
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

МЕТОДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ*

© 2016 г. **К.А. Багриновский**, А.А. Никонова, Н.А. Соколов

(Москва)

Предложен механизм адаптивного управления технологической модернизацией экономики на микро- и мезоуровне. Он включает модели и методы выбора способов производства и целенаправленных управляющих воздействий, регулирующих переход к новым технологиям в соответствии с внутренними свойствами производственной системы и внешними ресурсными ограничениями. Выделены основные свойства производственной системы, влияющие на подвижность системы и способность к адаптации. Обсуждается возможность включения (ингрессии) в экономическую систему особых структур и отношений, способствующих согласованию интересов экономических агентов, к примеру в рамках формирования соответствующей корпоративной культуры и поддержки со стороны макрорегулятора. Представлены общая схема технологической трансформации производственной системы и комплекс экономико-математических моделей технологических изменений. Приведено описание моделей формирования вариантов модернизации, выбора новых технологий, выбора способов управления и стимулирующих мер с учетом ресурсных и ценовых ограничений. Создание и апробация организационно-экономических механизмов трансформации технологий и среды базируется на итеративных процедурах взаимной настройки объекта и среды при различных входных параметрах. Такой подход позволяет полнее обосновать решения в переменчивой среде, а также сбалансировать их по ряду существенных технологических и экономических параметров.

Ключевые слова: производственный способ (технология), производственные факторы (труд, капитал), затраты ресурсов, выпуск, цена, спрос, предложение, инновации, управляющие воздействия.

Классификация JEL: C61, D24, O14.

ВВЕДЕНИЕ

В современной экономике постоянное совершенствование технологий представляется одним из необходимых и достаточных условий стабильного и прогрессивного развития производственной системы в долгосрочной перспективе: оно создает ей существенное сравнительное преимущество, на котором строится конкурентоспособная стратегия системы. Наибольшую долю прибавочной стоимости получит тот, кто сумеет быстрее других найти лучшую комбинацию решающих факторов производства. В российской практике задача усложняется рядом следующих обстоятельств.

1. Не завершена институциональная трансформация социально-экономической системы, более того, ее изменения в интересах узких групп экономических агентов не только не способствуют эффективному распределению ресурсов в пользу наращивания технологического и интеллектуального потенциала и конкурентоспособного развития высокотехнологичных производств, но, напротив, дестимулируют инновационное поведение экономических агентов на всех уровнях иерархии и воспроизводят структурные диспропорции как в производственной, так и в распределительной системе. По ряду оценок, институциональная среда улучшается, однако все еще представляет собой серьезный барьер развитию инноваций: 117 место из 132 стран в 2008 г.; 93 – в 2010 г.; 88 – из 143 стран в 2012 г.; 80-е – из 141 в 2013 г. (INSEAD, 2010, 2012, 2014, 2015).

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект 15-02-00229а).

2. Отсутствие адекватной инновационной культуры, в частности в компаниях, и связанное с этим низкое качество управления на макро- и микроуровне существенно тормозят нововведения. Так, по оценке уровня эффективности правительства РФ занимала в 2008–2010 гг. 89 место, в 2013 г. – 88-е; по оценке качества управления: в 2008 г. – 111 место; в 2010 г. – 101-е; в 2012 г. – 100-е (Ibid), т.е. позитивные сдвиги в сфере управления оказались не столь значительными. Требуется современные научные подходы и методы регулирования научно-технического развития.

3. Устаревание материально-технической базы (37% парков оборудования со сроком службы от 10 до 20 лет; 16% – свыше 20 лет) существенно ограничивает применение новейших технологий, требующих комплексных изменений в организации производства и управления, и вынуждает расходовать средства в основном на замену наполовину изношенного оборудования (как это делают, по оценкам Росстата, около 70% организаций), и только потом – на новые технологии (38% организаций) (Инвестиционная активность..., 2014).

4. Недостаточность недиверсифицированных финансовых источников модернизации снижает возможности хозяйствующих субъектов обновлять технологии прежде всего в обрабатывающей промышленности. Так, по официальным данным, это по-прежнему – основной фактор снижения деловой и инвестиционной активности, который сдерживал рост, соответственно, около 40 и 70% обрабатывающих предприятий в 2010 г.; 36 и 60% – в 2014 г. (Деловая активность..., 2015; Инвестиции в России..., 2013; Инвестиционная активность..., 2014). Финансово-экономическое состояние высокотехнологичных производств намного хуже, чем других секторов, поскольку внедрение новейших способов производства связано здесь с повышенными затратами. Эти отрасли непосредственно зависят от ограничений ресурсного обеспечения производственной системы.

5. На всех уровнях экономической иерархии отсутствуют подходящие мотивационные механизмы активизации инновационной деятельности. Отсутствует также и сбалансированный подход к технологической трансформации, который опирался бы на анализ и синтез производственных систем с учетом всего многообразия факторов, включая возможности введения новых технологий и экономические условия их диффузии. Этот фактор становится особенно актуальным в исследовании стимулирующих механизмов, направленных на освоение новых технологий и базирующихся на принципах согласования локальных целей максимизации доходов и общесистемных интересов устойчивого развития.

Вместе с этим именно нововведения, их финансовое и правовое обеспечение, инновационная культура, институциональная и экономическая среда существенно определяют динамику высокотехнологичного сектора экономики, что и показано в работах (Бендилов, Фролов, 2007; Варшавский, 2007; Голиченко, 2011; Макаров, Варшавский, 2001). Превосходство этого сектора связано с повышенной долей добавочной стоимости на единицу затрат и интенсивным обновлением способов производства, т.е. инновационной активностью, что составляет содержание потенциальных преимуществ. Вместе с тем этот сектор характеризуют дополнительные издержки, поэтому затраты требуют тщательного обоснования с точки зрения внутренней эффективности и внешних условий для нововведений. Следовательно, для выбора нового способа производства важно определить внутренние особенности и внешние условия, факторы и ограничения технологических изменений и разработать организационно-экономические механизмы модернизации производственной системы.

Применение с этой целью общей теории систем как нельзя лучше решает поставленные задачи, так как ее методологические принципы обеспечивают комплексное исследование объекта, совокупности внутренних свойств и множества взаимодействий с элементами среды его функционирования. В соответствии с системным подходом экономический объект – предприятие или производственный комплекс – исследуется как сложная система в единстве структуры, внутренних связей и элементов микросреды и вместе с этим – как объект целостной социально-экономической системы в многообразии взаимодействий с элементами динамичной макро-, мезо- и микросреды (Клейнер, 2008, 20011; Корнаи, 2002). В таком исследовании выбор вариантов модернизации производства опирается на результаты моделирования внутренних технологических изменений и идентификации внешних управляющих воздействий, адаптирующих характеристики производственной системы к изменениям динамичной функциональной среды и одновременно с этим изменяющих состояние объекта и его среды в соответствии с вектором прогрессивного и устойчивого развития.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ И СХЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ

В разработке механизмов инновационной трансформации производственной системы применяется синтетический подход, опирающийся на положения нескольких подходов и концепций стратегического управления экономическими объектами и системами, а также на фундаментальные положения общей теории систем (Берталанфи, 1969; Блауберг и др., 1969; Гаврилец, 2009), согласно которым модели строятся на основе следующих принципов.

1. Тип, особенности, связи изучаемого экономического объекта, а также его конкурентные преимущества, стержневые способности и компетенции определяют потенциал его развития и лежат в основе выбора новых технологий.

2. Влияние внешнего окружения и внутренней среды обуславливает потенциал ситуации и возможный вектор трансформации производственной системы.

3. Неустойчивость экономики и возрастающая изменчивость современной среды функционирования экономических объектов, особенно в условиях кризиса и незавершенных трансформационных процессов в России, повышает неопределенность в области выбора решений. Для ее преодоления могут быть применены принципы ситуационного подхода и концепции динамических свойств, в частности в моделях стратегического анализа внутреннего потенциала и внешней среды.

