ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КАК СРЕДСТВА АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ КОМПАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ООО «ГАЗПРОМ ЭНЕРГОХОЛДИНГ»)

Чичканов В.П.

доктор экономических наук, профессор, член-корреспондент РАН, советник ректора,
Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Россия), 119571, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, д. 82, vpchichkanov@yandex.ru

Федоров Д.В.

кандидат технических наук, генеральный директор, ООО «Газпром энергохолдинг» (Россия), 119526, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, д. 101, корп. 3, office@gazenergocom.ru

УДК 338.45:662.7
ББК 65.305.14(2Рос)-21

Цель. Исследование возможности применения методики имитационного моделирования для оценки направлений деятельности энергогенерирующих компаний, построение и апробация имитационной модели на примере данных ООО «Газпром энергохолдинг».

Методы. В работе применен метод имитационного моделирования, графоаналитических зависимостей, статистический анализ экономических показателей.

Результаты. Построена имитационная модель эффективности функционирования предприятия ООО «Газпром энергохолдинг», проведено моделирование оценки его бюджетной, экономической и социальной эффективности, а также эффективности энергетической политики.

Научная новизна. Доказана целесообразность применения имитационного моделирования для анализа деятельности энергогенерирующих компаний в России. Обосновано использование имитационного подхода для решения широкого круга задач, связанного с управлением предприятиями энергетического сектора. Построена потоковая диаграмма взаимосвязи характеристик функционирования и показателей эффективности энергетической компании на примере ООО «Газпром энергохолдинг». Разработана математическая модель работы предприятия, включающая основные его подсистемы.

Ключевые слова: эффективность, имитационное моделирование, энергогенерирующие компании.

APPLICATION OF SIMULATION MODELLING AS A MEANS OF ANALYSIS AND CONTROLLING THE ACTIVITY OF ENERGY GENERATING COMPANIES (EXAMPLIFIED BY LLC “GASPROM ENERGY-HOLDING”

Chichkanov V.P.
Doctor of Science, Professor, Associate Member of RAS, the Chancellor’s adviser,
the Russian Presidential Academyof National Economy and Public Administration (Russia),
82 Vernadskogo av., Moscow, Russia, 119571, vpchichkanov@yandex.ru

Fyodorov D.V.
Candidate of Science, General Director, LLC “Gasprom energyholding” (Russia), build. 3,
101 Vernadskogo av., Moscow, Russia, 119526, office@gazenergocom.ru

© Чичканов В.П., Федоров Д.В., 2014

Purpose. Research of possibilities of applying methods of simulation modeling for assessment of activity directions of energy generating companies, building and approbation of a simulation model exemplified by the data of LLC "Gasprom energoholding".

Methods. In the research the author applied a method of simulation modeling, graph-analytic dependence, and statistic analysis of economic indices.

Results. The authors built a simulation model of efficiency functioning of the enterprise LLC "Gaprom energyholding", conducted evaluation modeling of its budgeting, economic and social efficiency and also efficiency of energy policy.

Scientific novelty. The authors proved advisability of simulation modeling application for analyzing activity of energy-generating companies in Russia; substantiated use of a simulation approach for solving a wide range of tasks connected with management of an enterprise of an energy sector; built a stream diagram of relationship between performance characteristics and efficiency indices of an energy company exemplified by LLC ""Gaprom energyholding"; developed a mathematical model of enterprise performance which includes its major subsystems.

Key words: efficiency, simulation modeling, energy generating companies.

Сегодня на пути инновационного развития России краеугольным камнем выступает отрасль энергетики, поэтому важнейшим направлением реализации национальной энергетической стратегии, согласно источникам [1-3], является создание эффективного инновационного энергетического сектора страны в соответствии с увеличивающимися потребностями экономики в энергоресурсах. Учитывая специфику и масштаб функционирования энергогенерирующих компаний, трудно переоценить их роль в реализации инновационной энергетической стратегии. От качества и эффективности управления деятельностью энергогенерирующих компаний в согласовании с интересами государства зависят финансовая, экономическая, социальная и энергетическая безопасность регионов и страны в целом.

