



России: учеб. пособие. -Майкоп: АГУ, 2015. -284 с.

2. Оломская Е.В., Заболоцкая В.В., Петров Д. В. Режимы налогообложения субъектов малого предпринимательства в Российской Федерации - Москва//Экономика и предпринимательство. 2014. № 8 (49). С. 915-919.

3. Силина Т.А., Тхакушинова С.А. Об особенностях единого налога на вмененный доход для отдельных видов деятельности в Республике Адыгея//Экономика и управление в современных условиях: проблемы и перспективы: сб. науч. тр. по материалам II Всерос. заоч. науч.-практ. конф. - Майкоп: АГУ, 2015. -С. 297-304.

4. Тхакушинова С.А. ЕНВД для услуг общественного питания// Проблемы и перспективы социально-экономического развития регионов юга России: сб. науч. тр. материалам 2-ой Всерос. науч.-практ. конф. -Майкоп: АГУ, 2015. С. 121-126.

Статья отправлена: 03.04.2017 г.

© Силина Т.А. © Тхакушинова С.А.

ЦИТ: ua117-108

DOI: 10.21893/2415-7538.2016-05-1-108

УДК 005.591.6, 334.021

**Пахомова Е.А., Лычагина Т.А., Истомина С.В.  
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ  
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТРОЙСТВЕННОГО  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ «УНИВЕРСИТЕТ – ПРОИЗВОДСТВО –  
ГОСУДАРСТВО»**

*Государственный университет «Дубна»,  
Дубна, Университетская 19, 141980*

**Pakhomova E.A., Lychagina T.A., Istomina S.V.  
DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL TOOLS OF MODELING THE  
TRIPLE INTERACTION «UNIVERSITY – PRODUCTION – STATE»**

*Dubna State University  
Dubna Universitetskaya 19, 141980*

*Аннотация. Целью работы является создание математического инструментария на основе элементов теории поля для прогнозирования развития инновационной экономики региона. В данной работе проведено исследование перехода от структурированного определения эмпирической базы условий возникновения и развития тройственного взаимодействия «Университет–Производство–Государство» к детальному математическому выражению процессов взаимодействия.*

*Ключевые слова: модель тройной спирали Г. Ицковица, эмпирическая база, структурные и подструктурные единицы, инновационно-экономическое состояние региона; градиент, темп роста.*

*Abstract. The aim of this work is the creation of mathematical tools based on the elements of field theory to predict the development of innovation economy of the region. In this work we investigated the transition from the structured definition of*



*the empirical base conditions for the emergence and development of the triple interaction "University–Production–State" to the detailed mathematical expression of the processes of interaction.*

*Keywords: The Triple Helix model of H. Etzkowitz, empirical base, structural and substructural units, innovative and economic condition of the region, gradient, growth rate.*

