

МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, СЕТИ В ЭКОНОМИКЕ, ТЕХНИКЕ, ПРИРОДЕ И ОБЩЕСТВЕ

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

№ 3 (23)

2017

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, СЕТИ В ЭКОНОМИКЕ И УПРАВЛЕНИИ

Буневич К. Г., Бродунов А. Н.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ
ДЕОФШОРИЗАЦИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ4

Валько Д. В.

О МЕТОДИКЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ
И ФОРМИРОВАНИЯ РЕЙТИНГА ПУБЛИКАЦИОННОЙ
АКТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ 17

Власов А. В., Гаибов Г. С.

ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ ЭКОНОМИКА КАК НОВАЯ ОБЛАСТЬ
ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НАУКЕ31

Еременко Ю. А.

ИНСТРУМЕНТАРИЙ РЕАЛИЗАЦИИ МАРКЕТИНГОВЫХ
ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ В БИЗНЕСЕ 41

Кислицын Е. В.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА ОПЕРАТОРОВ СОТОВОЙ СВЯЗИ
МЕТОДАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ51

Пугачев И. О. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОЛИТИКИ ФОРМИРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУВЕРЕННЫХ ФОНДОВ С МАКРОДИНАМИКОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ	64
Романова А. В., Винокуров А. В. О РЕГУЛИРОВАНИИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИИ БАНКОВ С РОСФИНМОНИТОРИНГОМ В СФЕРЕ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ЛЕГАЛИЗАЦИИ (ОТМЫВАНИЮ) ДОХОДОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРЕСТУПНЫМ ПУТЕМ, И ФИНАНСИРОВАНИЮ ТЕРРОРИЗМА	75
Синдюков Д. Ф. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И СПЕЦИФИКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЫНКА ТРУДА В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ	84
Юрин А. В., Уткина Н. В. ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ: ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ	94
Яшин С. Н., Захарова Ю. В., Цыплаков И. Ю. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВИДОВ ОБЯЗАТЕЛЬНОГО СТРАХОВАНИЯ	110

РАЗДЕЛ 2. МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, МЕХАНИЗМЫ В ТЕХНИКЕ

Алкезуини М. М., Горбаченко В. И. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБУЧЕНИЯ СЕТЕЙ РАДИАЛЬНЫХ БАЗИСНЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АППРОКСИМАЦИИ.....	123
Ашанин В. Н., Коротков А. А. РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРУЮЩЕГО ΣТ-АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С КОРРЕКЦИЕЙ ПОГРЕШНОСТИ ОТ КРАЕВЫХ ЭФФЕКТОВ В ЦИФРОВОЙ ФОРМЕ	139
Мартышкин А. И. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ АППАРАТНОГО АРБИТРА ОБЩЕЙ ШИНЫ МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ	151

Семенова К. В., Тамьярова М. В., Тихонов А. И.
ТЕХНОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ
РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И АППАРАТОВ
НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ КВАЗИСТАЦИОНАРНОГО
МАГНИТНОГО ПОЛЯ..... 160

Тарасов Д. А., Семенов Д. Ю.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ГИБКИХ НИТЕЙ
С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ 175

Шипина О. Т., Мингазова В. К., Фомин Я. А.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА
МОДИФИЦИРОВАННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА
НИТРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ..... 186

РАЗДЕЛ 1

МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, СЕТИ

В ЭКОНОМИКЕ И УПРАВЛЕНИИ

УДК 339.72

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ДЕОФШОРИЗАЦИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

К. Г. Буневич, А. Н. Бродунов

STATISTICAL ANALYSIS OF THE PROCESS OF DEOFFSHORIZATION IN RUSSIAN FEDERATION

K. G. Bunevich, A. N. Brodunov

Аннотация. *Актуальность и цели.* Проведение политики деофшоризации в России обусловлено масштабным оттоком капитала, необходимостью привлечения инвестиций и сокращением доходов бюджета. Государство стремится к тому, чтобы бизнес вкладывал сверхприбыли на внутреннем рынке, в то время как российские корпорации вынуждены использовать офшоры для повышения конкурентоспособности и получения доступа на международный рынок капитала. Цель данного исследования – проанализировать экономические отношения, обусловленные противоречиями проводимой государственной политики в рамках деофшоризации и потребностями бизнеса проводить экспансию капитала в открытые финансовые каналы. *Материалы и методы.* Реализация задачи была достигнута за счет сопоставления данных официальной государственной статистики и расчетов экспертного сообщества. В исследовании использовались методы ретроспективного анализа, графический, индукции, экспертных оценок. *Результаты.* Проблема деофшоризации в России тесно связана с величиной оттока капитала, однако отсутствие единой методологии его расчета говорит о неоднозначности и сложности данного вопроса. Рассмотрев динамику показателей трансграничного движения капитала ЦБ РФ и Всемирного банка, авторы показали, что его реальные масштабы значительно ниже официальных статистических данных. Также реализована попытка оценить масштабы оттока средств из России в офшоры. По результатам это составило несущественную долю в общей структуре оттока капитала. Обосновано, что средства, поступающие из России в офшоры, в среднесрочной перспективе возвращаются в страну. Следовательно, отток капитала не следует рассматривать исключительно как негативную тенденцию. *Выводы.* Статистический анализ позволяет сделать некоторые выводы в части взаимосвязей офшорных финансовых центров с российской экономикой. Отечественные ТНК используют офшоры ввиду необходимости защиты активов, привлечения инвестиций и повышения конкурентоспособности на мировом рынке.

Ключевые слова: деофшоризация, офшорные финансовые центры, мировые финансы, прямые иностранные инвестиции, отток капитала.

Abstract. *Background.* The policy of deoffshorization in Russia due to the massive outflow of capital, need to attract investment and reduce revenues. The government is

committed to ensuring that the business has invested profits in the domestic market, while Russian companies have to use offshore to improve the competitiveness and access to international capital market. The purpose of this study is to analyze the economic relations, due to contradictions of state policy in the framework of deoffshorization and business needs to carry out expansion capital to open financial channels. *Materials and methods.* The realisation of the objectives were achieved by comparing the data of official state statistics and calculations of the expert community. The study used the methods of retrospective analysis, graphics, induction, expert assessments. *Results.* The problem of deoffshorization in Russia is closely connected with the magnitude of capital outflows, but the lack of a unified methodology of its calculation says about the ambiguity and the complexity of the issue. Examined dynamics of cross-border capital flows, the Central Bank of the Russian Federation and the world Bank, shows that its real scope is much below the official statistics. Also an attempt to assess the extent of the outflow of funds from Russia to offshore companies. The results showed that the structure of the whole outflow of capital to offshore accounts for a minor share. It is proved that the funds received from Russia to offshore, in the medium term, returning to the country. Consequently, the capital outflows should not be viewed as exclusively negative trend. *Conclusions.* Statistical analysis allows to draw some conclusions in terms of linkages of offshore financial centres with the Russian economy. Russian corporations use offshore because of the need for asset protection, investment and competitiveness in the global market.

Key words: deoffshorization, offshore financial centres, global finance, foreign direct investment, capital outflows.

Введение

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что в современных условиях, реализуя политику деофшоризации в России, финансовые власти решают проблему сокращения бюджетных доходов, оттока капитала из страны и стагнации в экономике. Данная политика разрабатывалась Правительством с 2011 г. на протяжении пяти лет по указу Президента РФ В. В. Путина и впоследствии была дополнена его конкретными предложениями. В 2015 г. В. В. Путин вновь вернулся к данному вопросу, подписав закон об амнистии капитала.

Считаем возможным рассматривать данную проблему в контексте того, что в современных условиях российские корпорации регистрируют компании в офшорных юрисдикциях не с целью избежать налогового бремени, а ввиду необходимости защиты активов, привлечения инвестиций и повышения конкурентоспособности на мировом рынке.

Предметом исследования выступают экономические отношения, обусловленные противоречиями проводимой государственной политики в рамках деофшоризации и потребностями бизнеса проводить экспансию капитала в открытые финансовые каналы.

Современные условия и факторы, влияющие на трансграничное движение капитала

В настоящее время в России одним из государственных приоритетов является решение проблем оттока капитала из страны и привлечение инвестиций для развития экономики. Одной из значимых мер, предпринятых в

данной области, явилось проведение 1 июля 2006 г. полной либерализации валютного регулирования [1]. Это нашло отражение в динамике трансграничного движения капитала: впервые за всю историю России в 2006 г. наблюдался чистый приток. Однако с ростом прямых иностранных инвестиций (ПИИ), означающих реальные вложения в экономику, он был связан в гораздо меньшей мере по сравнению с притоком спекулятивного капитала, о чем свидетельствуют данные табл. 1.

Таблица 1

Показатели динамики нетто-прямых и нетто-портфельных* инвестиций в Россию (2005–2009), млрд долл. США

Годы	2005	2006	2007	2008	2009
Нетто-портфельные инвестиции, из них:	148,4	253,4	346,7	87,6	179
Акции	118	207,4	299,8	79,8	169,4
Нетто-прямые инвестиции	33,5	49,4	121	10,9	63,8

* Нетто-прямые инвестиции рассчитываются как накопленные прямые инвестиции из РФ за вычетом накопленных инвестиций в РФ. Нетто-портфельные инвестиции определяются по аналогичному принципу.

Составлено по: <http://www.cbr.ru/statistics/?Prtid=svs>

Представленные данные показывают, что в 2005–2007 гг. наблюдался резкий рост портфельных инвестиций, при этом наибольшую долю в них заняли акции (как наиболее спекулятивная компонента) [2].

Таким образом, приток капитала за последнее десятилетие был отмечен лишь в 2006–2007 гг. и в целом он не оказал существенного влияния на развитие экономики страны. Тенденция оттока капитала продолжилась с 2008 г. и сохраняется в настоящее время (табл. 2).

Таблица 2

Показатели чистого ввоза/вывоза капитала частным сектором в 2006–2016 гг. и в I квартале 2017 г. (оценка), млрд долл. США

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	I кв. 2017
43,7	87,8	–133,6	–57,5	–30,8	–81,4	–53,9	–60,3	–152,1	–58,2	–19,2	–15,4

Составлено по: <http://www.cbr.ru/statistics/?Prtid=svs>

Отметим, что отток капитала наблюдается не только в России, но и в других странах с экспортно-ориентированной экономикой, однако в этих государствах данная проблема не стоит так остро. Для сравнения: в 2013 г. в России данный индикатор оценивался в 1,6 % ВВП, в то время как в Швеции он составил примерно 6 %, в Германии – 7,5 %, в Швейцарии – 9,6 %, а в Голландии и Норвегии – более 10 % ВВП [3]. Показательна динамика оттока капитала и в некоторых других странах (табл. 3).

Таблица 3

**Сравнительная динамика показателей оттока капитала из России
и некоторых зарубежных стран**

Страна	Чистый приток/отток капитала, % ВВП					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Россия	–0,5	–7	9	2	1	4
Норвегия	11	5	17	19	9	19
Кувейт	49	31	35	25	38	35
Япония	2	4	3	2	2	–1

Составлено по: http://nisse.ru/upload/iblock/617/ottok_capitala.pdf

Между тем масштабы оттока капитала за исследуемый период указывают на наличие ряда причин, которые могли оказать влияние на данный показатель. Сделаем попытку их определить.

Важный фактор в динамике трансграничного движения капитала – размер внешнего долга, в том числе корпоративного [4]. В 2000-х гг. в России был резко сокращен объем государственных инвестиций. Банковская система переживала последствия кризиса 1998 г., собственные средства предприятий составляли около 50 % инвестиций в основной капитал. Компании были вынуждены брать кредиты за рубежом, наращивая внешний долг [1, 5]. Таким образом, отток капитала в период мирового финансового кризиса 2008 г. можно объяснить погашением внешнего долга российскими банками и предприятиями. Динамику внешнего долга частного сектора за 2007–2017 гг. наглядно показывает табл. 4.

Таблица 4

**Показатели динамики внешнего долга частного сектора
по состоянию на 01.01.2007–2017 гг., млрд долл. США**

Годы	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Банки	163 472	261 115	281 354	293 184	297 805	329 842	364 803	436 764	376 246	345 100	342 640
Прочие секторы	101 094	163 978	166 222	127 157	144 146	162 764	201 567	214 394	171 450	131 733	119 395

Составлено по: <http://www.cbr.ru/statistics/?Prtid=svs>

В 2009–2010 гг. отток капитала в значительной степени был связан с образованием у российских банков «избыточной ликвидности», обусловленной профицитом торгового баланса страны.

Между тем во II квартале 2010 г. наблюдался приток капитала, обусловленный сокращением выплат российских компаний и банков по внешним долгам. Однако в дальнейшем вывоз средств продолжился, а его основным каналом в 2010–2012 гг. выступил небанковский сектор, осуществляя покупку активов или размещение средств за рубежом, выплаты ранее накопленной задолженности и пр.

