

КОНЦЕПЦИЯ КАЧЕСТВЕННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ ИННОВАЦИОННОЙ ПОДСИСТЕМЫ РЕГИОНА

Бельский Владимир Владимирович

аспирант Института экономики и менеджмента, ведущий специалист Проектного офиса БФУ им. И. Канта.

Адрес: ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», 236016, г. Калининград, ул. А. Невского, д. 14.

E-mail: VBelskii@kantiana.ru

В статье предпринята попытка дать системное представление динамической структуры инновационной подсистемы региона. Выдвинутые положения относительно описания динамики структуры базируются на теории системной динамики, что является новым направлением как в части применения названной теории, так и в части развития научных представлений о регулировании инновационной подсистемы региона. На основании анализа и синтеза наблюдаемых в регионе основных научно-технических и инновационных процессов автором представлена логическая модель инновационной подсистемы региона. Описание и понимание ключевых процессов логической модели позволили перевести описательную часть в плоскость категорий теории системной динамики и тем самым определить точки регулирующего воздействия в виде уровней и темпов. Выделенные процессы были систематизированы в виде последовательности эволюционных этапов, проходя которые развивается инновационная подсистема региона.

Ключевые слова: теория системной динамики, инновационная подсистема региона, региональный рынок научно-технической продукции.

A SYSTEM DYNAMICS QUALITATIVE MODEL OF THE REGIONAL INNOVATION SYSTEM

Belskii, Vladimir V.

Post-Graduate Student of the Institute of Economics and Management, leading expert of the Project office of IKBFU.

Address: Immanuel Kant Baltic Federal University, 14 A. Nevskogo str., Kaliningrad, 236016, Russian Federation.

E-mail: VBelskii@kantiana.ru

There is an attempt to create a system description of the regional innovation system dynamical structure. Author's points about the system description based on system dynamics theory – that is a new way of use of the mentioned theory and a regional innovation system conception. Using analysis and synthesis of regional R&D and innovational processes, author shows a visualization and description of the regional innovation system logical model. Description and understanding of the key processes of the logical model makes possible to use system

dynamics conceptual categories and points out the main stocks and flows. As a result, pointed out processes have been systematized as evolution steps of the regional innovation system development.

Keywords: system dynamics theory, regional innovation system, regional scientific and technical products market.

Разработка новой модели развития народного хозяйства на базе экономики знаний является одной из приоритетных задач для современной России. Проблема совершенствования механизмов ввода в хозяйственный оборот результатов научно-технической деятельности крайне актуальна для активизации дальнейшего роста и развития экономики регионов. Существующие на сегодняшний день многофакторные условия и ограничения научно-технического и инновационного развития российских регионов требуют изучения, описания и моделирования для поиска рациональных путей воспроизводства и внедрения новых знаний. Для учета перспективных потребностей и управления долгосрочным развитием необходим системный подход, который должен охватывать не статичные, а потоковые элементы инновационной подсистемы региона.

Цель нашей работы состояла в том, чтобы привести научно обоснованную, качественную методологию описания и построения системных связей инновационной подсистемы региона. Для этой цели была избрана качественная (логическая) составляющая теории системной динамики. При этом были поставлены следующие задачи: обосновать применимость теории системной динамики в отношении концепции инновационной подсистемы региона; представить логическую модель системной динамики инновационной системы региона и дать ее описание; выявить точки воздействия для ее регулирования в виде основных уровней и темпов.

Ранее нами предпринималась попытка обобщить и подробно систематизировать трактовку понятия «региональная инновационная подсистема» [1]. Понятие использовалось как аналог зарубежного по-

нятия «*Regional innovation system*» с уточнением, что подобная система одновременно выступает *подсистемой* социально-экономической системы региона и *подсистемой* национальной инновационной системы [1], что побуждает рассматривать ее не как самостоятельную конструкцию, а как взаимопроникающий и зависимый элемент систем более высокого порядка.

Начало активного развития теории системной динамики было положено в конце 60-х гг. XX в. на базе прикладных работ профессора Дж. Форрестера из Массачусетского технологического института. Его идеи стали развиваться в нашей стране еще в советский период. Хрестоматийными для отечественных ученых стали переведенные на русский язык в 70-е гг. XX в. книги «Основы кибернетики предприятия» [10] и «Динамика развития города» [9]. Спустя более чем 50 лет с момента своего появления теория успела стать междисциплинарной и охватила такие области, как промышленность, сфера НИОКР, корпоративная диверсификация, регулирование здравоохранения, управление электросетями, эпидемиология, телевидение, геологическая разведка энергоносителей, управление оборонными системами, а также по сей день активно применяется в качестве инструмента проверки гипотез в общественных науках [18]. Результаты прикладных исследований по широкому кругу задач, полученные группой специалистов в области системной динамики из Университета Бредфорда, показали применимость используемого теорией метода моделирования в решении управленческих проблем, в особенности имеющих стратегическую направленность [19]. Обозначенный метод моделирования внес заметный вклад в развитие эволюционной

экономики [17]. В итоге за годы апробации метод превратился в мощный инструмент качественного и количественного анализа и приобрел большое число последователей, постоянно отстаивающих и подтверждающих его эффективность [16].

Принцип моделирования и описания систем в рамках теории системной динамики базируется на трех строительных элементах: «уровень», «темп», «цепь обратной связи». Основная идея системной динамики сводится к тому, что отдельные элементы сложных систем развиваются не по линейной траектории, а в циклической структуре цепей обратных связей. Качественный анализ в рамках теории системной динамики позволяет описывать материальные и абстрактные системы; системы представляются в качестве потоков; потоки дифференцируются на физические, денежные и информационные; потоки объединяются в структуру, связанную цепями обратных связей. Качественный анализ да-

ет поэлементное представление о рассматриваемой проблеме или признаке системы, а также позволяет дать базовые рекомендации относительно регулирующего воздействия по изменению баланса системы. На рис. 1 представлена простейшая цепь обратной связи, включающая один темп и один уровень. Уровень аккумулирует в себе потоки и является условным накопителем вещества системы. Темп потока определяет причину и скорость изменения уровня. Переменные темпа зависят от информации о текущем накопленном состоянии уровня. На динамику темпа управляемого потока оказывается регулирующее воздействие, вследствие чего изменяется объем вещества, накопленного уровнем. В каждый последующий момент времени (день, месяц, год) лица, принимающие решения, варьируют регулирование управляемым потоком за счет воздействия на скорость изменения темпа и на кумулятивные возможности уровня.