4. В современной экономике знаний центральное место в состязании умов, компетенций и технологий занимает качество управления и стратегическое видение. Значимость для развития системы высоких требований новой интеллектуальной экономики к качеству решений и к способностям лиц, принимающих ответственные решения, предопределяет применение научно обоснованных методов выбора наиболее подходящих из них с учетом наиболее существенных факторов.

5. Важнейшим условием устойчивого сбалансированного развития системы является согласование всех ее элементов и интересов всех взаимодействующих сторон: внутрикорпоративных подсистем и стейкхолдеров, общесистемных целей и личных приоритетов. Поэтому в механизмах инновационной трансформации значительное место занимают способы согласования технологических и экономических характеристик исследуемых объектов и систем при помощи итеративных процедур.

6. Самое важное в задачах управления – информация, на основе которой строится “модель ситуации выбора” (Гаврилец, 2009, с. 7), поэтому достоверность и полнота информации представляются существенным условием получения реалистичных оценок среды как исходной базы принятия решений. В этих целях для стратегического анализа внутренней и внешней среды применяются специально разработанные модели, представленные в работе (Никонова, 2009); для выбора вариантов перехода к новым технологиям используются механизмы обратных связей.

7. Повышение уровня сложности систем (экономических объектов, окружения, связей, взаимодействий), в частности в связи с интенсивным развитием технологий, по закону необходимого разнообразия, требует адекватного усложнения управляющих подсистем. С этой целью разрабатываются механизмы блочного типа с применением эвристических процедур комплексного анализа и синтеза интерактивной информации об изменяющемся мире, а также механизмы итеративного согласования параметров. Блочная структура механизмов инновационной трансформации позволяет последовательно, на каждой стадии стратегического процесса, настраивать используемый аппарат стратегического анализа и согласования компонентов стратегии производственной системы на изменение состояния объекта управления и условий среды в зависимости от ситуации, комбинируя подходы и инструменты выбора подходящих решений. В стратегическом процессе “именно управление реализует механизм гомеостаза” (Гаврилец, 2009, с. 6) на основе целенаправленных воздействий, управляющих изменением ситуации в интересах как отдельного объекта, так и системы в целом.

Исходя из системного представления объекта инновационных преобразований, которым может быть предприятие, производственный или отраслевой комплекс, процесс принятия решений включает несколько направлений анализа и моделирования (рис. 1).

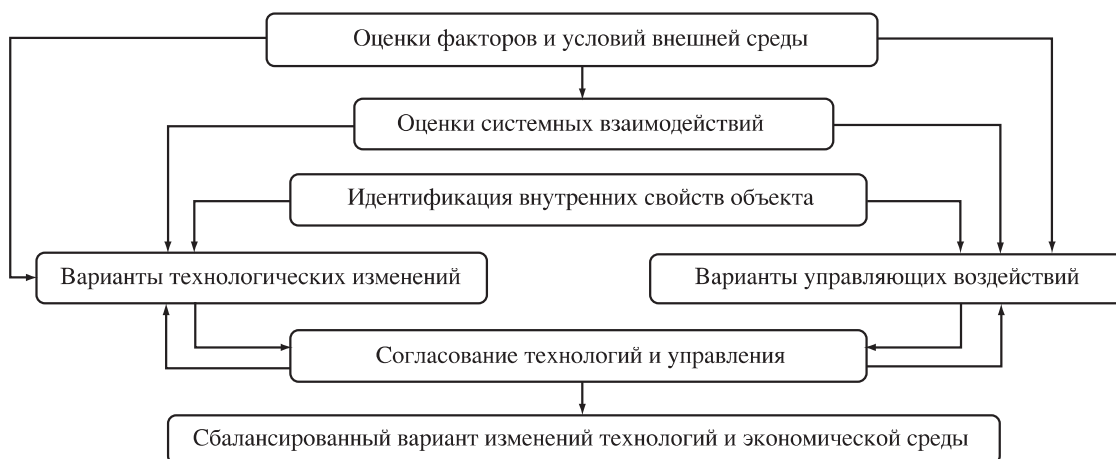


Рис. 1. Схема исследования вариантов модернизации производственной системы

1. Выявление наиболее существенных факторов и условий функционирования системы: характеристик состояния рыночной, научно-технической и институциональной среды.

2. Исследование внутренних свойств изучаемого объекта, в частности его способности к нововведениям.

3. Определение силы и направления влияния благоприятных и негативных факторов; оценка связей параметров и потенциала технико-технологического развития системы по результатам стратегического анализа функциональной среды.

4. Построение вариантов технологической модернизации; экспериментальная проверка и оценка пригодности новых технологий.

5. Идентификация способов управления технологическими изменениями и вариантов управляющих воздействий – экономических рычагов и мер институционального воздействия, способствующих технологическому обновлению производства.

6. Согласование внешних социально-экономических и внутренних технологических изменений на основе эвристических процедур и интерактивного диалога.

7. Выбор вариантов новых технологий и способов их реализации.

Предлагаемый подход основан на принципах системного анализа и синтеза экономических объектов, в частности на принципах адаптации системных свойств исследуемого производственного объекта к технологическим изменениям (Акофф, 1972) на базе соответствующего объекту и условиям среды институционального, экономического и технико-технологического обеспечения модернизации, которое рассматривается как условие и стимулирующий фактор самоорганизации системы в процессе ее трансформации (Тренев, 2000, 2001). Новизна подхода состоит в способах моделирования технологической трансформации системы на основе согласования технологических, экономических и институциональных характеристик, в результате которого происходит итеративная настройка внутренних инновационных изменений объекта на системное преобразование среды. При этом используются методы, называемые *ингрессивными* (Райченко, 2003, с. 292), они направлены на постепенное формирование новых свойств производственной системы и ее элементов, а затем и ее окружения (в результате тех или иных управленческих воздействий)¹.

В отличие от революционных инновационных изменений, характерных для кризисных ситуаций, определенных типов объектов и агрессивных рыночных стратегий, постепенные изме-

¹ Под ингрессивными методами трансформации понимаются способы изменений объекта или системы, опосредованные некоторыми специальными структурами, комплексами или организациями, связывающими элементы системы в единое целое. В различных условиях такими структурами может быть нормативная база, культурные традиции, церковь и др.

нения оказывают более сфокусированное воздействие на развитие производственной системы, а также на характер и темп развития рыночной среды. Вместе с этим, во-первых, субъективная составляющая такого влияния растворяется в общем потоке экономических взаимодействий; во-вторых, настройка объекта происходит более органично и в согласовании всех внутренних подсистем. Известно, что в связи с непредсказуемостью реакций внешней среды на активные воздействия реактивные модели – как технологических, так и организационных или экономических трансформаций – реже всего приводят к устойчивому развитию целостной системы, прежде всего в силу дефицитности производственных ресурсов и ограниченности саморегулирующей способности рынка. Ингрессивные методы итеративной адаптации производственной системы к турбулентной среде лучше всего способствуют сбалансированности и самоорганизации системы при определенных ограничениях, так как в процессе ее инновационной трансформации они меняют связи и свойства звеньев системы менее радикально и в адекватном соответствии с колебаниями рынка.

На основе современного представления о корпорации как о *связующем звене* между отдельным индивидом и обществом можно предположить ведущую роль этого института в восприятии прогрессивных перемен, реализации передовых новшеств и в укреплении целостности социально-экономической системы (Салмон, 2004, глава 17). Действительно, корпоративное участие в общественном развитии сегодня не ограничивается вопросами экономического роста, но все больше распространяется на решение социальных задач, развитие интеллектуального потенциала, сохранение окружающей среды, поддержание баланса различных рыночных сил, как это сегодня наблюдается в Японии, США и приходит в Европу. Распространение миссии корпорации на эти сферы будет способствовать общесистемной сбалансированности и устойчивости, которая предполагает эффективное расходование ресурсов, социальную гармонию, сохранение экологии, инновации как двигатель научно-технического и социального развития. Этим самым корпорация не только стремится к росту прибыли, но создает благоприятную почву для реализации своих долгосрочных целей устойчивости и конкурентоспособности. Роль корпорации как лучшего посредника в развитии человеческого потенциала и прогрессивном движении общества, во-первых, обусловлена тем, что она – «единственный организованный общественный институт, не потерявший своей объединяющей способности, во-вторых, лежащая в основе организации любой компании модель тесно переплетается с множеством общественных устремлений» (Салмон, 2004, с. 235).