Немаловажным фактором в трансграничном движении капитала является то, что большинство крупных российских компаний зарегистрировано в офшорных финансовых центрах (ОФЦ). Кредитование или покупка облигаций таких компаний банками отражается на их балансах как кредит нерезидентам и регистрируется в статистике как отток капитала. По оценкам экспертов, в 2010–2011 гг. одной из причин оттока капитала стал рост кредитования российских компаний, зарегистрированных в ОФЦ [6].

Эксперты отмечают, что трансграничное движение капитала в России подвержено влиянию политических событий. Так, в IV квартале 2011 г. и в I квартале 2012 г. во время парламентских и президентских выборов наблюдался отток средств, превышающий в совокупности значение 2009 г. (рис. 1).

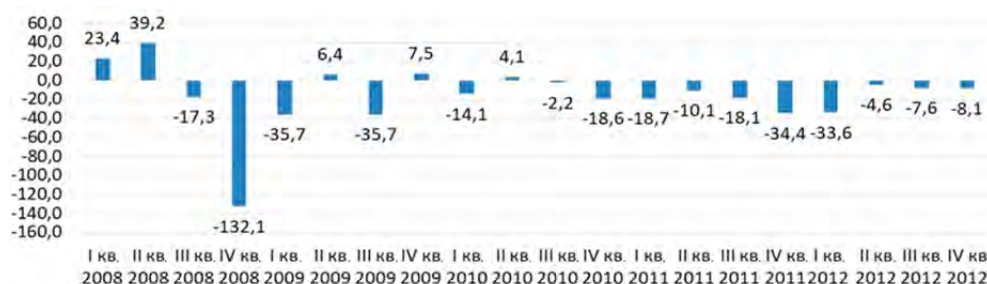


Рис. 1. Чистый ввоз/вывоз капитала частным сектором (по кварталам) в 2008–2012 гг., млрд долл. США (составлено по: <http://www.cbr.ru/statistics/?Prtid=svs>)

Таким образом, в 2008–2011 гг. отток капитала из России присутствовал, однако к 2011 г. заметно увеличение объема ПИИ, поступивших в страну. Однако в структуре ПИИ за данный период преобладает доля кредитов. Это говорит о том, что компаниям было выгодно осуществлять заимствования за рубежом, а не в России (рис. 2, 3).

Напомним: отток капитала в 2014 г. достиг рекордной величины за последние 20 лет – 152,1 млрд долл. (см. табл. 2). По оценкам экспертов, причиной этого явилось введение финансовых санкций странами ЕС и США в отношении крупных российских банков с государственным участием. В отсутствие доступа к внешним источникам финансирования частный сектор был вынужден осуществлять выплаты по внешним долгам, а доступные источники заимствований стали дороже.

Падение курса рубля к доллару в 2014 г., обусловленное снижением цены на нефть, стало причиной роста внешнего долга банков и компаний в национальной валюте.

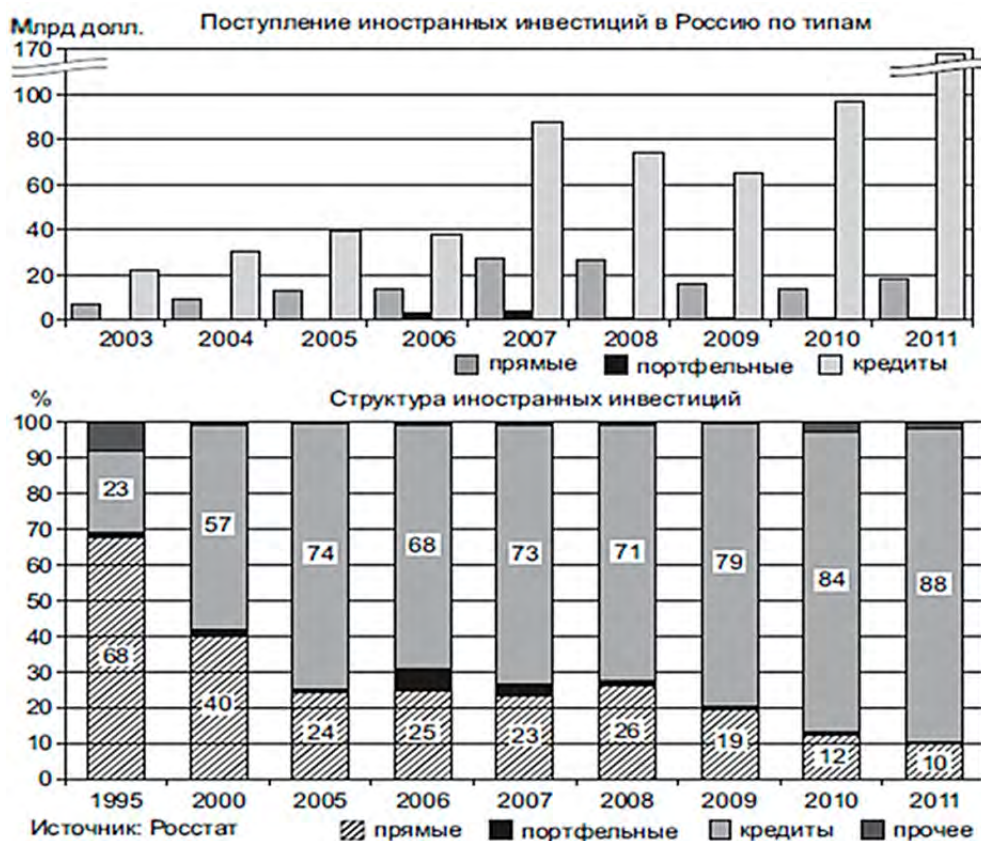


Рис. 2. Структура иностранных инвестиций, поступающих в Россию
(составлено по: http://rusrand.ru/files/13/07/31/130731123756_Trug_centр_vyp_26-12.pdf)



Рис. 3. Источники инвестиций в основной капитал в России
(составлено по: http://rusrand.ru/files/13/07/31/130731123756_Trug_centр_vyp_26-12.pdf)

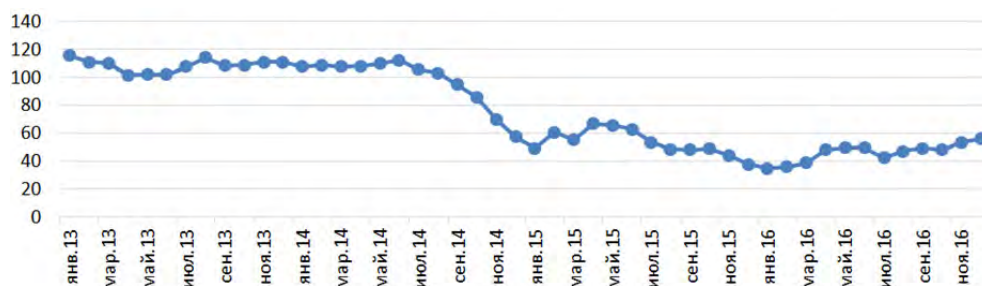


Рис. 4. Динамика цены на нефть марки «Brent», 2013–2016 гг., долл. США
(составлено по: <http://www.cbr.ru/statistics/?Prtid = sv5>)

График на рис. 4 показывает, что с июня 2014 г. цена на нефть марки «Brent» начала падать. В 2015 г. динамика цены на нефть была непостоянной: 60,75 долл. – в феврале, 63,02 долл. – в июне и 37,6 долл. за баррель – в декабре. С апреля по декабрь 2016 г. стоимость 1 барреля нефти выросла с 48,14 долл. до 56,14 долл.

На рис. 5 представлена динамика курса рубля к доллару США в 2014 г. (среднее значение за месяц).



Рис. 5. Динамика курса рубля к доллару США, 2014 г.
(составлено по: <http://www.cbr.ru/statistics/?Prtid = sv5>)

Таким образом, в 2014 г. рубль значительно ослаб по отношению к доллару США – с 33,7844 руб. за долл. США в январе до 55,7907 руб. в декабре.

Возросшие риски внешнеэкономической неопределенности в 2014 г. стали причиной активной покупки населением иностранной валюты, что в свою очередь также отражается в статистике ЦБ РФ как отток капитала.

В 2015 г. отток капитала замедлился практически в два раза по сравнению с 2014 г., тенденция к снижению продолжилась в 2016–2017 гг. Однако некоторые эксперты не считают данную ситуацию положительным явлением, так как замедление оттока средств в 2015 г. было обусловлено спадом в экономике и снижением темпов роста капиталовложений в связи с возросшими рисками инвестирования в России (рис. 6).

Таким образом, на протяжении 2015 г. сохранялось отрицательное значение темпов роста инвестиций в экономику России.

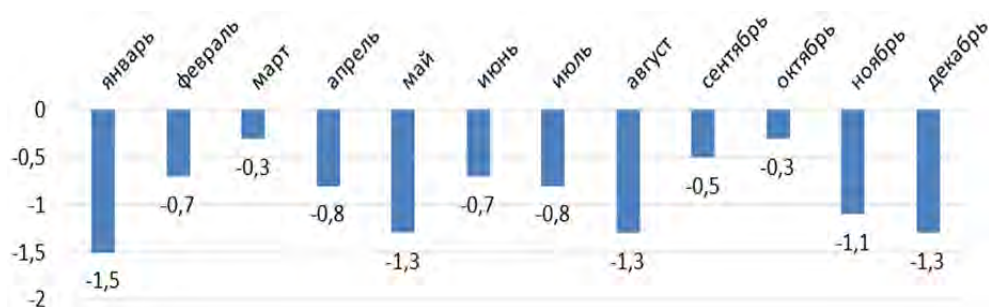


Рис. 6. Темпы роста инвестиций в основной капитал в России
(в процентах к предыдущему месяцу с исключением сезонного фактора), 2015 г.
(составлено по: <http://www.gks.ru/>)

Замедлению оттока средств способствовали и последствия финансовых санкций: капитал перестал поступать из-за рубежа в виде иностранных инвестиций, следовательно, исчерпался ресурс для его последующего вывоза [7].

Среди факторов, которые могли оказать влияние на замедление оттока капитала, эксперты выделяют проводимую в России с 2014 г. политику деофшоризации экономики. Путем проведения данной политики государство намерено было увеличить доходы бюджета на 20 млрд долл. за счет поступления налоговых платежей. Однако деофшоризация не смогла стать главным фактором замедления оттока капитала, так как его масштаб значительно превысил данную сумму. В то же время отток капитала из России присутствует и в 2016–2017 гг.

Исходя из предмета представленного исследования, отметим, что отток капитала был обусловлен в том числе кредитованием российскими банками российских компаний в офшорах ввиду невозможности рефинансирования взятых ранее долгов. Следовательно, подтверждается, что корпорации, скорее всего, использовали офшоры не с целью бегства от налогов, а в связи со сложившейся экономической ситуацией в стране и геополитическими факторами.

На основании проведенного анализа мы можем признать наличие в России проблемы оттока капитала. Однако этот вопрос является одним из самых сложных и неоднозначных в экономике, и это подтверждается экспертным сообществом.

Анализ противоречий во взглядах на деофшоризацию российской экономики

Политика деофшоризации российской экономики, разработка и дальнейшая реализация которой начались с 2011 г., обусловлена попыткой государства решить проблему сокращения доходов бюджета, привлечения инвестиций и сокращения оттока капитала. Изучению данного вопроса посвящены исследования многих российских экспертов, таких как Б. А. Хейфец, И. З. Ярыгина, В. Д. Андрианов. Однако данная проблема оценивается неоднозначно.

Так, В. Д. Андрианов утверждает, что «отток капитала является негативным явлением, свидетельствующим о нестабильности и неэффективности

функционирования всей экономической и финансовой системы. Огромные масштабы вывоза капитала за рубеж – острейшая проблема для экономики страны. Значительная часть этих средств выводится за границу с целью уклонения от уплаты налогов, что напрямую влияет на формирование доходной части бюджета» [4]. По этой причине он поддерживает политику деофшоризации российской экономики.

Однако эксперты РФПИ, Центра национального интеллектуального резерва при МГУ им. М. В. Ломоносова и Ernst&Yong считают вывоз капитала переоцененной проблемой российской экономики, так как их исследование показало: реальные масштабы оттока значительно ниже официальной статистики (табл. 5).

Таблица 5

Один из результатов исследования оттока капитала из России, проведенного экспертами РФПИ, Центра национального интеллектуального резерва при МГУ им. М.В. Ломоносова и Ernst&Yong

Прямые инвестиции, млрд долл. США	2007	2008	2009	2010	2011	Всего
В офшорные зоны	21,8	21,6	24,4	29,6	38,2	135,6
Из офшорных зон	21,4	40,3	19,4	21,4	30,6	133,0

Составлено по: http://niss.ru/upload/iblock/617/ottok_capitala.pdf

Эксперты отмечают, что показатель оттока капитала ЦБ РФ является бухгалтерским, «при его расчете не учитывается экономическая сущность транзакций». Выделяется, что «существующая в России методика расчета не используется ни в одной из ведущих и развивающихся экономик». В качестве более корректного индикатора предлагается показатель «Private capital flows» Всемирного банка¹. Покажем динамику показателей оттока капитала ЦБ РФ и Всемирного банка в табл. 6.

