

Системная парадигма и теория технологий

Клейнер Георгий Борисович

Центральный экономико-математический институт РАН;

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации; Государственный университет управления
Москва, Россия, e-mail: george.kleiner@inbox.ru

Цитирование: Клейнер Г.Б. (2024). Системная парадигма и теория технологий. *Terra Economicus* 22(4), 6–18. DOI: 10.18522/2073-6606-2024-22-4-6-18

В статье излагаются результаты системного анализа производственной технологии как пространственно-временной развертки способа регулярного преобразования исходных ресурсов в конечную продукцию. Цель работы состоит в выявлении универсальных свойств технологии и механизмов ее реализации в различных сферах экономики и общества. Анализ основан на применении системной парадигмы, согласно которой социально-экономическая и технико-технологическая сферы рассматриваются как арена взаимодействия систем – относительно устойчивых в пространстве и во времени образований. Базовые элементы технологии определяются как системы средового, процессного, проектного и объектного типов. Их сочетание характеризует каждую конкретную технологию в сферах экономики (экономические технологии), бизнеса (бизнес-технологии), техники (инженерные технологии), социума (социальные технологии) и т.п. Показывается, что типовые технологические маршруты строятся на основе определенного способа соединения базовых элементов механизма реализации технологии – систем перечисленных типов. Такие маршруты обеспечивают низкозатратный переход от одного этапа технологии к другому, что служит предпосылкой устойчивости данной технологии. Эти маршруты могут быть представлены в виде связанных фрагментов контура «среда – процесс – проект – объект – среда», что позволяет рассматривать данный контур как схему типовой единицы технологического пространства. Результаты исследования технологий на базе системной парадигмы, полученные в работе, могут быть использованы в качестве методологической основы для сравнительного анализа и прогнозирования устойчивости и эффективности проектируемых и функционирующих технологий в различных сферах экономики и общества.

Ключевые слова: технология; механизм реализации технологии; теория технологий; система; системная парадигма; тетрада; технологический маршрут

The systems paradigm and the theory of technology

George B. Kleiner

Central Economics and Mathematics Institute RAS; Financial University; State University of Management
Moscow, Russia, e-mail: george.kleiner@inbox.ru

Citation: Kleiner G.B. (2024). The systems paradigm and the theory of technology. *Terra Economicus* 22(4), 6–18 (in Russian). DOI: 10.18522/2073-6606-2024-22-4-6-18

This paper explores the fundamental principles of production technology through the lens of a systems analysis. It examines how production technology is applied in space and time, transforming raw materials into finished products. The goal of this study is to uncover the universal aspects of technology and the mechanisms for its implementation across various economic and social sectors. The analysis is based on the systems paradigm, which views the socio-economic and technical-technological realms as areas where systems interact. These systems are relatively stable entities that exist within a particular space and timeframe. The fundamental components of a technology are defined as environmental, process, project, and object systems. The combination of these elements characterizes each specific technology in various fields such as economics (economic technologies), business (business technologies), engineering (engineering technologies), society (social technologies), and others. It is shown that typical technological routes should be structured around a specific way of combining the key elements of the technology implementation. Being essential for technological sustainability, these routes ensure a cost-effective transition between the technological stages. These routes can be visualized as connected fragments of the “environment – process – project – subject – environment” contour. This contour can be seen as a diagram of a typical unit of technological space. The findings of this study can be used as a methodological basis for comparing and predicting the sustainability and efficiency of existing technologies in various economic and social sectors.

Keywords: technology; technology implementation; technology theory; system; systems paradigm; tetrad; technological route

JEL codes: A10; O14; O32

Введение

Технологии составляют основу функционирования экономики и обществ. В зависимости от сферы применения выделяются экономические (Бхтизин, Миров и др., 2023; Некипелов, 2021), производственные (Креников и др., 2020), социальные (Зотов и др., 2022), политические (Малин, Сучков, 2017), оборонительные (Бордовская и др., 2020) и другие виды технологий. В последнее время на уровне готовности и зрелости технологий стал неотъемлемым элементом планирования технологических проектов (Петров и др. 2016).

Каждая технология представляет воспроизводимый способ достижения заданного результата при использовании ресурсов заданного качества в заданных количествах. Совокупность технологий, используемых при производстве конечной продукции на основе добычи и переработки природных ресурсов, традиционно именуется в экономике технологическим укладом (Глзев, 2022). Подобным образом технологические уклады могут определяться и в других сферах экономики и обществ.

В ряде работ последних десятилетий отмечается зависимость между сменой технологических укладов и согласованными изменениями технологий в финансовой, социальной, информационной и других сферах (Глзев, 2022; Перес, 2011; Дементьев, 2023; Schot and Geels, 2007 и др.). Это приводит к мысли о наличии общих существенных признаков технологий из различных общественных сфер и, возможно, о наличии сквозной зависимости между технологиями, затрагивающими в наибольшей степени сферы обществ, включая территориальный, предметный и хронологический разрезы.

Задача состоит в том, чтобы сформулировать более или менее универсальное понятие ресурса, универсальное понятие соединения ресурсов и на этой основе – понятие универсальной технологии, также проанализировать возможность формирования понятия технологической единицы, в какой-то степени логичного понятию ресурсно-продуктовой единицы. Перспективной целью – приблизиться к единой структуризации технологического пространства экономики.

Положения данной статьи базируются на методологии и результатах многолетнего развития системной парадигмы и, в частности, системной экономической теории как одного из активно развивающихся направлений системной парадигмы применительно к сфере экономики (Корнаи, 1998; Клейнер, 2011; 2021 и др.). Учитывая результаты исследований на платформе системной парадигмы, новой теории экономических систем и пространственно-временного анализа, теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) (Альтшуллер, 2016; Голдовский, Вайнерман, 1990;

Петров, 2018) и современной системотехники в целом (Клечек и др., 2015), мы предлагаем рекомендации по построению потенциально устойчивых и эффективных технологий.

Социально-экономическое пространство России, как неоднократно отмечалось, является не только весьма обширным, но и довольно неоднородным. Повышение связности и непрерывности отечественного социально-экономического пространства – времени способствовало бы переходу России от сложившейся тенденции скачкообразного движения общества к эволюционному типу развития.