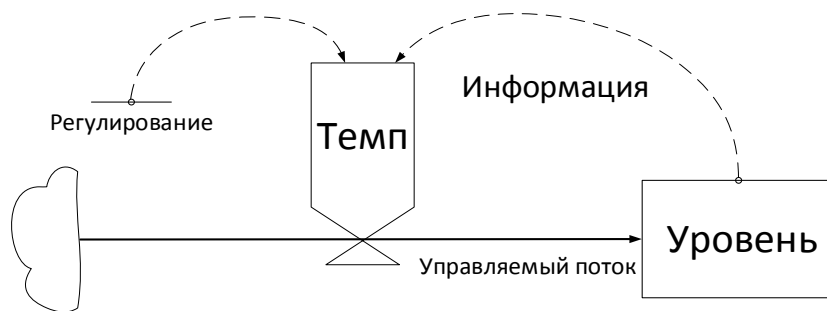


Рис. 1. Простейшая цепь обратной связи

При качественном (логическом) моделировании в рамках теории системной динамики рекомендуется придерживаться следующего порядка действий [21]:

1. Определить ключевые переменные, определяющие динамику системы.
2. Выделить ресурсы системы, связанные с переменными.
3. Указать уровни задействованных ресурсов системы.
4. Сконструировать потоки ресурсов, описывающие состояние каждого уровня в конкретный момент времени.

5. Построить цепи обратных связей между входящими и исходящими потоками уровней.

6. Описать информационные цепочки обратных связей, определяющие регулирующее воздействие на темпы изменений системы за счет располагаемой информации об уровнях.

В качестве обоснования применимости теории системной динамики в отношении инновационной подсистемы региона можно привести следующие доводы:

- инновационная подсистема региона обладает достаточно сложной, комплексной структурой процессов;
- очевидная открытость и подвижность (изменчивость) подсистемы в ответ на внешнее регулирующее воздействие;
- частичная или полная возможность измерения процессов, происходящих в подсистеме;
- возможность дифференциации системы в качестве потоковых элементов и цепей обратной связи;
- эволюционное развитие всей подсистемы в целом.

В литературе существуют попытки представить модель инновационных процессов на локальном уровне, оформившиеся в виде концепций или теорий. Например, Ф. Тётлинг и М. Тришл в своей работе [20] помимо систематизации внутрисистемных инновационных процессов также провели систематизацию типов региональных инновационных систем. Для понимания региональных инновационных процессов полезна концепция «тройной спирали», описывающая взаимодействия правительства, академического и производственного секторов [14].

В России анализ развития и потенциала инновационных подсистем оценивается по формальным признакам, т. е. по оценке динамики ряда общепринятых статистических показателей с дополнением в виде различных уникальных качественных особенностей регионов (например, в части инновационной инфраструктуры или нормативно-правовой базы).

В качестве примера можно выделить анализ инновационной системы Москвы [6] или же анализ инновационных систем ряда регионов, входящих в Ассоциацию инновационных регионов России. Во всех указанных случаях (не умаляя их достоинств) видение инновационной подсистемы статично и не позволяет представить основные динамические процессы, происходящие в ней.

При условии значительного количества российских и зарубежных работ по схожей

тематике (например, [4; 8; 12; 13] и др.) до сих пор не сформирована четкая универсальная модель инновационной подсистемы региона, использование которой позволило бы комплексно описать динамику взаимозависимых научно-технических и инновационных процессов в регионе. Кроме того, авторский подход имеет высокий потенциал практического применения, так как не просто предлагает описание системы, а позволяет выявлять точки регулирующего воздействия, влияние на которые позволит изменить качественное и количественное состояние всей подсистемы.

Представим инновационную подсистему региона в виде логической модели, которая построена как *комплекс цепей причинно-следственных обратных связей* между элементами (рис. 2)¹.

Если рассматривать инновационную подсистему на «атомарном» уровне, то можно утверждать, что она состоит из множества организаций, производящих и потребляющих знания. Так, В. Леонтьев проводит следующую параллель между производственными и научно-исследовательскими предприятиями, которая будет полезна для дальнейшего моделирования: «В той мере, в какой это касается общих условий производственной деятельности, организованные исследования не отличаются от других сфер производства. Человек строит лабораторию или опытный завод, устанавливает необходимое оборудование, нанимает квалифицированный персонал и ждет результатов. Эти результаты, как и любой другой продукт, могут

¹ Концепция модели была создана при содействии профессора В. В. Година (ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», Москва). Она была апробирована 15 ноября 2016 г. на курсе «ТІК9023 – Understanding Technological and Industrial Transformation Processes» в Университете города Осло (Норвегия), где получила положительный отклик со стороны профессора Коэна Френкена (Утрехтский университет). Он отметил применимость логической модели не только в отношении инновационной подсистемы региона, но и в отношении национальной инновационной системы и секторов экономики.

использоваться либо непосредственно в той же фирме, где они получены, либо могут быть переданы другим за соответст-

вующую плату. Часто бывает так, что имеет место и то и другое» [7. – С. 210].