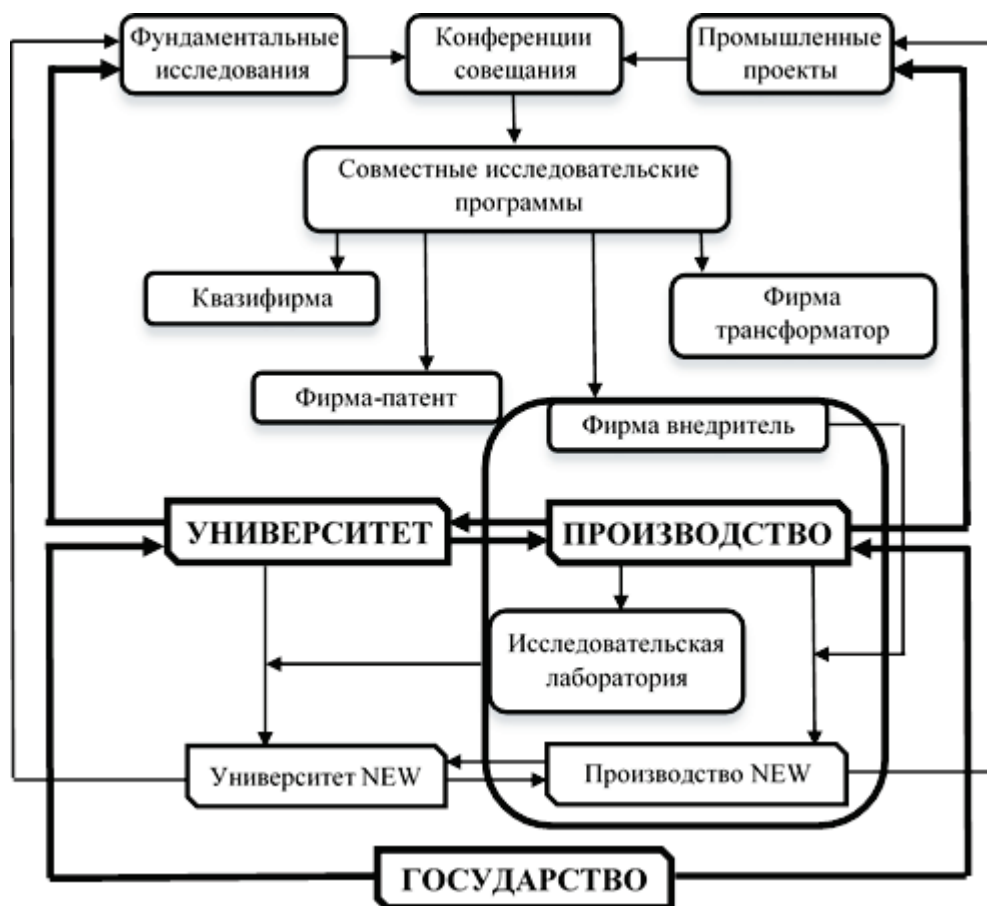
### **Введение**

Прогнозирование развития инновационной экономики особенно в долгосрочном периоде требует использования эволюционных теорий [1]. В свое время основоположник эволюционной экономики Й. Шумпетер задался вопросом о том, как совершаются изменения внутри экономической системы? Он пытался [2] разработать теоретическую модель экономического развития во времени или найти ответ на вопрос о том, как экономическая система производит ту силу, которая беспрестанно ее изменяет? Исследуя причины экономических изменений во времени он пришел к выводу, что постоянное изменение процессов в экономике вызвано возникновением новых инноваций, т.к. именно новый продукт, выпущенный фирмой, способен изменить ее конкурентоспособность, вывести в лидеры или привести к полному банкротству.

Очередным витком в развитии эволюционной экономики можно считать теорию тройственного взаимодействия Г. Ицковица [3]. Согласно концепции ТС после пересечения интересов участников взаимодействия «Университет – Производство – Государство» начинается взаимное сотрудничество, основанное на знаниях и расширении функций каждого участника. Результатом такого взаимодействия является образование новых участников и выпуск инноваций. Проведенный анализ эмпирической базы механизмов возникновения инноваций Г. Ицковица позволил выделить базовые структуры – Университет, Производство, Государство и подструктуры – промежуточные фирмы и проследить за их взаимодействием и образованием новых структур и подструктур. Разработанная схема взаимодействия подтверждает, что процесс развития по модели ТС может продолжаться до бесконечности [4].

Последователи Й. Шумпетера Р. Нельсон и С. Уинтер [5], применяя динамические модели развития, досконально изучили поведение фирмы, выпускающей инновации. Они определили, что для повышения своей конкурентоспособности фирма может открыть для себя новую технологию или начать выпуск новой инновации двумя способами – посредством проведения НИОКР для разработки новых технологий или путем заимствования новых технологий у других фирм [2].

Если обратиться к структурной схеме образного представления процесса развития тройственного взаимодействия (Рис.1), то решения Р. Нельсона и С. Уинтера составляют выделенную часть, определяя только производство. Но с развитием технологий произошло расширение понятий продукта и разработок, поэтому в процесс производства инноваций вовлечены все участники ТС.



**Рис. 1. Структурная схема образного представления процесса развития тройственного взаимодействия [6]**

В свое время Р. Нельсон и С. Уинтер проводили математическое моделирование процессов развития фирм с определением их конечного состояния – выходом в лидеры или банкротством. Однако, представив свою эмпирическую базу, Г. Ицковиц показал, как изменился мир за последнее время, появились новые более эффективные способы разработки и внедрения инноваций. Поэтому в данной работе мы попытаемся провести математическое моделирование процессов, взяв за основу примеры развития из эмпирической базы Г. Ицковица [3], которая в нашем понятии на данный момент содержит наиболее современное представление анализа и протекания процессов при выпуске инноваций.

### **Методика создания математического инструментария**

Нашей задачей на начальном этапе создания математической модели процессов от возникновения до выпуска инноваций является осуществление перехода от образного представления эмпирической базы Г. Ицковица к математическому описанию развития обозначенных в базе процессов на основе элементов теории поля.

Ранее были выявлены основные положения [6], согласно которым каждое из трех пространств было наделено сущностью и наполнено соответствующими параметрами (табл. 1).