В данной работе на основе обобщающего системного анализа технологий, также микроуровневого анализа одной из ключевых операций металлообработки – изготовления производств (штамповки) как типового примера предлагаются и сопоставляются три способа описания технологического процесса: общеэкономический (с помощью известной концепции факторов производств); пространственно-временной (с помощью концепции «твердых» и «мягких» систем в зависимости от наличия жестких границ систем в пространстве и во времени); системный (с помощью концепции функционального назначения базовых компонентов тетрады как механизма реализации технологии). Тетрада как относительно устойчивый комплекс взаимодействия проектной, объектной, процессной и средовой систем (подсистем) может играть роль фундаментального социо-технико-экономического механизма реализации технологий. Формулируются требования к технологическому маршруту, потенциально обеспечивающие минимизацию затрат на переход от одного этапа маршрута к другому.

Элементы общей концепции технологий, представленные в настоящей статье, создают основу для единого описания структуры технологического пространства страны. Такое описание необходимо, по нашему мнению, для разработки программы модернизации технологического пространства страны в целях обеспечения технологического суверенитета и технологического лидерства России (Греев, 2023; Сухрев, 2023; 2023b; Edler et al., 2023).

Базовые элементы механизма реализации технологии

Заданием первого этапа – предложить высоко агрегированный универсальный способ описания технологий, пригодный для структурного моделирования технологий любого уровня и назначения, позволяющий через механизм реализации данной технологии оценить перспективы ее устойчивости и эффективности. Начальным шагом является формирование базисного набора технологических элементов, соединение которых в том или ином порядке и пропорциях позволяет реализовать данную технологию.

Для дальнейшего изложения нам необходим типология технологических элементов. В экономической сфере типичные группы образуют так называемые факторы производств (Chang and Yang, 2011; Xu et al., 2009¹). К числу этих факторов традиционно относятся труд, капитал, природные ресурсы и предпринимательские способности участников производств. Конкретная экономическая технология реализуется путем выбора определенных элементов из этих категорий, как труд, капитал, природные ресурсы, предпринимательские способности, и соединения их в устойчивую конфигурацию, обеспечивающую возобновляемое производство данного вида продукции. Эту задачу решает менеджмент, осуществляющий организацию данного производственного процесса, т.е. данной технологии.

Можно заметить, что такой подход, опирающийся на представление технологии (и реализующего ее механизма) в виде соединения конечного числа типовых базовых технологических элементов, применим и для описания технологии в других, неэкономических сферах, таких как, скажем, инженерия или политика. Ниже мы иллюстрируем это положение, рассматривая как задачу инженера и политтехнолога. Задача инженера – реализовать технологию производства продукта, иными словами, указать последовательность соединения средств труда, предметов труда и роботов (включая операторов), занятых в процессе изготовления данного продукта. Инженер, таким образом, является создателем технологии. Здесь используется объемный массив данных относительно свойств исходных материалов, оборудования и роботов, способных реализовать данную технологию. В решении инженерных задач, как видим, также используются те же факторы, что и в процессе производств.

¹ См. также: Gentile, B. (2011). The new factors of production and the rise of data-driven applications. *Forbes*, October 31. <https://www.forbes.com/sites/ciocentral/2011/10/31/the-new-factors-of-production-and-the-rise-of-data-driven-applications/?sh=4a36c7dc17da> (accessed on November 26, 2024)

Ниболее распространённое влияние деятельности политтехнологов в социальном пространстве включает комплекс мероприятий, ориентированных на победу данного кандидата (данной партии) и выбор их. Для решения этой задачи применяются и реализуются меры, главным образом, информационного характера, представляющие данного кандидата в выигрышном ключе и одновременно изображающие его соперников в невыгодном свете. Поскольку избирательная кампания реализуется главным образом в информационной сфере, для ее проведения используются информационные ресурсы, распространяемые с помощью средств массовой информации, социальных сетей, рекламы и т.д. Базовыми факторами этих процессов также являются труд участников выборной кампании, капитал, природные ресурсы (включая пространство и время), предпринимательские способности организаторов кампании. В итоге мы видим тот же набор факторов, что и в предыдущих случаях.

Описание факторов производства (создания) продукта в любой сфере человеческой деятельности может быть получено также, если опираться на известную классификацию (типологию) систем в зависимости от конфигурации их границ в пространстве и во времени (Клейнер, 2011). А именно: систематизируется как более или менее устойчивое в пространстве и во времени формирование, характеризующееся внутренним единством и внешней целостностью. При этом в общем случае под пространством может пониматься как абсолютное физическое трехмерное пространство, так и более специфические виды пространств, такие как информационное пространство, пространство возможных решений, социальное пространство и т.п. В качестве времени могут фигурировать как общее хронологическое календарное время, так и определенные временные промежутки (длительность периода от начала работы предприятия или от начала нового цикла, также от последней реорганизации и т.п.).

Приведенная выше формулировка понятия системы позволяет рассмотреть в качестве систем широкий круг социально-экономических образований и процессов, включая предприятия, регионы, отрасли, страны, процессы и акты производства, распределения, обмена и потребления экономических благ, также инфраструктурную среду, в том числе институциональную и информационную. Технологию мы также рассматриваем как систему, поскольку она обладает признаками устойчивости, внутреннего единства и целостности. Это обстоятельство позволяет использовать системный анализ для классификации и комбинирования технологий.

Нходясь на методологической платформе системной парадигмы, мы будем использовать следующую типологию социально-экономических систем. Системы, имеющие имманентные границы в пространстве и во времени, относятся к числу проектных, или событийных; системы, не имеющие определенных имманентных границ ни во времени, ни в пространстве, относятся к числу средовых, или инфраструктурных; системы, имеющие определенные имманентные границы в пространстве, но лишенные таких границ во времени, относятся к числу объектных, или организационных; системы, имеющие определенные имманентные границы во времени и не имеющие таких границ в пространстве, относятся к числу процессных, или логистических. Комплекс, состоящий из объектной, проектной, процессной и средовой систем, называется тетрадой. Устойчивое функционирование тетрады обеспечивается передовой пространственно-временных и энергетических ресурсов по цепочке «сред – процесс – проект – объект – сред» (Клейнер, 2011). Нглядное изображение общего вида тетрады представлено на рисунке. Тетрада может рассматриваться как механизм реализации технологии, т.е. способ преобразования исходных ресурсов в полезную продукцию.