Анализ деятельности энергогенерирующих компаний и подготовка управленческих рекомендаций относительно повышения их эффективности выдвигают следующие требования к инструментарию: системность, оперативность, гибкость, возможность учесть различные сценарии развития, высокие прогностические способности. Эти требованиям удовлетворяет экономико-математическое моделирование на базе метода имитации, который позволяет решить широкий комплекс задач анализа и управления деятельностью энергогенерирующих компаний. Таким образом, в работе предлагается построение имитационной модели анализа деятельности энергогенерирующих компаний, в качестве объекта моделирования выступает крупнейшее предприятие энергетического сектора ООО «Газпром энергохолдинг».

Имитационное моделирование деятельности компании ООО «Газпром энергохолдинг» предполагает построение и формализацию сложных взаимосвязей подсистем работы предприятия и его влияния на процессы развития регионов и государства, что требует выбора и привлечения концепции представления сложной системы. Наиболее подходящей концепцией, на наш взгляд, является системная динамика, разработанная и впервые примененная в отношении моделирования деятельности крупных предприятий Дж. Форрестером [4]. Данная концепция обеспечивает визуализацию причинно-следственных связей модели и дает возможности классифицировать переменные в соответствие с их экономическим содержанием [5].

Ввиду невозможности учесть все существующие взаимосвязи работы компании и внешней среды, многие показатели ее деятельности усреднены и агрегированы. ООО «Газпром энергохолдинг» включает три дочерние компании: ОАО «Мосэнерго», ОАО «ТГК-1», ОАО «ОГК-2», деятельность каждой из которых моделируется отдельно в составе комплекса.

Применительно к специфике функционирования компании в основу построения модели положены некоторые основные допущения. Так, исходя из классического подхода в микроэкономике, прибыль дочерних предприятий считается следующим образом:

Прибыль = Доход - Расходы - Амортизация

Фонд оплаты труда рассчитывается на основе среднесписочного числа работников предприятия и средней заработной платы, причем дополнительные затраты по оплате труда в модели не учитываются.

Согласно порядку калькуляции себестоимости в компании, к затратам относятся такие укрупненные статьи: материальные затраты, в том числе топливо, работы и услуги производственного характера, затраты на оплату труда, ЕСН, прочие затраты.

Источники и направления инвестирования в модели не учитываются, инвестиции являются основным источником ввода новых мощностей.

Выработка электроэнергии дочерними компаниями рассчитывается исходя из времени работы электростанций и их рабочей мощности, выработка те-

пловой энергии рассчитывается аналогично исходя из установленной мощности. Выручка равна сумме произведений цены РСВ (рынок на сутки вперед) на выработку электроэнергии компанией и усредненному тарифу производителя на выработку тепловой энергии.

Взаимосвязь с финансовым развитием регионов и страны осуществляется на базе моделирования налоговой составляющей, при этом акцент делается на анализ налога на прибыль, налога на доходы физических лиц (НДФЛ) и единого социального налога (ЕСН). Детализация остальных налогов в работе не производится, поскольку их влияющее значение на моделируемые показатели незначительно, то они отнесены в категорию «прочие налоги» в соответствующей доле. Невозмещенные суммы налога на добавленную стоимость (НДС) отражаются в прочих затратах. Основные налоги рассчитываются по усредненной базе.

Роль предприятий в формировании ВВП и ВРП прослеживается через моделирование прибыли и фонда оплаты труда, согласно расчету ВВП по доходам в макроэкономике.

Вклад предприятия в эффективность электроэнергетики и энергобезопасности анализируется с помощью показателей энергообеспеченности, динамики суммарных мощностей, приведенного полезного отпуска. Приведенный полезный отпуск равен сумме выработки электроэнергии и величины, получаемой из выработки тепловой энергии по соотношению 1 тыс. Гкал = 1,163 млн. кВтч.

Социальная роль предприятия отображена в количестве рабочих мест, которое оно предоставляет, а также в финансировании социальных программ.

Использование метода системной динамики требует построения компьютерной программы численного решения системы дифференциальных уравнений, лежащих в основе модели. Для моделирования был использован пакет «The Ventana Simulation Environment Vensim». Данный пакет удобен тем, что поддерживает непрерывное моделирование, имеет ряд встроенных функций, располагает бесплатной версией для применения в научно-исследовательских целях.