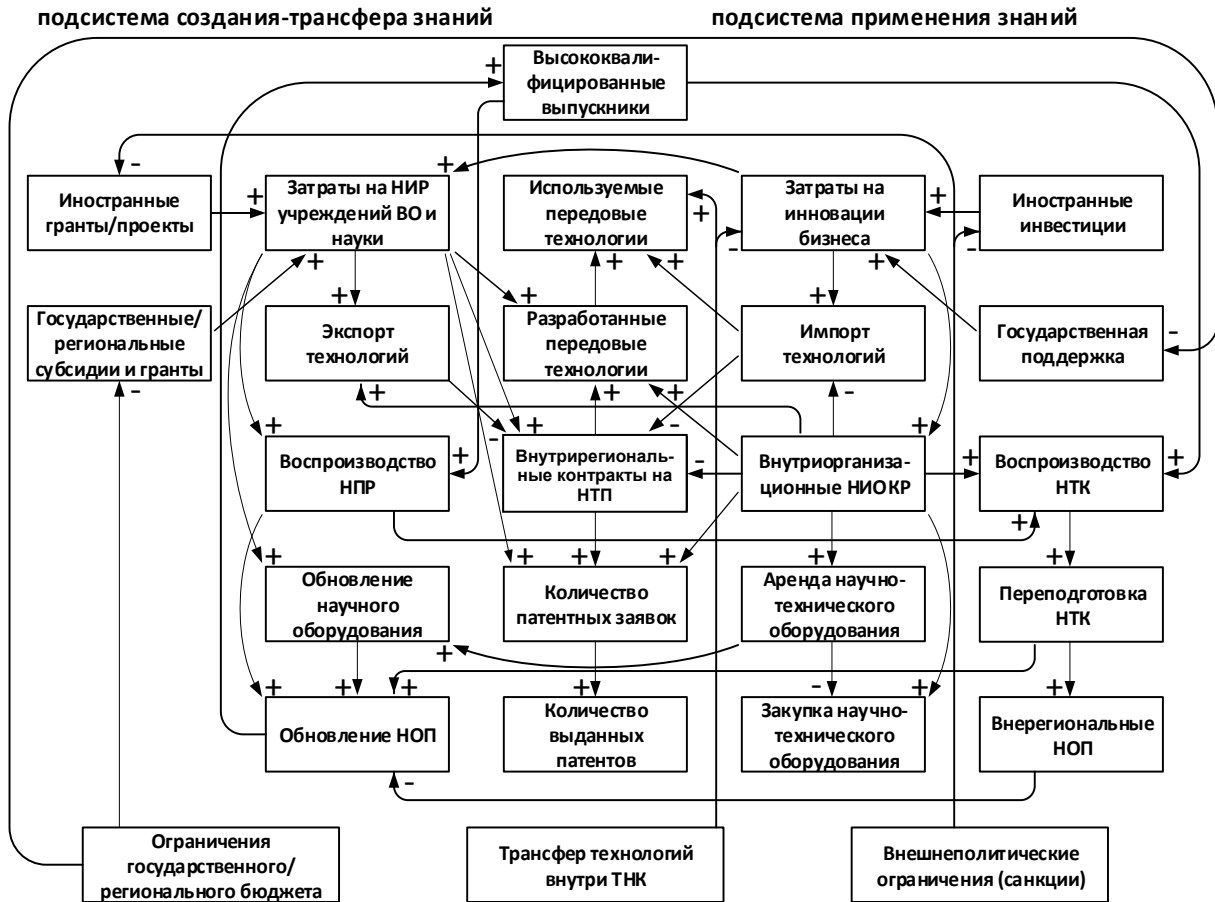


Рис. 2. Логическая модель инновационной подсистемы региона

Решающее значение в процессе производства знаний имеют кадровые и финансовые ресурсы: «Основополагающим ресурсом воспроизводства научно-технического потенциала страны¹ являются научные кадры. Вторым по важности является финансовый ресурс и инвестиции в науку и научно-техническую сферу»².

На основании ранее подробно описанной структуры инновационной подсистемы региона в нашей предшествующей ра-

боте [1] модель состоит из двух связанных контуров: подсистемы создания-трансфера знаний и подсистемы применения знаний. Центральная точка пересечения двух контуров – региональный рынок научно-технической продукции (подробнее см. [2]), который представляет собой множество внутренних региональных контрактов на производство научно-технической продукции (НТП). Ядро первого контура – затраты на научные исследования и разработки (НИР) учреждений высшего образования (ВО) и науки (преимущественно фундаментальные и поисковые исследования). Ядро формируется за счет государственных или региональных субсидий, гран-

¹ По нашему мнению, это справедливо и в отношении региона.

² Государственное регулирование рыночной экономики : учебник / под ред. В. И. Кушлина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во РАГС, 2005. – С. 521.

тов; иностранных грантов, проектов или же за счет затрат на технологические инновации регионального бизнеса. Затраты учреждений ВО и науки положительно влияют на динамику обновления научного оборудования, а также способствуют ритмичному воспроизводству научно-педагогических работников (НПР). В результате на выходе затраты материализуются в качестве некоторого количества разработанных передовых технологий и, как следствие, в качестве некоторого числа поданных патентных заявок. Технологии, полученные вследствие иностранного финансирования, а также часть невостребованных на внутреннем рынке конкурентоспособных разработок формируют экспорт технологий и услуг технологического характера.

Ядро второго контура – затраты на технологические инновации бизнеса (преимущественно прикладные исследования, технико-экономические и опытно-конструкторские работы). В отличие от затрат первого контура, которые идеологически направлены на удовлетворение спроса всего общества на результаты научной деятельности даже при условии отрицательной рентабельности, затраты второго контура ориентированы на утилитарные цели множества коммерческих фирм региона. Данные затраты формируются за счет собственных средств частных предприятий и дополнительно могут стимулироваться за счет государственной (в том числе региональной) поддержки или в результате иностранных инвестиций.

Бизнес распределяет затраты по трем возможным направлениям: проведение собственных внутриорганизационных НИОКР; импорт технологий и услуг технологического характера (в том числе из других регионов Российской Федерации); обеспечение заказами учреждения ВО и науки региона. Затраты, направленные на внутриорганизационные НИОКР, распределяются на подготовку и переподготовку собственных научно-технических кадров

(НТК), а также на закупку или аренду исследовательского оборудования.

Накопленная база оборудования (инфраструктуры) и высококвалифицированных кадров обоих контуров влияет на количественное и качественное расширение научно-образовательных программ (НОП) в регионе. НОП олицетворяют собой новые направления и сегменты исследований, возникающие естественным образом по мере расширения научно-технической деятельности в регионе (т. е. от увеличения количества ученых в регионе и расширения инновационной инфраструктуры). Новые НОП в свою очередь количественно и качественно расширяют разнообразие выпускаемых кадров, которые вливаются в ряды НПР или НТК. Отсутствие регулярных коммерческих связей между контурами, будь то в результате значительных затрат бизнеса на импорт или его ориентации на внешние НОП, ведет к сокращению выпускаемых кадров.