Соответствие между технологиями и механизмами их реализации в виде тетрады клеток экономического организма позволяет выделить базовые элементы механизма реализации технологии, соответствующие компонентам тетрады. Производственный комплекс в виде тетрады, предназначенный для реализации технологии, обеспечивает функционирование во времени и расширение/сохранение зоны хозяйствования в пространстве за счет создания и распространения своей продукции, выпуском по заданной технологии. Каждый из четырех компонентов комплекса осуществляет свою группу функций в ходе производства и реализации продукции. Проектная подсистема отвечает за организацию и проведение производственных краткосрочных производственно-хозяйственных мероприятий; процессная – за распространение их результатов по внутреннему пространству комплекса; объектная – за преемственность (непрерывность) развития комплекса при переходе от одного периода к другому; средовая – за пространственно-временную

однородность внутренней среды комплекс. Тем самым тетрадь может рассматриваться как схема декомпозиции общего технологического процесса, т.е. его подразделения и компоненты, связанные преобразованием ресурсов подсистем в промежуточные результаты производственно-хозяйственной деятельности комплекс. К таким результатам относятся: создание полупродуктов; комплектация и складирование продукции; реализация продукции; подготовка производства к следующим циклам.

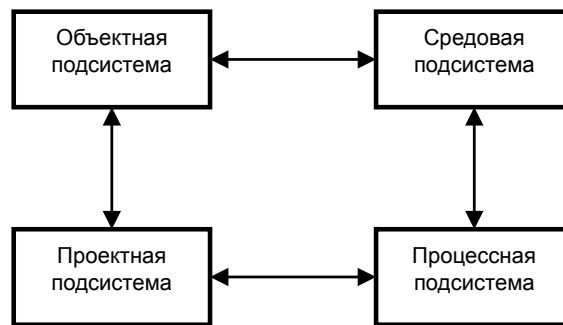


Рис. Тетрадь как устойчивый комплекс во взаимодействии объектной, средовой, процессной и проектной систем

Источник: составлено автором.

Для того чтобы производственный комплекс в виде тетради осуществлял свои функции по реализации технологии, нужно обеспечить: а) внутренние контакты между отдельными составляющими комплекс, включая роботов; б) необходимые перемещения ресурсов внутри комплекс, т.е. пространственные результаты контактов в рамках комплекс; в) закрепление результатов контактов во времени; г) функционирование инфраструктуры, обеспечивающей целостность комплекс как системы. Таким образом, возникают четыре функции: а) контактная (реализуется проектной подсистемой); б) логистическая (реализуется процессной подсистемой); в) воспроизводственная (реализуется объектной подсистемой); г) общесистемная, интегрирующая (реализуется средовой подсистемой).

Для описания базовых элементов механизма реализации технологии с помощью компонентов тетради имеет смысл учитывать значимость технологий в сфере создания технических систем, дать более наглядную интерпретацию характеристике компонентов тетради, опираясь на понятие *формы*. Это имеет особое значение для исследователей, изучающих технические спектры реализации технологии, и коррелируется с так называемым вещественно-полевым анализом, принятым в теории решения изобретательских задач (Альтшуллер, 2016; Юлдовский, Вайнерман, 1990; Петров, 2018).

В зависимости от устойчивости границ системы в пространстве, системы могут быть разделены на «твердые» и «мягкие». Твердые системы имеют более или менее устойчивые пространственно-временные формы, иными словами – более или менее однозначные и слабо зависящие от внешних воздействий границы между системой и ее окружением в пространстве-времени. В сфере техники примерами твердых систем могут считаться твердые физические тела; в экономике – предприятия и организации с однозначными бюджетными ограничениями; в социуме – семьи, жестко структурированные кланы, производственные коллективы, некоторые политические партии, формальные социальные институты. В бизнесе к твердым системам можно отнести построенные на основе жесткой дисциплины бизнес-сообщества; в институциональном пространстве – комплексы утвержденных стандартов, регламентов, инструкций.

Мягкие системы, наоборот, имеют размытые, порой и нечеткие границы с пространственным окружением, не обладают устойчивой формой. В сфере техники примерами мягких систем служат системы, основанные на взаимодействии информационных или физических полей, жидкостей и т.п.; в экономике – открытые социально-экономические экосистемы, так же системы, границы которых обеспечиваются не вполне определенными отношениями доверия, сил инерционности развития, неформальными экономическими институтами; в социуме – системы, границы которых с окружающим пространством определяются неформальными социальными институтами, дружескими связями и симпатиями; в бизнесе – не входящие в директивное

пл ниров ния системы, гр ницы которых определяются мягкими бюджетными огр ничениями, меняющимися бизнес-интерес ми, н мерениями, мор льными огр ничениями.

Во временном измерении, дополняющем простр нственное измерение, подобн я кл ссифик ция основыв ется н делении систем н кр ткосрочные и долгосрочные. Длительность жизненного цикл кр ткосрочных систем фиксиров н . В обл сти техники в к честве пример кр ткосрочной системы можно р ссм трив ть электромобиль с огр ниченным з рядом ккумулятор ; в экономике – инвестиционный проект; в социуме – флешмоб. В бизнесе пример ми кр ткосрочных систем являются тр нс кция, *IPO* и т.п.

Долгосрочные системы имеют не огр ничив емый приорно жизненный цикл. В технике примером долгосрочной системы является зд ние; в экономике – предприятие; в социуме пример ми долгосрочных систем могут выступ ть политические п ртии, ориентиров нные не н ближ йшие выборы, н неогр ниченный период ре лиз ции идеологических уст новок, т кже бессрочные общественные орг низ ции; в бизнесе – инвестиров ние в кции предприятий и т.п.

Морфологическое опис ние систем через х р ктеристики изменчивости/ст бильности формы в простр нстве и длительности жизненного цикл во времени будем н зыв ть ниже простр нственно-временным опис нием.

К к легко видеть, цели и возможности твердых и мягких систем, к к пр вило, р зличны. Подобным обр зом системы с определенным и кр тким жизненным циклом с трудом вз имодействуют с систем ми неопределенной длительности. Иллюстр цией могут служить вз имоотношения между системой, ре лизующей проект по строительству зд ния (кр ткосрочн я систем), и системой эксплу т ции построенного зд ния (систем с неогр ниченным сроком действия).

