

# Имитационное моделирование процессов конкуренции и сотрудничества предприятий

А. Г. Шмелева<sup>1</sup>, А. И. Ладынин<sup>2</sup>

ФГБОУ «МИРЭА – Российский технологический университет»

<sup>1</sup>ann\_shmeleva@mail.ru, <sup>2</sup>andrey.ladynin@hotmail.com

**Аннотация.** В рамках разрабатываемой информационной системы поддержки принятия решений, представлен программный модуль, позволяющий проводить оценку процессов конкуренции и сотрудничества предприятий на основе биологических моделей взаимодействия видов. Рассмотрены аспекты имитационного моделирования экономического развития инновационных систем. Анализ характеристики исследуемых экономических систем позволяет сделать вывод о взаимовлиянии предприятий малого и среднего бизнеса, а также корпораций на развитие инновационных технологий.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование; конкуренция; сотрудничество; инновации; модель хищник-жертва; система поддержки принятия решений

## I. ВВЕДЕНИЕ

Оценка процессов возникновения и гибели предприятий, конкуренции и сотрудничества является важным аспектом стратегического планирования развития, как предприятий, так и отраслей промышленности. Имитационное моделирование направлено на построение модели, формализацию отношений и связей между элементами системы. Позволяет выявить новые качественные характеристики исследуемой системы, которые первоначально не могли быть предусмотрены, устранить имеющиеся недостатки в управлении и стратегическом планировании.

Сложность моделирования процессов конкуренции и сотрудничества предприятий определяется наличием специфических свойств, присущих экономическим системам. Экономическая система – сложная система, отличительными качествами которой являются:

- эмерджентность – наличие свойств системы, не присущих отдельным ее элементам;
- самоорганизация – изменение структуры системы в процессе ее функционирования;
- полиструктурность – взаимовлияние разнокачественных подсистем, образующих несколько связанных иерархических структур.

Основополагающим принципом исследования экономических систем, процессов управления развитием

является применение системного подхода к моделированию. Каждый элемент рассматривается как структурная часть более сложной системы, выявляется роль каждого исследуемого объекта в общем процессе функционирования экономической системы. Под системой подразумевается упорядочено взаимодействующие и взаимозависимые компоненты, образующие единое целое. Изучение элементов системы и их взаимосвязей, описание процессов функционирования и анализ возможных состояний экономики в будущем – основные предпосылки осуществления эффективного планирования и управления.

## II. ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

В экономической системе существует иерархическая модель: корпорации, средние предприятия, малые предприятия – они образуют элементы подсистемы. Для любого из элементов важным является понятие потребителей. Применение модели Лотки-Вольтерра с учетом статистических данных по предприятиям позволяет произвести оценку динамики процессов как в каждой отрасли, так и для производственной экосистемы в целом. Модель Лотки-Вольтерра масштабируема и применима для анализа как востребованности товаров малых предприятий потребителями, так и оценки процессов поглощения предприятий корпорациями. Например, хищник – компании малого бизнеса, а жертвами являются клиенты. При моделировании можно использовать следующие предположения: при отсутствии необходимого количества компаний производящих востребованную продукцию, число потенциальных потребителей растет экспоненциально; при отсутствии потребителей компании-производители вымирают экспоненциально. Указанные предположения очевидны для экономических систем, однако процессы рождения и гибели чаще всего анализируются для численности популяций экологических систем. Применение имитационного моделирования процессов конкуренции с использованием модели «хищник – жертва» позволяет оценивать зависимость элементов подсистем экономической системы.

На сегодняшний день актуальным является вопрос модернизации предприятий [1]. Для обладания конкурентоспособной продукцией предприятию

необходимо знать потребности рынка и реализовывать на практике предложения, необходимые рынку. Обладание способностью постоянно наращивать и развивать инновационную составляющую определяется эффективным использованием информации. Возникновение новых технологий и инновационных решений подвержено влиянию множества экономических факторов. К значимым благоприятным факторам можно отнести совокупность мероприятий, которые поддерживает государство при поддержке государства: научно-исследовательские разработки, дополнительное финансирование, целевые инвестиции, государственные заказы, налоговые льготы и т.д. Предприятия стремятся в своих целях использовать региональное и федеральное законодательство и меры, принимаемые на государственном уровне, по оздоровлению экономики и развитию науки, техники и технологии. Анализ взаимовлияний факторов позволяет проводить стратегическое планирование – внедрять инновационные технологии в различные отрасли экономики, создавать наукоемкие и инновационные продукты при поддержке государства.