Предположим, что процессы подготовки кадров для учреждений ВО и науки, а также привлечение НТК для бизнеса имеют один источник притока кадров – это местные или приезжие высококвалифицированные выпускники учреждений ВО, которые, продолжая свой академический рост, работают либо под покровительством ученых учреждений ВО и науки на соответствующей инфраструктуре учреждений ВО и науки, либо в рамках инфраструктуры бизнеса под покровительством все тех же ученых учреждений ВО и науки (будем исходить из предположения, что юридическим правом на воспроизводство себе подобных располагают только кадры учреждений ВО и науки). Соответственно, при условии, когда число кадров учреждений ВО и науки не способно обеспечить надлежащий темп воспроизводства новых кадров для создания собственной инфраструктуры и инфраструктуры бизнеса, включается механизм миграции «готовых» ученых для учреждений ВО и науки и бизнеса.

По мнению исследователей С. А. Душиной и Н. А. Ащеуловой, «наука по своей природе интернациональна, ученые, занятые НИОКР, «перетекают» туда, где существуют оснащенные лаборатории, передовые наработки, ведущие специалисты. Покупать «мозги» оказывается экономически выгоднее, чем их готовить» [5. – С. 71]. В свою очередь миграция ученых из-за рубежа (или случайная, или из-за привлекательности инфраструктуры и наличия рабочих мест, или вследствие целенаправленных действий по привлечению государством либо правительством региона) повышает приток иностранных грантов и инвестиций в регион – это естественный процесс, так как иностранные ученые знакомы с механизмами работы фондов поддержки науки за рубежом, а также потенциально могут знать иностранных инвесторов в области их научных интересов.

В итоге модель имеет два возможных варианта для измерения результативности системы: используемые на предприятиях региона передовые технологии и число выданных патентов. В то же время в модели предусмотрены внешние ограничения в виде ограничений государственного и регионального бюджетов, внешнеполитической нестабильности и влияния транснациональных компаний (ТНК) на бизнес в регионе.

Для регулирования динамики, а также возможности измерения и предсказания последствий регулирования целесообразно обозначить в предложенной модели опорные точки регулирующего усилия в виде уровней накопления. По замыслу воздействие на темпы потоков выделенных уровней позволит балансировать динамику системы. По аналогии с сосудами жидкости уровни отражают накопленное состояние модели в определенный момент времени; периодические замеры уровней позволяют корректировать управленческие решения. Можно выделить шесть основных уровней:

1) затраты на НИР учреждений ВО и науки;

2) затраты на инновации бизнеса;

3) число НИР учреждений ВО и науки;

4) число НТК бизнеса;

5) накопленный объем инновационной инфраструктуры (преимущественно научного оборудования) региона;

6) объем научно-технической и инновационной продукции, произведенной в регионе.

Понимание причинно-следственных связей видоизменения уровней является базовой компонентой в методологии регулирования инновационной подсистемы региона. Рассмотрим каждый отдельный уровень в структуре потоков.

Суммарный уровень *затрат на НИР учреждений ВО и науки* региона формируется с определенным темпом входящих финансовых потоков со стороны бюджетов государства или региона; местного бизнеса; зарубежных организаций и учреждений. Далее он трансформируется в исходящий поток, регулируемый двумя темпами расходования ресурсов: заработная плата научным и научно-педагогическим кадрам и совершенствование инфраструктуры для научно-технических целей, в том числе закупка научного оборудования. Одновременно с этим темп входящего потока корректируется на основании информации об изменении емкости уровня за определенный промежуток времени. Иными словами, речь идет, с одной стороны, о способности учреждений ВО и науки формировать входящий поток ресурсов и быть привлекательными для внешних агентов, а с другой – о возможности эффективно пропускать через себя финансовые потоки с определенной скоростью при заданных кадровых, инфраструктурных и нормативных ограничениях инновационной подсистемы региона (рис. 3).

Суммарный уровень *затрат на инновации бизнеса* региона формируется с определенным темпом входящих финансовых потоков, зависящих от прибыльности частных предприятий и их заинтересованности в своем инновационном развитии. Исходящий поток регулируется четырьмя

темпами расходования ресурсов: заработная плата своим научно-техническим кадрам; совершенствование инфраструктуры для научно-технических и инновационных изысканий, в том числе закупка специального оборудования; заключение контрактов с региональными учреждениями ВО и науки с целью передачи части научно-технических процессов на аутсорсинг; импорт готовых технологических решений из-за рубежа (рис. 4). Получаемая в виде обратной связи информация об изменении емкости уровня за определенный период времени соотносится с эффективностью внедрения инноваций, что в дальнейшем определяет структуру распределения затрат бизнеса региона на инновационное развитие. Взаимодействие бизне-

са с учреждениями ВО и науки имеет смысл, когда бизнес не может позволить себе приобретение дорогостоящего оборудования при условии, что существующая государственная научная инфраструктура частично или полностью соответствует потребностям бизнеса. Частный пример поддержки государством сотрудничества бизнеса с учреждениями ВО и науки, как правило, выражается в том, что государство берет на себя часть затрат бизнеса на инновации за счет частичного софинансирования контрактных работ, выполняемых учреждениями ВО и науки для частных организаций. Диспропорция затрат бизнеса в пользу импорта технологий влияет на деградацию связей всей инновационной подсистемы региона.