Мы проводим переход от образного представления к математическому выражению путем количественного определения структурной схемы. Для этого

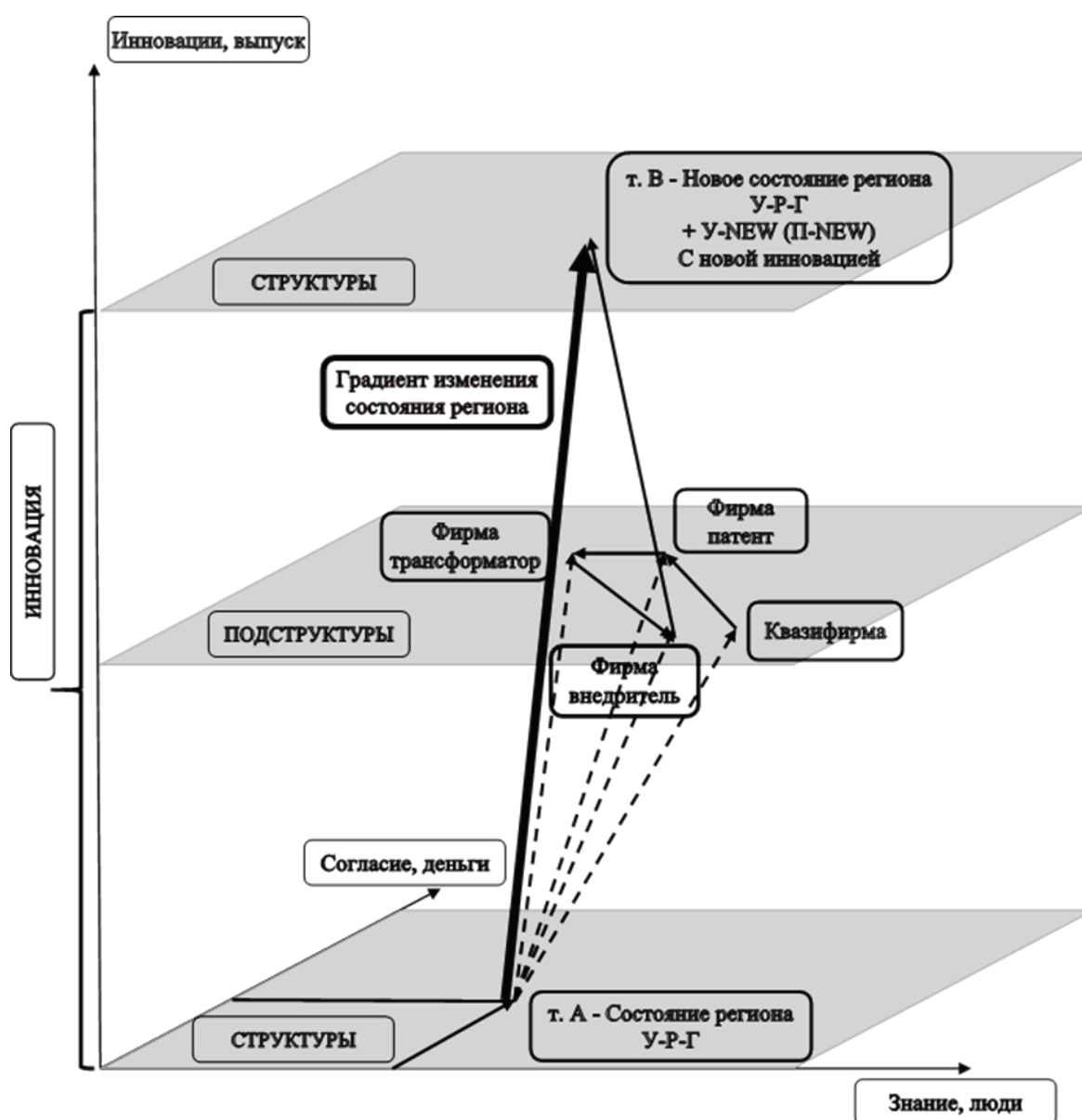


переведем схему взаимодействия структурных единиц в объемное 3D представление в координатных осях Знание – Согласие – Инновации (рис. 2).