Таблица 6

Показатели оттока капитала, рассчитанные по методике ЦБ РФ и Всемирного банка, млрд долл.²

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ЦБ РФ	43,7	87,8	-133,6	-57,5	-30,8	-81,4	-53,9	-60,3	-152,1
The World Bank	22,5	14,7	-16	-9,3	-10,9	-32,3	Нет данных		

Составлено по: http://niss.ru/upload/iblock/617/ottok_capitala.pdf

Таким образом, отражаются существенные различия в масштабах оттока капитала из России, что позволяет нам поставить под сомнение степень остроты проблемы деофшоризации в России.

¹ Рассчитывается как сумма чистых прямых и портфельных инвестиций.

² Статистические данные «Private capital flows» за 2012–2016 гг. отсутствуют, однако имеющаяся динамика позволяет предположить, что различия в оценках масштабов оттока капитала сохраняются.

Эксперты опровергают тезис о том, что «структурирование прямых инвестиций через офшоры представляет собой исключительно вывоз капитала из России». Отмечается, что в среднесрочном периоде средства, выводимые в форме ПИИ в офшоры, возвращаются в Россию (см. табл. 5). Показательна динамика ПИИ, направленных в ОФЦ и поступивших в Россию (табл. 7)

Таблица 7

Динамика ПИИ, направленных из России в ОФЦ
и поступивших из ОФЦ в Россию, 2007–2016 гг.

Годы	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ПИИ, направленные из РФ в ОФЦ	35186	31696	26353	35263	45242	34984	77583	37338	10483	15529
ПИИ, поступившие в РФ из ОФЦ	34197	49198	16230	26266	38498	29395	57631	15700	–835	28393

Составлено по: <http://www.cbr.ru/statistics/?Prtid=svs>

Как видно из табл. 7, в 2016 г. величина ПИИ, поступивших в Россию из ОФЦ, превысила ПИИ, поступившие из России в ОФЦ. Кроме того, в структуре оттока капитала ПИИ, направляемые из России в офшоры, занимают вовсе незначительную долю (табл. 8).

Таблица 8

Доля ПИИ, направляемых из России в офшоры
в структуре оттока капитала, 2012–2016 гг.

Годы	2012	2013	2014	2015	2016
Отток капитала	–53 900 000	–60 300 000	–152 100 000	–58 200 000	–19 200 000
ПИИ, направляемые из России в ОФЦ	–34 984	–77 538	–37 338	–10 483	–15 529

Составлено по: <http://www.cbr.ru/statistics/?Prtid=svs>

В настоящее время политика деофшоризации приобретает глобальный характер. Международные организации (FATF, ОЭСР), некоторые государства ведут борьбу с ОФЦ ввиду того, что их бюджет теряет значительную часть налоговых поступлений. Этот вопрос из экономического стал политическим и обсуждается на уровне парламентов и правительств [8]. Однако, если основная цель использования ОФЦ европейскими ТНК – фискальная оптимизация, то российские корпорации используют офшоры ввиду необходимости защиты активов, привлечения инвестиций и повышения конкурентоспособности на мировом рынке.

Отметим, что в структуре некоторых российских инвестиций в зарубежных странах учитываются сделки по слиянию и поглощению (M&A),

табл. 9. Их специфика в том, что для упрощения процесса осуществляется продажа офшорной компании (а не компании на территории России) [9].

А. А. Пахомов в работе «Экспорт прямых инвестиций как фактор реализации внешнеэкономической стратегии Российской Федерации» отмечает, что «предпосылки осуществления ПИИ большинством российских ТНК – закрепление, удержание или расширение рынков сбыта либо обеспечение прямого доступа к факторам производства», в то время как снижение издержек является вторичной мотивацией [10]. Так, путем сделок M&A компании «Норникель» и «АЛРОСА» стремились расширить свою ресурсную базу, «ЛУКОЙЛ» и «Вымпелком» – усилить позиции на зарубежных оптово-розничных рынках, а «Ренова» – приобрести современные зарубежные технологии, в том числе для их последующего использования в России.

Таблица 9

Прямые иностранные инвестиции, поступившие из России в офшоры и направленные из офшоров в Россию, 2012–2016 гг., млн долл. США

Страны	2012		2013		2014		2015		2016	
	ПИИ, направленные из России	ПИИ, направленные в Россию	ПИИ, направленные из России	ПИИ, направленные в Россию	ПИИ, направленные из России	ПИИ, направленные в Россию	ПИИ, направленные из России	ПИИ, направленные в Россию	ПИИ, направленные из России	ПИИ, направленные в Россию
БВО	7395	2475	62223	9379	718	3123	3301	2374	1864	962
Кипр	20920	1985	7671	8266	23546	3158	4249	-7069	9924	201
Нидерланды	2599	10330	-3022	5716	-2132	1102	461	-246	881	201
Великобритания	632	46	1294	18927	1935	120	-439	1112	755	430
Швейцария	76	401	1358	1086	6927	2472	203	825	1433	1842
Люксембург	-504	10814	1314	11638	639	-693	786	-5770	-1683	-804
Бермуды	1136	-479	571	656	2997	1777	-261	2239	509	2414
Австрия	1035	1135	5265	-326	1135	841	746	407	258	1071
Багамы	433	2111	560	2791	756	3638	1054	5108	1205	5802
Сингапур	1262	577	304	-502	817	162	383	185	383	16274
Всего	34984	29395	77538	57631	37338	15700	10483	-835	15529	28393

Составлено по: <http://www.cbr.ru/statistics/?Prtid=svs>

А. А. Пахомов полагает, что экспорт прямых инвестиций можно рассматривать как преимущество России на международном уровне, и это могло бы стать конкурентным преимуществом страны, системообразующим фактором ее внешнеэкономической стратегии.

Согласимся с мнением эксперта: ведение международного бизнеса обеспечит российским корпорациям не только доступ к ресурсам и рынкам сбыта, но и к инновационным технологиям, что, несомненно, будет способствовать развитию экономики.

Подводя итог этой части исследования, можно сказать, что отток капитала не всегда представляет собой исключительно негативную тенденцию, а может рассматриваться как экономическая экспансия российских корпораций. Таким образом, используя метод экспертных оценок, мы подтвердили, что существуют противоречивые взгляды на проведение в России политики деофшоризации.

Заключение

Резюмируя относительно достижения цели проведенного исследования, сделаем следующие выводы. Проблема деофшоризации в России тесно связана с величиной оттока капитала, однако отсутствие единой методологии его расчета говорит о неоднозначности и сложности данного вопроса. При рассмотрении динамики показателей трансграничного движения капитала ЦБ РФ и Всемирного банка показано, что его реальные масштабы значительно ниже официальных статистических данных. В связи с этим можно заключить, что проблема деофшоризации российской экономики не должна стоять так остро.

В дополнение данного тезиса мы попытались оценить масштабы оттока средств из России в офшоры. Результаты показали, что в структуре всего оттока капитала он составляет незначительную долю. Доказано, что средства, поступающие из России в офшоры, в среднесрочной перспективе возвращаются в страну. Метод экспертных оценок выявил, что существуют противоречивые взгляды на проведение в России политики деофшоризации, в основе которых лежит неоднозначное понимание сущности оттока капитала: попытка бегства от уплаты налогов или экономическая экспансия российских корпораций. Следовательно, отток капитала не следует рассматривать как исключительно негативную тенденцию.

Также следует подчеркнуть, что рассмотренная нами проблема является сложной и неоднозначной. Безусловно, в России существует проблема оттока капитала и недостатка финансовых ресурсов для развития экономики. Однако проведенный анализ показал, что на современном этапе использование офшоров необходимо для лучшего функционирования бизнеса российских корпораций.

Библиографический список

1. Отток капитала из России: проблемы и решения // Труды Центра проблемного анализа и государственно-управленческого проектирования. – Вып. 26. – М. : Научный эксперт, 2013. – 112 с. – URL: http://rusrand.ru/files/13/07/31/130731123756_Trug_centр_vyp_26-12.pdf
2. Финансовые стратегии модернизации экономики: мировая практика / под ред. Я. М. Миркина. – М. : Магистр, 2014. – 496 с. – URL: http://www.mirkin.ru/_docs/book067.pdf
3. Российская газета. – URL: <https://rg.ru/2014/05/30/kapital.html>
4. Андрианов, В. Д. Причины, масштабы и экономические последствия оттока из России / В. Д. Андрианов. – URL: http://www.orgkomitet.com/images/archive/GENEVA-2015/presentation_andrianov_geneva_2015.pdf
5. Буневич, К. Г. К вопросу о финансовых и денежно-кредитных методах регулирования, применяемых ЦБ РФ / К. Г. Буневич // Вестник Московского университета им. С. Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. – 2016. – № 4 (19). – С. 35–43.

6. Финмаркет. – URL: <http://www.finmarket.ru/main/article/2673896>
7. Дегтев, А. С. Почему затормозился отток капитала из России / А. С. Дегтев. – URL: <http://rusrand.ru/analytics/pochemu-zatormozilsya-ottok-kapitala-iz-rossii>
8. Forbes. – URL: <http://www.forbes.ru/kompanii/338291-sendvich-i-viski-kak-trampu-borotsya-s-vrednymi-privychkami-amerikanskogo-biznesa>
9. Дмитранов, В. Практическое налоговое планирование / В. Дмитранов. – URL: <http://www.nalogplan.ru/article/861-optimizatsiya-sdelok-sliyaniya-i-pogloshcheniya-konspekt-seminara>
10. Пахомов, А. А. Экспорт прямых инвестиций как фактор реализации внешнеэкономической стратегии Российской Федерации : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.14 / Пахомов А. А. – URL: <http://www.ranepa.ru/obyavlenia/sentyabr2013/pakhomov.pdf>

Буневи́ч Константин Гео́ргиевич

кандидат экономических наук, доцент,
заведующий кафедрой финансов
и кредита,
Московский университет
им. С. Ю. Витте
E-mail: kbunevich@muiv.ru

Bunevich Konstantin Georgyevich

candidate of economic sciences,
associate professor,
head of sub-department
of finance and credit,
Moscow University
named after S. Yu. Vitte

Бродунов Андрей Николаевич

кандидат экономических наук, доцент,
кафедра финансов и кредита,
Московский университет
им. С. Ю. Витте
E-mail: abrodunov@muiv.ru

Brodunov Andrey Nikolayevich

candidate of economic sciences,
associate professor,
sub-department of finance and credit,
Moscow University
named after S. Yu. Vitte

УДК 339.72

Буневи́ч, К. Г.

Статистический анализ процессов деофшоризации в Российской Федерации / К. Г. Буневи́ч, А. Н. Бродунов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 4–16.

О МЕТОДИКЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ И ФОРМИРОВАНИЯ РЕЙТИНГА ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ

Д. В. Валько

METHODS OF SYSTEMATIC EVALUATION AND THE RATING OF PUBLICATION ACTIVITY OF RESEARCHERS

D. V. Valko

Аннотация. *Актуальность и цели.* Научно обоснованные критерии качества и результативности деятельности научных организаций, научных коллективов и отдельных ученых давно являются камнем преткновения научного менеджмента на всех уровнях. Проблема выработки таких критериев носит ярко выраженный междисциплинарный характер, так как находится на стыке наукометрии, классической статистики, информатики и управления. Целью работы является совершенствование методического инструментария в сфере менеджмента научных исследований на основе решения следующих задач: выполнить обзор актуальных методик и подходов в оценке публикационной активности исследователей; сформулировать основные принципы оценки публикационной активности исследователей на уровне организации; предложить методику оценки публикационной активности с учетом решаемых управленческих задач. *Материалы и методы.* Применяются методы компаративного анализа существующих методик и интегративный подход в построении оригинальной методики оценки и формирования рейтинга публикационной активности исследователей. В предложенной методике использованы методы нормирования, агрегации, сортировки и многомерного ранжирования. *Результаты и выводы.* В числе основных принципов и приоритетов формирования системы наукометрических показателей и интегральной оценки публикационной активности можно назвать дифференцированность, консервативность и сбалансированность, интегративность, институциональную обоснованность, комплексность, некомпенсаторность и гибкость. Анализ востребованных методик оценки публикационной активности исследователей показывает, что достаточным решением в описанных условиях может стать комплексная методика, включающая нормирование, поправки на период научной и публикационной активности, а также пороговую агрегацию. Лучшая методика должна учитывать все рассмотренные принципы оценки публикационной активности в разрезе управленческих задач. Предложенная методика, включая алгоритм сбора, предобработки и ранжирования наукометрических данных, представляет собой универсальную основу методического инструментария оценки публикационной активности и рейтингования. Данная методика может быть легко реализована в рамках информационной системы научно-образовательной организации и использована для задач управления научной деятельностью и публикационной активностью.