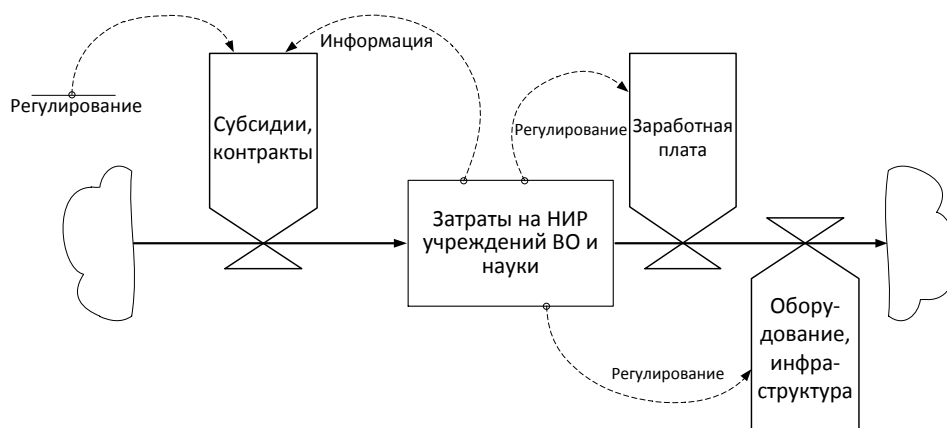


Рис. 3. Поток финансирования НИР учреждений ВО и науки

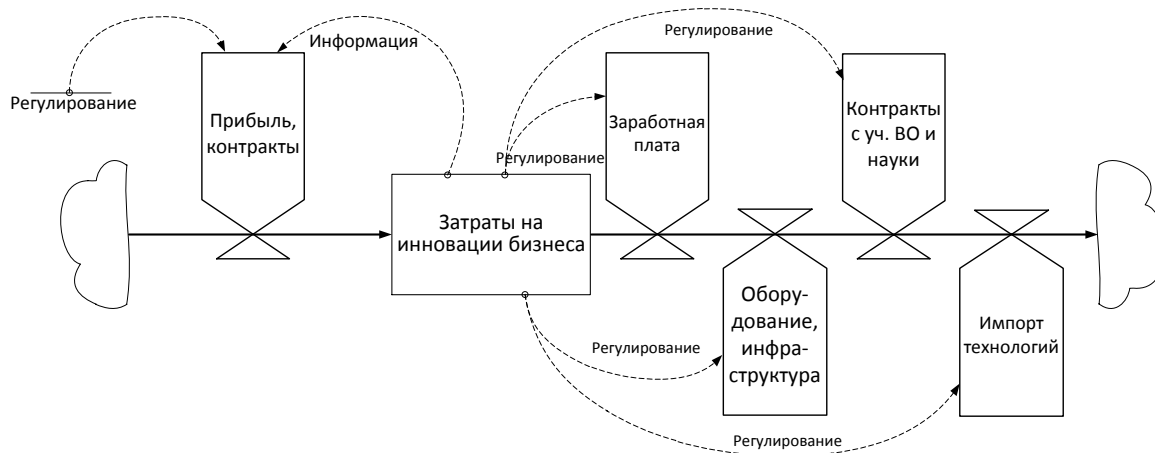


Рис. 4. Поток финансирования инноваций бизнеса

Входящий поток кадров учреждений ВО и науки зависит от темпов иммиграции высококвалифицированных кадров в регион, подготовки новых научно-педагогических и научных кадров высшей квалификации и ротации научных кадров из частных организаций в учреждения ВО и науки. Ротация кадров из бизнеса в учреждения ВО и науки может свидетельствовать об ухудшении благосостояния бизнеса региона, либо о перераспределении затрат бизнеса в пользу увеличения затрат на контракты с учреждениями ВО и науки, либо в пользу импорта технологий. В свою очередь исходящий поток зависит от темпов увольнения (эмиграция, ротация в частные орга-

низации) и естественной убыли (нерегулируемый процесс). Данный уровень определяет, а в случае недостаточной емкости – ограничивает возможности подсистемы создания-трансфера знаний к расширению. Информация об изменении емкости уровня за определенный период времени дает представление об эффективности или неэффективности регулирования потока финансирования НИР учреждений ВО и науки. Относительно высокая заработная плата и наличие в регионе развитой научной и инновационной инфраструктуры – основные факторы притяжения новых кадров в регион (рис. 5).

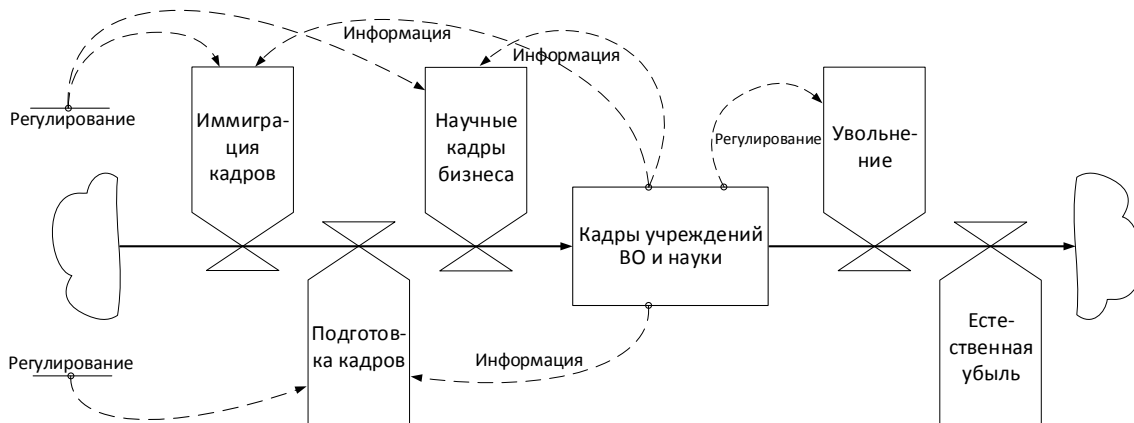


Рис. 5. Поток кадров учреждений ВО и науки

Подобным образом выглядит поток НТК, трудоустроенных в частных организациях. Входящий поток НТК бизнеса зависит от темпов привлечения уникальных кадров для нужд перспективного развития бизнеса, подготовки новых высококвалифицированных кадров для отдельных предприятий в рамках заказа учреждениям ВО, а также ротации научных кадров из учреждений ВО и науки в частные организации. Ротация научных кадров в частные организации или запуск собственного бизнеса (по своей академической специализации, например консалтинг, проведение экспертизы, обучение персонала) – это естественный процесс для активно развивающейся инновационной подсистемы региона. Главный механизм диффузии зна-

ний в пределах региона – это мобильность технологов и ученых между организациями, особенно между организациями и академическими учреждениями [11].

Чем больше инновационная подсистема воспроизводит специализированных кадров и расширяет инновационную инфраструктуру, тем больше вероятность появления ученых-предпринимателей, способных эффективно интегрировать элементы подсистемы создания-трансфера знаний и подсистемы применения знаний. На практике активная ротация персонала из академической среды в бизнес наблюдается, например, в сфере биотехнологий [15].

Исходящий поток зависит от темпов увольнения (эмиграция, ротация в учреждения ВО и науки) и естественной убыли

(нерегулируемый процесс). Как и в предыдущем случае, этот уровень определяет, а при условии недостаточной емкости – ограничивает возможности подсистемы применения знаний к расширению. Ин-

формация об изменении емкости уровня за определенный период времени дает представление об изменениях структуры распределения затрат бизнеса на свое инновационное развитие (рис. 6).