Таблица 1

**Наполнение базовых структур параметрами**

	Пространство Знания Сущность Университета	Пространство Согласия Сущность Государства	Пространство Инноваций Сущность Производства
Параметры	1. Университеты и научные работники ( $S_{K1}$ ), 2. Количество патентов или разработанных инноваций ( $S_{K2}$ )	1. Денежные средства на разработку и внедрение инноваций ( $S_{A1}$ ), 2. Денежные средства, вырученные от реализации новых продуктов ( $S_{A2}$ )	1. Количество предприятий, выпускающих инновации ( $S_{I1}$ ), 2. Количество внедренных инноваций ( $S_{I2}$ )



**Рис. 2. Объемный 3D вид структурной схемы образного представления процесса развития тройственного взаимодействия**



В обозначенном пространстве состояние экономики региона выражается функцией инновационно-экономического состояния региона

$$F = \iiint (S_K, S_A, S_I) dS_K dS_A dS_I, \quad (1)$$

где  $S_K$  – компонент области взаимодействия, характеризующий пространство Знания;

$S_A$  – компонент области взаимодействия, характеризующий пространство Согласия;

$S_I$  – компонент области взаимодействия, характеризующий пространство Инноваций.

Переход из экономического состояния региона в точке А в состояние в точку В выражается вектором или градиентом функции F.

$$\overrightarrow{\text{grad}F} = \frac{\partial F}{\partial S_K} \vec{i} + \frac{\partial F}{\partial S_A} \vec{j} + \frac{\partial F}{\partial S_I} \vec{k} \quad (2)$$

От математического определения градиента скалярной функции перейдем к экономическому адаптированному аналогу в виде

$$\overrightarrow{\text{grad}F} = \frac{\partial F/F}{\partial S_K/S_K} \vec{i} + \frac{\partial F/F}{\partial S_A/S_A} \vec{j} + \frac{\partial F/F}{\partial S_I/S_I} \vec{k} \quad (3)$$

С интерпретацией элементов теории поля в определении экономической теории компоненты приращений можно определять в следующем виде  $\partial F/F \rightarrow \Delta F/F$ ,  $\partial S_K/S_K \rightarrow \Delta S_K/S_K$ ,  $\partial S_A/S_A \rightarrow \Delta S_A/S_A$ ,  $\partial S_I/S_I \rightarrow \Delta S_I/S_I$ . Тогда,

$$\overrightarrow{\text{grad}F} = \frac{\Delta F/F}{\Delta S_K/S_K} \vec{i} + \frac{\Delta F/F}{\Delta S_A/S_A} \vec{j} + \frac{\Delta F/F}{\Delta S_I/S_I} \vec{k} \quad (4)$$

Некорректность, связанная с заменой векторов на скаляры, в приведенном инструментарии вполне допустима и необходима, чтобы не нарушать экономические понятия [7].

Из (4) следует, что градиент функции инновационно-экономического состояния региона состоит из суммы эластичностей этой функции по параметрам Знание, Согласие, Инновации.

При переходе к математическому определению проведем разделение по свойствам параметров таблицы 1 образно на скалярные и векторные величины, руководствуясь тем, что статистические данные можно разделить на скалярные величины, имеющие определенные свойства состояния региона, и на векторные величины, с характеристиками, выражающими результат действия скалярных величин. Детальное разделение параметров, являющихся характеристиками базовых структур, приведены в таблице 2.

Проанализируем возможность использования уравнения непрерывности, являющегося одним из законов сохранения в гидродинамических процессах, для ассоциативного представления развития региона. Рассмотрим элемент – регион – область взаимодействия.

В гидрогазодинамике – скорость накопления массы равна разности между скоростью прихода массы и скоростью ухода массы, а инновационно-экономическое изменение региона можно определить разностью вливания ресурсов и финансирования и выходом инновационных продуктов (результат



действия ресурсов и финансов привел к экономическому изменению региона). С точки зрения законов сохранения динамика движения потока жидкости подобна динамике развития региона. Здесь наблюдаются прямые аналогии процессов (Рис.3).

Таблица 2

## Разделение характеристик базовых структур на скаляры и векторы

Пространства	Скалярные величины	Векторные величины
1 Пространство Знания	Университеты и научные работники ( $S_{K1}$ ),	Количество разработанных инноваций ( $S_{K2}$ ) – <b>результат действия</b> научных работников $S_{K1}$
2 Пространство Согласия	Денежные средства на разработку и внедрение инновационных продуктов ( $S_{A1}$ )	Денежные средства от дохода при реализации инноваций ( $S_{A2}$ ) – <b>результат действия</b> затраченных средств на разработку и внедрение $S_{A1}$
3 Пространство Инноваций	Предприятия, выпускающие инновации ( $S_{I1}$ )	Количество внедренных инноваций ( $S_{I2}$ ) – <b>результат действия</b> предприятий, выпускающих инновации $S_{I1}$



