

Ключевые слова:

федеральная целевая программа,
национальная инновационная система,
инновационный процесс,
метод регулирования,
индикаторы Программы

А. Ю. Снегирев, главный специалист-эксперт
Департамента международной интеграции
Минобрнауки России,
аспирант кафедры «Государственное
и муниципальное управление»
Академии бюджета и казначейства Минфина России
(e-mail: snegirev-ay@mon.gov.ru)

Факторный анализ индикаторов взаимодействия научного и промышленного секторов НИС

Одной из важнейших задач сферы экономики и практики государственного управления экономическими процессами в России является переход к «инновационной модели экономического роста»¹. Для осуществления такого перехода в стране должна быть сформирована национальная инновационная система (далее — НИС).

Под НИС понимается совокупность организаций, выполняющих функции, необходимые для успешного протекания инновационного процесса, такие как: получение новых знаний и разработка технологий, обладающих внедренческим потенциалом (научные организации); внедрение разработанных технологий и производство на их основе высокотехнологичной продукции (производственные организации), обеспечение функционирования системы (инфраструктурные организации), а также связи, возникающие между ними. Успешную инновационную деятельность обеспечивает грамотная увязка и координация выполнения всех этих функций. Наличие такой координации выражается в продуктивности структурных связей НИС (т. е. связей между разными организациями системы). От связи между научными и промышленными организациями зависит интенсивность протекания инновационного процесса в промышленном секторе экономики. Проблема государственного регулирования взаимодействия данных организаций имеет, таким образом, важнейшее значение для успешного решения задачи перехода к инновационной модели экономического развития России.

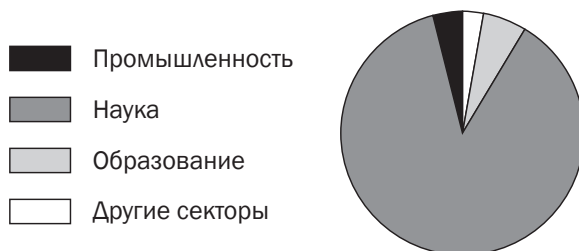
¹ Стратегический ориентир, установленный Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации № 1667-р от 17 ноября 2008 г.).

Основным средством регулирования таких связей является Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» (далее — Программа). В работе проведен анализ ее реализации, направленный на выявление и обоснование путей повышения эффективности взаимодействия научных и производственных организаций в рамках инновационных процессов.

Исследование характеристик связи научного и промышленного секторов НИС России было проведено путем сопоставления показателей входа (затрат) и выхода (результатов). Для сравнительной оценки масштабов исследовательского этапа инновационного процесса удобно использовать один из наиболее общих показателей входа, представленных в существующих статистических материалах, — валовые внутренние затраты на исследования и разработки (ВВЗ²). На рис. 1 показана структура этих затрат (в зависимости от сектора, в котором они были произведены) в России в 2008 г. Выделены научный и промышленный секторы НИС, отдельно — образовательные учреждения и другие типы организаций (куда включены организации сферы услуг, сельскохозяйственные организации и т. д.).

Рисунок 1

Структура валовых внутренних затрат на исследования и разработки в инновационной системе России в 2008 г.



Источник: данные стат. сб. «Наука России в цифрах. 2009».

Объем исследовательской деятельности (в форме затрат на ее проведение), ведущейся в рамках научного сектора НИС, более чем в 20 раз превышает объем подобной деятельности в промышленном секторе. Похожую оценку можно получить, используя другой обобщенный показатель — количество организаций того или иного сектора НИС, выполняющих научно-исследовательские работы (НИР). В этом случае разница также весьма значительна: количество организаций указанной категории в научном секторе больше в 10 раз³, таким образом, средний размер внутренних затрат на исследования и разработки на одну организацию этого сектора приблизительно в 2,5 раза выше, чем на одну организацию сектора промышленного.

Учитывая приведенные выше данные, следует заметить, что исследовательский этап инновационного процесса протекает преимущественно в рамках научного сектора НИС. Следовательно, от характера связи между секторами НИС зависит обеспеченность промышленных предприятий коммерчески перспективными технологиями, подлежащими производственному внедрению. Покажем, в какой мере результаты научного сектора задействованы на внедренческом этапе инновационного процесса

² ВВЗ — обобщенный статистический показатель масштабов научных исследований и разработок, определяемый на национальном уровне и включающий текущие и капитальные затраты на исследования и разработки, осуществленные на территории той или иной страны (в т. ч. затраты из зарубежных источников).