Понятно, что задачи настоящей работы не могут охватить весь круг факторов общественного прогресса, они более узкие и включают разработку способов перманентного перехода к новым технологиям, которые шаг за шагом трансформируют не только производственную систему, но и экономическую среду ее функционирования.

Возможность и успешность инновационной трансформации зависят от внешних обстоятельств, квалификации регулятора и внутренних свойств производственной системы. К последним следует отнести ряд важнейших характеристик, влияющих на подвижность системы и способность к адаптации:

- 1) комбинаторность (возможность различных способов сочетания производственных ресурсов);
- 2) коммуникационность (способность наладить новые связи с контрагентами – поставщиками сырья и комплектующих, дистрибьютерами, др.);
- 3) конъюгированность (способность к внутреннему обмену и объединению активов);
- 4) эмерджентность (расположенность к особой восприимчивости и оперативной мобилизации принципиально новых качеств).

Так, в громоздких организациях с сильно централизованной структурой и тесным внутренним единством рутины играют роль стабилизатора, однако в случае технологических угроз скорее будет применяться стратегия апробированных и наиболее прибыльных технологий. Коренная модернизация потребует разрушения структуры, корпоративной культуры, производственных процессов и создания новых коммутаций (временных связей). В процессе инновационной трансформации важным свойством становится селективность производственной системы – ее способность к саморазвитию путем отбора, закрепления и развития необходимых свойств и связей.

Правильные управляющие воздействия могут направить этот процесс формирования нужных качественных изменений системы в желательном направлении. В зависимости от специфики объекта и проблемной ситуации с этой целью могут применяться различные подходы и способы инновационных преобразований, часть из них пригодна для радикальной трансформации системы, часть – для ингрессивной.

К примеру, для японской экономики в условиях послевоенного восстановления производственного потенциала оказалась наиболее пригодной концепция инноваций, направленных на качественное совершенствование процессов и опирающихся на развитие интеллектуального капитала методами небольших и непрерывных технологических улучшений (так называемые *кайзен-стратегии*). Американской инновационной модели, напротив, свойственны стратегии перехода на кардинально новые процессы и продукты, реализуемые в результате революционных методов: децентрализации, автономизации отделений НИОКР, реинжиниринга, развития внутрифирменного венчура.

Особенности производственной системы составляют предмет специального стратегического анализа как ее внутренних характеристик, так и окружающей среды ее функционирования. В предложенных моделях формирования вариантов технологических изменений предполагается наличие необходимых адаптивных свойств, при этом под влиянием целенаправленных управляющих воздействий можно ожидать появления новых качеств и способностей.

Вариант новой технологии, сбалансированный с точки зрения внешних условий и внутренних свойств производственной системы, представляет собой инновационное решение – базис стратегии ее развития. В отличие от традиционных подходов к моделированию технологических изменений в настоящем исследовании предпринята попытка перейти от линейной модели инноваций к моделям с обратными связями, в которых взаимодействуют предпринимательская (предприятие-инноватор), экономическая (рынок товаров и ресурсов) и среда, производящая знания, – технологии (научно-исследовательский комплекс). Для такого взаимодействия необходим механизм, обеспечивающий не только передачу знаний, но их воспроизводство и экономическое применение (Голиченко, 2006). При этом характер присутствия государства на поле инноваций меняется: государство должно занять место партнера производственных субъектов при сохранении роли катализатора и регулятора при помощи эффективных средств координации взаимодействий участников инновационного процесса. В качестве таких средств оно использует стимулы и инструменты комплексного воздействия на внедрение новшеств. Для выбора механизмов модернизации и стимулирования перехода к новым технологиям требуется согласовать изменение технологий с изменением экономической среды. Для этого предназначен комплекс моделей, состоящий из четырех блоков.

КОМПЛЕКС МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Системные принципы принятия решений предусматривают применение адекватных способов формирования стратегии технологических изменений. Основой выбора стратегического направления и концепции стратегии является комплексный факторный анализ условий внешней и внутренней среды объекта и синтез полученной информации в форме вектора технологий с точки зрения возможности их применения и полезного эффекта. Такой подход предполагает многоэтапный процесс формирования стратегии нововведений с применением итеративных процедур. Выбор стратегических решений будет обоснован при условии сбалансированности всех подсистем: параметров научно-технической, социально-экономической и институциональной среды функционирования объекта.

Комплекс экономико-математических моделей технологических изменений состоит из нескольких блоков (рис. 2).

1. Блок *стратегического анализа функциональной среды* производственной системы включает набор инструментальных средств идентификации внутренних свойств исследуемого объекта и оценки внешних факторов, на основе которых определяются возможности, ограничения и перспективы технологической трансформации системы. С этой целью используются: регрессионные

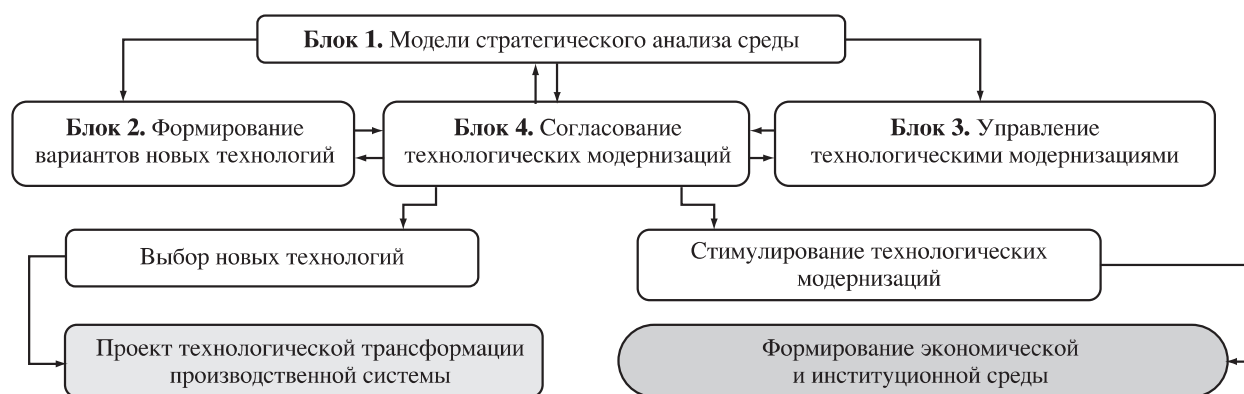


Рис. 2. Комплекс моделей технологических изменений производственной системы

модели, бенчмаркинг, графические и экспертные методы, модели с применением матриц влияния, которые помогают оценить внутренний потенциал развития и выявить внешние экономические (рыночные), научно-технические, институциональные условия и факторы, проблемные зоны и области потенциальной модификации подсистем.

2. В блоке *формирования вариантов новых технологий* определяется спектр возможных изменений способов производства в зависимости от состояния и свойств исследуемого объекта, внешних воздействий и динамики ситуации. Здесь применяются специально разработанные модели анализа и синтеза новых технологий.

3. Блок *управления технологической модернизацией* включает модели выбора стимулирующих воздействий. Они нацелены на адаптацию характеристик системы, определенных в блоке 1, к предлагаемым в блоке 2 вариантам модернизации производства, и в конечном итоге на постепенную трансформацию социально-экономической и институциональной среды в соответствии с технологическими изменениями производственной системы.

4. В блоке *согласования технологических изменений системы* происходит выбор инновационных решений при помощи эвристических процедур и экспертных методов.

Экономико-математические методы стратегического анализа внешней и внутренней среды (модели блока 1) предназначены для получения реалистичных оценок потенциала развития производственной системы и ее отдельных звеньев, включая ограничения по исходным условиям деятельности (производственным факторам) и условиям рынка (спроса, цен, др.). Применяемые в этих целях методы представлены в работе (Никонова, 2009) и здесь не приводятся. Полученные в блоке 1 оценки используются в блоках 2–4 при моделировании механизмов перехода к новым технологиям. Далее рассмотрены модели и методы, разработанные в результате исследований в направлениях 4–7 к схеме, приведенной на рис. 1. Они предназначены для отработки вариантов технологической модернизации и механизмов поддержки нововведений (блоки 2–4 на рис. 2).