Ключевые слова: наукометрия, рейтинг исследователей, методика оценки публикационной активности.

Abstract. *Background.* Scientifically substantiated criteria for the quality and effectiveness of the activities of scientific organizations, research teams and individual scientists have long been a stumbling block for scientific management at all levels. The problem of

elaborating such criteria has a pronounced interdisciplinary character, since it is at the intersection of scientometrics, classical statistics, computer science and management. The aim of that work is to improve the methodical tools in the field of research management, on the basis of the following tasks: the review of current methods and approaches in assessing the publication activity of researchers; formulate the basic principles for assessing the publication activity of researchers at the organization level; to propose a methodology for assessing the publication activity taking into account the management tasks being solved. *Materials and methods.* Methods are used for comparative analysis of existing methods and an integrative approach in constructing an original methodic for assessing and rating the publication activity of researchers. The proposed methodic uses methods of rationing, aggregation, sorting and multidimensional ranging. *Results and conclusions.* Among the main principles and priorities for the formation of a system of scientometric indicators and an integral evaluation of publication activity, one can name: differentiation; conservatism and balance; Integrity; institutional soundness; complexity; uncompensated and flexible. Analysis of popular methods for assessing the publication activity of researchers shows that a comprehensive solution, including rationing, corrections for the period of scientific and publication activity, and threshold aggregation, can be a sufficient solution under the conditions described. The best methodology should take into account all the principles for evaluating the publication activity in the context of management tasks. The proposed methodology, including the algorithm for collecting, preprocessing and ranking scientometric data, is the universal basis of the methodological tool for evaluating the publication activity and rating. This method can be easily implemented within the information system of the scientific and educational organization and used for management tasks of scientific activity and publication activity.

Key words: scientometrics, rating of researchers, methodic for assessing publication activity.

Введение

Актуальность темы. В мировой практике функционирования института науки в качестве основы оценки научной мысли и продуктивности научной деятельности используются два подхода – экспертный (качественный) и наукометрический (количественный) [1]. Так, в Скандинавских странах отмечается тяготение к количественным способам оценки, в то время как во Франции или Великобритании предпочтение отдается экспертизе, а в таких странах, как Германия и Нидерланды, преобладает использование сочетания наукометрических и экспертных методов оценки научной деятельности [2].

В последние годы в качестве инструмента оценки эффективности деятельности российских ученых, исследовательских организаций, отечественной науки в целом стали активно использоваться данные об уровне и числе публикаций, числе и качестве цитирований, представленные разнообразными наукометрическими показателями [3]. Публикационные и цитатные наукометрические показатели рассматриваются как целевые индикаторы состояния науки в «Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года», утвержденной распоряжением Правительства РФ [4], и в Указе Президента РФ «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки» от 7 мая 2012 г. [5].

Несмотря на то, что нет объективных оснований считать, что наукометрические показатели, основанные на измерении публикаций и цитат, спо-

собны напрямую отражать уровень и качество научных исследований как таковых [6], многие исследователи отмечают, что разработка наукометрических измерений и их сопоставление открывают новые грани научной деятельности, дают возможность скорректировать ее направления, структуру и содержание, дать ей оценку, сравнить ее результаты с результатами других исследований [7]. Рассматриваемая тема приобретает особую актуальность для российских университетов, включенных в государственную программу «Проект 5-100», направленную на повышение конкурентоспособности университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

Степень разработанности темы. В области наукометрии и инфометрии в целом нарабатан обширный базис математических методов для исследования динамики научных исследований и публикационной активности (В. В. Налимов [8], З. М. Мульченко, Л. Блэкерт (L. Blackert) [9], С. Зигель (S. Siegel), О. Наке (O. Nacke) [10] и др.). В международной практике известны аналитические методы и показатели, наиболее полно отвечающие задаче индивидуальной наукометрической оценки автора (Дж. Хирш (J. Hirsch) [11]), статьи и журнала (Ю. Гарфилд (E. Garfield) [12]) и т.п. Совершенствуется аналитический инструментарий (InCites, SciVal etc.) в программных системах международных реферативно-библиографических баз данных Scopus, Web of Science и др.

Вместе с тем недостаточное внимание как в теории, так и в практике уделено поддержке принятия управленческих решений в сфере менеджмента научной деятельности: отсутствуют универсальные методики оценки публикационной активности и построения публикационного рейтинга в зависимости от управленческих задач [13]; недостаточно изучены вопросы формирования и управления публикационным потенциалом отдельных исследователей и исследовательских коллективов; не изучены вопросы работы с «большими» наукометрическими данными, а имеющийся методический инструментарий построения публикационного рейтинга недостаточно алгоритмизован для интеграции в автоматизированные программные системы.

Принципы наукометрической оценки

Наукометрические показатели позволяют в той или иной мере решать две основные задачи:

- во-первых, оценить вклад в обмен научными результатами, осуществить мониторинг публикационной активности и выполнить ее сопоставление по отдельным исследователям, научным коллективам, исследовательским организациям;
- во-вторых, управлять публикационной активностью, устанавливать тактические и стратегические наукометрические ориентиры, поддерживать баланс публикационной активности в научной деятельности.

Исходя из этих, как правило, последовательно решаемых задач, можно обобщенно сформулировать ряд принципов, позволяющих, с одной стороны, обозначить их таксономию, а с другой стороны, определить критерии их применения в контексте каждой задачи. В числе основных принципов фор-

мирования системы наукометрических показателей и интегральной оценки публикационной активности можно назвать следующие:

1) дифференцированность оценки – учет отрасли науки или предметной области, жизненного цикла научного коллектива и научных результатов при агрегировании и сопоставлении, поскольку различные публикационные кластеры обладают существенно различающейся статистикой и нормой числа соавторов, интенсивности цитирований публикаций и т.п. [2];

2) консервативность и сбалансированность оценки – игнорирование флуктуаций и нивелирование ошибок оценивания, ориентация на сбалансированность и устойчивость публикационной активности;

3) интегративность (аддитивность) оценки – возможность объединения индивидуальных интегральных оценок в обобщенную оценку для характеристики научных коллективов разного масштаба;

4) институциональная обоснованность – содержательное соответствие применяемых критериев и пороговых значений нормам права, государственным стратегическим ориентирам, лицензионным [14], аккредитационным [15] критериям и параметрам мониторинга эффективности [16] организаций высшего образования Минобрнауки РФ;

5) комплексность оценки – исчерпывающий охват наукометрических показателей и источников наукометрических данных для всесторонней оценки; в частности, ВАК РФ считает признанными международными реферативными системами Web of Science, Scopus, Web of Knowledge, Astrophysics, PubMed, Mathematics, Chemical Abstracts, Springer, Agris, GeoRef, MathSciNet, BioOne, Compendex, CiteSeerX, а также РИНЦ;

6) некомпенсаторность [17] оценки – невозможность компенсации низкого значения одного из используемых критериев высокими значениями по другим критериям в целях сокращения дисбаланса и возможности искусственного манипулирования.

Использование наукометрической оценки для задач управления выдвигает на первый план еще один стратегически важный принцип – обеспечение гибкого использования для системы мотивации научных сотрудников. Всякая оценка должна удовлетворять информационным потребностям основных пользователей, а в данном случае основной пользователь – руководство научного коллектива или индивидуальный исследователь.

Обзор и анализ актуальных методик оценки

В рамках настоящей работы целесообразно остановиться на рассмотрении наиболее актуальных и общих методик наукометрической оценки и уделить внимание их краткой характеристике в разрезе следующих групп.

К *первой группе* следует отнести разнообразные модификации канонических индивидуальных показателей, в частности индекса Хирша [18] и импакт-фактора [19]. Их наиболее полный обзор представлен С. Д. Штовба и Е. В. Штовба [20], а также Б. И. Бедным и Ю. М. Сорокиным [21]. В указанной группе наибольшего внимания заслуживает модификация индекса Хирша, отмеченная М. П. Разиным [22], которая на основе корректирующих коэффициентов учитывает отрасль науки и возраст исследователя. Другая

интересная методика [23] предлагает корректировать индекс Хирша с помощью взвешивания числа цитат каждой публикации на ее возраст.

Также внимания заслуживает альтернативная дробная модификация индекса Хирша, предложенная С. В. Марвиным [24], учитывающая количество авторов цитируемых статей и иллюстрирующая в дробной части близость автора к следующей ступени индекса Хирша. Аналогичный смысл заложен в методику П. Батисты (Batista P.D.) и др. [25] – предлагается вычислять дополненный индекс Хирша (h') по формуле $h' = h^2 / N$, где N – число соавторов для данной публикации. Показано, что такой индекс устойчив при сравнении наукометрических результатов в разных областях науки (с различной нормой цитирования и соавторства).

В *отдельную подгруппу* следует выделить ряд методик, предназначенных не столько для непосредственной индивидуальной наукометрической оценки, сколько для определения ее состоятельности. Ярким примером является модификация индекса Хирша, предложенная Е. В. Орловым и др. [26] Она устойчива к манипулированию, так как игнорирует искажения в окрестности базового значения Хирша (поскольку опирается на его теоретическое значение, полученное по лучшему тренду).

Ко *второй группе* нами отнесены комплексные или групповые показатели, представляющие собой сводные индексы, показатели на основе усреднения или свертки исходных индивидуальных показателей. В их многообразии можно выделить методику В. Н. Николенко и др. [27], в которой выделены группы показателей продуктивности, авторитетности и результативности в расчете на одного автора.

Подобные методики носят широкую применимость и в оценке эффективности публикационной активности, и в использовании для формирования фонда стимулирования труда. Например, в работе Б. И. Бедного и др. [28], поддержанной Минобрнауки РФ, показано применение взвешенных наукометрических индексов для оценки эффективности подготовки научных кадров в аспирантуре. Затем Б. Г. Ильясовым и др. [29] предложена интеграция такого рода оценки в информационную систему оценки эффективности научной школы.

В рамках настоящей работы заслуживает внимание методика М. П. Разина [30] для расчета показателя публикационной активности с учетом показателей, доступных в РИНЦ, а также возраста ученого и средневзвешенного импакт-фактора журналов, в которых опубликованы и цитируются статьи. Вместе с тем анализ подобных методик и показателей показывает, что, как правило, применение того или иного способа агрегирования диктуется лишь предпочтениями исследователя и недостаточно обосновывается. В частности, широко применяемая взвешенная сумма значений критериев требует теоретического обоснования возможности суммирования и выбора весов. Для рассматриваемой задачи такого обоснования нет, следовательно, нельзя быть уверенным, что суммирование взвешенных значений наукометрических показателей может дать сколько-нибудь удовлетворительный результат.

Третья группа объединяет квалитетические методики на основе пороговой агрегации, балльной и ранговой оценки, а также разнообразные мето-

дики ранжирования наборов индивидуальных показателей для оценки публикационной активности и научной продуктивности.

Использование квалитетических (интервальных, порядковых и абсолютных) шкал для интерпретации наукометрических показателей весьма распространено, особенно в области измерения научного труда и его стимулирования. Подобные методики балльной оценки и ранжирования систем показателей сравнительно недавно предложены Ю. Т. Шарабчиевым [31], О. В. Москалевой [32], С. С. Неустроевым [33] и др. Например, в методике, предложенной В. Г. Никитушкиным и др. [34], индивидуальный рейтинг оценивается по ряду совокупных показателей, в первую очередь, по степени публикационной активности и цитируемости, а также по соотношению цитируемых публикаций ко всем написанным.

Наиболее любопытной из всех методик в данной группе является методика порогового агрегирования, дополненная многомерным ранжированием, предложенная Ф. Т. Алескеревым и др. [35]. В данной методике предлагается построение агрегированного рейтинга по различным наукометрическим критериям. Показано, что при многокритериальном ранжировании невозможна ситуация, когда низкие ранги по отдельным показателям могут быть «заретушированы» высокими оценками по другим. И чем больше критериев используется, тем более статистически значимы различия между присвоенными рангами.

Наша оценка представленных методик в разрезе рассмотренных выше принципов представлена в табл. 1.

Таблица 1

Реализация принципов оценки в различных методиках*

Автор и год создания методики	Некомпенсаторность	Дифференцированность	Консервативность	Интегративность	Обнованность	Комплексность охвата
Бедный Б. И. и др. (2010) [21, 28]	–	+	–	–	+	–
Разин М. П. и др. (2013) [22]	–	–/+	+	–/+	–	–/+
Алескерев Ф. Т. и др. (2013) [35]	+	–	–	–	–/+	–/+
Николенко В. Н. и др. (2014) [27]	–	+	–	+	–/+	–/+
Марвин С. В. и др. (2015) [24]	–	–/+	–	–/+	–	–/+
Ильясов Б. Г. и др. (2015) [29]	–	–/+	–	–	–/+	+

* –/+ – предусмотрена возможность реализации данного принципа.

