

Article history:

Article No. 273/2019
Received 10 April 2019
Received in revised form
27 May 2019
Accepted 14 August 2019
Available online
30 January 2023

JEL classification: O14,
O32

Keywords:

manufacturing
technology, process
innovation, technological
mode, best available
technology

Abstract

Subject. The article addresses common essential features of production technology as a ‘specific complexity’ that determines the vector of social development.

Objectives. The focus is on underpinning the significance and directions of analysis of common essential features of the technology based on the study of their nature, forms of manifestation, range of changes and impact on achieving the targets of production process.

Methods. The study draws on economic-statistical, systems, structural, comparative, graphic and logical analysis, synthesis, deduction, induction, systematization of opinions and published findings.

Results. The paper defines production technology, presents the structure and contents of its common essential and interrelated features. It also presents the statistical data that characterize the activity of enterprises in the field of development and introduction of process technological innovation, discusses prerequisites of transition of enterprises to the best available technologies (BAT).

Conclusions. There is a need for further development of methodological aspects of the analysis of process technology features specifically pertaining to development of tools to manage the long-term sustainable reproduction cycle.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2019

Please cite this article as: Krupina N.N. Production Technologies: An Analysis of Essential Features. *Finance and Credit*, 2023, vol. 29, iss. 1, pp. 172–200.
<https://doi.org/10.24891/fc.29.1.172>

Acknowledgments

The article was adapted from the *Economic Analysis: Theory and Practice* journal, 2019, vol. 18, iss. 9, pp. 1646–1666.

References

1. Panfilov V.A. [Development of technologies for AIC (Agro-Industrial Complex) and methodology of scientific research]. *Izvestiya KGTU = KSTU News*, 2017, no. 45, pp. 170–175. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-tehnologiy-agrarno-promyshlennogo-kompleksa-i-metodologiya-nauchnogo-poiska> (In Russ.)

2. Maslennikov M.I. [The technological innovations and their impact on the economy]. *Ekonomika regiona = Economy of Region*, 2017, vol. 13, iss. 4, pp. 1221–1235.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskie-innovatsii-i-ih-vliyanie-na-ekonomiku> (In Russ.)
3. Ivanova E.V., Smirnova V.Yu. [Technology as an object of economic and theoretical analysis]. *Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Yaroslava Mudrogo. Ser.: Ekonomicheskie nauki = Vestnik of Yaroslav the Wise Novgorod State University. Series Economic Sciences*, 2011, no. 61, pp. 4–8.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/tehnologiya-kak-obekt-ekonomiko-teoreticheskogo-analiza> (In Russ.)
4. Lyubushin N.P., Babicheva N.E. [Theoretical foundations of economic analysis, development organizations and laws of development systems]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2012, no. 36, pp. 2–13.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-osnovy-ekonomicheskogo-analiza-razvitiya-organizatsiy-i-zakony-razvitiya-sistem> (In Russ.)
5. Ivanova E.V. [Technological capital and its systemic features]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2012, no. 30, pp. 2–8.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskii-kapital-i-ego-sistemnye-harakteristiki> (In Russ.)
6. Denisyuk V.A., Markov A.V. [About formation of the market advanced technologies in the CIS]. *Innovatsii = Innovations*, 2008, no. 7, pp. 11–17.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-formirovanii-rynka-peredovyh-proizvodstvennyh-tehnologiy-v-sng> (In Russ.)
7. Marisela Rodríguez Salvador, Paola Cruz Zamudio, Andrés Santiago Avila Carrasco et al. Strategic Foresight: Determining Patent Trends in Additive Manufacturing. *Journal of Intelligence Studies in Business*, 2014, vol. 4, no. 3, pp. 42–62.
URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/69a1/d126c0c4f72a70dd6ab413057cb255f7281a.pdf>
8. Zetkin A.S., Kortov S.V. [Methodological approach to assessing the commercialization of innovative products]. *Innovatsionnyi menedzhment = Innovation Management*, 2002, no. 1, pp. 46–49. (In Russ.)
9. Voronkina D.V. [Economic problems of productive use of structural materials and methods for their solution]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomicheskie i yuridicheskie nauki = Izvestiya Tula State University. Economic and Legal Sciences*, 2014, iss. 5, part 1, pp. 359–379.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-problemy-proizvoditelnogo-ispolzovaniya-konstruktsionnyh-materialov-i-metody-ih-resheniya> (In Russ.)