БЛОК 2. ФОРМИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В стратегии развития высокотехнологичного производства технологические нововведения рассматриваются, с одной стороны, как способ поддержания долгосрочной конкурентоспособности, с другой стороны, как фактор риска и дестабилизации производственной системы, в частности в случае нарушения ее структурной или финансовой устойчивости (Никонова, 2010). Поэтому в моделях выбора инновационных решений исследуются возможности технологической модернизации с учетом системных свойств изучаемого объекта (Багриновский и др., 2005). Предлагаемые модели технологических изменений предназначены для обоснования их пригодности с точки зрения устойчивости системы и для отбора вариантов новых технологий, предпочтительных с позиций экономической эффективности.

Основная модель. Вид модели определяется гипотезой нелинейности производственных затрат $C(x)$: они возрастают с ростом объема выпуска продукции x , т.е. $C'(x) > 0$. Дополнительные издержки на производство каждой дополнительной единицы продукции также возрастают по мере увеличения объема производства, т.е. $C''(x) > 0$.

Рассмотрим функцию эффективности (полезности) производственной системы $F(x)$ как разность всех доходов $R(x)$, $R(x) = px$, и затрат $C(x)$:

$$F(x) = \{px - C(x)\} = \{px - (a + bx + dx^h)\} \rightarrow \max,$$

где p – экзогенно заданная цена; a, b, d – положительные числа; $C(x)$ – совокупные затраты;

$$C(x) = C_0 + C_1 + C_2 = a + bx + dx^h, \quad C_0 = a, \quad C_1 = bx, \quad C_2 = dx^h \quad (h > 1);$$

C_0 – условно постоянные расходы; C_1 – прямо пропорциональные объему выпуска затраты; b – обобщенный размер удельных затрат, состоящих из оплаты труда производственного персонала, материальных затрат, расходов по содержанию действующих машин и оборудования (части капитальных затрат); C_2 – нелинейные затраты на введение инноваций: расходы, связанные с расширением производства, обучением рабочих, закупкой нового оборудования, строительством новых зданий, подъездных путей, линий связи и др., а также оплата сверхурочного труда и другие расходы; h – эластичность дополнительных инновационных расходов.

Ввиду вогнутости функции $F(x)$ ее критические точки (решение уравнения $F'(x) = 0$) составляют замкнутое ограниченное множество и являются для нее точками максимума. В отсутствие дополнительных ограничений решение этой задачи представлено соотношением $x^{h-1} = (p - b) / (hd)$. Расчеты показывают, что снижение эластичности величины дополнительных инновационных расходов h ведет к росту оптимальных значений выпуска продукции и прибыльности системы. Суть в том, что с уменьшением h растет значение функционала $F(x)$, т.е. система обладает определенной структурной неустойчивостью, поэтому в ней может быть введена новая технология.

В модели, исследующей варианты новых технологий, последние представлены в виде вектора типа затрат–выпуска В. Леонтьева (Leontief, 1966), в котором в качестве первой компоненты выступает функция эффективности (доходности, прибыльности) исследуемой технологии, а последующие компоненты представляют собой функции затрат ограниченных ресурсов; затраты зависят от интенсивности использования такой технологии. Тогда задача выбора оптимального набора технологий имеет вид

$$\sum_{j=1}^n F_j(x_j) \rightarrow \max; \quad \sum_{j=1}^n C_{ij}(x_j) \leq r_i, \quad i = 1, \dots, m,$$

где $F_j(x_j)$ – функция эффективности производственной системы при технологии j ; $C_{ij}(x_j)$ – нелинейная функция издержек ограниченного ресурса i в технологии j ; x_j – интенсивность технологии j ; r_i – объем запаса ограниченного ресурса i в исследуемой системе. Кроме того, в условия модели могут быть включены локальные ограничения на интенсивности, связанные с теми или иными особенностями функционирования данной производственной системы (интенсивности могут быть отрицательными).

В нелинейной задаче условного максимума определяются оптимальный план и оптимальные оценки ресурсов (неотрицательные величины y_i) как множители Лагранжа. Для каждой технологии определяется оптимальная оценка

$$Z_j(x_j) = F'_j(x_j) - \sum_{i=1}^m y_i C'_{ij}(x_j).$$

Для всех производственных способов, входящих в оптимальный набор, справедливы соотношения $Z_j(x_j) = 0$, что отражает равенство предельной доходности и предельных затрат, выраженных в оптимальных оценках ограниченных ресурсов. В качестве критерия конкурентоспособности новой технологии и ее привлекательности (допустимости) используется ее оптимальная оценка в задаче определения эффективности производственного способа. Для исследуемой новой технологии k формируется вектор затрат–выпуска вида $\{F_k(x_k); C_{1k}(x_k), \dots, C_{mk}(x_k)\}$, строится

контрольное нелинейное неравенство $Z_k(x_k) \geq 0$ и ищется его положительное решение выражения $Z_k(x_k) x_k = 0$. Приемлемость новой технологии непосредственно связана с существованием множества положительных решений указанного контрольного неравенства. Обычно это множество имеет вид отрезка $[0, x_f]$, по x_f можно судить о степени привлекательности рассматриваемой технологии. Если положительное решение x_k существует, то оптимальная оценка предлагаемой технологии выше, чем аналогичные величины для базовых технологий; следовательно, эта технология является сверхрентабельной на некотором множестве интенсивностей, определяемом указанным положительным решением. Если контрольное неравенство не имеет положительного решения, т.е. при любой положительной интенсивности оптимальная оценка нового технологического способа оказывается отрицательной и, следовательно, меньшей, чем оценки базовых технологий, то новая технология не может быть рекомендована для применения и испытываемая новая технология отвергается. Имитационные расчеты показали, что чем больше значение x_f , тем большее значение имеет интенсивность этой технологии в результате решения оптимизационной задачи с включением ее в число базовых технологий.

Согласно общей теории систем в ряде случаев внутренние эмерджентные свойства позволяют добиться некоторого снижения уровня структурной устойчивости путем некоторого расшатывания при помощи осуществления целенаправленных воздействий на изучаемую систему извне. В качестве таких средств испытывалось изменение потоков ограниченных ресурсов (величин r_i). При этом экспериментально доказано предположение о том, что постепенное увеличение издержек в нормальной ситуации не приводит к снижению прибыльности (эффективности) системы, но этот рост замедляется по мере роста издержек. Этот рост прекращается, когда интенсивность производственного способа достигает критической точки своей функции эффективности. В этой ситуации прибыль перестает возрастать, несмотря на увеличение запасов ресурсов, тогда определенная часть выделяемых ресурсов становится излишней, поскольку она не дает прироста эффекта. Производственная система должна либо продолжить работу в режиме критической точки, не имея перспективы расширить производство, либо переходить к новым, более эффективным способам производства. Последнее означает, что система внутренне готова к доступу нововведений и приобретает некоторую структурную неустойчивость, что можно объяснить способностью системы к выходу из критического состояния. При помощи целенаправленных воздействий извне можно стимулировать процессы самоорганизации и таким образом усилить восприимчивость к нововведениям. Такие современные способы воздействий на структурную устойчивость экономических систем, как расширение инвестиционного спроса в результате роста НИОКР и распространения инноваций, рост бюджетных расходов на науку, участие фондов финансовой поддержки НИОКР и внедрения новшеств, а также налоговые и законодательные преференции, расширяют ресурсную базу обновления технологий.

Исследование факторов привлекательности новых технологий и вариантов управляющих воздействий, способствующих повышению конкурентоспособности технологий, помогает развеять миф о якобы низкой восприимчивости к инновациям отечественных предприятий. Тот же миф развеян результатами сопоставления фактических данных о затратах и результатах российских и зарубежных научных разработок (Варшавский, 2006). Эмпирический анализ и результаты расчетов моделей показывают, что именно экономические антистимулы, главным образом дефекты распределительной системы, снижают мотивацию инноваторов и результативность мер поддержки технологической модернизации производства в России, а точечные методы трансформации экономики не дают ожидаемого эффекта из-за общей бессистемности ее структурной реорганизации. В связи с этим требуется комплекс регулирующих мер, сбалансированный по технологическим и экономическим параметрам.

