

ПРОБЛЕМА КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА В МОДЕЛИ ТРОЙНОЙ СПИРАЛИ

П.Н. Дробот², Д.А. Дробот¹, Н.Г. Тетёркина¹

¹*Томский государственный университет,*

²*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
e-mail: dpn@sbi.tusur.ru*

Annotation

The Triple Helix model is widespread in the modern science. It's a model of innovative development based on interaction of universities, business and government. Every component of this model has its own characteristics and measurement parameters. For *U*-component are acceptable principles of bibliometrics and scientometrics; its measuring parameters are number of demands for reception of patents, number of the received patents, number of publications in reviewed magazines and citing indexes. One of the measurement parameters of *B*-component is an index of innovativeness of the project. The analysis of political activity of the state and its influence on development of *U* - and *B* - components is important for *G*-component. The measurement parameters of *U*- and *B*-components separately are effectively measured by methods of descriptive statistics, but the analysis of their interaction is complicated. The interaction of *G*-component with other processes of the Triple Helix is defined on the basis of the analysis of the national and regional laws that influence on the development of the components. The means of mathematic allows investigating the components separately, but it doesn't do for spheres in which the components are interacting. The using of analogies helps to the understand the consistent patterns of the Triple Helix model. In physics there is a phenomenon of the helical instability (oscillistor effect) of electron-hole plasma which is characterized by the similarity of form and qualitative analogy of the Triple Helix model. The helical instability is the development and amplification of spiral waves of density in plasma. There are similar principles of development of the helical instability and the Triple Helix model. 1) The appearance of the phenomenon has threshold character. In semiconductor plasma the appearance of the basic harmonic $m=1$ occurs when B and $E_{\perp} \sim E$ achieve their threshold values. In the Triple Helix model the *U*-component is arising and amplifying on amplitude as a result of work of the scientists who create new knowledge. 2) At a considerable excess of the threshold excitation there is an occurrence of new harmonics (in oscillistor there is an excitation of helical waves with $m=2$ and $m=3$; in the Triple Helix model there is the development of activity of *B*- and *G*-components). 3) In semiconductor plasma the amplitudes excess on saturation when $\Delta_{B,E} \gg 1$. In the Triple Helix model the deceleration of the *B*-component's growth occurs owing to the market regulation, the change of the balance of a supply and demand and the competition. The *U*-component's growth is slowing down in process of research of the scientific problem. 4) As a result of the recombination of electrons and holes on a semiconductor's surface there is a weakening and attenuation of the helical waves. In the Triple Helix model owing to market conditions takes place a destruction, "recombination" of the small industrial enterprises. The *G*-component's participation helps to weaken this process.

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, лишней 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-анalogий, 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 осцилляторный 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, φ – цилиндрические координаты; k_z – составляющая волнового числа вдоль длины образца; m – угловое (азимутальное) число; ω – 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 $J_1(\beta_1 r)$, $\beta_1 = (\alpha_1/a)$, α_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, достаточных для появления основной винтовой гармоники $m=1$, имеющей наиболее низкий порог возбуждения;

2) с ростом B и E выше пороговых $B_{\text{п}}$ и $E_{\text{п}}$ и ростом надкритичностей $\Delta_{E, B=\text{const}} = (E - E_{\text{п}})/E_{\text{п}}$ и $\Delta_{B, E=\text{const}} = (B - B_{\text{п}})/B_{\text{п}}$ 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 развитию 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 //7th Biennial International conference on University, Industry and Government Linkages.–7-19 June 2009.–Glasgow, UK.–p.48-50.
3. *А.П. Клемешев, Т.П. Гареев*. Отношения «университет - индустрия – правительство» и институты экономического развития // Проблемы управления (РБ) . – 2008. – N 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 осциллисторного сенсора температуры с частотным выходом//Средства и системы автоматизации: проблемы и решения. Материалы 10-й международной научно практической конференции.–Томск.–2009.–с.76-78.