На базе выделенных допущений была разработана потоковая диаграмма, которая позволяет:
- визуально определить причинно-следственные связи между переменными модели;
- классифицировать переменные согласно теории системной динамики.

Причинно-следственные связи в модели отображаются стрелками, которые показывают направление взаимосвязи и порядок расчета показателей. В основе модели петли обратных связей или замкнутые контуры, позволяющие выявить внутренние свойства сложной системы, что обеспечивает высокую прогностическую способность модели.

В основе теории системной динамики лежит классификация всех переменных на такие типы [6, 7]:

1. Переменная-уровень – является накопителем, с помощью которого отображаются фиксируемые на определенную дату величины, рассчитывается по следующей формуле:

$$Y^t = \int_{t_0}^{t_1} (T_{in}^t - T_{ish}^t)dt + Y^{t_0}, \qquad (1)$$

где: Y^t, Y^{t_0} – уровень в *t-й* и начальный момент времени, $_{T_{ish}^t}$ – начальный момент времени, T_{in}^t, T_{ish}^t – входящий и исходящий поток в *t-й* момент времени.

Таблица
Графические изображения переменных в Vensim

Тип переменной	**Пример изображения**
Уровень	ФОТ Мосэнерго
Темп	Валовый доход компании
Вспомогательная переменная	*Выработка компании*
Теневая переменная	<Рабочая мощность Мосэнерго>

2. Переменная-темп – отображает входящий или исходящий поток переменной-уровня, выражает расчетные показатели за определенный период времени.

3. Вспомогательная переменная – переменная без накопления, представляющая расчетный показатель или константу.

4. Теневая переменная – переменная, рассчитываемая в другой подсистеме имитационной модели.

Графические изображения основных типов переменных на потоковой диаграмме Vensim приведены в таблице.

На рисунке представлена потоковая диаграмма формирования эффективности работы «Газпром энергохолдинг».

Для отображения аналитических зависимостей введем соответствующие обозначения и основные взаимосвязи. Показатели по предприятиям индексируются таким образом: 1 – «Мосэнерго», 2 – ТГК-1, 3 – ОГК-2. Расчеты показателей по дочерним компаниям в целом совпадают, поэтому основные соотношения будут представлены для всей группы компаний. Переменные-уровни отображаются во временном разрезе. Ниже представлены базовые аналитические функции, лежащие в основе имитационной модели:

$$M^t = M^{t-1} + \int_{t-1}^{t} (W^{t-1} - V^{t-1}),$$

$$P^t = \int_{t-1}^{t} (VD^{t-1} - VZ^{t-1} - A^{t-1}),$$

$$VZ = MZ + RU + PZ + FOT + ESN,$$

$$For_FOT = Rab \cdot SrZP,$$

$$Vyr = Tr \cdot Vt + C \cdot Ve,$$

$$Vt = M \cdot T,$$

$$EOr = \frac{Sb}{PTr},$$

$$EO = \frac{Sb}{PT},$$

$$FSCr = DFr \cdot P,$$

$$NDFL = S_{NDFL} \cdot FOT,$$

$$NP = S_{NP} \cdot P,$$

$$FOTd = \sum (FOT_1 + FOT_2 + FOT_3),$$

$$Pd = \sum (P_1 + P_2 + P_3),$$

$$FSCd = \sum (FSCr_1 + FSCr_2 + FSCr_3),$$

$$PP = Vt \cdot 1{,}163 + Ve,$$

$$sM = \sum (M_1 + M_2 + M_3),$$

$$Id = \sum (I_1 + I_2 + I_3),$$

$$sFOT^t = sFOT^{t-1} + \int_{t-1}^{t} FOTd^{t-1},$$

$$sP^t = sP^{t-1} + \int_{t-1}^{t} Pd^{t-1},$$

$$sFSD^t = sFSD^{t-1} + \int_{t-1}^{t} FSDd^{t-1},$$

$$sI^t = sI^{t-1} + \int_{t-1}^{t} Id^{t-1},$$

где: индекс t – момент времени, M – мощности компании (тепловые и электрические), W – ввод в эксплуатацию мощностей, V – выбытие мощностей, P – прибыль, VD – валовой доход, VZ – валовые затраты, A – амортизация, MZ – материальные затраты, PZ – прочие затраты, RU – работы, услуги, оплаченные компанией, FOT – фонд оплаты труда, ESN – единый социальный налог, For_FOT – формирование заработной платы, Rab – среднесписочная численность работников, SrZP – средняя заработная плата, Vyr – выручка, Tr – тариф усредненный на тепло, Vt – выработка тепловой энергии, C – цена РСВ, Ve – выработка электроэнергии, T – время работы электростанций, EOr – энергообеспеченность в регионе, в котором работает компания, EO – энергообеспеченность стране, Sb – сбыт компании в регионе, $PTr_{S_{NL}}$ – потребление электроэнергии в регионе, PT – потребление электроэнергии в регионе в стране, FSCr – финансирование социальных программ в регионе, DFr – доля собственных средств компании на социальные программы, NDFL – НДФЛ, S_{NDFL} – соответствующая ставка НДФЛ, NP – налог на прибыль, S_{NP} – соответствующая ставка налога на прибыль, FOTd – ФОТ дочерних компаний, Pd – прибыль дочерних компаний, FSCd – финансирование социальных программ дочерними компаниями, PP – приведенный полезный отпуск «Газпром энергохолдинг», sM – мощности «Газпром энергохолдинг», Id – инвестиции дочерних компаний, I – инвестиции в компанию, sFOT – совокупный ФОТ «Газпром энергохолдинг», sP – совокупная прибыль «Газпром энергохолдинг», sFSC – совокупное финансирование социальных программ «Газпром энергохолдинг», sI – совокупные инвестиции «Газпром энергохолдинг».

Проверка адекватности разработанной имитационной модели осуществляется на основе оценки совпадения динамики следующих показателей (за период 2008-2012 гг. по всем дочерним компаниям): фонд оплаты труда, прибыль, выработка энергии, рабочая мощность дочерних компаний.

Анализ функционирования холдинга за 5 лет на базе экспериментирования с имитационной моделью посредством многократных запусков компьютерной программы и фиксацией получаемых по ретроспективе данных позволил выявить тенденции и сделать основные выводы. Ввод данных в модель осуществлялся на базе использования специальных таблиц, которые были построены с привлечением табличных функций Lookup пакета Vensim. Экспериментирование осуществлялось на основе результатов финансовой отчетности компаний, аналитических таблиц, калькуляции себестоимости, налоговой и статистической отчетности за прошедший период.