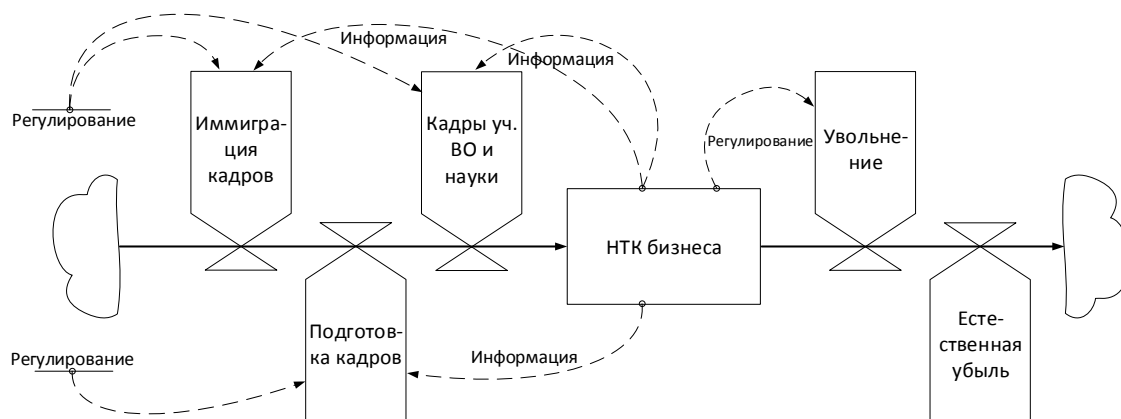


Рис. 6. Поток НТК бизнеса

Суммарный уровень накопленной *инфраструктуры НИОКР* на определенный момент времени выступает промежуточным состоянием потока, темп приращения которого зависит от темпов затрат на оборудование и инфраструктуру учреждений ВО и науки, а также бизнеса. В данном случае инфраструктура НИОКР (или научно-техническая и инновационная инфраструктура) представляет собой балансовую стоимость в денежном выражении всех материальных и нематериальных объектов, входящих в ее состав. Одновременно с накоплением в каждый последующий момент времени какая-то часть инфраструктуры выбывает из-за естественных

процессов морального износа или в силу непредвиденных обстоятельств (нерегулируемый процесс). Полнота, актуальность и доступность информации о накопленном объеме и фактическом составе инфраструктуры НИОКР региона влияют на эффективность интеграционных процессов между подсистемами создания-трансфера знаний и применения знаний (рис. 7). Формирование центров коллективного пользования на базе региональной инфраструктуры обеспечивает равный конкурентный доступ к уникальному оборудованию как со стороны государственных учреждений, так и со стороны бизнеса.

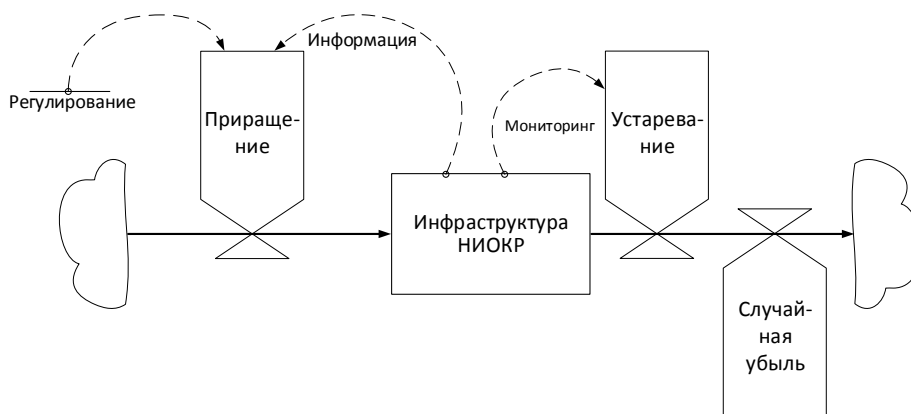


Рис. 7. Поток инфраструктуры НИОКР

Последний суммарный уровень накопленного вещества системы характеризует поток *новых технологий, созданных в регионе* (в виде патентов и лицензий на результаты интеллектуальной деятельности) за определенный период времени, в денежном выражении (на основе себестоимости научно-технических работ). Темпы входящего и исходящего потоков уровня суммируют качество связей всей системы и отражают эффективность взаимодействия представителей подсистем создания-трансфера знаний и их применения. Входящий поток уровня характеризует объем произведенной научно-технической продукции учреждениями ВО и науки, а также бизнесом региона, а следовательно, характеризует суммарный объем затрат на заработную плату и инфраструктуру. Полнота, актуальность и доступность информации о накопленном объеме и фактическом составе новых технологий, созданных в регионе, влияют на согласованность регулирующего воздействия относительно текущих и перспективных совместных научно-технических работ между учреждениями ВО, науки и частными предприятиями. Исходящий поток формиру-

ется за счет темпов внедрения новых технологий в производство местными предприятиями и за счет утечки технологий во внешнюю среду, т. е. за счет научно-технических работ, выполняемых для зарубежных заказчиков (экспорт). Кроме того, в научно-технической деятельности возможны ситуации устаревания нереализованных или невостребованных результатов интеллектуальной деятельности. Данный процесс требует периодического мониторинга (рис. 8). Быстрое моральное устаревание и невостребованность значительного объема технологий могут быть следствием неэффективного регулирования поддержки финансовых потоков на науку и инновации учреждениям ВО и науки и бизнеса, при котором объем субсидий и грантов будет превышать возможности по «переработке» системой этого финансирования в готовую НТП, создавая тем самым на выходе невостребованные «излишки», дублирующие результаты научно-технических изысканий, производимых для внедрения и на экспорт (ситуация, при которой система «перерабатывает» дополнительное финансирование на дублирующие тематики НИР).