Р ширяя угол зрения, можно з метить, что основн я проблем обществ – орг низ ция эффективного вз имодействия твердых и мягких, кр ткосрочных и долгосрочных соци льно-экономических систем, в ч стности, согл сов ние уст новок госуд рств , социум , экономики и бизнес . Н м - кроуровне обществ в целом госуд рство предст вляет собой объектную систему с фиксиров нными территори льными гр ниц ми и неогр ниченным жизненным циклом; социум – средовую систему с приорно неогр ниченным жизненным циклом, не имеющую имм нентных территори льных гр ниц; экономик – процессную систему, включ ющую производство, р спределение, обмен и потребление бл г; бизнес – проектную систему, н целенную н ре лиз цию р знообр зных деловых проектов (Клейнер, 2013). При этом госуд рство стремится обеспечить устойчивое продолж ющееся соци льно-экономическое р звитие обществ н своей территории; социум стремится к достижению бл госостояния для д нного и ближ йших последующих поколений к ждой семьи; экономик н целен н соединение производственных ресурсов для удовлетворения м тери льных потребностей соци льных и экономических субъектов; бизнес ориентиров н н получение фин нсового результ т (прибыли) в кр тч йшие сроки. Более подробно функции к ждой из четырех м кросистем изложены в (Клейнер, 2013). Г рмоничное вз имодействие этих четырех м - кросистем – основ устойчивого р звития стр ны.

Комбинируя деление систем н твердые и мягкие с делением н кр ткосрочные и долгосрочные, мы получ ем кл ссифик цию систем в виде четырех групп: твердые кр ткосрочные; твердые долгосрочные; мягкие кр ткосрочные; мягкие долгосрочные. Легко видеть, что д нн я кл ссифик ция совп д ет с кл ссифик цией систем и делением их н проектные, объектные, процессные и средовые.

Обобщ я р ссмотренные примеры, мы можем сдел ть вывод, что проектные, объектные, процессные, средовые системы в общем случ е являются неотъемлемыми сост вляющими технологии созд ния конечных бл г. Соединение этих элементов в простр нственно-временную цепочку, обр зующую тетр ду, отр ж ет устройство мех низм ре лиз ции технологии. Ох - р ктеризов ть его можно без применения предметно-з висимых терминов. Тем с мым мы получ ем системное опис ние технологии. В т ком виде могут быть предст влены любые технологи, нез висимо от их м сшт б , местоположения и цели их использов ния. В к честве б зовых элементов мех низм ре лиз ции технологии при т ком подходе выступ ют проектные, объектные, процессные и средовые системы. В следующем р зделе н лизируются способы соединения д нных элементов для формиров ния технологического м ршрут .

Технологический маршрут как соединение базовых элементов реализации технологии: экономическое, пространственно-временное и системное описание

В данном разделе приводится стилизованное описание технологии с помощью категорий трех видов: 1) традиционные экономические категории, характеризующие факторы, процессы и результаты производств; 2) пространственно-временные категории, определяющие положение и динамику компонентов технологии в пространстве и во времени; 3) системные категории, описывающие компоненты технологии, составляющие производственную цепочку. В качестве типового иллюстративного примера технологии рассматривается технология металлообработки, ключевым звеном которой является технологическая операция штамповки, орудием труда служит штамповочный пресс.

Начнем с описания технологии в общеэкономических категориях. К числу базовых факторов производств, независимо от его предметной специализации, в классической экономической теории традиционно относятся, как известно, средства труда, предметы труда и труд как целенаправленная человеческая деятельность по созданию ценностей с использованием средств труда и предметов труда. Средства труда включают в себя орудия труда и все материальные компоненты, которые не входят самостоятельно в трудовой процесс, но являются необходимыми для его осуществления (территория, сооружения, транспортные средства, средства логистики и др.). Процесс производств осуществляется с помощью орудий труда, в то время как труд в том или ином виде участвует во всех этапах производств.

Взаимодействие этих факторов во времени и в пространстве можно описать, опуская детали, следующим образом. Продукция (результат труда) возникает как следствие взаимодействия орудий труда и средств труда, которое осуществляется в пределах определенного предприятия (организации). При этом орудия труда воздействуют на предмет труда, после чего полученный продукт размещается в складском помещении, входящем в средовое пространство данного предприятия. Важно подчеркнуть, что взаимодействие орудий и предметов труда в общем случае происходит в режиме *воздействия*, т.е. относительно кратковременного и локального контакта. Этот контакт может рассматриваться как необходимый промежуточный элемент во взаимодействии орудий труда и предмета труда. Так, штамповка изделий из листового металла с помощью штамповочного пресса может быть представлена в виде следующих операций. Металлический лист (предмет труда) подается в пресс (орудие труда), после чего производится штамповка (ключевой производственный этап), в результате которой результат труда помещается в специальную часть средового пространства предприятия, предназначенную для хранения готовой продукции. В итоге готовый продукт включается в рыночное пространство для дальнейшего распределения, обмена или потребления. Таким образом, в центре технологического процесса находится ключевая операция воздействия орудий труда на предмет труда.

С системных позиций это означает, что ведущая роль той или иной подсистемы в производственном цикле переходит последовательно от средовой подсистемы к общему пространству для всей роботизированной процессной подсистемы к средству доставки предмета труда в более пространство, далее – к проектной подсистеме как к месту воздействия орудия труда на предмет труда (штамповка), после этого – к объектной подсистеме как к комплексу средств труда (пресс, оборудование для складирования и т.д.) и, наконец, – к средовой подсистеме как пространству, в котором происходит контакт с рынком для распределения, обмена и потребления произведенного продукта.