БЛОК 3. УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИЕЙ

Концепция технологического развития в рыночной экономике предполагает, что при формировании конкурентоспособной стратегии экономического объекта принимается решение о совершенствовании или отмене прежних технологий, разрабатываются новые, более перспективные варианты и при этом выполняется оценка потребности в трудовых, материальных, финансовых и

других ресурсах, необходимых для нововведения с учетом состояния и динамики рынка товаров и ресурсов. Поскольку на практике обновление технологии почти всегда означает изменение свойств продукта, закрепление достаточной для нового изделия рыночной ниши имеет решающее значение для успешного продвижения инноваций. В связи с этим важнейшим звеном процесса технологической модернизации является выявление возможной величины платежеспособного спроса и определение допустимых значений ценовых параметров нового продукта.

Научно обоснованный подход к определению управляющих воздействий, стимулирующих переход к новым технологиям, предполагает системный анализ и синтез трех взаимосвязанных подсистем: производственно-технологической, ресурсной и экономической. Исследуем модель производственной системы.

Рассмотрим производственную подсистему, состоящую из n производств, связанных в производственном процессе общим потреблением определенных видов ограниченных ресурсов и описываемых производственными функциями вида $y_j = f_j(x_j) = f_j(x_{1j}, \dots, x_{mj})$, $j=1, \dots, n$, где n – число производимых продуктов, m – число используемых важнейших ограниченных ресурсов. В случае предположения о прямой пропорциональности затрат применяются линейные функции производственных издержек $x_{ij} = \varphi(y_j) = a_{ij}y_j$, $i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, n$, где a_{ij} – коэффициент прямых затрат ($a_{ij} \geq 0$). При расширении спроса на продукт k растет спрос на все ресурсы с номерами $i \in T_k$, где T_k – множество номеров ресурсов, для которых $a_{ik} > 0$. Удовлетворение спроса вызывает перераспределение ресурсов между производствами. При этом появляется эффект относительной интенсивности использования ресурсов. Используется теорема, доказанная в работе (Rybczynski, 1955) для линейной модели размерности 2×2 , о том, что рост объема ресурсов (при сохранении других параметров неизменными) ведет к увеличению выпуска тех продуктов, которые используют этот ресурс относительно интенсивно, и сокращению выпуска продуктов, использующих этот фактор недостаточно интенсивно.

В случае $m = n$ сбалансированные соотношения расхода ресурсов имеют вид $\sum_{j=1}^n a_{ij}y_j = r_i$, $i = 1, \dots, n$, где $r = (r_1, \dots, r_n)$ – вектор запасов ресурсов в подсистеме (общий случай, когда $n \neq m$, рассмотрен в работе (Багриновский, 1995)).

Пусть $\det(A) \neq 0$. Тогда решение этой системы уравнений относительно вектора выпусков $y = (y_1, \dots, y_n)$: $y = A^{-1}r = Cr$. Матрица A прямых затрат состоит из неотрицательных элементов, обратная матрица C содержит положительные ($c_{ji} > 0$) и отрицательные элементы ($c_{ji} < 0$). Для каждой технологии j назовем ресурсами первого рода (экономическими) такие ресурсы i , которым соответствуют элементы $c_{ji} > 0$, а ресурсами второго рода – ресурсы, для которых $c_{ji} < 0$. Как правило, ресурсы первого рода относительно более интенсивно используются в технологии j . С ростом ресурсного обеспечения вида i система переходит в новое состояние – с увеличенным выпуском продуктов, для которых $c_{ji} > 0$, и с уменьшенным выпуском, – для которых $c_{ji} < 0$. С целью минимизации излишков (остатков) ресурсов управляющая подсистема перераспределяет ресурсы, руководствуясь затратными характеристиками технологий, но не учитывает цены продуктов. Цены на продукты в исследуемой системе связаны с внутренними ценами ресурсов

на основе соотношения $\sum_{i=1}^m a_{ij}w_i = p_j$, $j = 1, \dots, n$, где p_j – заданные цены продуктов, w_i – внутренняя равновесная цена единицы ресурсов: $w = C^T p$, $w = (w_1, \dots, w_m)$ – вектор цен ресурсов, $p = (p_1, \dots, p_n)$ – вектор цен продуктов, т.е. внутренние цены ресурсов, в конечном счете, определяются принятыми в системе технологиями, а совместное влияние распределения ресурсов и их цен обуславливает размер выпуска продуктов; T – знак транспонирования вектора. Повышение цены продукта j вызывает рост цен на ресурсы первого рода и снижение цен на ресурсы второго рода: дорожают интенсивно используемые (дефицитные) ресурсы и дешевеют более доступные. Этот факт доказан для линейной модели 2×2 при условии, что другие параметры неизменны (Stopler, Samuelson, 1941).

Модернизация производства, совершенствование или замена технологий ведет к изменению состояния всех подсистем экономики, прежде всего ресурсной подсистемы. Технологические изменения требуют дополнительных затрат, размер которых зависит от физического объема

необходимых ресурсов и от их внутренних цен в размере: $K_1 + C$, где $C = \sum_{i=2}^m w_i x_i$ – текущие затраты; $K_1 = w_1 x_1$ – капитальные затраты; x_1 и $(x_2, \dots, x_m)$ – потребность в фондах, трудовых и материальных ресурсах. Следовательно, экономическая эффективность нововведения существенно зависит от экономической ситуации в стране или в конкретном регионе. Тогда пригодность нового производственного способа определяется наличием достаточного количества и качества оборудования, трудовых, сырьевых и прочих материальных и нематериальных ресурсов, а эффективность нововведения во многом обусловлена как мезоэкономическими, так и макроэкономическими методами управления технологиями: ценовыми, налоговыми, др.

Повышение эффективности ресурсопотребления предполагает прямое и/или косвенное регулирование цен на продукты, в выпуске которых интенсивно используются дефицитные (ограниченные) ресурсы. Прямые методы – мониторинг ресурсопотребления и идентификация ресурсных ограничений с целью реалистичной оценки объективной потребности в ресурсах для перехода к новейшим технологиям и расширения ресурсной базы. Косвенные методы – улучшение конкурентной среды на рынках товаров и ресурсов, снижение чрезмерной монополизации российской экономики, налоговое регулирование цен на те товары, которые требуют повышенных затрат ограниченных ресурсов.

Стимулирование технологической модернизации. Рассмотрим производственную систему, использующую m различных ресурсов (факторов) для производства n различных продуктов ($m < n$). Технология производства продукта j представлена вектором $A_j = (a_{1j}, \dots, a_{mj})$. Для равновесного состояния системы справедливы гипотезы:

1) условие полного использования производственных ресурсов $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = r_i$, $i = 1, \dots, m$, где x_j – интенсивность применения технологии j ;

2) зависимость цен на продукты от применяемых технологий и производственных цен на ресурсы $\sum_{i=1}^m a_{ij} w_i = p_j$, $j = 1, \dots, n$.

Пусть N – множество номеров продуктов $\{1, \dots, n\}$. Если в рассматриваемой системе имеется множество N' ($N' \subset N$) конкурирующих технологий, производящих близкие по своим потребительским качествам изделия, то уравнения равновесия производственной системы имеют вид:

$$\sum_j a_{ij} x_j = r_i^0, \quad i = 1, \dots, m; j \in N'; \quad r_i^0 = r_i - \sum_j a_{ij} x_j, \quad i = 1, \dots, m, j \notin N'; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m w_i a_{ij} = p_j, \quad j \in N'. \quad (2)$$

Квадратная матрица A' коэффициентов системы (1) предполагается невырожденной.

Решение системы уравнений (1)–(2) определяют два вектора: 1) вектор интенсивностей технологий, относящихся к выделенной группе N' : $x = A'^{-1} r^0$, где вектор $r^0 = (r_1^0, \dots, r_m^0)$ – размер ограниченных ресурсов, требуемых для технологии j ; 2) вектор внутренних цен на ресурсы: $w = p' A'^{-1}$, где $p' = (p_{j_1}, \dots, p_{j_m})$ – вектор цен конкурентных товаров вида j_k , $j_k \in N'$, $k = 1, \dots, m$.