Анализ таблицы показывает, что достаточным решением в описанных условиях может стать комплексная методика, включающая нормирование, поправки на период научной и публикационной активности, а также порого-

вую агрегацию. Разумеется, лучшая методика должна учитывать все рассмотренные принципы оценки публикационной активности в разрезе управленческих задач.

Методика оценки и формирования рейтинга публикационной активности

Системное и операционализованное решение задачи анализа публикационной активности и оценки индивидуального вклада в обмен научными результатами для целей управления научной деятельностью в целом требует учета базовых принципов в рамках научно-технической политики научной организации или университета.

Прежде всего следует обеспечить *дифференцированность* оценки. Очевидно, что для решения данной задачи в разрезе различных научных направлений или аффилированных организаций достаточно делать выборку (например, по ключевым словам, принадлежности к организации и др.).

Важным элементом дифференцированного подхода, по нашему мнению, является учет продолжительности публикационной активности. Действительно, сопоставление наукометрических показателей исследователя, работающего в своей области в течение многих лет, и исследователя, только защитившего диссертацию, вряд ли можно назвать состоятельным. Реализация данного замечания обычно выражается во введении поправочного коэффициента, пропорционального продолжительности публикационной активности или возрасту исследователя. Мы считаем достаточным взвешивание посредством деления на продолжительность публикационной активности. В данном случае может решаться и другая важная задача – стимулирование молодых ученых. Для научного коллектива в случае необходимости в качестве оценки продолжительности публикационной активности следует брать максимальную индивидуальную продолжительность.

Важной задачей является разработка подхода по обеспечению *консервативности* оценки. В ряде работ в этой связи предлагается использовать функции с убывающей производной. Обеспечение убывающего вклада обусловлено необходимостью ограничить спекуляцию наукометрическими показателями и учесть некоторую специфику их динамики (например, количество цитирований статьи линейно зависит от числа соавторов [36], а динамика индекса Хирша аппроксимируется сигмоидальной функцией [37]).

В частности, выбор подобной функции (например, в [35] $\sqrt[4]{N^2/n}$, где N – число цитат, n – число публикаций) позволяет сделать учет цитирования более консервативным, а вклад каждой следующей цитаты – заметно меньше вклада предыдущей. Другим вариантом является использование логарифмического преобразования, при этом логарифмирование наукометрических данных также решает задачу приближения распределения к нормальному.

Принципы *комплексности* и *обоснованности* оценки могут быть реализованы использованием полных наборов данных по показателям из трех основных, закрепленных требованиями мониторинга Минобрнауки РФ [16]

наукометрических баз – Web of Science, Scopus и РИНЦ. В зависимости от стратегических задач по стимулированию реферирования в той или иной базе данных наборам показателей для оценки необходимо присвоить соответствующие веса (в случае ранжирования – приоритетные ранги).

Важным критерием выбора тех или иных наборов показателей, по нашему мнению, является возможность их автоматизированного извлечения из доступных источников и интеграция наукометрической оценки в информационную систему организации (университета).

Опираясь на описанные выше основания, мы предлагаем использование дизайна методики оценки публикационной активности на основе формирования агрегированного рейтинга. Основные этапы методики состоят в следующем:

1. Отбор наукометрических показателей, участвующих в построении рейтинга, исходя из принципов оценки и управленческих задач.

2. Формирование массива и выгрузка показателей, общедоступных для проверки в реферативной системе (например, Scopus), в разрезе областей исследования.

3. Корректировка значений показателей (взвешивание):

$$x'_i = x_i / (y_i + 1), \quad (1)$$

где x_i – исходный показатель по i -му автору; y_i – корректировка по i -му автору (например, число лет от первой публикации).

Корректировка позволяет получить удельные, сопоставимые по авторам величины, а также формировать определенные стимулы публикационной активности, в частности:

- отнесение количества публикаций и индекса Хирша к числу лет от первой публикации, с одной стороны, обуславливает необходимость поддержания публикационной активности на должном уровне, а с другой – позволяет стимулировать более молодых авторов;

- отнесение общего числа цитат к числу публикаций ставит приоритет на публикации малого числа крупных цитируемых работ по сравнению с многочисленными маловлиятельными работами (предупреждает дробление научных результатов на несколько публикаций);

- отнесение числа публикаций к числу соавторов, с одной стороны, ориентирует на привлечение продуктивных соавторов и участие в значимых работах, а с другой – предупреждает номинальное соавторство.

4. Преобразование значений показателей в ранги в результате отображения на ранговое множество (сортировка по убыванию): $x'_{i \downarrow} \rightarrow 1, 2, \dots, N$, ранг i -го автора определен как

$$r_i = \text{sort} \downarrow (x'_i), r_i \in 1, 2, \dots, N. \quad (2)$$

5. Многомерное ранжирование [38] показателей по значимости для оценки индивидуальной публикационной активности, затем пороговое агре-

гирование, которое, как ранее было отмечено, обеспечивает *некомпенсаторность* итоговой оценки.

На данном этапе следует разделить наукометрические показатели на две группы: к *первой* относятся показатели, которые априори можно ранжировать по значимости (например, вхождение в top-10 % более значимо, чем в top-25 %, и т.п.), а ко *второй* относятся показатели *условно* равной значимости.

Пусть n -мерный вектор рангов всех n показателей (атрибутов профиля автора в системе Scopus) i -го автора, называемый *альтернативой*, определен как

$$a_i = r_i^1, r_i^2, \dots, r_i^n, a_i \in A. \quad (3)$$

Тогда для *первой* группы показателей ранжирование следует производить исходя из значимости показателя, т.е. более *предпочтительной* является альтернатива, имеющая больший ранг по более значимому показателю (например, вектор с большим рангом по показателю вхождения top-10 % находится в ранжировании выше, чем вектор с большим рангом по показателю вхождения top-25 %, и т.п.).

Решение задачи ранжирования наукометрических показателей по значимости может опираться на внутриорганизационную научно-техническую политику, государственные стратегические ориентиры и т.п. Например, настоящая методика разрабатывается для обеспечения реализации «Проекта 5-100» Минобрнауки России (<http://5top100.ru/documents/regulations/>), т.е. в данном случае обозначен ряд конкретных показателей публикационной активности научно-педагогических работников, которым отдается предпочтение.

Общее решение может быть также найдено на основе анализа экспертных мнений. Для этого нами проведено анкетирование 20 экспертов, в число которых вошли руководители научной работой разного уровня, что позволило определить согласованную сравнительную значимость наукометрических показателей, доступных как в Scopus, так и в РИНЦ (табл. 2.). Из числа экспертов 100 % имеют ученую степень и 50 % имеют ученое звание. 30 % имеют опыт руководства научным проектом федерального значения, 60 % руководили научным проектом на уровне организации или подразделения; 60 % экспертов осуществляют фактическое и систематическое руководство научным коллективом/проектом.

Таблица 2

Итоги ранжирования наукометрических показателей
по сравнительной значимости

Ранг	Наименование показателя	Источник
1	2	3
1	Число публикаций в top-10 % журналов по SNIP	Scopus
2	Число публикаций в top-25 % журналов по SNIP	Scopus
3	Число статей в зарубежных журналах	РИНЦ
4	Число цитирований в зарубежных журналах	РИНЦ
5	Импакт-фактор (SNIP) журналов, в которых были опубликованы статьи	РИНЦ, Scopus

1	2	3
6	Импакт-фактор (SNIP) журналов, в которых были процитированы статьи	РИНЦ
7	Число статей из журналов перечня ВАК	РИНЦ
8	Число цитирований из журналов перечня ВАК	РИНЦ
9	Индекс Хирша	РИНЦ, Scopus
10	Число публикаций автора	РИНЦ, Scopus
11	Число цитирований автора	РИНЦ, Scopus
12	Число соавторов	РИНЦ, Scopus

Коэффициент конкордации (W) для данного ранжирования равен 28,8, что гарантирует статистическую значимость ранжирования при $\alpha = 0,05$. При этом эксперты также оценили значимость источников наукометрических данных (реферативных баз) для оценки индивидуального вклада в обмен научными результатами: на первом и втором месте Scopus и Web of Science соответственно, затем РИНЦ и Google Scholar.

В свою очередь, для *второй* группы показателей в соответствии с нашей методикой необходимо применить пороговое правило ранжирования, поскольку известно, что такой агрегированный рейтинг будет удовлетворять условию *некомпенсаторности* и парето-оптимальности ранжирования [17].

Итак, обозначим через $v_m(a)$ количество рангов m в векторе a , $0 \leq v_m(a) \leq n$. Тогда альтернатива $a_x \in A$ считается (строго) более *предпочтительной*, чем альтернатива $a_y \in A$ (кратко $a_x \succ a_y$), если найдется такой ранг $1 \leq t \leq n$, что $v_m(a_x) = v_m(a_y)$ для всех рангов $1 \leq m \leq t-1$ и $v_t(a_x) > v_t(a_y)$. Таким образом, результирующий ранг ρ_i i -го автора из z при многомерном ранжировании с учетом n наукометрических показателей и условия $a_i \succ a_{i+1}, i \in 1, \dots, z$, очевидно, равен $\rho_i = i$ (т.е. вектор с большим числом единиц располагается в ранжировании выше, чем вектор с меньшим числом единиц, иначе сравнивается количество двоек и т.п.). На самом деле возможны две тактики выбора предпочтительной альтернативы: по большему числу лучших рангов либо по меньшему числу худших рангов. Первая тактика нам представляется наиболее адекватной исходя из принципов мотивации.

По описанному алгоритму осуществляется отображение множества векторов альтернатив A на ранговое множество: $A \xrightarrow{psort \downarrow} 1, 2, \dots, N$, итоговый ранг i -го автора определяется как

$$R_i = psort \downarrow (a_i), R_i \in 1, 2, \dots, N. \quad (4)$$

Пример получаемого ранжирования на массиве экспериментальных данных представлен на рис. 1. Полученное таким образом ранжирование также является статистически значимым при $\alpha = 0,05$ [17].

ID	Итоговый ранг	Ранг по числу публикаций в top-10 % журналов	Ранг по числу публикаций в top-25 % журналов	Ранг по средневзвешен- ному импакт- фактору	Ранг по индексу Хирша	Ранг по числу публикаций автора	Ранг по числу цитирований автора	...
616541	1	1	1	1	3	5	5	...
777564	2	1	1	1	5	5	5	...
652380	3	1	1	1	10	5	10	...
598902	4	1	1	3	1	2	1	...
656836	5	1	1	6	2	1	1	...
49809	6	1	1	8	3	1	1	...
660255	7	1	2	4	7	10	6	...
16588	8	1	2	5	6	3	4	...
148095	9	1	2	7	5	6	2	...
839852	10	10	1	1	4	5	6	...
819540	11	10	1	1	10	9	10	...
565054	12	10	1	3	1	1	1	...
119431	13	10	1	3	6	9	6	...
119441	14	10	1	5	5	7	4	...
24507	15	10	1	6	2	2	1	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Рис. 1. Пример ранжирования по предложенной методике

Заключение

Важным критерием выбора тех или иных наборов показателей в целях оценки и формирования рейтинга публикационной активности, по нашему мнению, является возможность их автоматизированного извлечения из доступных источников и интеграция наукометрической оценки в информационную систему организации (университета). Из этих соображений на примере системы Scopus рекомендуется использовать общие сведения, доступные в профиле автора, а именно:

- число публикаций автора;
- число цитат публикаций автора;
- индекс Хирша;
- число соавторов;
- год первой публикации;
- общие характеристики самих публикаций автора (средний импакт-фактор журналов (SNIP), в которых опубликованы статьи; число статей в журналах top-10 % и top-25 % в данной области исследования).

Предложенная методика, включая алгоритм сбора, предобработки и ранжирования наукометрических данных, представляет собой основу методического инструментария анализа и оценки публикационной активности. Данная методика может быть легко реализована в рамках информационной системы научно-образовательной организации [39] и использована для задач менеджмента научной деятельности и управления публикационной активностью. Полная автоматизация может быть достигнута интеграцией модуля автоматического сбора (выгрузки) наукометрических данных [40] из используемых реферативных баз.

Библиографический список

1. Питерс, Д. Rate my research dot com: измеряем то, что ценим, ценим, что измеряем / Д. Питерс, Р. Марш // Научная периодика: проблемы и решения. – 2011. – № 1. – С. 40–45.