Соответственно конкурентоспособность для предприятий среднего и малого бизнеса может обеспечить наличие инновационных технологий. Для средних предприятий возникает необходимость оценки, что приоритетнее – направить финансирование на развитие научно-исследовательских проектов или на поглощение предприятий малого бизнеса, например, скупка результатов стартапов. Очевидно: для корпораций необходимо производить технологии и поглощать инновационные предприятия малого и среднего бизнеса. В настоящее время совокупность применяемых методов имитационного моделирования позволяет оценить динамику развития разнообразных сложных систем. Для решения описанных выше задач в рамках разработанной СППР ШАГ реализован модуль анализа динамики экономических систем [2].

### III. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Для задач стратегического планирования развития предприятий целесообразно проводить оценку конкурентоспособности.

Интерпретацию модели конкуренции и сотрудничества представим для малых и средних предприятий:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = (\alpha - \beta y)x - \psi x^2; \\ \frac{dy}{dt} = (-\gamma + \delta x)y - \varphi y^2; \end{cases}$$

где:  $x$  – количество малых предприятий;

$y$  – количество средних предприятий;

$\alpha$  – коэффициент рождаемости малых предприятий;

$\beta$  – коэффициент поглощения малых предприятий средними;

$\gamma$  – коэффициент смертности средних предприятий;

$\delta$  – коэффициент рождаемости средних предприятий;

$t$  – время;

$\psi$  – коэффициент внутривидовой конкуренции малых предприятий;

$\varphi$  – коэффициент внутривидовой конкуренции средних предприятий.

Исследование статистических данных позволяет выявить коэффициенты рождаемости и смертности компаний и, на их основе, определить динамику развития.

Рассмотрим статистические данные количества малых и средних компаний в России в период с 2010 по 2016 гг. В табл. 1 представлено общее число малых и средних предприятий (на конец года, тыс.) согласно данным, размещенным федеральной налоговой службой РФ [3].

ТАБЛИЦА 1 Число малых и средних предприятий в РФ в период 2010-2016 гг.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Малые предприятия (тыс. штук)	1644,3	1836,4	2003,0	2063,1	2103,8	2222,4	2777,6
Средние предприятия (тыс. штук)	25,2	15,9	13,8	13,7	13,7	19,3	13,3

Проведем анализ динамики развития экономической системы с использованием разработанного программного модуля СППР «ШАГ». На рис. 1 представлен интерфейс модуля и заданы начальные данные, основанные на статистических значениях (табл. 1).

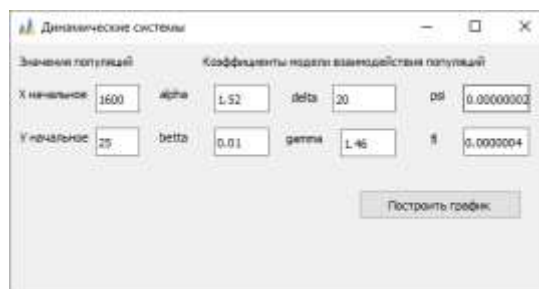


Рис. 1. Модуль анализа динамики систем

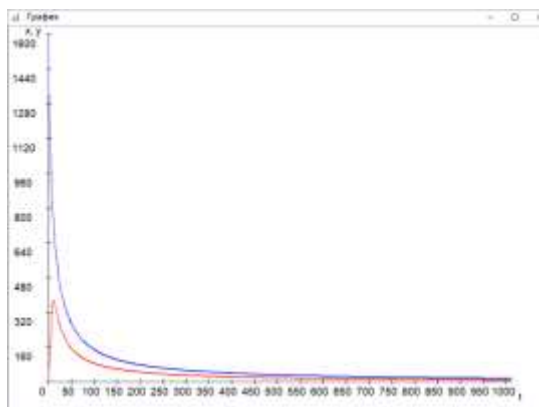


Рис. 2. Количество малых и средних предприятий (тыс. штук)

Проведенный анализ свидетельствует о снижении численности компаний при учете конкурентных отношений (поглощений и внутривидовой конкуренции) и позволяет сделать вывод о необходимости разработки мероприятий, направленных на стимуляцию роста количества малых компаний.

Рассмотрим статистику инноваций в России [4]. Под инновацией понимается конечный результат инновационной деятельности, получивший воплощение в виде нового или усовершенствованного продукта (товара, работы, услуги), производственного процесса, маркетингового или организационного метода в ведении бизнеса, организации рабочего места, внешних связей [5]. Согласно данным Федеральной службы государственной статистики, количество организаций, обладающих инновационным потенциалом, растет (табл. 2).