В случае изменения цен p_j на продукты из группы N' изменится спрос, изменятся цены ресурсов, и рынки ресурсов выйдут из состояния равновесия, так как понизится спрос на подорожавшие ресурсы и повысится спрос на подешевевшие. Предполагая, что возросший спрос будет покрыт дополнительным предложением, а излишки ресурсов будут выведены из запасов производственной системы, изменится количество ресурсов r_i^0 ($i = 1, \dots, m$), предназначенных для технологий множества N' . При этом рынки продуктов будут также выведены из равновесия из-за отставания возросшего спроса от предложения в условиях существующей структуры. Следуя системе уравнений (1), изменятся интенсивности технологий N' , т.е. изменится технологическая структура выделенной группы и всей производственной системы в целом. Снижение цен на

недефицитные ресурсы стимулирует переход именно к тем технологиям, которые используют эти ресурсы более интенсивно, но меньше применяют дефицитные ресурсы.

Сравним 2 технологии: A_1 (1; 5) и A_2 (2; 3); тогда системы уравнений (1)–(2) примут вид:

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 = r_1, \\ 5x_1 + 3x_2 = r_2, \end{cases} \quad \begin{cases} w_1 + 5w_2 = p_1, \\ 2w_1 + 3w_2 = p_2. \end{cases}$$

Для значений $p_1 = 40$; $p_2 = 52$; $r_1 = 20$; $r_2 = 65$ получим решение в виде значений интенсивностей $x_1 = 10$; $x_2 = 5$, а также внутренних цен ресурсов $w_1 = 20$; $w_2 = 4$.

Изменение цен продуктов ($p_1 = 38$; $p_2 = 54$) вызовет изменение равновесных внутренних цен ресурсов $w_1 = 23$; $w_2 = 3$, т.е. в рассматриваемом примере первый ресурс является ресурсом первого рода для второго продукта: он дорожает при повышении p_2 . Тогда повысится спрос на второй ресурс (труд) и снизится спрос на первый ресурс (капитал). Если прирост величины спроса на труд составит $\Delta r_2 = 6$, а снижение спроса на капитал $\Delta r_1 = -3$, система уравнений, определяющих интенсивности, примет вид:

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 = 17, \\ 5x_1 + 3x_2 = 71. \end{cases}$$

Ее решение: $x_1 = 13$; $x_2 = 2$, т.е. увеличивается интенсивность технологии A_1 и уменьшается интенсивность технологии A_2 . Происходит перераспределение ресурсов в пользу технологий, меньше применяющих дорогие ресурсы, и вытеснение неэффективных технологий. Вместе с этим сокращение выпуска второго продукта может вызвать отклонение от договорных обязательств с заказчиками, поэтому в долгосрочном периоде производитель будет стремиться перейти к новым технологиям, в которых будет использоваться меньшее количество дорогого ресурса за счет увеличения затрат более дешевого, чтобы вернуть выпуск к намеченному плану. Для поддержания выпуска на заданном уровне производитель примет решение об изменении технологии за счет сокращения затрат дорогого ресурса путем замены технологии A_1 (1; 5) на новую технологию $A'_1(0,7; 5,6)$. В этом случае система перейдет в новое состояние, и уравнения, определяющие интенсивности технологий, примут вид

$$\begin{cases} 0,7x_1 + 2x_2 = 17, \\ 5,6x_1 + 3x_2 = 71. \end{cases}$$

Ее решение как раз будет соответствовать проектируемому выпуску $x_1 = 10$; $x_2 = 5$.

В целях исследования влияния ресурсных и ценовых воздействий в условиях, когда сложно или невозможно четко выделить малую группу конкурирующих технологий, используется усредненный подход, основанный на многократном применении описанного выше способа анализа к различным группам технологий. Его суть состоит в итеративной процедуре поиска решений, предложенной в работе (Багриновский, 1995): если подмножества N_l ($l = 1, \dots, L$) сформированы по описанным выше правилам для нескольких произвольно выбранных групп технологий таким образом, что каждый номер из N является элементом хотя бы одного подмножества N_l , то для каждого l определяется решение частной системы уравнений (1), и с его помощью ищется решение общей системы уравнений:

$$x_j^{(l)} = \begin{cases} x_j^l, & j \in N_l, \\ x_j^0, & j \notin N_l, \end{cases} \quad l = 1, \dots, L.$$

Затем определяется усредненное решение общей системы уравнений по формулам

$$\bar{x}_j = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L x_j^{(l)}, \quad j = 1, \dots, n.$$

Полученные в результате расчетов оценки влияния изменений ресурсного обеспечения производства и динамики продуктовых цен на интенсивности всех применяемых технологий используются для идентификации целенаправленных воздействий, реализующих пошаговую трансформацию производственной системы и ее экономической и институциональной среды.

БЛОК 4. СОГЛАСОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ

Принципиальная схема механизма управления рассмотрена на примере двухпродуктовой модели производственной системы, в которой используется два фактора производства: труд L (более интенсивно – для продукта I) и капитал K (более интенсивно – для продукта II). При условии, что цены на товары I и II и на факторы L и K известны и неизменны в течение всего начального периода, размер предложения каждого товара определяется как точка касания кривой (границы множества производственных возможностей) прямой линией цен, ортогональной к вектору цен товаров. В то же время спрос на каждый товар – точка касания упомянутой линии цен с линией полезности, выражающей предпочтения потребителей при данной системе цен. В общем случае неравновесия эти точки не совпадают. Если величина спроса на товар II превышает его предложение, а величина спроса на товар I ниже предложения, требуется дополнительное количество (импорт) товара II, при этом товар I может экспортироваться. Если ресурс фактора K увеличится, изменится множество производственных возможностей и выпуск расширится: продукта II – существенно, а продукта I – сравнительно немного. Новая точка спроса будет находиться на более высокой линии уровня полезности, что соответствует более высокому потреблению обоих товаров.

Можно показать, что точки спроса и предложения сближаются и, следовательно, при растущем спросе на товар II его нехватка сокращается (Багриновский, Никонова, 2006). Спрос на товар I также увеличивается, но предложение увеличивается незначительно или уменьшается, поэтому экспортные возможности сокращаются. Опережающий рост одного из факторов вызывает, во-первых, рост выпуска того товара, где он интенсивно используется; во-вторых, при условии неизменных цен на товары сокращение выпуска в других секторах, так как сектор, в котором наиболее интенсивно используется подешевевший фактор производства, перетягивает к себе все мобильные факторы, включая рабочую силу (эффект “рыночной тяги”). Изменение структуры выпуска продукции вызывает изменение спроса на производственные факторы. В краткосрочном периоде, пока персонал, оборудование и другие факторы заняты в прежних производственных процессах, рынки факторов находятся в неравновесном состоянии, поэтому те, кто может предложить какое-то количество фактора, пользующегося повышенным спросом, выигрывают. В общем случае выигрывают те, кто связан с развивающимися рынками; убыточны те сектора, где производство сокращается.

На основе предложенных моделей можно строить механизмы инновационной реорганизации производства и эффективного стимулирования прогрессивных технологических изменений (рис. 3).

Процесс инновационной трансформации на основе разработанных моделей предполагает идентифицировать и сравнить атрибуты нескольких вариантов изменений:

- наличие и уровень потенциальных возможностей объекта для реализации того или иного варианта модернизации производства, в том числе свойств его структурной устойчивости;
- основания и условия поисков идеи нового продукта или новой технологии;
- ожидаемые результаты нововведений для предприятия, рынка, экономики в целом;
- результаты прошлых стратегий технологических изменений;
- проблемы и ограничения для реализации варианта инновационных изменений.