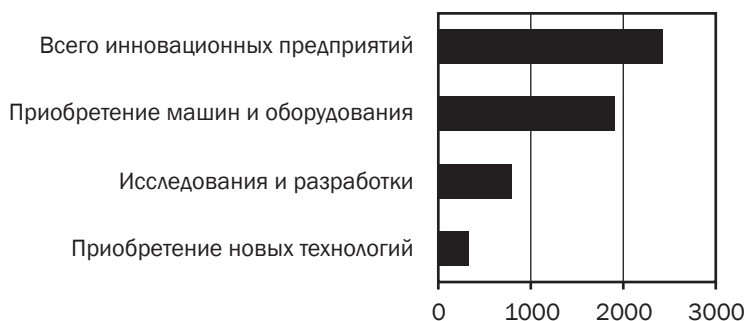
³ Рассчитано автором по данным стат. сб. «Наука России в цифрах. 2009». — М.: ЦИСН, 2009.

в промышленности. Для этого воспользуемся данными о распределении численности промышленных предприятий по типу инновационной активности (рис. 2). В существующих статистических материалах различают три типа инновационной активности предприятий:

- приобретение машин и оборудования, т. е. участие в распространении результатов инновационной деятельности других организаций;
- самостоятельное проведение исследований и разработок;
- приобретение новых технологий — промышленное внедрение результатов исследовательского этапа инновационного процесса.

Рисунок 2

Распределение инновационных промышленных предприятий по типу инновационной активности в 2009 г., ед.



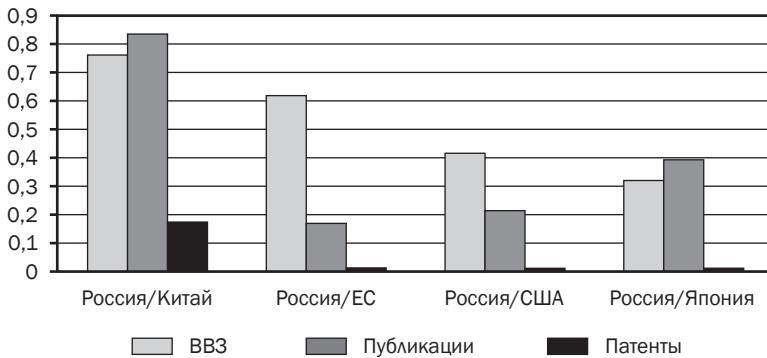
Источник: данные стат. сб. «Наука России в цифрах. 2009».

Заметим, что количество внедренных в производство разработок научного сектора в два раза меньше, чем собственных разработок промышленных организаций (оценка получена путем сравнения числа промышленных организаций, самостоятельно выполняющих исследования и разработки, и таких же организаций, внедряющих приобретенные технологии).

Существенная сторона вопроса интенсификации кооперации научных организаций и промышленных предприятий — продуктивность деятельности научного сектора НИС с точки зрения перехода результатов на внедренческий этап инновационного процесса. Рассмотрим уровень результативности выполнения научным сектором НИС своей функции в инновационном процессе. Под результативностью в данном случае понимается уровень влияния исследовательской деятельности на характер промышленного производства, который выражается во внедрении полученных в рамках научного сектора результатов (в первую очередь разработанных технологий) в процесс промышленного производства. В качестве показателя результативности можно использовать отношение количества результатов научного сектора, нашедших применение в промышленном секторе, к общему числу результатов этого сектора.

Имеющиеся статистические материалы являются преимущественно косвенными показателями масштаба внедрения исследовательских результатов научного сектора. Для выполнения оценки мы используем показатели публикационной и патентной активности организаций научного сектора, которые отражают формирование и движение результатов его деятельности от исследовательского этапа инновационного процесса к внедренческому. Сравнение значений отечественных показателей с аналогичными показателями других НИС (например НИС развитых стран) используется для анализа интенсивности этого перехода. Для устранения влияния размеров экономики и НИС на сравнение нормируем ВВЗ на величину валового внутреннего продукта (рис. 3).

Отношение затрат и результатов научного сектора инновационной системы России в сравнении с показателями других стран



Источник: Информационно-аналитический бюллетень Центра исследований и статистики науки. – 2010. – № 1.

Как показывает сопоставление с данными разных стран, отечественный научный сектор значительно менее результативен, чем научные секторы ЕС и США, а также, частично (по патентной активности), Японии и Китая. Низкая патентная результативность отражает менее интенсивное движение новых технологий из научного сектора в промышленный, характерное для инновационной системы России.

