

## **ПРОБЛЕМА КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА В МОДЕЛИ ТРОЙНОЙ СПИРАЛИ**

***Н.Г. Тетёркина<sup>1</sup>, П.Н. Дробот<sup>2</sup>, Д.А. Дробот<sup>1</sup>***

*<sup>1</sup>Томский государственный университет,*

*<sup>2</sup>Томский государственный университет систем*

*управления и радиоэлектроники,*

*e-mail: [dpn@sbi.tusur.ru](mailto:dpn@sbi.tusur.ru)*

Приоритетной основой современного прогрессивного общества является экономика знаний, которая по своему определению зависит от степени внедрения в промышленность технических и технологических нововведений (инноваций). Прогресс современного общества невозможен без осмысленного управления инновационным развитием и его моделирования. В связи с этим в настоящее время чрезвычайно возросла потребность в разработке соответствующих моделей инновационного развития, в том числе и в узком смысле слова «модель» – как физико-математический или другой аналог процесса инновационного развития.

За последние пятнадцать лет в западной инноватике приобрела популярность модель инновационного развития, основанная на исследовании сложного взаимодействия трех основных составляющих: университеты, бизнес и власть (university, business, government) [1]. Сцепление трех составляющих в тесном взаимодействии представлялось авторам модели подобным сцеплению спиральных структур молекулы ДНК и модель получила название Triple Helix, которое оказалось настолько удачным, что прочно прижилось в литературе и принято научной общественностью. В настоящее время эта модель получила признание в отечественной инноватике как модель Тройной спирали (ТС) [2 – 4].

Конкретное применение модели ТС в количественных оценках оказалось не совсем очевидным, прежде всего, в силу сложности моделируемых взаимоотношений. Наука тогда становится наукой, когда ее инструментарий способен измерять и выражать количественно величины, определяющие закономерности развития изучаемого явления. Если в физических средах измерения физических величин не вызывают принципиальных

затруднений, то измерения в сложных социо-экономических средах характеризуются значительными трудностями.

В модели ТС каждая спираль по отдельности представляет самостоятельный процесс и имеет уникальное качество и свои специфические величины – измерительные параметры. При этом для каждого процесса ТС существуют достаточно развитые теории, объясняющие динамику его развития. Для *U*-компоненты (university) применимы принципы библиометрии и наукометрии и соответствующие измерительные показатели: количество заявок на получение патентов, число полученных патентов, количество публикаций в рецензируемых журналах и индексы цитирования. Под *B*-компонентой (business), прежде всего, будем понимать технологический бизнес (industry) [1], ориентированный на внедрение в промышленность наукоемкой продукции, поступающей от *U*-составляющей. Для *B*-компоненты – это экономические модели и эволюционный подход, измерительные показатели, например, показатели инновационности проекта [5]. Для *G*-компоненты (government) – анализ политической деятельности государства и ее влияния на развитие *U*- и *B*- составляющих ТС.

Результативность *U*-компоненты, выраженная в количестве печатных работ и ссылок на них, при пересечении науки с технологическими нововведениями определяет количество патентов. Количество созданных на основе патентов или ноу-хау высокотехнологичных предприятий и оценка их эффективности экономическими показателями дает информацию о развитии *B*-компоненты. Эти данные являются первичными статистическими данными и эффективно учитываются методами дескриптивной статистики: наблюдение, учет и сводка статистических данных, последующая группировка первичных данных по группировочным признакам и дальнейший анализ для выявления закономерностей. Соответственно, в выбранных рамках анализа, например на региональном уровне, обязательно необходим сбор, учет и накопление указанных статистических данных, что позволит эффективно исследовать развитие *U*- и *B*- составляющих по отдельности. Однако статистический анализ взаимодействия *U*- и *B*- составляющих ТС затрудняется несовпадением группировочных признаков в статистике *U*-компоненты и в статистике *B*-компоненты.

Анализ взаимодействия  $G$ -компоненты с остальными процессами ТС возможен на основе влияния на их развитие принятых национальных и региональных решений (особые экономические зоны, технопарки и инкубаторы, законы) и прямого государственного финансирования университетских инновационно-образовательных программ и поддержки малого технологического бизнеса. Этот анализ так же, в конечном счете, сводится к статистическому анализу вызванного  $G$ -влиянием роста числа публикаций, индексов цитирования, количества патентов, числа наукоемких предприятий, объемов выпускаемой ими новой продукции и других экономических показателей.