Моделирование бюджетной эффективности

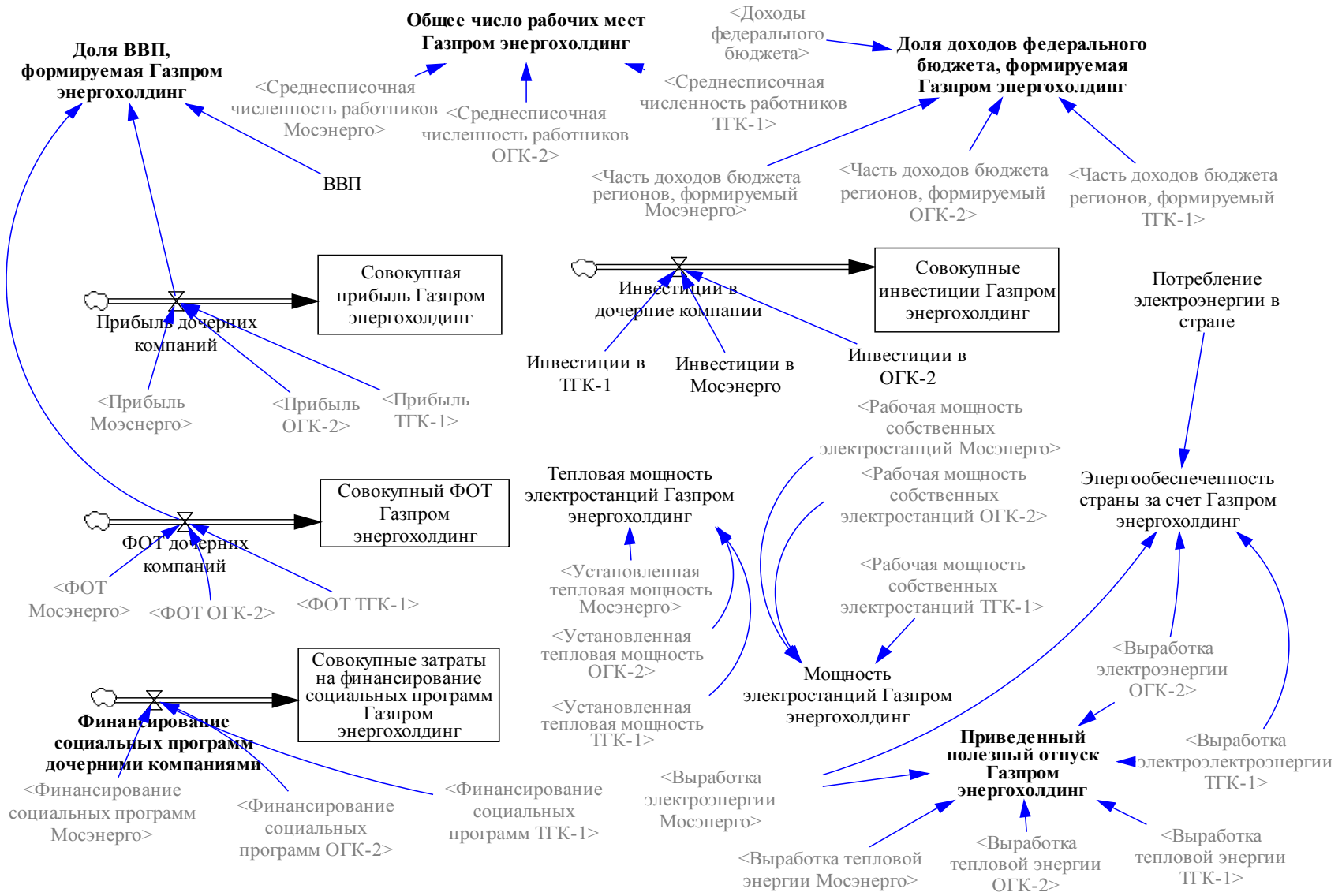


Рис. Имитационная модель функционирования ООО «Газпром энергохолдинг» и его влияния на экономику, финансы и социальное развитие государства

компании позволило сделать выводы о том, что соответствующие показатели «ОГК-2» в регионе существенно уступают аналогичным характеристикам других дочерних компаний. Лидирующей компанией является «ТГК-1», которая, согласно модели, за последние годы демонстрирует существенное повышение бюджетной эффективности в среднем на 10% в год.

Анализ бюджетной эффективности ООО «Газпром энергохолдинг» позволил отметить период 2010-2011 гг. как более пассивную позицию компании в отношении наполнения бюджетов всех уровней: снижение бюджетной эффективности за счет анализируемой компании на уровне федерального бюджета достигло 9%.

Оценка экономической эффективности компании с использованием имитационной модели дает возможность сделать выводы о существенном росте роли ООО «Газпром энергохолдинг» в экономическом развитии регионов и государства в целом. Максимальный рост экономической эффективности по регионам составил 27% (2011 г.) в крупнейшей компании группы «Мосэнерго» за счет значительного увеличения прибыли и фонда оплаты труда. Доля «ТГК-1» в ВРП региона в 2010 г. составила 0,5%; к периодам максимальной экономической эффективности работы «Мосэнерго» следует отнести 2012 г. (0,18%), «ОГК-2» – 2010 г. (0,06%).

Снижение экономической эффективности компании наблюдалось на рубеже 2008-2009 гг., что объясняется последствиями кризисных процессов и реформ электроэнергетического сектора в России.