Таким образом, на сегодняшний день взаимодействие научного и промышленного секторов НИС нашей страны происходит недостаточно интенсивно. Исследовательская деятельность научного сектора менее эффективна по сравнению с промышленным с точки зрения внедрения полученных результатов, в то время как задействованные в нем бюджетные ресурсы значительно больше. Из этого вытекает необходимость оказания регулирующего воздействия, направленного на интенсификацию взаимодействия данных секторов НИС и повышение результативности исследовательской деятельности организаций научного сектора. Как уже было отмечено, основным инструментом в этом процессе является Программа⁴, от совершенства механизма реализации которой зависит успешность решения указанных проблем НИС.

Регулирование выполнения исследовательской функции НИС осуществляется в рамках первых двух блоков мероприятий Программы, в которых финансируются проекты двух типов: проблемно-ориентированные поисковые исследования (мероприятия первого блока Программы «**Генерация знаний**») и комплексные проекты по разработке конкурентоспособных технологий, предназначенных для последующей коммерциализации (мероприятия второго блока «**Разработка технологий**»). Реализация этих проектов ориентирована на обеспечение промышленных организаций технологиями, разработанными на исследовательском этапе инновационного процесса. Ниже будут рассмотрены эмпирические данные по мониторингу выполнения Программы, чтобы выявить пути повышения эффективности управления ее реализацией.

Нас интересуют факторы, влияющие на изменение состояния объектов управления. Выявление этих факторов позволит формировать результативное управленческое воздействие на объект. Для этого рассмотрим взаимосвязь между индикаторами блоков Программы, исходя из предположения о том, что наличие взаимосвязи между двумя (или, возможно, большим количеством) индикаторами определяется их зависимостью

⁴ О роли Программы в системе регулирования инновационного развития промышленности России см.: Снегирев А. Ю. Особенности использования ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям научно-технологического развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» в регулировании инновационного развития промышленности России // Инновации. – 2009. – № 12 (134).

от некоторого общего для них фактора. В качестве показателя взаимосвязи индикаторов используем коэффициент парной корреляции. Величина коэффициента r является функцией каких-либо двух индикаторов и рассчитывается при помощи следующей формулы:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}},$$

где x и y – индикаторы блоков Программы.

В условных обозначениях индикаторов первая цифра означает блок мероприятий Программы, а вторая используется для обозначения порядкового номера индикатора (в табл. 1 представлены суммарные расчеты по всем приоритетным направлениям Программы). Индикаторы первого блока (И1) мероприятий Программы: п.1 – доля завершённых НИР, перешедших в опытно-конструкторские работы (ОКР); п.2 – число публикаций в ведущих научных журналах; п.3 – число патентов; п.4 – число диссертаций. Индикаторы второго блока (И2): п.1 – число разработанных технологий, соответствующих мировому уровню; п.2 – доля завершённых проектов, перешедших в стадию коммерциализации; п.3 – число патентов, п.4 – численность молодых специалистов, участвующих в исследованиях; п.5 – число диссертаций; п.6 – число публикаций. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Взаимосвязь индикаторов (парные коэффициенты корреляции) блоков «Генерация знаний» и «Разработка технологий» Программы

	И1.н.1	И1.н.2	И1.н.3	И1.н.4	И2.н.1	И2.н.2	И2.н.3	И2.н.4	И2.н.5	И2.н.6
И1.н.1	1,00									
И1.н.2	0,19	1,00								
И1.н.3	0,45	0,88	1,00							
И1.н.4	0,39	0,94	0,97	1,00						
И2.н.1	0,31	0,15	0,41	0,39	1,00					
И2.н.2	0,40	0,18	0,46	0,45	0,94	1,00				
И2.н.3	0,34	0,23	0,48	0,47	0,98	0,89	1,00			
И2.н.4	0,26	0,30	0,45	0,45	0,86	0,69	0,92	1,00		
И2.н.5	0,43	0,37	0,59	0,59	0,90	0,90	0,92	0,87	1,00	
И2.н.6	0,35	0,48	0,66	0,67	0,88	0,90	0,86	0,78	0,95	1,00

Рассчитано автором на основе стандартизированных значений индикаторов Программы.

В таблице показана матрица парных коэффициентов корреляции индикаторов. Это симметричная матрица (значения коэффициентов, расположенных над главной диагональю, совпадают со значениями коэффициентов, расположенных под ней). Поэтому она представлена в форме треугольника внизу под главной диагональю.