Принципы механизма целенаправленного стимулирования нововведений базируются на представлении о ведущей роли потребителей инноваций на рынке товаров и технологий,



Рис. 3. Схема организационно-экономического механизма технологической модернизации

формирующих инновационный спрос. Предприятие в рамках своей инновационной стратегии формулирует требования к технико-экономическим характеристикам производственных способов, обеспечивающих повышение эффективности производства и определенные конкурентные преимущества, важнейшими из которых являются цена и качество продукции, а они, в свою очередь, предъявляют требования к количеству и качеству производственных ресурсов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ингрессивные методы трансформации производственной системы на основе перехода к новым технологиям стимулируют инновационный процесс на корпоративном уровне, постепенно распространяют его на смежные виды деятельности, способствуют выбору лучших рычагов управления и одновременно с этим шаг за шагом преобразуют среду функционирования экономических объектов. Технологические инициативы на микроуровне выступают драйвером преобразования целостной системы. Корпорация становится исходным пунктом инновационного процесса и основным агентом активизации научно-технического прогресса и формирования соответствующей среды.

Вместе с этим в условиях несовершенства рыночных механизмов, неразвитости конкурентной среды, дефектов распределительных механизмов, недостаточности мотиваций к нововведениям в России инновационный спрос складывается чрезвычайно медленно, и предприятия, и корпорации по многим причинам пока не выступают в качестве инициатора технологической модернизации производства. Кроме того, существенным ограничением подобного класса моделей является предположение, что исследуется экономика с конкурентными рынками и все экономические единицы пользуются равновесными ценами (Интрилигатор, 1975, с. 293). Поэтому существенная роль в процессе стимулирования обновления технологий должна принадлежать особым посредническим структурам – специальным организациям, в основные функции которых входит, с одной стороны, мониторинг и аккумулирование информации с целью оценки величины потребности в ресурсах и новых технологиях (со стороны потенциальных потребителей инноваций), с другой стороны, оценка количества и качества ресурсных возможностей системы и потенциала НИОКР, осуществляемых внешними исследовательскими организациями и научными центрами, а также возможности покупки нужных ресурсов и технологий за рубежом. Регулирующая подсистема, например государственная организация, используя различные косвенные меры воздействия на цены, исполняет роль координатора между ключевыми игроками: разработчиками новых технологий, поставщиками ресурсов и комплектующих, производителями и потребителями новых или усовершенствованных продуктов и технологий.

Роль координатора, осуществляющего мероприятия системной поддержки и согласования технологических, экономических и функциональных изменений, сводится к решению комплекса задач:

- анализ (мониторинг) сферы инновационной деятельности и высокотехнологичного производства: выявление наиболее перспективных технологических направлений, прогноз потенциальных перспективных рынков и возможных инвестиций в эти направления;
- оценка реализуемости каждого варианта нововведений и оценка его ожидаемой эффективности при помощи специальных моделей и инструментов (к примеру, предложенных в работе (Виленский и др., 2008)) на основе анализа потребителей, цен, производительности, управляющих параметров, ресурсного обеспечения;
- формирование пакета вариантов технологических и организационных решений, претендующих на включение в программы стимулирования инновационных процессов;
- разработка комплекса программ, прямых и косвенных экономических и институциональных мер поддержки инновационных стратегий производственных звеньев.

Исследование и моделирование процессов перехода предприятий к новым технологиям предполагает развитие итеративных процедур формирования технологической стратегии производственного объекта, в результате которых происходит согласование проектируемых изменений в рамках организационно-экономического механизма модернизации системы в целом.

Смещение акцента в сторону интеллектуальной составляющей общественного развития определяет предметную область дальнейших исследований. Представляется, что развитие и распространение новых технологий будет все более связано с организацией производства, управле-

нием, маркетингом и другими сферами деятельности, где решающую роль играет человек, его профессиональные и иные способности. Ввиду возрастающей значимости вклада человеческих факторов в развитие экономики и общества интересно проанализировать влияние расширения участия этих факторов на выбор траектории движения локальной системы и повышение общесистемной устойчивости. Также важно исследовать роль государственного участия в процессе перехода производственной системы к новым технологиям. В частности, это представляется одним из перспективных направлений дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акофф Р.Л.** (1972). Планирование в больших экономических системах. М.: Советское радио.
- Багриновский К.А.** (1995). Ценовые методы стимулирования новых технологий // *Экономика и математические методы*. Т. 31. № 4. С. 96–104.
- Багриновский К.А., Бендиков М.А., Никонова А.А.** (2005). Роль структурной устойчивости производственной системы в оценке эффективности новой технологии. В сб.: *“Модели и методы прогнозирования деятельности предприятий и отраслей народного хозяйства”*. Вып. 2. М.: ЦЭМИ РАН.
- Багриновский К.А., Никонова А.А.** (2006). Системные методы стимулирования перехода предприятий к новым технологиям. В сб.: *“Теория и практика эффективного функционирования российских предприятий”*. Вып. 3. М.: ЦЭМИ РАН.
- Бендиков М.А., Фролов И.Э.** (2007). Высокотехнологичный сектор промышленности России: состояние, тенденции, механизмы инновационного развития. М.: Наука.
- Бергаланфи Л. фон** (1969). Общая теория систем – критический обзор. В сб.: *“Исследования по общей теории систем: Сборник переводов”*. М.: Прогресс.
- Блауберг И.В., Садовский В.Н., Юдин Э.Г.** (1969). Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. М.: Знание.
- Варшавский А.Е.** (2006). Проблема развития инновационной системы России // *Концепции*. № 1 (17). С. 12–31.
- Варшавский А.Е.** (2007). Стратегические проблемы развития высоких технологий в России. В кн.: *“Россия в глобализирующемся мире: модернизация российской экономики”*. Под ред. Д.С. Львова, Г.Б. Клейнера. М.: Наука.
- Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А.** (2008). Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика. М.: Дело.
- Гаврилец Ю.Н.** (2009). К синтезу теории систем и кибернетики в экономике. М.: МАОН.
- Голиченко О.Г.** (2006). Инновационная система России: состояние и пути развития. Серия “Экономическая наука современной России”. М.: Наука.
- Голиченко О.Г.** (2011). Основные факторы развития национальной инновационной системы: уроки для России. М.: Наука, ЦЭМИ РАН.
- Деловая активность организаций в феврале 2015 г. (2015). [Электронный ресурс] Росстат. Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/free/B04_03/IssWWW.exe/Stg/d05/33.htm, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: июль 2015 г.).
- Инвестиции в России 2013. Статистический сборник (2013). [Электронный ресурс] М.: Росстат. Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b13_56/Main.htm, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: июль 2015 г.).
- Инвестиционная активность организаций. (2014). [Электронный ресурс] М.: Росстат. Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/investment/nonfinancial/, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: июль 2015 г.).
- Интрилигатор М.** (1975). Методы оптимизации и экономическая теория. М.: Прогресс.
- Клейнер Г.Б.** (2008). Стратегия предприятия. М.: Дело.
- Клейнер Г.Б.** (2011). Новая теория экономических систем и ее приложения // *Вестник РАН*. Т. 81. № 9. С. 794–809.
- Корнаи Я.** (2002). Системная парадигма // *Вопросы экономики*. № 4. С. 4–22.
- Макаров В.Л., Варшавский А.Е.** (рук. авт. колл.) (2001). Наука и высокие технологии России на рубеже третьего тысячелетия. М.: Наука.
- Никонова А.А.** (2009). Стратегический анализ условий и перспектив развития высокотехнологичных предприятий. В сб.: *“Модели и методы инновационной экономики”*. Под ред. К.А. Багриновского, Е.Ю. Хрусталева. М.: МАОН.