2. Игра в цифры, или как теперь оценивают труд ученого : сб. ст. по библиометрике. – М. : МЦНМО, 2011. – 72 с.
3. Валько, Д. В. Роль наукометрических показателей в оценке научных результатов / Д. В. Валько // Актуальные проблемы современной науки: взгляд молодых : сб. тр. VI Всерос. научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (25 апреля 2017 г.) / науч. ред. О. С. Нагорная. – Челябинск : Южно-Уральский институт управления и экономики, 2017 – С. 478–481.
4. Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 г. : распоряжение Правительства РФ от 08.12.2011 № 2227-р. – URL: base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc; base=LAW;n=123444 (дата обращения: 22.09.2017).
5. О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки : Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 599 // Российская газета. – 2012. – 7 мая. – URL: www.rg.ru/2012/05/09/nauka-dok.html (дата обращения: 22.09.2017).
6. Поляк, Б. Т. Наукометрия: кого мы лечим? / Б. Т. Поляк // УБС. – 2013. – № 44. – С. 161–170.
7. Третьякова, О. В. Возможности и перспективы использования индексов цитирования в оценке результатов деятельности научного учреждения / О. В. Третьякова, Е. А. Кабакова // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2013. – № 6 (30). – С. 189–200.
8. Налимов, В. В. Наукометрия: изучение развития науки как информационного процесса / В. В. Налимов, З. М. Мульченко. – М. : Наука, 1969. – 192 с.
9. Blackert, L. Ist in ger wissenschaftlichen information Platz fur die Informetrie? / L. Blackert, S. Siegel // Wiss. Zeitschrift Tech. Hochschule. – 1979. – Bd 25, Hf 6. – P. 187–199.
10. Nacke, O. Informetria: Name fur eine neue Disziplin / O. Nacke // Nach. Dok. – 1979. – Bd 30, Hf 6. – P. 219–226.
11. Hirsch, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output / J. E. Hirsch // Proc. Nat. Acad. Sci. – 2005. – Vol. 102(46). – P. 16569–16572. – URL: <http://arxiv.org/abs/physics/0508025>
12. Garfield, E. Citation indexes to science: a new dimension in documentation through association of ideas / E. Garfield // Science. – 1955. – V. 122. – P. 108–111.
13. Валько, Д. В. К вопросу об эффективной публикационной активности исследователя / Д. В. Валько // Вестник Совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. – 2017. – № 1 (16). – С. 56–58. – URL: www.smus74.ru/content/vypusk-1-16-2017 (дата обращения: 02.11.2017).
14. Положение о лицензировании образовательной деятельности : [утв. Постановлением Правительства Российской Федерации № 966 от 28 октября 2013 г. ; в ред. от 27.11.2014 г.] // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс».
15. Положение о государственной аккредитации образовательной деятельности : [утв. Постановлением Правительства РФ от 18.11.2013 № 1039 ; в ред. от 26.12.2014 г.] // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс».
16. О проведении мониторинга эффективности образовательных организаций высшего образования в 2015 году : письмо Минобрнауки РФ № АК-571/05 от 10 марта 2015 г. – URL: <http://минобрнауки.рф/документы/5267> (дата обращения: 02.11.2017).
17. Алескерев, Ф. Т. Метод порогового агрегирования трехградационных ранжировок / Ф. Т. Алескерев, В. И. Якуба // Доклады Академии наук. – 2007. – Т. 413, № 2. – С. 181–183.

18. Hirsch, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output that takes into account the effect of multiple coauthorship / J. E. Hirsch // *Scientometrics*. – 2010. – Vol. 85. – P. 741.
19. Garfield, E. The intended consequences of Robert K. Merton / E. Garfield // *Scientometrics*. – 2004. – Vol. 60. – P. 51–61.
20. Штовба, С. Д. Обзор наукометрических показателей для оценки публикационной деятельности ученого / С. Д. Штовба, Е. В. Штовба // *Управление большими системами*. – 2013. – № 44. – С. 262–278.
21. Бедный, Б. И. О показателях научного цитирования и их применении / Б. И. Бедный, Ю. М. Сорокин // *Высшее образование в России*. – 2012. – № 3. – С. 17–28.
22. Разин, М. П. Недостатки индекса Хирша в медицинской науке и возможные пути их преодоления / М. П. Разин // *Детская хирургия*. – 2013. – № 3. – С. 58–59.
23. Jin, B. The AR-index: complementing the h-index / B. Jin, L. Liang, R. Rousseau [et al.] // *Chinese SCI bull.* – 2007. – Vol. 3 (1). – P. 6–52. – DOI: 10.1007/s11434-007-0145-9.
24. Марвин, С. В. Альтернативная дробная модификация индекса Хирша, учитывающая количество авторов цитируемых статей / С. В. Марвин // *Управление большими системами*. – 2015. – № 56. – С. 108–122.
25. Batista, P. D. Is it possible to compare researchers with different scientific interests? / P. D. Batista, M. G. Campiteli, O. Kinouchi [et al.] // *Scientometrics*. – 2006. – Vol. 68 (1). – P. 179–189. – DOI: 10.1007/s11192-006-0090-4.
26. Луценко, Е. В. Количественная оценка степени манипулирования индексом Хирша и его модификация, устойчивая к манипулированию / Е. В. Луценко, А. И. Орлов // *Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2016. – № 121 (07). – URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/05.pdf> (дата обращения: 02.11.2017).
27. Николенко, В. Н. Подходы к оценке эффективности и способы стимулирования публикационной активности в крупном медицинском вузе / В. Н. Николенко, А. И. Вялков, С. А. Мартынич, Е. А. Глухова // *Высшее образование в России*. – 2014. – № 10. – С. 18–25.
28. Бедный, Б. И. Методика оценки эффективности подготовки научных кадров в аспирантуре / Б. И. Бедный, А. А. Миронос, Т. В. Серова // *Вестник ННГУ*. – 2010. – № 5-1. – С. 11–19.
29. Ильясов, Б. Г. Моделирование системных показателей оценки эффективности научных школ / Б. Г. Ильясов, А. Г. Карамзина, Ю. Р. Фазлетдинова // *Программные продукты и системы*. – 2015. – № 2 (110). – С. 5–12.
30. Разин, М. П. К вопросам наукометрии... и не только / М. П. Разин // *Вятский медицинский вестник*. – 2013. – № 2. – С. 44–47.
31. Шарабчиев, Ю. Т. Использование наукометрических методов для мониторинга продуктивности научной деятельности / Ю. Т. Шарабчиев // *Медицинские новости*. – 2013. – № 6 (225). – С. 13–19.
32. Москалева, О. В. Можно ли оценивать труд ученых по библиометрическим показателям? / О. В. Москалева // *Управление большими системами*. – 2013. – № 44. – С. 308–331.
33. Неустроев, С. С. Совершенствование внутренней системы оценивания качества научных исследований: от качества процесса к качеству результатов / С. С. Неустроев, В. А. Предыбайло // *Управление образованием: теория и практика*. – 2016. – № 2 (22). – С. 5–14.

34. Никитушкин, В. Г. Рейтинг институтов МГПУ по данным публикационной активности сотрудников / В. Г. Никитушкин, Г. Н. Германов, А. Н. Корольков // Ученые записки университета Лесгафта. – 2015. – № 6 (124). – С. 148–155.
35. Алескеров, Ф. Т. Оценка вклада научных работников методом порогового агрегирования / Ф. Т. Алескеров, Е. С. Катаева, В. В. Писляков, В. И. Якуба // Управление большими системами. – 2013. – № 44. – С. 172–189.
36. Vieira, E. S. Citations to Scientific Articles: Its Distribution and Dependence on the Article Features / E. S. Vieira, J. A. N. F. Gomes // Journal of Informetrics. – 2010. – Vol. 4, № 1. – P. 1–13. DOI: 10.1016/j.joi.2009.06.002.
37. Тарасевич, Ю. Ю. Временная динамика индекса Хирша / Ю. Ю. Тарасевич, Т. С. Шиняева // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. – 2016. – № 1. – С. 32–45.
38. Ван Вухт, Ф. Многомерное ранжирование: новый инструмент прозрачности в области высшего образования / Ф. Ван Вухт, Д. Вестерхайден // Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика. – 2012. – № 1. – С. 9–33.
39. Валько, Д. В. Интеллектуальный поиск ассоциативных правил в наборе наукометрических данных / Д. В. Валько // Компьютерные технологии и телекоммуникации : сб. тр. IV Всерос. молодежной науч.-практ. конф. – Грозный : ГГНТУ ; Махачкала : АЛЕФ, 2017. – С. 123–126.
40. Модуль агрегации наукометрических данных открытых сервисов в сети Интернет : свид. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2016619028 от 11 августа 2016 г. Российская Федерация / Валько Д. В., Колташев А. С. // Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем : официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ). – 2016. – № 9.

Валько Данила Валерьевич

кандидат экономических наук,
заведующий лабораторией,
Южно-Уральский институт
управления и экономики
E-mail: valkodv@inueco.ru

Valko Danila Valeryevich

candidate of economic sciences,
head of lab,
South-Ural Institute of Management
and Economics

УДК 005:303:33

Валько, Д. В.

О методике систематической оценки и формирования рейтинга публикационной активности исследователей / Д. В. Валько // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 17–30.

ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ ЭКОНОМИКА КАК НОВАЯ ОБЛАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НАУКЕ

А. В. Власов, Г. С. Гаибов

BEHAVIORAL ECONOMICS AS A NEW FIELD OF RESEARCH IN ECONOMIC SCIENCE

A. V. Vlasov, G. S. Gaibov

Аннотация. *Актуальность и цели.* Современные ученые, изучая экономическую науку и исследуя различного рода экономические процессы и явления, стараются все больше обогатить экономическую науку и выявить основные перспективы и тенденции развития самой экономики как науки. С этой целью ученые обращаются за помощью к другим наукам и используют их методологию и инструментарий. В XXI в. широко развивается и доминирует в современной экономической науке неоклассическая концепция экономики. В центре данной научной теории стоит «экономический человек», который, опираясь на свои знания, опыт и предпочтения, старается получить максимальную выгоду и поступает рационально. Но не всегда создается такая идеальная картина, и бывают ситуации, когда над экономическим человеком берут верх эмоции, его поведение отклоняется от рационального и нередко становится нерациональным. Изучением различного рода аномалий и парадоксов в поведении человека экономического занимается особая область экономической науки – «поведенческая экономика». Дан обзор основных аспектов новых направлений в рамках экспериментальной экономики – поведенческой экономики и нейроэкономики. Рассматриваются историческое становление, идеи сторонников и специфические методологические проблемы двух данных направлений экономической науки. *Материалы и методы.* Методологической основой послужил теоретический анализ аспектов развития поведенческой экономики. При исследовании применялись анализ исторического становления и ретроспективный анализ данной области экономики. Методологическим инструментарием послужили общенаучные методы, такие как дедукция, индукция, синтез и логический анализ. *Результаты.* Ярko представлена роль поведенческой экономики в целом в экономической науке. Подробно описан генезис данной области экономики и выявлены присущие ей современные проблемы. На основе собранного материала о поведенческой экономике приведена информация практически по всем достижениям и открытиям сторонников данного направления. *Выводы.* Сделан вывод о том, что, несмотря на все проблемы, с которыми сталкивается поведенческая экономика, проведенные исследования и эксперименты приносят новые знания экономистам, помогают в изучении аномалий в поведении экономического человека и дают ответы на вопросы об отклонении поведения от рационального при принятии экономических решений. Следует отметить, что поведенческой экономике потребуется время для формирования ее как самостоятельной области экономической теории.

Ключевые слова: поведенческая экономика, нейроэкономика, «экономический человек», принятие решений, рациональное поведение, ограниченная рациональность, теория перспектив.

Abstract. *Background.* Modern scientists studying economic science and exploring various kinds of economic processes and phenomena are trying to enrich economic science

more and more and to identify the main prospects and trends in the development of the economy as a science. To this end, scientists turn to other sciences for help and use their methodology and tools. In the 21st century the neoclassical concept of economics is widely developed and dominant in modern economic science. At the center of this scientific theory is an economic man who relying on his knowledge, experience and preferences tries to get the maximum benefit and acts rationally. But such an ideal picture is not always created, and there are situations when an economic man takes over the emotions and his behavior deviates from the rational and often becomes irrational. The study of various kinds of anomalies and paradoxes in the personal economic behavior is engaged in a special field of economic science – “behavioral economics”. This article is devoted to a review of the main aspects of the new directions in the experimental economics – the behavioral economics and neuroeconomics. The article discusses historical formation, ideas of supporters and specific methodological problems of these two directions of economic science. *Materials and methods.* The methodological basis was the theoretical analysis of the developmental aspects of the behavioral economics. The article used analysis of historical formation and a retrospective analysis. Methodological tools were general scientific methods, such as deduction, induction, synthesis and logical analysis. *Results.* In the work, the authors managed to describe most clearly the role of the behavioral economics in economic science. It was possible to describe in detail the genesis of this area of the economics and to identify its inherent modern problems. Based on the collected material on the behavioral economics, the article provided information on almost all achievements and discoveries of supporters of this direction. *Conclusions.* It is concluded that despite all the problems faced by the behavioral economics, its studies and experiments bring new knowledge to economists and help in studying the anomalies in the behavior of the economic person and provide answers to questions about the deviation of behavior from rational in making economic decisions. It should be noted that the behavioral economics needs time to form as an independent field of economic theory.