10. Ptuskin A.S. [The entropy method of data analysis for the procedure of determining the best available technologies]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki = Saint-Petersburg State Polytechnic University Journal. Economics*, 2018, vol. 11, no. 3, pp. 203–212. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/entropiynyy-metod-analiza-dannyh-dlya-protседury-opredeleniya-nailuchshih-dostupnyh-tehnologiy> (In Russ.)
11. Herva M., Roca E. Review of Combined Approaches and Multi-Criteria Analysis for Corporate Environmental Evaluation. *Journal of Cleaner Production*, 2013, vol. 39, pp. 355–371. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.058>
12. Ibáñez-Forés V., Bovea M.D., Pérez-Belis V. A Holistic Review of Applied Methodologies for Assessing and Selecting the Optimal Technological Alternative from a Sustainability Perspective. *Journal of Cleaner Production*, 2014, vol. 70, pp. 259–281. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.082>
13. Makarenko S.A. [Material flows in engineering enterprises]. *Izvestiya MGTU MAMI*, 2013, vol. 5, no. 1, pp. 207–217. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/materialnye-potoki-na-mashinostroitelnyh-predpriyatiyah> (In Russ.)
14. Kachanova L.S. [Organizational and economic aspects of managing the technological processes of production and the use of organic fertilizers]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2016, no. 10, pp. 123–133. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/organizatsionno-ekonomicheskie-aspekty-upravleniya-tehnologicheskimi-protsessami-proizvodstva-i-primeneniya-organicheskikh> (In Russ.)
15. Starodubtseva O.A., Romanova A.M. [Analysis of the Problems of Introduction of the Energy Saving Technologies for Industrial Enterprises]. *Biznes. Obrazovanie. Pravo. Vestnik Volgogradskogo instituta biznesa = Business. Education. Law. Bulletin of Volgograd Business Institute*, 2019, no. 1, pp. 262–267. URL: <http://vestnik.volbi.ru/webarchive/146/yekonomicheskie-nauki/analiz-problem-vnedreniya-yenergoberega.html> (In Russ.)
16. Korneev A.M., Miroshnikova T.V. [Assessment of cost influence on production, using criteria of assessment of optimality of technological modes]. *Sotsial'no-ekonomicheskie yavleniya i protsessy = Socio-economic Phenomena and Processes*, 2011, no. 1-2, pp. 113–115. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyaniya-zatrat-na-proizvodstvo-s-ispolzovaniem-kriteriev-otsenki-optimalnosti-tehnologicheskikh-rezhimov> (In Russ.)