ТАБЛИЦА 2  
ИННОВАЦИИ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В РФ  
2012-2015 гг.

	2012	2013	2014	2015
Число организаций, выполняющих исследования и разработки (тыс. штук)	3566	3605	3604	4175
Разработанные передовые производственные технологии (тыс. штук)	1323	1429	1409	1398
Внутренние затраты на исследования и разработки (млрд. руб.)		749,8	847,5	914,7
Объем инновационных товаров, работ, услуг (млрд. руб.)		3072,5	3037,4	3258,3

По данным, приведенным в табл. 2, проанализируем взаимовлияние числа организаций, выполняющих исследования и разработки к количеству разработанных передовых технологий (рис. 2).

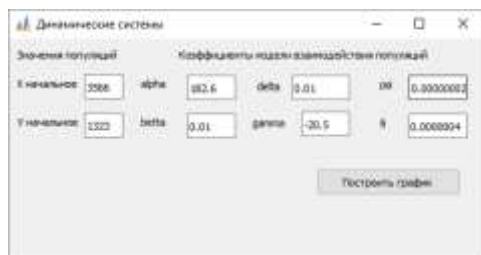


Рис. 3. Окно ввода начальных данных

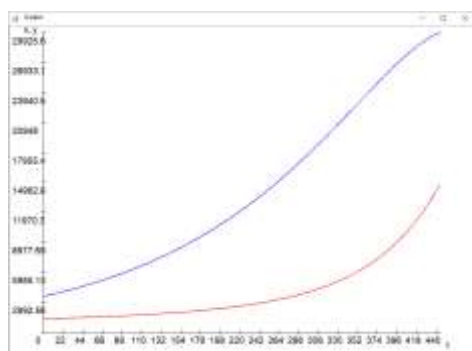


Рис. 4. Количество организаций, выполняющих исследования и количество технологий (тыс. штук)

На основе проведенного анализа с применением имитационного моделирования представлена информация о положительной динамике развития инновационных экономических систем в РФ. Однако, если учитывать внутривидовую конкуренцию и особенности поглощения компаний, необходимо стимулировать на государственном уровне развитие научно-исследовательских разработок, в том числе, малых предприятий (стартапов).

#### IV. ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА КОНКУРЕНЦИИ

Для формирования стратегического развития предприятия необходимо проводить оценку инновационных проектов. Данные задачи относятся к трудноформализуемым и применение математических методов возможно только при учете экспертных заключений. Например, для создания инновационных технологий, обеспечивающих конкурентоспособность, необходимо оценивать множество факторов. Перечислим некоторые: уровень технологического развития средств производства, квалификация кадров, степень обеспеченности научной информацией, возможность самофинансирования, наличие инвесторов, особенности инфраструктуры, среда функционирования предприятий и т.д. Представленный спектр разнородных факторов оказывает влияние на состояния подсистем экономической системы. Учет инноваций разрабатываемых технологий вносит дополнительную неопределенность, усложняя взаимодействия структурных элементов и определяя необходимость в использовании альтернативных подходов.

Обработку экспертных заключений эффективно анализировать с применением информационной системы обработки данных. В рамках СППР ШАГ разработан модуль автоматизации обработки информации, получаемой от экспертов, с учетом оценки согласованности мнений и компетентности экспертов [6]. В основе экспертных методов лежит коллективное когнитивное исследование, направленное на выявление приоритетных проектов. Применительно к задачам оценки инновационных проектов методика коллективных экспертиз позволяет сформировать взвешенное заключение по оценке конкурентных преимуществ. Существуют различные подходы к формированию экспертных заключений, одним из наиболее известных является построение матриц оценок объектов с использованием коэффициента согласованности М. Дж. Кендалла. Рассмотрим пример анализа инновационных проектов методом экспертных оценок с использованием программного модуля СППР «ШАГ».

На рис. 5 представлено решение модельной задачи – оценки инновационных проектов, которые сформированы в результате опроса экспертов. Коэффициенты компетентности и достоверности экспертов – позволяют определить релевантные мнения. Также, отображается коэффициент согласия экспертов и рекомендации относительно наиболее перспективных проектов, рассчитанные на основании анализа экспертных заключений.