Моделирование социальной эффективности компании позволило сделать выводы о положительных тенденциях роста финансирования социальных программ компании в области культуры, спорта, образования и здравоохранения. Отметим, что повышение социальной эффективности, согласно имитационной модели, обусловлено не столько ростом собственных средств дочерних компаний, сколько положительной динамикой их доли, перечисляемой на реализацию социальных инициатив. Так, за анализируемый период рост финансирования социальных программ по компании в целом составил 41%, что на 67% обеспечивалось комплексом управленческих решений по повышению доли собственных средств на поддержание социального развития в регионах. Согласно результатам моделирования, среднесписочное число работников ООО «Газпром энергохолдинг» в 2012 г. достигло 24330 человек, а средняя заработная плата составила от 575 тыс. руб. в год в компаниях «ТГК-1» и «ОГК-2» до 890 тыс. руб. в год в компании «Мосэнерго». Вместе с тем, в посткризисный период 2008-2009 гг. наблюдалось снижение социальной активности предприятия из-за неудовлетворительной динамики собственных средств.

Таким образом, на базе концепции системной динамики построена модель взаимосвязи показателей деятельности компании ООО «Газпром энергохолдинг» и ее дочерних компаний, реализованная в виде компьютерной имитационной модели-программы. Диаграммы потоков, лежащие в основе модели, позволили визуализировать причинно-следственные связи между переменными и классифицировать их, а математическая модель – формализовать данные взаимосвязи. Результирующими расчетными переменными модели являются показатели эффективности компании, среди которых: бюджетная, экономическая и социальная эффективность, а также эффективность энергетической политики.

Разработанная модель является гибкой и адаптивной, что дает возможность применять ее для анализа деятельности различных энергетических компаний и выработки управленческих решений относительно формирования и реализации энергетической стратегии. Высокие прогностические способности модели позволяют использовать ее в качестве построение сценариев средне- и долгосрочного развития энергетического сектора.

Литература:

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года: утверждена Распоряжением Правительства РФ от 13.11.2009 г. № 1715-р [электронный ресурс]. URL: http://minenergo.gov.ru/aboutminen/energostrategy/ (дата обращения 12.06.2014)
2. Проект «Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года» // Минэкономразвития России, Москва, 2010.
3. Концепция долгосрочного развития Российской Федерации на период до 2020 года: утверждена Распоряжением Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. № 1662-р. // Минэкономразвития России, Москва.
4. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика). М. : Прогресс, 1971. 278 с.
5. Сценарные модели сбалансированного социально-экономического развития регионов. Монография / под. ред. Т. С. Клебановой, О.В. Мозенкова. Бердянск : Издатель Ткачук А.В., 2013. 328 с.
6. Королева Н. В. Имитационная модель рекреационной зоны // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. 2010. №1. С. 149-158.
7. Никифорова О. В., Чаговец Л. А., Ястребова А. С. Использование инструментальных средств имитационного моделирования при фискальном

регулировании диспропорций развития социально-экономических систем // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2013. №1/2. С. 36-42.

References:

1. Energy strategy of Russia up to 2030: approved by the Order of the RF Government dated 13.11.2009 г. № 1715-р [e-resources]. URL: http://minenergo.gov.ru/aboutminen/energostrategy/ (date of reference 12.06.2014)
2. Project “Strategies of innovative development of the RF up to 2020” // Minekonomrazvitiya Rossii, Moscow, 2010.
3. Concept of long-term development of the RF up to 2020: approved by the Order of the RF Government dated November 17, 2008. № 1662-r. // Minekonomrazvitiya Rossii, Moscow
4. Forrester J. Basics of enterprise cybernetics (industrial dynamics). M.: Progress, 1971. 278 p.
5. Scenario models of balanced social-economic development of regions. Monograph / edited by T.S. Klebanova, O.V. Mozenkova. Berdyansk: Editor Tkachuk A.V., 2013. 328 p.
6. Korolyova N.V. Simulation model of a recreation zone // Vestnik Adigeyskogo gosudarstvennogo universiteta. Series 5: Ekonomika. 2010. №1. P. 149-158.
7. Nikiforova O.V., Chagovets L.A., Yastrebova A.S. Utilization of instrumental means of simulation modeling in fiscal regulation of development disproportions of social-economic systems // Sovremennaya nauka: aktualniye problem teoriyi i praktiki. Series: Estestvenniye i tekhnicheskiye nauki. 2013. №1/2. P. 36-42.