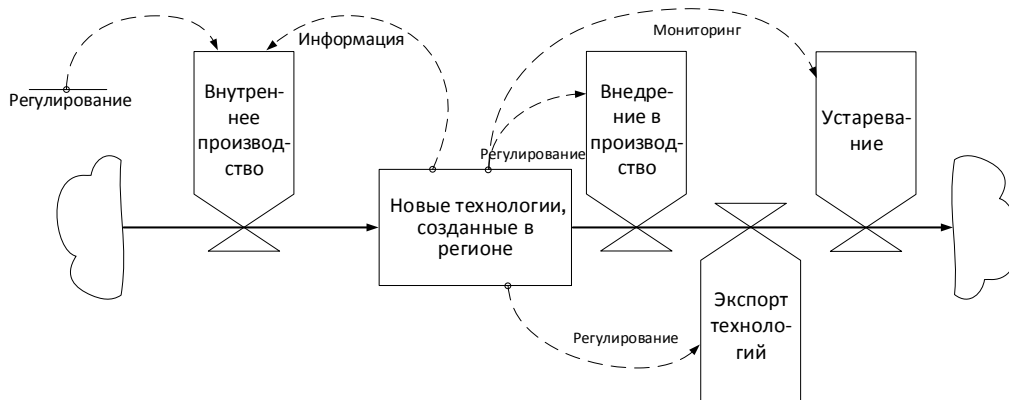


Рис. 8. Поток новых технологий, созданных в регионе

Согласно идеям эволюционной экономики в случае перманентной комплексной поддержки развития инновационной подсистемы региона (до смены технологического уклада, т. е. до морального устаревания подавляющего большинства элементов инновационной инфраструктуры) раз-

витие модели будет проходить по следующим принципиальным этапам:

1. *Неразвитая инновационная подсистема региона*: нет регулярных связей между учреждениями ВО и науки и бизнесом; высокий уровень импорта технологий бизнесом; неразвитая инновационная инфра-

структура; незначительная численность научных и научно-педагогических кадров; отсутствие процесса расширения НОП.

2. *Развивающаяся инновационная подсистема региона*: установление связей между учреждениями ВО и науки и бизнесом – рост заказов со стороны бизнеса; зачатки интеграции и/или выделение бизнеса из науки; расширение инновационной инфраструктуры учреждений ВО и науки; увеличение количества НПП и НТК; соответствующее новым научно-техническим направлениям расширение НОП.

3. *Развитая инновационная подсистема региона*: в бизнесе задействовано достаточное число НТК, чтобы поддерживать самостоятельное внедрение и экспорт НТП на базе собственной инновационной инфраструктуры; постоянный процесс ротации кадров из учреждений ВО и науки в бизнес; появление ученых-предпринимателей.

4. *Деградирующая инновационная подсистема региона*: повышение уровня импорта технологий; повсеместное устаревание инновационной инфраструктуры; отток НПП и НТК; сокращение объемов воспроизводства новых кадров; сокращение численности НОП.

В одной из последних работ академика С. Ю. Глазьева есть короткое критическое замечание относительно теории системной динамики. В частности, он говорит о туманных перспективах создания общей модели системной динамики экономики в целом «в силу высокой изменчивости и нарастающего разнообразия реальных экономик» [3. – С. 18]. Автор данной рабо-

ты исходит из предположения о том, что относительно мелкомасштабная структура отдельно взятой инновационной подсистемы региона является достаточно устойчивой при воспроизводстве на протяжении длительного периода времени. Практико-ориентированное моделирование такой системы может стать посильной задачей для небольшой группы высококвалифицированных экспертов в области экономики и управления, усиленной экспертами в области математического анализа и моделирования.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Новое применение теории системной динамики открывает дополнительные возможности по совершенствованию процессов регулирования и координации научно-технической и инновационной деятельности в регионе.

2. Теория системной динамики позволила раскрыть сущность и представить логическую модель, описывающую комплекс цепей причинно-следственных обратных связей инновационной подсистемы региона с учетом динамики двух ключевых контуров: подсистем создания-трансфера и применения знаний.

3. Представленное описание логической модели позволило выделить ключевые точки воздействия для ее регулирования в виде шести уровней накопления управляемых потоков. Дальнейший анализ выявил регулируемые темпы потоков и соответствующие цепи обратных связей.

Список литературы

1. Бельский В. В. Региональный рынок научно-технической продукции как элемент региональной инновационной подсистемы // Вестник Института экономики Российской академии наук. – 2017. – № 1. – С. 170–182.
2. Бельский В. В. Региональный рынок научно-технической продукции: теория и концепция // Журнал экономической теории. – 2016. – № 1. – С. 131–136.
3. Глазьев С. Ю. О новой парадигме в экономической науке // Государственное управление. Электронный вестник. – 2016. – № 56. – С. 5–39.
4. Горюнова Л. А., Шаралдаева И. А. Концепция развития инновационной системы региона с низким уровнем инновационного развития // Вестник Бурятского государственного университета. – 2012. – № SD. – С. 181–188.

5. Душина С. А., Ащеулова Н. А. Новые формы организации науки: роль мобильности // Социология науки и технологий. – 2011. – Т. 2. – № 2. – С. 69–81.
6. Земцов С. П., Шестаков В. А., Баринова В. А. Инновационная система Москвы. – М. : Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015.
7. Леонтьев В. Экономические эссе. Теории, исследования, факты и политика / пер. с англ. под ред. С. С. Шаталина, Д. В. Валового. – М. : Политиздат, 1990.
8. Смородинская Н. В. Инновационная экономика: от иерархии к сетевому укладу // Вестник Института экономики Российской академии наук. – 2013. – № 2. – С. 87–111.
9. Форрестер Дж. Динамика развития города. – М. : Прогресс, 1974.
10. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика). – М. : Прогресс, 1971.
11. Breschi S., Lissoni F. Knowledge Spillovers and Local Innovation Systems: A Critical Survey // Industrial and Corporate Change. – 2001. – Vol. 10. – N 4. – P. 975–1005.
12. Coenen L. The Role of Universities in the Regional Innovation Systems of the North East of England and Scania, Sweden: Providing Missing Links? // Environment and Planning C: Government and Policy. – 2007. – Vol. 25. – P. 803–821.
13. Cooke P., Memedovic O. Regional Innovation Systems as Public Goods. – Vienna : UNIDO, 2006.
14. Etzkowitz H., Leydesdorff L. The Dynamics of Innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of University – Industry – Government Relations // Research Policy. – 2000. – Vol. 29. – P. 109–123.
15. Oliver A. L. Biotechnology Entrepreneurial Scientists and Their Collaborations // Research Policy. – 2004. – Vol. 33. – N 4. – P. 583–597.
16. Radzicki M. J., Tauheed L. In Defense of System Dynamics: A Response to Professor Hayden // Journal of Economic Issues. – 2009. – Vol. 43. – N 4. – P. 1043–1061.
17. Radzicki M. J. Mr. Hamilton, Mr. Forrester, and a Foundation for Evolutionary Economics // Journal of Economic Issues. – 2003. – Vol. 37. – N 1. – P. 133–173.
18. Richardson G. P. Reflections for the Future of System Dynamics // The Journal of the Operational Research Society. – 1999. – Vol. 50. – N 4. – P. 440–449.
19. Sharp J. A. Systems Dynamics Applications to Industrial and Other Systems // Operational Research Quarterly. – 1977. – Vol. 28. – N 3. – P. 489–504.
20. Tödting F., Trippel M. One size fits all? Towards a differentiated regional innovation policy approach // Research Policy. – 2005. – Vol. 34. – N 8. – P. 1203–1219.
21. Wolstenholme E. F., Coyle R. G. The Development of System Dynamics as a Methodology for System Description and Qualitative Analysis // The Journal of the Operational Research Society. – 1983. – Vol. 34. – N 7. – P. 569–581.