- Никонова А.А.** (2010). Стратегия финансово-экономической устойчивости предприятия // *Обозрение прикладной и промышленной математики*. Т. 17. Вып. 3. С. 445–447.
- Райченко А.В.** (2003). Прикладная организация. Теория и практика менеджмента. СПб.: Питер.
- Салмон Р.** (2004). Будущее менеджмента. СПб.: Питер.
- Тренев Н.Н.** (2000). Стратегическое управление. М.: Приор.
- Тренев Н.Н.** (2001). Методология стратегического управления предприятием на основе самоорганизации // *Аудит и финансовый анализ*. № 4.
- INSEAD (2010). The Global Innovation Index 2009–2010. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/GII-2009-2010-Report.pdf>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: июль 2015 г.).
- INSEAD (2012). The Global Innovation Index 2012. Stronger Innovation Linkages for Global Growth. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/GII-2012-Report.pdf>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: июль 2015 г.).
- INSEAD (2014). The Global Innovation Index 2014. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII-2014-v5.pdf>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: июль 2015 г.).
- INSEAD (2015). The Global Innovation Index 2015. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.globalinnovationindex.org/content/page/gii-full-report-2015/>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: сентябрь 2015 г.).
- Leontief W.W.** (1966). Input and Output Economics. N.Y.: Oxford University Press.
- Rybczynski T.M.** (1955). Factor Endowment and Relative Commodity Prices // *Economica, New Series*. Vol. 22. No. 88. P. 336–341.
- Stolper W.F., Samuelson P.A.** (1941). Protection and Real Wages // *Review of Economic Studies*. Vol. 9. No. 1. P. 58–73.

REFERENCES (with English translation or transliteration)

- Ackoff R.L.** (1972). A Concept of Corporate Planning. M.: Sovetskoe Radio (in Russian).
- Bagrinovsky K.A.** (1995). Price-Oriented Methods for Stimulation New Technologies. *Economics and Mathematical Methods* 31, 4, 96–104 (in Russian).
- Bagrinovsky K.A., Bendikov M.A., Nikonova A.A.** (2005). The Role of Structural Stability of the Production System in Evaluation of Effectiveness of the New Technology. In: “*Models and Methods of Activity Forecasting for Enterprises and Industries*”. No. 2. Moscow: CEMI RAS (in Russian).
- Bagrinovsky K.A., Nikonova A.A.** (2006). Systemic Incentives for Enterprise Transition to New Technologies. In: “*Theory and Practice of Effective Functioning of Russian Enterprises*”. No. 3. Moscow: CEMI RAS (in Russian).
- Bendikov M.A., Frolov I.E.** (2007). High-Tech Industry in Russia: the State, Trends, Mechanisms for Technological Development. Moscow: Nauka (in Russian).
- Bertalanffy L. von** (1969). General System Theory – A Critical Review. *Research on the General System Theory: Volume of Translated Studies*. V.N. Sadovsky, E.G. Udin (eds.) Moscow: Progress (in Russian).
- Business Activity of Organizations in February 2015 (2015). Federal Service of State Statistics. Available at: http://www.gks.ru/bgd/free/B04_03/IssWWW.exe/Stg/d05/33.htm (accessed: July 2015) (in Russian).
- Blauberg I.V., Sadovsky V.N., Udin E.G.** (1969). The System Approach: the Prerequisites, the Problems, the Difficulties. Moscow: Znanie (in Russian).
- Gavrillets U.N.** (2009). To the Synthesis of the System Theory and Cybernetics in the Economy. Moscow: MAON (in Russian).
- Golichenko O.G.** (2006). National Innovation System of Russia: Condition and the Ways of Development. Moscow: Nauka (in Russian).
- Golichenko O.G.** (2011). The Basic Factors for Development of the National Innovation System: Central Economics and Mathematics Institute of Russian Academy of Science. Moscow: Nauka (in Russian).
- INSEAD (2010). The Global Innovation Index 2009–10. Available at: <http://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/GII-2009-2010-Report.pdf> (accessed: July 2015).
- INSEAD (2012). The Global Innovation Index 2012. Stronger Innovation Linkages for Global Growth. Available at: <http://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/GII-2012-Report.pdf> (accessed: July 2015).
- INSEAD (2014). The Global Innovation Index 2014. Available at: <http://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII-2014-v5.pdf> (accessed: July 2015).
- INSEAD (2015). The Global Innovation Index 2015. Available at: <http://www.globalinnovationindex.org/content/page/gii-full-report-2015/> (accessed: September 2015).

- Intriligator M.** (1975). *Mathematical Optimization and Economic Theory*. Moscow: Progress (in Russian).
- Investment Activity of Organizations (2014). Moscow: Rosstat. Available at: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/investment/nonfinancial/ (accessed: July 2015, in Russian).
- Investment in Russia 2013. *Statistic Yearbook* (2013). Moscow: Rosstat. Available at: http://www.gks.ru/bgd/regl/b13_56/Main.htm (accessed: July 2015, in Russian).
- Kleiner G.B.** (2008). *Enterprise Strategy*. Moscow: Delo (in Russian).
- Kleiner G.B.** (2011). New theory of Economic Systems and Its Application. *Westnik RAS* 81, 9, 794–809 (in Russian).
- Kornai Ya.** (2002). System Paradigm. *Issues of Economics* 4, 4–22 (in Russian).
- Leontief W.W.** (1966). *Input and Output Economics*. N.Y.: Oxford University Press.
- Makarov V.L., Varshavsky A.Ye.** (chef of auth. group) (2001). *The Science and Russian's High-Tech on the Boundary of the Third Millennium*. Moscow: Nauka (in Russian).
- Nikonova A.A.** (2009). Strategic Analysis of the Business Environment and Development Prospects for High-tech Enterprises. In: *“Models and Methods of Innovative economy”*. K.A. Bagrinovsky, Ye.U. Khrustalev (eds.). Moscow: MAON (in Russian).
- Nikonova A.A.** (2010). Economic and Financial Sustainability Strategy of the Enterprise. *Review of Applied and Industrial Mathematics* 17, 3, 445–447 (in Russian).
- Raychenko A.V.** (2003). *Applied Organization. Theory and Practice of Management*. SPb.: Piter (in Russian).
- Rybczynski T.M.** (1955). Factor Endowment and Relative Commodity Prices. *Economica, New Series* 22, 88, 336–341.
- Salmon R.** (2004). *The Future of Management. All Roads Lead to Man*. SPb.: Piter (in Russian).
- Stolper W.F., Samuelson P.A.** (1941). Protection and Real Wages. *Review of Economic Studies* 9, 1, 58–73.
- Trennev N.N.** (2000). *Strategic Management*. Moscow: Prior (in Russian).
- Trennev N.N.** (2001). Methodology of Strategic Enterprise Management on the Base of Self-Organization. *Audit and Financial Analysis* 4 (in Russian).
- Varshavsky A.Ye.** (2006). The Problems of Innovation System Development in Russia. *Concepts* 17(5), 12–31 (in Russian).
- Varshavsky A.Ye.** (2007). Strategic Problems of High Technology Development in Russia. In: *“Russia in Globalizing World: Modernization of Russian Economy”*. D.C. Lvov, G.B. Kleiner (eds.). Moscow: Nauka (in Russian).
- Vilenskiy P.L., Livchits V.N., Smolyak S.A.** (2008). Estimation of Effectiveness of Investment Projects: Theory and Practice. Moscow: Delo (in Russian).

Methods of Technological Transformation in Productive System

K.A. Bagrinovsky, A.A. Nikonova, N.A. Sokolov

Some adaptive approach to the management of technology modernization is proposed on micro-economic and mezeoeconomic level. The mechanism is realized with the special methods and models, aimed to determining the best productive technologies and governance driving influences to shift the productive system to the new technologies in accordance with its internal specialties and the overall system resource's restrictions. There is specificity in the key characteristics identified for productive system that affect mobility and adaptability. The opportunities for including some special structures and relationships in the economic system are discussed which will be able to contribute to harmonize the interests of economic agents, for example, in the framework both of formation of an appropriate corporate culture and of appropriate support from the macro-regulator. The set of economic-mathematical models of technological change is presented in the general scheme of technological transformation of productive system. Description follows with illustration for basic models both of formation of upgrade options; choice of new technologies and choice of management tools and incentive measures, taking into account some resource and price restrictions. Creation and approbation of the organizational and economic mechanisms to change technology and business environment are based on iterative procedures for mutual settings with different input parameters of productive system and its environment. So the decisions made in variable environment with the help of the new technology introduction mode suggested in such scheme will be in balance with essential technological and economic parameters.

Keywords: productive technology, productive factors (labor, capital), resource input, output, price, demand, supply, innovation, driving influences.

JEL Classification: C61, D24, O14.