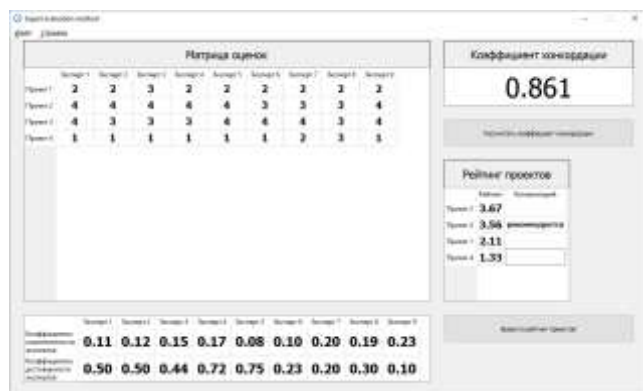


Рис. 5. Модуль экспертного оценивания

Несмотря на то что проект № 2 имеет более высокий балл, программа рекомендует проект №3. Алгоритм, используемый в программном модуле, учитывает коэффициенты компетентности и достоверности экспертов и при схожем среднем балле рекомендует проект, получивший более высокий средний балл у тех экспертов, чьи коэффициенты компетентности и достоверности выше. Отметим, что высокая степень согласованности экспертов обеспечивает наилучшую точность экспертизы. Приемлемыми значениями коэффициента конкордации принято считать 0.7 и выше, т.е. не менее 70% экспертов единодушны в своих оценках.

Представленный подход к оценке инновационных технологий на основе методики коллективных экспертиз позволяет выявить наиболее перспективные проекты и определить приоритетные направления развития.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие экономики можно определить как процесс последовательного и непрерывного совершенствования производств и технологий. Процесс планирования и управления экономической системой направлен на определение исходного состояния, определение целей развития и возможных управляющих воздействий, реализующих достижение указанной цели или совокупности целей. Как уже отмечалось, экономическая система характеризуется наличием иерархической структуры: подсистемы более низкого уровня, как правило, направлены на редуцирование целей развития системы более высокого уровня иерархии. Такая модель управления и планирования «сверху – вниз» не всегда эффективна, так как во многих случаях появление инновационных технологий происходит спонтанно как идея (стартап). В современных условиях функционирования подсистем планирование должно

осуществляться не только с учетом государственных программ финансирования развития, но должно быть направлено на разработку механизмов перехода на самофинансирование [7]. Управление «снизу – вверх» от увеличения количества более простых к более сложным подсистемам, при моделировании ведет к положительной динамике изменения характеристик системы, то есть предприятия малого бизнеса могут играть существенную роль в направлении развития инноваций. Имитационное моделирование, направленное на анализ элементов сложных систем, позволяет выявить взаимосвязи и закономерности развития.

Использование информационных систем поддержки принятия решений с применением имитационного моделирования на основе анализа статистических данных динамики экономических систем в совокупности с экспертными оценками позволяет компании решать задачи, непосильные для большинства других игроков рынка, обеспечивает обладателю технологическое превосходство и потенциал для рыночного лидерства своих продуктов, услуг, работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Shmeleva A.G., Ladynin A.I., Talanova Y.V., Galemina E.A., Manufacturing planning information system development. Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), Moscow, 2018, pp. 366-369. DOI: 10.1109/EIConRus.2018.8317108.
- [2] Пат. РФ № 2017619109 / Шмелева А.Г., Ладынин А.И. Система поддержки принятия решений «ШАГ» (СППР «ШАГ») Оpubл. 15.08.2017 г.
- [3] Отчеты о работе по государственной регистрации юридических лиц и физических лиц / Федеральная налоговая служба URL: [https://www.nalog.ru/rn77/related\\_activities/statistics\\_and\\_analytics/reg-regst/](https://www.nalog.ru/rn77/related_activities/statistics_and_analytics/reg-regst/)
- [4] Россия в цифрах. 2017: Крат.стат.сб./Росстат- М., P76 2017 - 511 с. ISBN 978-5-89476-435-1 URL: [http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2017/rusfig/rus17.pdf](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/rusfig/rus17.pdf)
- [5] Приказ Росстата от 30.08.2017 N 563 (ред. от 28.03.2018) «Об утверждении статистического инструментария для организации федерального статистического наблюдения за деятельностью в сфере образования, науки, инноваций и информационных технологий».
- [6] Шмелева А.Г., Ладынин А.И., Бахметьев А.В. Некоторые аспекты формирования стратегических решений развития предприятия // Материалы международной научно-технической конференции «Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике» «МНТК ФТИ-2017». – М.: МТУ, 2017. С. 334-336.
- Смиронова Э.Е., Ладынин А.И., Рябчик Т.А. Методология оценки степени удовлетворенности потребителей в системе менеджмента качества // Экономика и предпринимательство. № 8 (ч.4) – М.: Редакция журнала "Экономика и предпринимательство", 2017, с. 827-835.