Key words: behavioral economics, neuroeconomics, economic man, decision-making, rational behavior, limited rationality, prospect theory.

Введение

Современная экономика является инновационной. В ней, наряду с факторами производства и природными ресурсами, особое место занимают интеллектуальные ресурсы, а именно – интеллект и знания. Каждый день знания и интеллект помогают принимать субъектам экономики (отдельным лицам, компаниям, государствам) различные решения, в том числе экономические, тем самым определяя характерные черты и специфику их поведения.

Начиная с XX в. в экономике выделяется новая отрасль – поведенческая экономика. Это такая область экономической теории, которая изучает психологические особенности человеческого восприятия и суждения, влияние эмоциональных и когнитивных факторов на поведение и принятие экономических решений субъектами экономики и последствия этого влияния на рыночные переменные (цены, прибыль, издержки, ресурсы и т.д.) и на рынок в целом.

Современная экономика изучает рациональное поведение. Рациональные агенты эгоистичны, обладают стабильными предпочтениями и на основе максимально точной и доступной информации принимают оптимальные согласованные решения. Психология восприятия и психология поведения си-

стематически создают отклонения от рационального поведения, являясь неотъемлемыми участниками экономической и финансовой жизни общества.

Главными целями поведенческой экономики являются учет, исследование и анализ регулярных «сбоев» в рациональном поведении и систематических ошибок экономических агентов при принятии экономических решений.

История становления поведенческой экономики

Проникая вглубь истории экономической науки, можно уверенно сказать, что с начала своего развития экономика всегда была тесно связана с психологией. Об этом утверждает тот факт, что шотландский экономист Адам Смит в 1759 г. даже опубликовал книгу с названием «Теория нравственных чувств», где он с помощью таких понятий, как «справедливость», «честолюбие» и «тщеславие», давал психологически обоснованные объяснения поведения индивида.

Но развитие экономической психологии, в особенности поведенческой экономики, больше всего связывают с развитием неоклассической экономической теории, так как большинство поведенческих моделей, концепций и областей исследования основаны именно на теориях, выдвинутых представителями этой экономической школы. Центральное место в изучении поведенческой экономики отводится исследованиям вокруг такой неоклассической концепции, как «экономический человек» (человек, стремящийся к личной выгоде и обогащению), в которой человеческое поведение полностью считается рациональным.

Начиная с XX в. постепенно развивается экономическая психология, в частности модели ожидаемой и межвременной полезности. На основе данных моделей стало возможным выдвигать гипотезы о процессах принятия решений в условиях неопределенности и выборе, растянутом во времени. При проверке этих гипотез был обнаружен парадокс выбора, которым впоследствии занялась поведенческая экономика.

В 1968 г. американский экономист, лауреат Нобелевской премии Гэри Беккер издает работу «Преступление и наказание: экономический подход», где он в принятии экономических решений включает и психологические факторы, но тем не менее придерживается аксиом теории полезности. Другой американский ученый, лауреат Нобелевской премии Герберт Саймон, который считается одним из создателей современной теории управленческих решений, разработал теорию ограниченной рациональности, где он объяснял, как люди стремятся к удовлетворению, вместо того, чтобы максимизировать полезность.

В 1979 г. исследователем в области когнитивной психологии Даниэлем Канеманом в соавторстве с Амосом Тверски в журнале «Quarterly Journal of Economics» была опубликована статья под названием «Теория перспектив: анализ принятия решений в условиях риска». В этой статье авторами подробно были изложены результаты большого количества проведенных ими экспериментов, в ходе которых людям предлагалось совершать выбор между различными альтернативами [1]. На основе этих экспериментов авторы пришли к выводу, что люди по-разному реагируют на эквивалентные ситуации в за-

висимости от того, выигрывают они или теряют, недооценивают вероятность событий, которые реально произойдут, и переоценивают гораздо менее вероятные события. Даниэль Канеман явился основоположником поведенческой экономики и в 2002 г. был удостоен Нобелевской премии по экономике за «включение данных психологических исследований в экономическую науку, в особенности тех, что касаются суждений человека и принятия решений в условиях неопределенности» [2].

В 2008 г. американец израильского происхождения, профессор психологии и поведенческой экономики Дэн Ариели выпускает книгу под названием «Предсказуемо иррациональный», после чего поведенческая экономика приобретает еще более широкую аудиторию [3]. Далее, в 2010 г., выходит его вторая книга «Позитивная иррациональность», а в 2015 г. он выпускает еще одну книгу «Иррационально ваш». Данными трудами ученый придает толчок развитию и популяризации поведенческой экономики [4].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что поведенческая экономика является достаточно молодой областью экономической теории и, несмотря на то, что средневековые экономисты в своих трудах касались психологии, все-таки наиболее интенсивное развитие экономической психологии пришлось на XX в., и это привело к выделению особой экономико-психологической отрасли под названием «поведенческая экономика».

Методологические аспекты и области исследования

Изучение поведенческой экономики опирается на проведение экспериментальных наблюдений, разного вида опытов, опросов, тестирований, но в последнее время все чаще применяют эконометрический анализ данных, собранных в ходе полевых исследований. Основополагающим в теории поведенческой экономики является отказ от теории традиционного рационального поведения и анализ иррациональной составляющей поведения экономических агентов.

Согласно неоклассической концепции, «экономический человек» – это общее понятие, представление о рационально мыслящем человеке, который обладает определенным набором предпочтений, располагает совершенной информацией, правильно подсчитывает выгоды и издержки, может рассчитать вероятность наступления возможных результатов и строит свои планы и действия, опираясь на принцип получения максимальной выгоды. Но эксперименты, проводимые экономистами-бихевиористами, выявили некий парадокс: в реальности поведение людей не всегда рационально и не всегда укладывается в рамки, заданные на основе модели экономического человека. Для того чтобы понять, как функционирует экономика и как эффективно управлять ею, надо понимать, каким именно образом размышляют агенты и участники рынка, принимая разного рода экономические решения. Но для этого надо понять и изучить иррациональное начало, которое стоит за человеческими чувствами, мыслями и поступками. Также для изучения различных аспектов работы мозга при принятии экономических решений пользуются функциональной магнитно-резонансной томографией [5].

На основе всех проводимых исследований бихевиористы приходят к выводу, что люди принимают разного рода экономические решения, не всегда соответствующие модели рационального выбора. Бихевиористы предполагают, что благодаря анализу психологических аспектов принятия решений можно прогнозировать поведенческие ошибки, допускаемые индивидами, и проанализировать влияние умственных состояний индивидов на их поведение при принятии важных экономических решений [6].

В теории поведенческой экономики и поведенческих финансов выделяют три основополагающих направления: эвристика, фрейм и рыночная неэффективность. Ниже описана суть и раскрыто содержание каждого направления (рис. 1).



Рис. 1. Ключевые направления исследования в поведенческой экономике [7]

Поведенческая экономика очень тесно связана со многими отраслями науки, и их развитие, конечно же, оказывает определенное влияние на нее. Развитие нейроэкономики, которая использует экономические модели для изучения мозга, в частности, прогресс в изучении реакции различных участков головного мозга на окружающую среду и ее изменения, облегчает проведение экспериментов и помогает изучить поведение людей при принятии ими экономических решений. В свою очередь поведенческая экономика имеет тесные отношения с областью изучения поведения животных, а именно с изучением реакции животных на определенные изменения в их жизни и изучением эволюции живых существ. Для наиболее точного изучения поведения индивидуумов также пользуются компьютерными симуляциями, т.е. во время эксперимента имитируют жизненные ситуации на компьютере, где участникам экспериментов предлагают несколько вариантов, в процессе которых им нужно принять то или иное решение.

Концепции. Модели. Парадоксы

Теория ограниченной рациональности. Американский ученый Герберт Саймон, оказавший заметное влияние на развитие теории организации, менеджмента и управленческих решений, основные свои усилия направил на фундаментальные исследования организационного поведения и процессов принятия решений. Ученый явился автором концепции ограниченной рациональности, который отвергал положения многих экономических моделей о

гиперрациональности и утверждал, что в реальности совершенно рациональные решения малоосуществимы. В своих работах он писал, что агенты ограниченной рациональности испытывают определенные затруднения при формулировании и решении сложных проблем, вызванные обладанием несовершенной, искаженной информацией. Саймон говорил, что когда перед экономическими агентами стоит выбор, они из-за сложности ситуации и невозможности рассчитать полезность конкретного возможного действия выбирают тот или иной вариант, основываясь на творческом, неосознанном мышлении (используя эвристический анализ), нежели на правилах оптимизации [8].

Теория перспектив. Теория была предложена и развита в 1979 г. Даниэлем Канеманом и Амосом Тверски и подробно изложена в статье «Теория перспектив: анализ принятия решений в условиях риска». За разработку данной теории они впоследствии получили Нобелевскую премию. Они показали, что большинство людей, принимая решения, опираются на интуитивные мотивы, нежели на рациональные, и что при равном значении потеря действует на человека сильнее, чем выигрыш [9]. Теория перспектив моделирует реальные жизненные ситуации: она описывает поведение индивидуумов, а именно то, каким образом люди оценивают выигрыши и потери в условиях неопределенности, когда каждый шаг связан с риском. В теории перспектив обобщены результаты многолетних экспериментов и эмпирических наблюдений и сделан вывод: люди избегают риска в ситуациях с положительными исходами и предпочитают рисковать в случае проигрышей [10]. Основным элементом теории перспектив выступает функция ценности: это исходит из того факта, что экономические агенты, руководствуясь собственным мнением, оформляют результат или сделку, рассчитывая на максимальную полезность, которую они ожидают получить. Стоит отметить, что теория перспектив может быть применена для исследования проблем рынка труда [11].

Теория поведенческих финансов. Ключевыми в исследованиях в области поведенческих финансов выступают моменты, связанные с решением проблем допущения систематических ошибок участниками рыночных отношений, влияющих на цену и прибыль. Также поведенческие финансы рассматривают те ситуации, когда некоторые участники рыночных отношений пытаются выиграть на неэффективности рынка, созданной из-за ошибок других участников. Причинами неэффективности рынка служат чрезмерная самоуверенность или излишний оптимизм, ограниченное внимание инвесторов, недостаточная реакция на информацию, задающую рыночные тенденции, шумовая торговля, «стадный» инстинкт, боязнь потери, жадность, неуравновешенность между решением накапливать и сохранять ресурсы [12].

Модель Талера. Некоторые финансовые модели, разработанные с целью эффективного управления денежными средствами, затрагивают и некоторые параметры теории поведенческих финансов. Одной из таких моделей является разработанная американским экономистом и теоретиком в области финансового и экономического поведения Ричардом Талером модель, объясняющая реакцию цены на информацию. Эта реакция проходит через три фазы, создающие тенденции в движении цен: недостаточная реакция – адаптация – гиперреакция. Характерной чертой последней фазы (гиперреакции) является то,

что средняя прибыль после хороших новостей ниже прибыли, следующей за плохими новостями, т.е. эта фаза реакции цены на информацию наступает тогда, когда рынок реагирует на новости слишком интенсивно. На практике такое может произойти при операциях с ценными бумагами, когда на одном этапе они могут быть переоценены, а на другом недооценены [13].

Модель гиперболического дисконтирования. Поведенческая экономика также изучает межвременной выбор. В моделях межвременного выбора одним из важнейших новых феноменов является гипотеза гиперболического дисконтирования [14]. Теория межвременного выбора всегда привлекала экономистов, особенно специалистов в области изучения и исследования потребительского поведения, проблем сбережения и инвестиций, проблем общественного благосостояния различных наций [15]. Модель гиперболического дисконтирования является некой альтернативой модели дисконтированной полезности П. Самуэльсона и описывает тенденцию дисконтирования полезности по гиперболически убывающей ставке межвременных предпочтений [16]. Данная модель прогнозирует решения экономических субъектов как динамически непостоянные во времени. Имеется в виду конфликт между оптимальным планом на будущее с позиции сегодняшней перспективы и оптимальным планом на будущее с позиции завтрашней перспективы. Модель гиперболического дисконтирования активно применяется в таких областях финансовых исследований, как использование кредитных карт и пенсионные сбережения [17]. Дисконтирование во многом зависит от направленности внимания и мыслей, ожиданий, настроения, символов и знаков, фреймов, уровня глюкозы в крови, а также шкалы, используемой для описания того, что дисконтируется. Свой вклад в развитие гипотезы гиперболического дисконтирования внесли такие ученые, как Джордж Эйнсли, Дэвид Лейбсон, Меттью Рабин, Тэд О'Донохью и др.