17. Жученко О.А., Коротинський А.П. Дослідження впливу початкової температури повітря на температурний режим процесу випалювання вуглецевих виробів у камері ‘під вогнем’. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*, 2018, iss. 36, pp. 201–209.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-nachalnoy-temperatura-vozduha-na-temperaturnyy-rezhim-protssessa-obzhiga-uglerodnyh-izdeliy-v-kamere-pod-ognem>
18. Hein T.A., Aung P., Kolesnikov A.V., Kolesnikov V.A. [the effect of concentration on efficiency of flotation process of non-ferrous metals Fe²⁺, Ni²⁺, Zn²⁺, Co²⁺, Cu²⁺ in the composition of multicomponent systems]. *Uspekhi v khimii i khimicheskoi tekhnologii = Advances in Chemistry and Chemical Technology*, 2017, vol. 31, no. 15, pp. 49–51. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-flokulyant-razlichnoy-prirody-na-effektivnost-protssessa-elektroflotatsionnogo-izvlecheniya-tsvetnyh-metallov-v-sostave> (In Russ.)
19. Vasil'ev A.S. [Directional formation of operational properties details in technological environments]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Mashinostroenie = Bulletin of South Ural State University. Series: Mechanical Engineering Industry*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 33–40.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/napravlennoe-formirovanie-ekspluatatsionnyh-svoystv-detaley-v-tehnologicheskikh-sredah> (In Russ.)
20. Ilyushina S.V. [Methods for technological process optimization]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Herald of Kazan Technological University*, 2014, vol. 17, no. 8, pp. 323–327. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-optimizatsii-tehnologicheskikh-protssessov> (In Russ.)
21. Kuznetsov B.L., Kuznetsova S.B. [Technological management in the conditions of scientific and technological revolutions of the 21st century]. *Upravlenets = The Manager*, 2016, no. 3, pp. 2–7.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskii-menedzhment-v-usloviyah-nauchno-tehnicheskikh-revolutsiy-xxi-veka> (In Russ.)
22. Lototskii A.M., Gorbunov I.V., Kabirova Yu.I. et al. [Management of technological data as an element of an integrated management system of aircraft production]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2016, vol. 18, no. 4(3), pp. 498–504.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/upravlenie-tehnologicheskimi-dannymi-kak-element-integrirovannoy-avtomatizirovannoy-sistemy-upravleniya-aviastroitelnym> (In Russ.)

23. Kandelya M.V., Ryabchenko V.N., Emel'yanov A.M. [The development of harvesters combines with new configuration of technological part]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*, 2012, no. 3, pp. 72–75.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-zernouborochnogo-kombayna-s-novoy-komponovkoy-tehnologicheskoy-chasti> (In Russ.)
24. Raper R.L., Simionescu P.A. et al. Reducing Vibration while Maintaining Efficacy of Rollers to Terminate Cover Crops. *Applied Engineering in Agriculture*, 2004, vol. 20(5), pp. 581–584. URL: <https://pubag.nal.usda.gov/pubag/downloadPDF.xhtml?id=10014&content=PDF>
25. Dezhina I., Ponomarev A. [Advanced Manufacturing: New Emphasis in Industrial Development]. *Forsait = Foresight-Russia*, 2014, vol. 8, no. 2, pp. 16–29.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-proizvodstvennye-tehnologii-novye-aktsenty-v-razvitii-promyshlennosti> (In Russ.)
26. Babicheva N.E., Lyubushin N.P., Lylov A.I., Gurtovaya I.N. [Exponential growth and the law of cyclic development of systems]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2018, vol. 17, iss. 11, pp. 1996–2009. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ea.17.11.1996>
27. Giner-Santonja G., Aragonés-Beltrán P., Niclós-Ferragut J. The Application of the Analytic Network Process to the Assessment of Best Available Techniques. *Journal of Cleaner Production*, 2012, vol. 25, pp. 86–95.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.012>
28. Kalacheva L., Savon D. Innovation Activities of Enterprises of the Coal Industry to Improve Productivity. *Baltic Journal of Real Estate Economics and Construction Management*, 2014, no. 2, pp. 11–15.
URL: <https://doi.org/10.7250/bjreecm.2014.002>
29. Sarabskii I.A. [Economic essence of environmental technology]. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*, 2007, no. 10, p. 84.
URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=4512> (In Russ.)
30. Miao Wang, Sunny Wong M.C. International R&D Transfer and Technical Efficiency: Evidence from Panel Study Using Stochastic Frontier Analysis. *World Development*, 2012, vol. 40, iss. 10, pp. 1982–1998.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.05.001>
31. Brom A.E., Shuteev V.A. [Multivariate approach to choose optimal technological support for machine-building complex]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii = News of Higher Educational Institutions*, 2012, no. 12, pp. 75–80.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogofaktornyy-podhod-k-vyboru->

tehnologicheskogo-obespecheniya-proizvodstvennogo-protssessa-dlya-predpriyatiy-mashinostroitel'nogo-1 (In Russ.)

Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.