В пространственно-временных категориях механизм реализации технологии описывается следующим образом. Отметим, что орудие труда концептуально следует относить к числу твердых долгосрочных систем, предмет труда – к числу мягких краткосрочных, этап воздействия орудия на предмет труда – к числу твердых краткосрочных, более пространство – к числу мягких долгосрочных систем. Основываясь на представленной в конце первого раздела интерпретации твердых долгосрочных, мягких долгосрочных, мягких краткосрочных и твердых краткосрочных систем как объектных, средовых, процессных и проектных систем соответственно, также не описании структуры их взаимодействия в процессе производств, мы можем сделать следующий вывод. Механизм реализации типовой технологии предусматривает последовательную передаточную ведущей роли от

мягкой долгосрочной системы (сред) предприятия к мягкой краткосрочной системе (процесс подготовки предмет труд к кату производств), далее – к твердой краткосрочной системе (ключевая производственная операция), затем – к твердой долгосрочной системе (средств труд), наконец – к мягкой долгосрочной системе (сред). Таким образом, типовой технологический маршрут может быть представлен в виде тректории «сред – процесс – проект – объект – сред », которую проходят исходные ресурсы при переработке их в конечный продукт. Более детальный анализ мог бы выявить накопление в ведущей системе противоречий, требующих перехода доминирования к другой системе, снимающей данные противоречия.

Таким образом, технологический (производственный) процесс как совокупность (последовательность) операций, совершаемых при трансформации исходных ресурсов в конечную продукцию, мы описали с помощью экономических категорий: общее пространство и время для всей работы → средство доставки предмет труд в рабочее пространство → воздействие орудий и предметы труд → комплекс средств труд, включающий орудия труд, средств контроля, экспертизы и промежуточного хранения готовой продукции с целью ее продвижения на рынок → включение готовой продукции в рыночное пространство. Кроме того, данный процесс был описан с помощью пространственно-временных категорий: мягкая долгосрочная подсистема → мягкая краткосрочная подсистема → твердая краткосрочная подсистема → твердая долгосрочная подсистема → мягкая долгосрочная подсистема. Наконец, процесс был описан с помощью системных категорий: средовая подсистема → процессная подсистема → проектная подсистема → объектная подсистема → средовая подсистема. Взаимоотношения между тремя видами описания представлены в таблице.

Таблица

Три вида описания технологического процесса

Виды описания	Категории, используемые для описания элементов технологического процесса			
Общеэкономическое	Доступное пространство и время для реализации технологического маршрута	Средство доставки предмета труда в рабочее пространство	Воздействие орудий труда на предметы труда	Комплекс средств труда, включая средства контроля, экспертизы и промежуточного хранения продукции
Пространственно-временное	Мягкая долгосрочная подсистема	Мягкая краткосрочная подсистема	Твердая краткосрочная подсистема	Твердая долгосрочная подсистема
Системное	Средовая подсистема	Процессная подсистема	Проектная подсистема	Объектная подсистема

Источник: составлено автором по результатам анализа.

Перейдем к исследованию особенностей взаимодействия между компонентами технологии для каждого из трех видов категориального описания технологии. Начнем с общеэкономического описания. Взаимодействие компонентов технологического маршрута реализуется здесь в виде последовательности передаточных предмет /результат труд от одного компонента к другому. Важно подчеркнуть: речь идет не обязательно о физической передаче продукта или заготовки из одного места в другое, о переходе данного продукта из сферы преимущественного влияния одной системы в сферу преимущественного влияния другой. Результат при этом возникает как следствие применения трудоресурсов для завершения этого технологического маршрута.

При пространственно-временном описании тректории технологического маршрута взаимодействие его компонентов реализуется в виде последовательности передаточных в узком смысле терминологических, информационных или иных блоков, играющих роль предметов/результатов труд. Среди этих блоков выделяются мягкие, теряющие свою форму в ходе технологического процесса (предметы труд), и твердые, возникшие в результате этого процесса (результаты

т ты труд). Обр зов ние твердых бл г (результ тов труд) можно р ссм трив ть к к следствие применения труд в ходе технологического процесс .

Н конец, при системном опис нии технологического цикл вз имодействие его компонентов может быть интерпретировано к к перед ч от одного компонент к другому в ук з нном выше порядке простр нственно-временных ресурсов, т кже способностей р ссм трив емой системы к эффективному использов нию этих ресурсов. Простр нственно-временные ресурсы при этом могут опосредов ться в виде предметов труд (р бочее простр нство), средств труд , перенося свою стоимость н продукт производств одномоментно (в случ е ренды простр нств н производство одного изделия) или постепенно (в случ е ренды простр нств н длительный срок или обл д ния ресурсом простр нств в виде собственности). Вз имодействие четырех видов систем в тетр де, изобр женное н рис. 1 в виде двусторонних стрелок, может быть р скрыто следующим обр зом. Средов я систем предьявляет спрос н способности эффективно использов ть простр нство и время и получ ет их, соответственно, от объектной и процессной; в свою очередь, перед ет процессной системе з п с временных ресурсов и объектной системе – з п с простр нственных ресурсов. Процессн я систем предьявляет спрос н ресурсы времени, т кже н способности по эффективному использов нию ресурсов простр нств и получ ет их, соответственно, от средовой и проектной; перед ет проектной системе з п с простр нственных ресурсов и средовой – способности по эффективному использов нию ресурсов времени. Проектн я систем предьявляет спрос н ресурсы простр нств и времени и удовлетворяет его з счет, соответственно, процессной и объектной; н делаят объектную систему способностями к эффективному использов нию ресурсов времени, процессную – способностями к эффективному использов нию ресурсов простр нств . Объектн я систем предьявляет спрос н ресурсы простр нств и н способности по эффективному использов нию ресурсов времени и удовлетворяет его з счет, соответственно, средовой и проектной; перед ет средовой системе способности по эффективному использов нию ресурсов простр нств и проектной – з п с ресурсов времени. Функциониров ние тетр ды, т ким обр зом, можно в к кой-то степени уподобить деятельности рынок , в котором процессы спрос и предложения ресурсов ведут к р вновесному состоянию при минимиз ции дефицит и избыток ресурсов, н ходящихся в компетенции к ждой из систем тетр ды. Мех низмы тр нсфер ресурсов подробно опис ны в (Клейнер, 2011). Подчеркнем, что ук з нн я структур вз имодействия между компонент ми системного опис ния технологии х р ктеризует обобщенным обр зом регулярный (не единичный) процесс вз имодействия, в конкретных случ ях опосредуемый в виде движения предметов и результат тов труд , что соответствует понятию технологии к к воспроизводимого способ преобр зов ния ресурсов в конечную продукцию.