И здесь тоже имеются свои трудности, например, связь между результатами инновационной деятельности и затратами на нее однозначно не установлена, известно только что связь эта нелинейная. Поэтому непосредственное сопоставление показателей  $U$ -компоненты с величиной затрат на исследования и разработки не дает оценки уровня инвестиций для развития целостной системы ТС.

Анализ процессов ТС, рассмотренный выше, опирается на математический аппарат, включающий дифференциальные уравнения для экономических моделей, методы статистических наблюдений и группировки, регрессионный анализ, спецметоды наукометрии и библиометрии. Этот аппарат, подходящий для соответствующих компонент по отдельности, слабо подходит для анализа пограничных областей, в которых происходит взаимодействие компонент.

Трудности, с которыми сталкивается исследователь модели ТС, лишний раз подчеркивают сложность изучаемой среды. В подобных случаях, когда явным образом затруднительно получить решение задачи, иногда прибегают к методу аналогий.

Например, в физике существует большое число примеров использования метода аналогий. Общеизвестно, что Дж. Максвелл сопоставил созданную им теорию электромагнетизма с хорошо проработанной к тому времени гидродинамической теорией несжимаемых жидкостей и определил важность такого подхода: «Для составления физических представлений без принятия специальной физической теории следует освоиться с существованием физических аналогий. Под физической аналогией я понимаю то частное сходство между законами двух каких-

нибудь областей науки, благодаря которому одна из них является иллюстрацией для другой» [6].

Характерно использование в модели ТС био-аналогий, начиная с самого названия модели. Теория ТС была создана путем синтеза ряда социологических теорий, а также заимствований и аналогий из биологических наук [4].

Подобные аналогии можно найти в физических науках. Например, явление винтовой неустойчивости (ВН) электронно-дырочной плазмы, известное так же как осциллисторный эффект, характерно не только подобием формы, но и качественной, а может быть и количественной, аналогией модели «трех винтов» – ТС. ВН – это возникновение и усиление спиральных волн плотности плазмы  $n_1(r, z, \varphi)$ , которые имеют вид:

$$n_1 = f(r, z) \exp(im\varphi + ik_z z - i\omega t). \quad (1)$$

где  $r, z, \varphi$  – цилиндрические координаты;  $k_z$  – составляющая волнового числа вдоль длины образца;  $m$  – угловое (азимутальное) число;  $\omega$  – круговая частота;  $f(r, z) = f_1(r)Z_0(z)$ ,  $Z_0(z)$  – некоторая слабая функция от  $z$ , показывающая, что плотность плазмы постоянна вдоль длины полупроводникового цилиндрического образца,  $f_1(r)$  некоторая функция от радиуса, которая аппроксимируется функцией Бесселя первого порядка  $J_1(\beta_1 r)$ ,  $\beta_1 = (\alpha_1/a)$ ,  $\alpha_1$  – первый ноль  $J_1$ ,  $a$  – радиус цилиндрического образца.

Винтовые волны плотности плазмы возникают и усиливаются под совместным действием двух факторов: 1) электрическое поле  $E$ , направленное вдоль длины образца и созданное напряжением, приложенным к торцевым контактам цилиндрического полупроводникового стержня; 2) внешнее магнитное поле  $B$ , параллельное  $E$ . Под действием поля  $E$  происходит небольшое разделение квазинейтрального винта плотности плазмы на электронную и дырочную компоненты и появление поперечного длине образца и оси  $z$  электрического поля  $E_{\perp} \sim E$ , вызванного этим сдвигом. Взаимодействие внешнего  $B$  и  $E_{\perp} \sim E$  усиливает амплитуду винтовой волны.

Закономерности развития ВН [7–9] способствуют пониманию закономерностей развития в модели ТС. Эти закономерности, которые можно отметить в первую очередь, следующие: 1) возникновение ВН носит пороговый характер, то есть происходит при достижении  $B$  и  $E_{\perp} \sim E$  пороговых значений, доста-

точных для появления основной винтовой гармоники  $m=1$ , имеющей наиболее низкий порог возбуждения;

2) с ростом  $B$  и  $E$  выше пороговых  $B_{п}$  и  $E_{п}$  и ростом надкритичностей  $\Delta_{E,B=const}=(E-E_{п})/E_{п}$  и  $\Delta_{B,E=const}=(B-B_{п})/B_{п}$  амплитуда

основной винтовой гармоники  $m=1$  растет.