Обратим внимание на высокие показатели взаимосвязи индикаторов, выделенные серым цветом и разделяющие таблицу на два сектора. Первый сектор отражает сильную взаимосвязь между индикаторами первого блока и слабую взаимосвязь между индикаторами первого и второго блоков, а второй сектор – сильную взаимосвязь между индикаторами второго блока и слабую взаимосвязь индикаторов второго и первого блоков. Чтобы определить, является ли это наблюдение показателем того, что результативность мероприятий первого и второго блоков Программы зависит

от разных факторов или мероприятия и первого, и второго блоков зависят от одного и того же фактора (ряда факторов), мы воспользуемся средствами факторного анализа. Таким образом, можно сформулировать гипотезу о зависимости индикаторов реализации мероприятий и первого, и второго блоков Программы от количества осуществляемых в анализируемый период контрактов. В этом случае неявно предполагается, что индикаторы достигаются исполнителями автоматически, т. е. не зависят от объективных результатов того или иного проекта, а определяются фактом заключения контракта с исполнителем проекта.

Использование методологии факторного анализа позволяет установить зависимость между наблюдаемыми переменными (в нашем случае — индикаторами) и ненаблюдаемыми — факторами⁵, от которых зависят индикаторы. Кроме того, применение факторного анализа позволяет оценить количество значимых для индикаторов факторов. Для выявления их числа и определения факторных нагрузок воспользуемся приведенной выше матрицей парных коэффициентов корреляции. Результаты расчетов представлены в табл. 2, где показаны два фактора (линейные комбинации индикаторов), выявленные при помощи метода главных компонент.

Таблица 2

Общие факторы и факторные нагрузки индикаторов Программы

	Фактор 1	Фактор 2
I1.n.1	0,33	0,36
I1.n.2	0,05	0,97
I1.n.3	0,32	0,93
I1.n.4	0,30	0,95
I2.n.1	0,98	0,10
I2.n.2	0,92	0,17
I2.n.3	0,96	0,18
I2.n.4	0,87	0,20
I2.n.5	0,92	0,34
I2.n.6	0,86	0,43

Существует два разных фактора, определяющих значения индикаторов. Заметим, что фактор 2 оказывает сильное влияние на индикаторы блока «Генерация знаний», а фактор 1 — на индикаторы блока «Разработка технологий». Этот результат уточняет специфику взаимосвязи индикаторов Программы, показанную выше посредством расчета корреляционной матрицы индикаторов.

В статистических материалах по реализации Программы представлены данные по следующим переменным:

- количество заявок на формирование конкурсной тематики, количество объявленных конкурсных лотов;
- количество заявок, поданных на право быть исполнителем государственного контракта по тому или иному лоту;
- количество государственных контрактов, заключенных по итогам проведенного конкурса;
- объем финансирования заключенных государственных контрактов. Данные по этим переменным собраны для всех критических технологий (перечень таких технологий, приоритетных для научно-технологического и социально-экономического развития страны, утверждается Президентом Российской Федерации), по которым проводятся проекты и комплексные проекты в рамках мероприятий Программы.

⁵ Каждая наблюдаемая переменная или фактор (y) представляется как линейная функция некоторого количества ненаблюдаемых переменных ($x_1 \dots x_n$): $y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$. Коэффициенты $a_1 \dots a_n$ называются факторными нагрузками.

Для исследования поведения индикаторов первого и второго блоков Программы мы будем использовать одну простую (т. е. непосредственно представленную в статистических массивах) наблюдаемую переменную — **количество государственных контрактов, заключенных с организацией-исполнителем** по той или иной критической технологии. И две расчетных переменных (определяемые на основе ряда наблюдаемых переменных) — **объем бюджетного финансирования** одного проекта и **конкурс**, имевший место при заключении государственных контрактов по какой-либо критической технологии. В рамках той или иной критической технологии переменная «объем бюджетного финансирования одного контракта» — это отношение общего объема бюджетного финансирования к количеству заключенных государственных контрактов; а переменная «конкурс» — количество поданных заявок, приходящееся на один заключенный государственный контракт. Мы одновременно используем эти три переменные для проверки гипотезы, сформулированной выше.

Для каждого из пяти приоритетных направлений Программы нами рассчитана корреляционная матрица, отражающая зависимости между индикаторами мероприятий первого и второго блоков, реализуемых по данному приоритетному направлению, и тремя наблюдаемыми переменными, упомянутыми выше (пример такой матрицы для приоритетного направления «Энергетика и энергосбережение» представлен в табл. 3. В ней использованы следующие условные обозначения: И1.6.1 — доля завершённых научно-исследовательских работ, перешедших в стадию опытно-конструкторских; И1.6.2 — число публикаций в ведущих научных журналах; И1.6.3 — число патентов; И1.6.4 — число защищенных диссертаций на соискание научных степеней; ЦИ1 — объем производства новой и усовершенствованной высокотехнологичной продукции за счет коммерциализации созданных передовых технологий; ЦИ2 — объем экспорта высокотехнологичной продукции).