Ан лизируя компоненты технологического цикл , мы можем з метить, что во всех трех случ ях к ждый из компонентов х р ктеризуется двумя к чественными пок з телями:

- в общеэкономическом измерении – н личием/отсутствием имм нентных гр ниц в простр нстве и кр ткосрочностью/долгосрочностью период перенос стоимости ресурс н продукт;
- в простр нственно-временном измерении – твердостью/мягкостью и кр ткосрочностью/долгосрочностью соответствующих систем;
- в системном измерении – огр ниченностью/неогр ниченностью в простр нстве и огр ниченностью/неогр ниченностью во времени.

Р ссм трив я технологический м ршрут (рис. 1) под т ким углом зрения, можно сдел ть вывод, что соседними являются компоненты, у которых одн из двух х р ктеристик совп д ет. Т к, при простр нственно-временном опис нии твердый кр ткосрочный компонент вз имодействует с одной стороны с твердым долгосрочным компонентом, с другой стороны – с мягким кр ткосрочным компонентом. Тем с мым обеспечив ется, условно говоря, пл вность («бесшовность») переход от одного компонент технологического м ршрут к другому и, соответственно, гр моничность технологического м ршрут в целом. Можно пол г ть, что т кой способ орг низ ции м ршрут обеспечив ет и н меньшую стоимость эксплу т ции технологии. Вз имоотношения между соседними систем ми тетр ды ре лизуют, к к мы видели, б л нс простр нственно-временных и энергетических ресурсов между спросом со стороны одной подсистемы и предложением со стороны другой.

Последовательность передчи ведущих функций от одного компонента к другому может быть обоснована исходя из следующих соображений. Опираясь на экономический смысл технологического маршрута, будем считать его начальным элементом средовой компонента, где размещаются подлежащие обработке предметы труда; центральным элементом будем считать проектный компонент, в рамках которого происходит преобразование предмета труда в результат труда. Это означает, что в технологическом маршруте средовой компонент получает порядковый номер один, проектный – номер три. Ступи ведущего компонента под номером два могут получить либо процессный, либо объектный компоненты. Различие между этими компонентами состоит в том, что объектный имеет пространственные ограничения, у процессного таковых нет. Это означает, что наиболее естественным и наименее затратным движением предмета труда по технологическому маршруту, скорее всего, является перемещение предмета труда под «юрисдикцию» процессного компонента. Процессный компонент получает второй номер в цепочке ведущих компонентов технологического маршрута. Следующим этапом является включение предмета труда в сферу действия проектного компонента, реализующего центральную операцию регулярного технологического процесса – воздействия орудия труда на предмет труда. Результатом функционирования проектного компонента является продукт труда, включаемый в пространство объектного компонента, объединяющего орудия и другие средства труда, так же его результаты. Тем самым ведущая роль постепенно переходит к объектному компоненту.

Непрерывность технологического маршрута может быть обеспечена исходя из следующих соображений. При формировании технологического маршрута необходимо учесть его неоднократную повторяемость. Для этого маршрут должен быть непрерывным. Иными словами, предпочтительным является тот вариант маршрута, в котором максимально близко по положению технологической цепочки компоненты являются также максимально близкими по своим характеристикам. Формализованное обоснование этого утверждения приведено в (Клейнер, 2013: 11–12).

Таким образом, реализация технологии предполагает четырехкомпонентный комплекс «объектная – средовая – процессная – проектная системы». Третья стадия полного технологического цикла проходит через все указанные системы, в то время как третья стадия с самостоятельной частью технологического цикла реализуется в виде связанного фрагмента четырехкомпонентного комплекса. В этом случае переход от одного этапа к другому является относительно низкозатратным, поскольку такой переход соответствует взаимодействию систем, предприспособленных по своей природе к координации. В том же маршруте нет необходимости преодолевать барьеры между этапами в реализации технологии. Это определяет преимущественную конфигурацию технологических маршрутов перед другими вариантами сочетания базовых элементов механизма реализации технологии. Такая конструкция технологического маршрута должна обеспечивать минимальную затратность и максимальную устойчивость технологии. Четвертый комплекс систем, являющийся носителем для технологических маршрутов, может претендовать на роль единицы в технологическом пространстве экономики.

В заключение данного раздела отметим, что предствлённый выше триединый анализ технологии – экономический, пространственно-временной и системный – позволяет уяснить место технологии в каждом из трех основных вариантов видения картины мира: экономическом, техническом, системном. Это дает возможность сформировать объемное предствлечение о сущности и формах технологии в современном мире.

Выводы

Системный анализ технологии на операционном уровне позволяет сделать следующие выводы.

1. Для исследования и оценки технологии производства как регулярного способа преобразования исходных ресурсов в готовую продукцию в рамках определенного хозяйствующего субъекта целесообразно предствлять механизм реализации технологии (процесс производства) как систему, включающую все основные операции и этапы производства.

2. Узловыми точками технологического маршрута, соответственно, базовыми элементами механизма реализации технологии являются: проектная система, реализующая основную технологическую операцию; объектная система, обеспечивающая возможность применения средств

труд и смого труд для производств и рспределения продукции; процессная систем , осуществляющ я дост вку предметов труд в рбочее простр нство; средов я систем , охв тыв ющ я все внутреннее простр нство-время субъект и интегрирующ я ресурсы и результ т всех внутренних процессов. По мере прохождения технологического м ршрут к ждый из этих узловых элементов последов тельно берет н себя ведущую роль в общем технологическом процессе.

3. Бзовой пл тформой для опис ния технологии и мех низм ее релиз ции является тетрд кк относительно устойчивый комплекс вз имодействия проектной, объектной, процессной и средовой систем. К жд я из них связ н н иболее зн чимыми вз имодействиями с двумя соседними систем ми. Технологический м ршрут, предст вляющий собой связный фр гмент тр ектории «сред – процесс – проект – объект – сред », является н иболее р цион льным с точки зрения з тр тн преодоление б рьеров между соседними систем ми.

4. Требов ния, вытек ющие из пункт 3, необходимо учитывать в ходе проектиров ния и н лиз технологий во всех сфер х экономики, техники, политики, соци льной инженерии. Необходимы р зр ботк , проб ция и р спростр нение методики системного удит ре льных технологий с целью н лиз соответствия технологии ук з нным требов ниям.