2) при значительном выходе за порог при каждой надкритичности  $\Delta_{E,B} \gg 1$  возбуждаются винтовые волны с  $m=2$  и  $m=3$ , порог возбуждения которых больше порога основной гармоники  $m=1$  и амплитуды которых возрастают с ростом  $\Delta_{E,B}$ . Конфигурация возмущений приобретает, соответственно, вид двух или трех винтов, сплетенных в канат.

3) амплитуды волн выходят на насыщение при  $\Delta_{E,B} \gg 1$

4) в «объемном» осциллисторе, лучшим образом подходящем к модели ТС, снижение скорости рекомбинации электронов и дырок на поверхности полупроводника снижает порог ВН и способствует усилению и развитию винтовых волн.

Рассмотрим все закономерности ВН в порядке следования применительно к модели ТС. В результате труда ученых, создающих новые знания, возникает и усиливается по амплитуде спираль  $U$ -компоненты, которая по мере изученности научной проблемы замедляет рост и выходит на насыщение. При достижении достаточно больших, пороговых, значений количества печатных работ, индексов цитирования и коцитирования в выбранной области научных исследований, возникают условия для перехода полученных знаний в область трансфера технологий, получения патентов, создания технологических фирм и предприятий. Тем самым достигаются пороговые условия для возникновения спирали  $B$ -компоненты, которая усиливается с ростом числа патентов и производственных фирм. Вследствие рыночного регулирования (баланс спроса и предложения, конкуренция) этот рост не может продолжаться бесконечно, так что рост  $B$ -компоненты замедляется и выходит на насыщение. Вместе с тем, в силу тех же рыночных условий, происходит гибель, «рекомбинация», производственных предприятий. Здесь становится особенно важной способствующая инновационному раз-

вitiю активность третьей,  $G$ -компоненты, направленная на уменьшение гибели наукоемких производственных фирм.

Краткое рассмотрение качественных аспектов модели ТС по аналогии с хорошо изученными закономерностями ВН облегчает понимание механизмов ТС и не претендует на попытку их количественного анализа. Возможно, указанный путь – предмет дальнейших исследований. Параметры плазмы в полупроводниках и значения электрических и магнитных полей могут точно измеряться. По-прежнему огромное значение имеет фактический материал – числовые данные и их статистический анализ по всем трем компонентам ТС.

### Литература

1. *H. Etzkowitz*. The Triple Helix: University-Industry-Government Innovation in Action.– Routledge.–2008.–180 pp.

2. *V.V. Pudkova, A.F. Uvarov*. Elements of success for government, industry and university relations in Siberia //7<sup>th</sup> Biennial International conference on University, Industry and Government Linkages.–7-19 June 2009.–Glasgow, UK.–p.48-50.

3. *А.П. Клемешев, Т.Р. Гареев*. Отношения «университет - индустрия – правительство» и институты экономического развития // Проблемы управления (РБ) . – 2008. – № 4. – с. 49-55.

4. *И.Г. Дежина, В.В. Киселева*. Государство, наука и бизнес в инновационной системе России. М.: ИЭПП.– 2008. – 227 с.

5. *Е.А. Герман, А.Г. Дмитриев*. Показатель инновационности проекта, его количественная мера и динамика изменения//НТВ СпбГПУ.–2009. –№5. – с.152-155.

6. *Дж.К. Максвелл*. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. – М.: ГТТИ. – 1954. – с.12.

7. *V.I. Gaman, P.N. Drobot*. Threshold Characteristics of Silicon Oscillators//Russian Physics Journal.–2001.–v.44.–№1.–p.55-60

8. *V.I. Gaman, P.N. Drobot*. Threshold Frequency of Helical Electron-Hole Plasma Instability // Russian Physics Journal. – 2001.–v.44.–№11.– p.1175-1181.

9. *П.Н. Дробот, Н.Г.Тетеркина*. Инновационность и применение осцилляторного сенсора температуры с частотным выходом//Средства и системы автоматизации: проблемы и решения. Материалы 10-й международной научно практической конференции.–Томск.–2009.–с.76-78.