Таблица 3

Корреляционная матрица индикаторов мероприятий Программы по приоритетному направлению «Энергетика и энергосбережение» и переменных, отражающих условия реализации мероприятий

	Мероприятие 1.6				Мероприятие 2.6		
	И1.6.2	И1.6.3	И1.6.4	И1.6.1	ЦИ1	ЦИ2	И2.6.1
Количество контрактов	0,81	0,84	0,90	0,77	0,98	-0,40	0,71
Финансирование одного контракта	0,28	0,29	0,43	-0,05	-0,66	-0,23	-0,27
Конкурс	-0,15	-0,21	-0,11	0,08	-0,70	0,58	-0,66

Взаимосвязь индикаторов мероприятия 1.6 с наблюдаемыми переменными носит однотипный характер: все четыре индикатора имеют тесную положительную связь с количеством государственных контрактов, заключенных по рассматриваемому мероприятию Программы, и слабую — с объемом финансирования одного заключенного в рамках Программы контракта и конкурсом (т. е. количеством организаций, претендовавших на исполнение контракта в ходе проведения конкурса).

Таким образом, варьирование объема финансирования проекта не является эффективным средством управленческого воздействия на его результативность. Жесткость конкуренции при определении исполнителей также не является значимым фактором, т. е. результативность проекта не зависит от сформированного исполнителем научного потенциала. В то же время все индикаторы демонстрируют весьма тесную связь с количеством заключенных контрактов: заключение каждого дополнительно предполагает увеличение значений всех четырех индикаторов. Таким образом, изменение индикаторов происходит автоматически — они меняются в соответствии с динамикой заключения государственных контрактов на исполнение проектов.

Изложенные выше результаты показывают, что действующая в настоящее время система мониторинга реализации мероприятий первого блока Программы не позволяет осуществлять адекватную оценку их результативности. Плановые значения индикаторов выполняются исполнителем того или иного проекта независимо от его действительного научного потенциала и ресурсной обеспеченности.

Для получения достоверной оценки результативности осуществления проектов в рамках рассматриваемых мероприятий необходимо выбирать такие индикаторы, которые дают независимое представление о результатах проекта. Специфика мероприятий первого блока Программы (создание научного задела для разработки конкурентоспособных технологий, подлежащих промышленному внедрению) затрудняет применение индикаторов, отражающих рыночный успех результатов проекта (и, следовательно, имеющих объективный по отношению к позиции исполнителя проекта характер).

Тем не менее использовать индикаторы подобного, объективного типа можно — в форме обязательств исполнителя по доведению результатов выполненных поисковых исследований до практических разработок и внедрению последних в промышленное производство. Ими могут быть:

- количество технологий, которые планируется разработать на базе полученных исследовательских результатов;
- прогнозируемый объем реализации высокотехнологичной продукции, выпущенной вследствие внедрения разработанных технологий;
- прогнозируемый период разработки технологий и их промышленного внедрения.

Применение таких индикаторов предполагает отслеживание деятельности, осуществляемой исполнителем по проекту после прекращения его бюджетного финансирования. Это позволит не только получить более достоверные сведения о результатах профинансированного проекта для развития инновационных процессов в НИС, но и собрать эмпирический материал для анализа объективности представляемых исполнителем данных об индикаторах и результатах выполнения проекта, провести на их основе исследование особенностей поведения исполнителей в рамках мероприятий первого блока Программы. Кроме того, использование предложенных индикаторов в системе мониторинга выполнения проектов будет способствовать повышению инициативы исполнителей по доведению результатов исследований до этапа промышленного использования, т. е. окажет положительное влияние на эффективность связи «наука — производство».

Библиография

1. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1667-р. Собрание законодательства РФ, 24.11.2008, № 47.
2. Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы». Собрание законодательства РФ, 30.10.2006, № 44, ст. 4589.
3. Концептуальные проблемы рыночной трансформации в России / Сб. статей под ред. Р. Н. Евстигнеева. — М.: ИЭ РАН, 2009. — 347 с.
4. Lundvall, B.-A. National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. — London: Printer Publishers, 1992. — 407 p.
5. Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data. — Paris: OECD Publishing, 2005. — 382 p.
6. Наука России в цифрах. 2009 / Стат. сб. — М.: ЦИСН, 2009.