Рис. 3. Представление аналогии между региональными экономическими процессами и процессами гидродинамики

Поэтому уравнение непрерывности

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{v}) = 0 \quad (5)$$

представим согласно скалярно-векторным ассоциациям, в которых в (5)  $x, y, z$  скаляры, а  $v$  – вектор. При ассоциативном переходе от одних величин к другим имеем  $X \rightarrow \Delta S_{K1}$ ,  $Y \rightarrow \Delta S_{A1}$ ,  $Z \rightarrow \Delta S_{I1}$ ,  $v_x \rightarrow \Delta S_{K2}$ ,  $v_y \rightarrow \Delta S_{A2}$ ,  $v_z \rightarrow \Delta S_{I2}$ ,  $\rho \rightarrow F$  и получаем уравнение непрерывности в экономической интерпретации:

$$\frac{\Delta F}{F \Delta t} = \frac{\Delta S_{K2}}{\Delta S_{K1}} + \frac{\Delta S_{A2}}{\Delta S_{A1}} + \frac{\Delta S_{I2}}{\Delta S_{I1}} \quad (6)$$

Оператор темпа роста -  $\text{div} \vec{v}$  в принятой ассоциации получается в виде

$$\frac{\Delta S_{K2}}{\Delta S_{K1}} + \frac{\Delta S_{A2}}{\Delta S_{A1}} + \frac{\Delta S_{I2}}{\Delta S_{I1}} \quad (7)$$

Кроме того, каждый из скоростных факторов имеет свой определенный смысл. Скоростной фактор  $\Delta S_{K2}/\Delta S_{K1}$  определяет влияние выдачи патентов на темп роста.  $\Delta S_{A2}/\Delta S_{A1}$  - определяет темп роста (скорость процесса) при выдаче денег, т.к. этот показатель зависит от свойств государства распределять деньги на науку и на производство, а также, что немаловажно, добавлять средства на производство инноваций по ходу их выпуска и распространения или не выдавать. Третий скоростной фактор -  $\Delta S_{I2}/\Delta S_{I1}$  определяет скорость выпуска



инноваций в зависимости от предприятий, организованных для выпуска инноваций.

Два вышерассмотренных метода определяют инновационно-экономическую ситуацию развития региона.

### Выводы

1. При переходе от качественного представления экономического состояния региона в виде эмпирической базы к количественному определению выяснилось, что изменение состояния региона характеризуется градиентом функции инновационно-экономического состояния и представляет собой сумму эластичностей функции по параметрам Знание, Согласие, Инновации.

2. Детальный анализ элементов эмпирической базы с последующим разделением их характеристик образно на скалярные и векторные привел к ассоциативному переходу от уравнений непрерывности к экономическому определению состояния региона, и, как следствие, к возможности выполнения оценки динамики развития региона на основании математического инструментария теории поля, что является предметом наших дальнейших исследований.

### Литература

1. Шумпетер Й. Теория экономического развития. М.: Изд. Директмедиа Паблишинг. 2008. – 355 с.

2. Лемещенко П.С. Введение в эволюционную экономику [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://newpoliteconomy.org/publications/articles/795.pdf>

3. Г. Ицковиц Тройная спираль. Университеты – предприятия – государство. Инновации в действии / Генри Ицковиц; пер. с англ. под. ред. А.Ф. Уварова – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2010. – 238 с.

4. Истомина С. В., Лычагина Т. А., Пахомова Е. А. Структуризация и схематизация эмпирической базы условий возникновения и развития модели тройной спирали. Сборник научных трудов SWorld. Выпуск 1. Том 8. Иваново: «Научный мир». 2016. – 89-99 с.

5. Нельсон Р.Р., Уинтер С. Дж. Эволюционная теория экономических изменений. М.: Изд. «Дело». 2002. – 527 с.

6. Истомина С. В., Лычагина Т. А., Пахомова Е. А. Перспективы развития модели тройной спирали в России // Национальные интересы. Приоритеты и безопасность. 2016. №12(345). – 119-132 с.

7. Пахомова Е.А. Методологические и инструментальные основы оценки влияния вуза наукограда на эффективность регионального развития. – Saarbrücken (Germany): LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 424 с.

*Статья подготовлена при поддержке РФФИ в рамках проекта № 16-06-00054 «Инструментально-методический подход к адаптации модели тройной спирали для условий России с учетом исторической ретроспективы».*

Статья отправлена: 07.04.2017 г.

© Истомина С.В., Лычагина Т.А., Пахомова Е.А.