Обсуждение результатов

В р боте Г.Я. Кр сников и со второв (2017) подчеркив ется высокий уровень бстр кции понятия «технология», поскольку оно применяется при опис нии кк технической, т к и живой или соци льной ре льности. По сути дел , д нное понятие относится к тому же уровню бстр кции, н котором р сположены термины «ресурс», «продукт», «эффективность» и т.п.

В моногр фии тех же второв (Кр сников и др., 2020) систем тизиров ны теоретические исследов ния в обл сти общей теории технологий и применения ее в сфере созд ния микроэлектронной техники. Был н мечен своеобраз ный технологический м ршрут движения от бстр ктной теории к метод м орг низ ции полного цикл созд ния продукт с целью минимиз ции совокупных з тр т при м ксимально возможном полезном эффекте н примере интегр льных микросхем. Это н пр вление, по мнению второв ук з нной моногр фии, может ст ть фундаментом для применения системно-технологических методов в технике, биохимии, геномной инженерии, физиологии и др. (см. т же: Ром ненко, Никитин , 2011). К этому мнению нельзя не присоединиться.

В теории решения изобрет тельских з д ч, н пр вленной н созд ние технологий, обеспечив ющих сочет ние противоречивых требов ний к р зр б тыв емым техническим систем м, особое вним ние уделяется орг низ ции вз имодействия двух противоположных по своим свойствам субст нций: «веществ » и «поля» (Альтшуллер, 2016; Голдовский, В йнерман , 1990; Петров, 2018). Ан лиз н основе обобщенных принципов системной экономической теории пок зыв ет, что «вещество» кк тверд я субст нция («тверд я долгосрочн я систем ») и «поле» кк мягк я субст нция («мягк я кр ткосрочн я систем ») являются н лог ми, соответственно, объектного и процессного компонентов тетр ды. Р цион льное решение з д чи включения их в единый технологический м ршрут созд ния нового изделия (или нового экземпляр изделия), кк это вытек ет из ск з нного выше, должно предусм трив ть технологический м ршрут в виде связаного фр гмент тетр ды, соединяющего средовой, процессный, проектный и объектный компоненты. Отметим попутно, что н ряду с теорией решения изобрет тельских з д ч (ТРИЗ) может быть р зр бот н теория решения экономических з д ч (ТРЭЗ), основ нн я н применении теории тетрд кк технологических единиц экономики.

Изложенные выше способы простр нственно-временного и системного опис ния и н лиз проблемной ситу ции позволяют р спростр нить методы формиров ния низкок тр тных и устойчивых технологий н сферы обществ (соци льные технологии), политики (политические технологии), информ тики (информ ционные технологии), биологии (биотехнологии) и др. В итоге выход н системный уровень в контексте системной п р дигмы позволяет получить инструмент, д ющий возможность не только р цион лизиров ть и единообр зно описыв ть поиск технологических решений в конкретной сфере, но и переносить эффективные решения из одной сферы в другую. Изучение возможностей и путей применения изложенной в ст тье методологии в ук з нных сфер х требует д льнейшего исследов ния.

Р звитый в н стоящей р боте подход к формирова нию общей теории технологий д ет, к к мы н деется, в руки р зр ботчик и исследов теля технологий методологический инструмент рий для н лиз г рмоничности отдельных технологических м ршрутов с точки зрения синтез б зовых компонентов технологического процесс . Р спростр нение д нного подход н принятие экономическх решений в р зличных сфер х и н р зличных уровнях н родного хозяйств созд ет, по н - шему мнению, предпосылки для фронт льной технологической модерниз ции экономики.

Литература / References

- Альтшуллер Г.С. (2016). *Найти идею. Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач*. М.: Альпин П блишер. [Altshuller, G. (2016). *Find an Idea. Introduction to TRIZ – The Theory of Solving Inventive Problems*. Moscow: Alpina Publisher. (in Russian)].
- Б хтизин А.Р., М к ров В.Л. и др. (2023). *Основные направления социально-экономического развития России: обоснование и оценка последствий (по итогам модельных исследований ЦЭМИ РАН)*. М.: ЦЭМИ РАН. [Bakhtizin, A., Makarov, V. et al. (2023). *The Main Directions of Socio-Economic Development of Russia: Justification and Assessment of Consequences (Based on the Results of Model Studies of the Center for Economics and Mathematics of the Russian Academy of Sciences)*. М.: CEMI RAS Publ. (in Russian)].
- Бордовск я Н.В., Кошкин Е.А., Бочкин Н.А. (2020). Обр зов тельные технологии в современной высшей школе (н лиз отечественных и з рубежных исследований и пр ктик). *Образование и наука* **22**(6), 137–175. [Bordovskaya, N., Koshkina, E., Bochkina, N. (2020). Educational technologies in modern higher education (analysis of domestic and foreign research and practice). *Education and Science* **22**(6), 137–175 (in Russian)]. DOI: 10.17853/1994-5639-2020-6-137-175
- Г реев Т.Р. (2023). Технологический суверенитет: от концепту льных противоречий к пр ктической ре лиз цию. *Terra Economicus* **21**(4), 38–54. [Gareev, T. (2023). Technological sovereignty: From conceptual contradictions to practical implementation. *Terra Economicus* **21**(4), 38–54 (in Russian)]. DOI: 10.18522/2073-6606-2023-21-4-38-54
- Гл зьев С.Ю. (2022). Глоб льн ятр нсформ ция через призму смен ы технологических и мирохозяйственных укл дов. *AlterEconomics* **19**(1), 93–115. [Glazyev, S. (2022). Global transformation through the prism of changing technological and world economic structures. *AlterEconomics* **19**(1), 93–115 (in Russian)]. DOI: 10.31063/AlterEconomics/2022.19-1.6
- Голдовский Б.И., В йнерм н М.И. (1990). *Рациональное творчество. О направленном поиске новых технических решений*. М.: Речной тр нспорт. [Goldovsky, B., Vainerman, M. (1990). *Rational Creativity. On the Targeted Search for New Technical Solutions*. Moscow: Rechnoi transport Publ. (in Russian)].
- Дементьев В.Е. (2023). Технологический суверенитет и приоритеты лок лиз ции производств . *Terra Economicus* **21**(1), 6–18. [Dementiev, V. (2023). Technological sovereignty and production localization priorities. *Terra Economicus* **21**(1), 6–18 (in Russian)]. DOI: 10.18522/2073-6606-2023-21-1-6-18
- Зотов В.В., Попел А.Е., Петросян А.Д. (2022). *Социальная инженерия: теория и практика*. М.: Русн йс. [Zotov, V., Popel, A., Petrosyan, A. (2022). *Social Engineering: Theory and Practice*. Moscow: Rusnais Publ. (in Russian)].
- Кл чек П.М., Корягин С.И., Лизоркин О.А. (2015). *Интеллектуальная системотехника*. К линингр д: Б лтийский федер льный университет имени Имм нуил К нт . [Klachek, P., Koryagin, S., Lizorkina, O. (2015). *Intelligent Systems Engineering*. Kaliningrad: Publishing House of Immanuel Kant Baltic Federal University (in Russian)]. Клейнер Г.Б. (2011). Нов я теория экономических систем и ее приложения. *Вестник РАН* **81**(9), 794–808. [Kleiner, G. (2011). New theory of economic systems and its applications. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences* **81**(9), 794–808 (in Russian)].
- Клейнер Г.Б. (2013). К к я экономик нужн России и для чего? (опыт системного исследов ния). *Вопросы экономики* (10), 4–27. [Kleiner, G. (2013). What kind of economy does Russia need and why? (Experience of systems research). *Voprosy Ekonomiki* (10), 4–27 (in Russian)].
- Клейнер Г.Б. (2021). *Системная экономика: шаги развития*. М.: Н учн я библиотек . [Kleiner, G. (2021). *System Economics: Steps of Development*. Moscow: Publishing House “Nauchnaya biblioteka” (in Russian)].