References

1. Bel'skiy V. V. Regional'nyy rynek nauchno-tekhnicheskoy produktsii kak element regional'noy innovatsionnoy podsystemy [Regional Market of Scientific and Technical Products as an Element of the Regional Innovative Subsystem]. *Vestnik Instituta ekonomiki Rossiyskoy akademii nauk* [Vestnik of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences], 2017, No. 1, pp. 170–182. (In Russ.).
2. Bel'skiy V. V. Regional'nyy rynek nauchno-tekhnicheskoy produktsii: teoriya i kontseptsiya [Regional Scientific and Technical Products Market: Theory and Conception]. *Zhurnal ekonomicheskoy teorii* [Russian Journal of Economic Theory], 2016, No. 1, pp. 131–136. (In Russ.).

3. Glaz'ev S. Yu. O novoy paradigme v ekonomicheskoy nauke [A New Paradigm of Economic Science]. *Gosudarstvennoe upravlenie. Elektronnyy vestnik* [Public Administration. E-journal], 2016, No. 56, pp. 5–39. (In Russ.).

4. Goryunova L. A., Sharaldaeva I. A. Kontsepsiya razvitiya innovatsionnoy sistemy regiona s nizkim urovnem innovatsionnogo razvitiya [The Concept of Innovative System Development of a Region with Low Level of Innovative Development]. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta* [Vestnik of Buryat State University], 2012, No. SD, pp. 181–188. (In Russ.).

5. Dushina S. A., Ashcheulova N. A. Novye formy organizatsii nauki: rol' mobil'nosti [New Organizational Forms of Science in Russia: The Role of Mobility]. *Sotsiologiya nauki i tekhnologii* [Sociology of Science & Technology], 2011, Vol. 2, No. 2, pp. 69–81. (In Russ.).

6. Zemtsov S. P., Shestakov V. A., Barinova V. A. Innovatsionnaya sistema Moskvy [Innovation system of Moscow]. Moscow, «Delo» publisher (RANEPA), 2015. (In Russ.).

7. Leont'ev V. Ekonomicheskie esse. Teorii, issledovaniya, fakty i politika [Essays in Economics. Theories, Theorizing, Facts and Policies], translated from English by S. S. Shatalin, D. V. Valovoy. Moscow, Politizdat, 1990. (In Russ.).

8. Smorodinskaya N. V. Innovatsionnaya ekonomika: ot ierarkhii k setevomu ukladu [Innovation Economy: from Hierarchies to a Network Order]. *Vestnik Instituta ekonomiki Rossiyskoy akademii nauk* [Vestnik of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences], 2013, No. 2, pp. 87–111. (In Russ.).

9. Forrester Dzh. Dinamika razvitiya goroda [Urban Dynamics]. Moscow, Progress, 1974. (In Russ.).

10. Forrester Dzh. Osnovy kibernetiki predpriyatiya (industrial'naya dinamika) [Industrial Dynamics]. Moscow, Progress, 1971. (In Russ.).

11. Breschi S., Lissoni F. Knowledge Spillovers and Local Innovation Systems: A Critical Survey. *Industrial and Corporate Change*, 2001, Vol. 10, No. 4, pp. 975–1005.

12. Coenen L. The Role of Universities in the Regional Innovation Systems of the North East of England and Scania, Sweden: Providing Missing Links? *Environment and Planning C: Government and Policy*, 2007, Vol. 25, pp. 803–821.

13. Cooke P., Memedovic O. Regional Innovation Systems as Public Goods. Vienna, UNIDO, 2006.

14. Etzkowitz H., Leydesdorff L. The Dynamics of Innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of University – Industry – Government Relations. *Research Policy*, 2000, Vol. 29, pp. 109–123.

15. Oliver A. L. Biotechnology Entrepreneurial Scientists and Their Collaborations. *Research Policy*, 2004, Vol. 33, No. 4, pp. 583–597.

16. Radzicki M. J., Tauheed L. In Defense of System Dynamics: A Response to Professor Hayden. *Journal of Economic Issues*, 2009, Vol. 43, No. 4, pp. 1043–1061.

17. Radzicki M. J. Mr. Hamilton, Mr. Forrester, and a Foundation for Evolutionary Economics. *Journal of Economic Issues*, 2003, Vol. 37, No. 1, pp. 133–173.

18. Richardson G. P. Reflections for the Future of System Dynamics. *The Journal of the Operational Research Society*, 1999, Vol. 50, No. 4, pp. 440–449.

19. Sharp J. A. Systems Dynamics Applications to Industrial and Other Systems. *Operational Research Quarterly*, 1977, Vol. 28, No. 3, pp. 489–504.

20. Tödtling F., Trippel M. One size fits all? Towards a differentiated regional innovation policy approach. *Research Policy*, 2005, Vol. 34, No. 8, pp. 1203–1219.

21. Wolstenholme E. F., Coyle R. G. The Development of System Dynamics as a Methodology for System Description and Qualitative Analysis. *The Journal of the Operational Research Society*, 1983, Vol. 34, No. 7, pp. 569–581.