- Красников Г.Я., Горнев Е.С., Матюшкин И.В. (2017). Общая теория технологии и микроэлектроник : часть 2. Вопросы метод и классификации. *Электронная техника. Серия 3: Микроэлектроника* (4), 16–41. [Krasnikov, G., Gornev, E., Matyushkin, I. (2017). General theory of technology and microelectronics: Part 2. Issues of methodology and classification. *Electronic Engineering. Series 3: Microelectronics* (4), 16–41 (in Russian)].
- Красников Г.Я., Горнев Е.С., Матюшкин И.В. (2020). *Общая теория технологий и микроэлектроника*. М.: Техносфера. [Krasnikov, G., Gortsev, E., Matyushkin, I. (2020). *General Theory of Technology and Microelectronics*. Moscow: Technosfera Publ. (in Russian)].
- Малкин Е.Б., Сучков Е.Б. (2017). *Политические технологии*. М.: Русская панорама. [Malkin, E., Suchkov, E. (2017). *Political Technologies*. Moscow: Russkaya panorama Publ. (in Russian)].
- Некипелов А.Д. (2021). Об экономической стратегии и экономической политике России в современных условиях. *Научные труды Вольного экономического общества России* 230(4), 76–89. [Nekipelov, A. (2021). On economic strategy and economic policy in Russia under current conditions. *Scientific Works of the Free Economic Society of Russia* 230(4), 76–89 (in Russian)]. DOI: 10.38197/2072-2060-2021-230-4-76-89
- Перес К. (2011). *Технологические революции и финансовый капитал: динамика пузырей и периодов процветания*. М.: Дело. [Perez, C. (2011). *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Periods of Prosperity*. Moscow: Delo Publ. (in Russian)].
- Петров В.М. (2018). *Основы ТРИЗ. Теория решения изобретательских задач*. Екатеринбург: Издательские решения. [Petrov, V. (2018). *The Theory of Solving Inventive Problems*. Yekaterinburg: Izdatelskie resheniya Publ. (in Russian)].
- Петров А.Н., Сартори А.В., Филимонов А.В. (2016). Комплексная оценка состояния научно-технических проектов через уровень готовности технологий. *Экономика науки* 2(4), 244–260. [Petrov, A., Sartori, A., Filimonov, A. (2016). Comprehensive assessment of the state of scientific and technical projects through the level of technology readiness. *Economics of Science* 2(4), 244–260 (in Russian)].
- Романенко В.Н., Никитин Г.В. (2011). *Общие технологии*. СПб.: Изд. ИВЭСЭП. [Romanenko, V., Nikitina, G. (2011). *General Technologies*. Saint Petersburg: Publishing house IVESEP (in Russian)].
- Сухарев О.С. (2023). Специфика технологического развития России. *Экономические стратегии* 25(4), 64–71. [Sukharev, O. (2023a). Specifics of technological development of Russia. *Economic Strategies* 25(4), 64–71 (in Russian)].
- Сухарев О.С. (2023b). *Технологический дуализм и модели индустриализации экономики*. М.: ЛЕНАНД. [Sukharev, O. (2023b). *Technological Dualism and the Models of Economic Industrialization*. Moscow: LENAND Publ. (in Russian)].
- Chang, Y., Yang, S. (2011). Literature review on endowments of factor of production. In: Pan, W., Ren, J., Li, Y. (eds.) *Advanced Materials Research*. Advanced Materials Research. Trans Tech Publications, Ltd., vols. 347–353, pp. 2884–2888. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.347-353.2884
- Edler, J., Blind, K., Kroll, H., Schubert, T. (2023). Technology sovereignty as an emerging frame for innovation policy. Defining rationales, ends and means. *Research Policy* 52(6). DOI: 10.1016/j.respol.2023.104765
- Kornai, J. (1998). The system paradigm. William Davidson Institute Working Papers Series 278. William Davidson Institute at the University of Michigan, 26 p.
- Schot, J., Geels, F. (2007). Niches in evolutionary theories of technical change. A critical survey of the literature. *Journal of Evolutionary Economics* 17, 605–622.
- Xu, B., Chaudhry, S., Li, Ya. (2009). Factors of production: Historical theories and new developments. *Systems Research and Behavioral Science* 26(2) (Special issue: Systems Science and Enterprise Integration, Technological Economics and the Theory of Material Flow), 219–224. DOI: 10.1002/sres.972