Парадокс Алле. Поведенческая экономика выявила множество аномалий и описала немало парадоксов, которым подвержены ограниченно рациональные индивиды. Во время исследований процессов принятия решений в условиях неопределенности и разнесенном во времени выборе французским экономистом, лауреатом Нобелевской премии по экономике «за вклад в теорию рынков и эффективного использования ресурсов» Морисом Алле был обнаружен парадокс, впоследствии названный в честь него, отражающий противоречие гипотезе ожидаемой полезности. Ученый математически доказывает неприменимость теории максимизации ожидаемой полезности в условиях риска и неопределенности. Парадокс демонстрирует, что рационально ведущий себя экономический агент предпочитает не поведение получения максимальной ожидаемой полезности, а поведение достижения абсолютной надежности [18]. Из парадокса Алле можно сделать два вывода: во-первых, главным действующим лицом экономической теории является человек, и, во-вторых, этот парадокс ставит вопросы о рациональности человека и, следовательно, о принципиальной возможности построения рациональной экономической теории [19].

Парадокс Эллсберга. Это когнитивное искажение, описывающее такую ситуацию, когда сложно принять решение из-за несовершенства, недостатка

информации или неоднозначности. Парадокс Эллсберга иначе именуется «эффектом неоднозначности» или «нетерпимостью неопределенности». Этот парадокс был выявлен Даниэлем Эллсбергом в 1961 г. [19]. Эффект предполагает, что люди предпочитают выбрать то решение, для которого известна вероятность благоприятного исхода, нежели решение, вероятность благоприятного исхода которого еще неизвестна. Одним из объяснений такого выбора может служить то, что люди, скорее всего, используют эвристическое правило для избегания вариантов, в которых информация отсутствует [20].

Эксперименты Эллсберга показали, что для многих людей риск как известная вероятность и неопределенность как неизвестная вероятность – абсолютно разные понятия. Примеры Эллсберга показали проблемы с теорией Сэвиджа, по которой с неопределенностью можно работать так же, как и с риском, лишь заменив объективные вероятности субъективными.

Заключение

Если обобщить все мысли, касающиеся анализа и исследования проблем такой молодой науки, как поведенческая экономика, то можно сделать вывод о том, что психологи и экономисты, работая совместно, добились очень высоких и достойных результатов в области изучения и становления поведенческой экономики как нового перспективного направления в современной экономической науке. Представители поведенческой экономической теории заявляют, что центральным в их методологии научного исследования является тот факт, что не важно, отвечают или нет предпосылки теории критерию реалистичности, важно то, чтобы с их помощью на основе эмпирических исследований можно было сделать точные предсказания.

Подводя итоги, можно сказать, что поведенческая экономика в целом выступает как неполностью сформировавшаяся область экономической теории, представляющая собой комплекс исследований, состоящий из большого количества различных эмпирических наблюдений, экспериментальных анализов и опытов, на основе которых доказывает свою плодотворность при изучении разнообразных экономических явлений и процессов.

Библиографический список

1. Шатилова, А. Ю. Обзор теории перспектив Канемана и Тверски / А. Ю. Шатилова // Статья в журнале – научная статья. – 2016. – № 10-1 (24). – С. 347–350.
2. Наука и техника – электронная библиотека. Нобелевские лауреаты 2002 года [Электронный ресурс]. – URL: <http://n-t.ru/nl/2002/nl.htm> (дата обращения: 09.11.2017).
3. Поведенческая экономика: предсказуемая иррациональность // Электронная публикация: Центр гуманитарных технологий. – 21.06.2008. – URL: <http://gtmarket.ru/laboratory/expertize/2008/1749> (дата обращения: 25.06.2017).
4. Павлов, И. Поведенческая теория – позитивный подход к исследованию экономической деятельности / И. Павлов // Статья в журнале – научная статья. – 2007. – № 6. – С. 64–79.

5. Давыдов, Д. В. Модели поведения потребителей: экспериментальная проверка в региональных условиях / Д. В. Давыдов, А. А. Тарасов // Управление в социально-экономических системах. – 2003. – № 2 (6). – С. 57–66.
6. Ариели, Д. Поведенческая экономика. Почему люди ведут себя иррационально и как заработать на этом / Д. Ариели. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 296 с.
7. Википедия – свободная энциклопедия. Поведенческая экономика [Электронный ресурс]. – URL: http://wikipedia.org/wiki/Поведенческая_экономика (дата обращения: 05.07.2017).
8. Herbert, A. Simon. Rationality as Process and as Product of Thought // American Economic Review. – 1978. – May. – V. 68, no. 2. – P. 1–16.
9. Тишибаева, А. Р. Анализ теории перспектив нобелевского лауреата Даниэля Канемана / А. Р. Тишибаева // Наследие нобелевских лауреатов по экономике : сб. ст. всерос. науч.-практ. конф. (Самара, 09.06.2016). – Самара, 2016. – С. 219–224.
10. Kahneman, D. Prospect Theory: an analysis of decision under risk / D. Kahneman, A. Tversky // Econometrica. – 1979. – Vol. 47, no. 2. – P. 263–291.
11. Kahneman, D. Choices, Values, and Frames / D. Kahneman, A. Tversky. – Cambridge, 2000. – P. 288–300.
12. Горецкая, В. А. Поведенческие финансы: использование теории перспектив в процессе принятия инвестиционных решений / В. А. Горецкая // Международный научный симпозиум «Финансы, денежное обращение и кредит: научные исследования, разработки и внедрения» (Москва, 28.08.2013). – Киров, 2013. – С. 6–16.
13. Siegel, J. J. Anomalies: The Equity Premium Puzzle / J. J. Siegel, R. H. Thaler // The Journal of Economic Perspective. – 1997. – Vol. 11, no. 1. – P. 191–200.
14. Harris, C. Hyperbolic discounting and consumption / C. Harris, D. Laibson. – Cambridge, 2001.
15. Shane, F. Time Discounting and Time Preference: A Critical Review / F. Shane, G. Loewenstein, T. O'Donoghue // Journal of Economic Literature. – 2002. – June. – Vol. XL.
16. Samuelson, P. A Note on Measurement of Utility / P. Samuelson // Review of Economic Studies. – 1937. – Vol. 4. – P. 155–161.
17. Dasgupta, P. Uncertainty and Hyperbolic Discounting / P. Dasgupta, E. Maskin. – Princeton, 2004.
18. Naked Science – российский научно-популярный портал. Что такое парадокс Алле [Электронный ресурс]. – URL: <https://naked-science.ru> (дата обращения: 09.11.2017).
19. Принципы неопределенного будущего. Краткие научно-популярные тексты. Фундаментальные парадоксы экономики [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.harin.ru/texts.php> (дата обращения: 04.07.2017).
20. Википедия – свободная энциклопедия. Эффект неоднозначности [Электронный ресурс]. – URL: http://wikipedia.org/wiki/Эффект_неоднозначности (дата обращения: 09.11.2017).

Власов Андрей Васильевич

преподаватель,
Школа бизнес-информатики
Национального исследовательского
университета «Высшая школа экономики»
(ВШБИ НИУ ВШЭ);
аспирант,
Финансовый университет
при Правительстве
Российской Федерации;
консультант,
DeMontroyal
E-mail: avvlasov@fa.ru

Vlasov Andrey Vasilyevich

lecturer,
School of business informatics
of National Research University Higher
School of Economics (HSBI NRU HSE);
postgraduate student,
Financial University
under Government of Russian Federation;
consultant,
DeMontroyal

Гаибов Гурбан Сохбат оглы

студент,
Финансовый университет
при Правительстве
Российской Федерации;
стажер,
DeMontroyal
E-mail: qayibov.98@mail.ru

Gaibov Gurban Sohbat oglu

student,
Financial University under Government
of Russian Federation
intern,
DeMontroyal

УДК 330.16

Власов, А. В.

Поведенческая экономика как новая область исследования в экономической науке / А. В. Власов, Г. С. Гаибов / Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 31–40.

ИНСТРУМЕНТАРИЙ РЕАЛИЗАЦИИ МАРКЕТИНГОВЫХ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ В БИЗНЕСЕ

Ю. А. Еременко

TOOLS FOR IMPLEMENTING MARKETING INTERNET TECHNOLOGIES IN BUSINESS

Ju. A. Eremenko

Аннотация. *Актуальность и цели.* Современное развитие информационных технологий и интернет-технологий, в частности, привело к существенным трансформациям во многих сферах жизнедеятельности общества. Маркетологу необходимо иметь комплексное представление о возможностях и угрозах применения информационных и интернет-технологий для своего предприятия, знать современные маркетинговые интернет-технологии и уметь применять их на практике через определенный инструментарий. Целью работы является уточнение терминов «маркетинговые интернет-технологии» и «инструментарий интернет-маркетинга», а также определение содержания исследуемых терминов. Реализация поставленной цели была достигнута через анализ понятий «технология», «информационные технологии», «интернет-технологии», «инструмент». *Материалы и методы.* В работе использованы общенаучные методы: анализ, синтез, аналогия, классификация, а также мониторинг соответствующих сайтов. *Результаты.* Уточнены понятия «маркетинговые интернет-технологии» и «инструментарий интернет-маркетинга» через понимание значения дефиниций «технология», «информационные технологии», «интернет-технологии», «инструмент». Проанализированы существующие теоретические и практические подходы к классификации технологий и инструментов интернет-маркетинга, а также подобраны инструменты и ресурсы для реализации маркетинговых интернет-технологий на практике. *Выводы.* Уточнение понятийного аппарата маркетинговых интернет-технологий, а также определение его содержания дадут возможность маркетологу вести комплексную и результативную маркетинговую деятельность в интернет-среде.

Ключевые слова: технология, информационные технологии, интернет-технологии, инструмент, интернет-ресурс, маркетинговые интернет-технологии, инструментарий интернет-маркетинга.

Abstract. *Background.* The modern development of information technologies (IT) and, in particular, Internet technologies has led to significant transformations in a lot of areas of society activities. A marketer needs to have a comprehensive understanding of the opportunities and threats of using IT and Internet technologies towards his enterprise, to know modern Internet marketing technologies and to be able to apply them in practice through a certain toolkit. For this reason the purpose of the work is to clarify the terms "Internet marketing technologies" and "Internet marketing tools" as well as to define the content of the terms under consideration. The realization of this objective was achieved through the analysis of the concepts "technology", "information technology", "Internet technology", "tool". *Materials and methods.* General scientific methods such as analysis, synthesis, analogy, classification also monitoring of relevant sites were used to reach the goal set out. *Results.* In this paper, the notions of "Internet marketing technologies" and "Internet marketing

tools" were defined more precisely through understanding the meaning of the definitions "technology", "information technology", "Internet technology", "tool". The existing theoretical and practical approaches to the classification of Internet marketing technologies and tools have been analyzed. Tools and resources have been selected to implement Internet marketing technologies into practice. *Conclusions.* Clarifying the conceptual apparatus of Internet marketing technologies and determining its content will enable the marketer to conduct integrated and effective marketing activities in the Internet environment.

Key words: technology, information technologies, Internet technologies, tool, Internet resource, Internet marketing technologies, Internet marketing tools.

Введение

Рассматривая тему современных маркетинговых интернет-технологий, необходимо отметить, что данная область исследования очень динамично развивается и с каждым месяцем появляются новые инструменты, технологии, ресурсы, которые необходимо исследовать и тестировать на практике. Поэтому главной задачей работы является уточнение понятийного аппарата маркетинговых интернет-технологий, а также определение его содержания, актуального на сегодняшний день.

Вопросами исследования развития и классификации технологий и инструментария интернет-маркетинга занимались многие ученые и практики: М. Е. Малахов, М. Боярская, А. Ярлыков, И. Л. Литовченко, М. А. Курасова, Е. Чемякин, А. Н. Поликарпов, А. В. Мартовой, О. А. Кобелева, А. Хартман, И. И. Яровая и др.

Анализ работ авторов показал, что вопросу классификации и содержания инструментов интернет-маркетинга и маркетинговым интернет-технологиям уделено достаточное внимание, однако в исследованиях редко разграничиваются данные понятия и часто используются на взаимозаменяемой основе.

Уточнение понятийного аппарата маркетинговых интернет-технологий

Рассмотрим, что означает понятие «технология». В словаре С. И. Некрасова дается следующее определение: технология (от др.-греч. τέχνη – искусство, мастерство, умение; λόγος – слово, мысль, смысл, понятие) – совокупность методов и инструментов для достижения желаемого результата; в широком смысле – применение научного знания для решения практических задач [1]. Последние десятилетия можно наблюдать интенсивное развитие информационных технологий, которые активно используются во всех сферах жизнедеятельности общества. Международная организация ЮНЕСКО определяет информационные технологии как комплекс взаимосвязанных научных, технологических, инженерных наук, изучающих методы эффективной организации труда людей, занятых обработкой и хранением информации с помощью вычислительной техники, и методы организации и взаимодействия с людьми и производственным оборудованием, их практическое применение, а также связанные со всем этим социальные, экономические и культурные проблемы.

Основные черты современных информационных технологий:

- компьютерная обработка информации;
- хранение больших объемов информации на машинных носителях;
- передача информации на любые расстояния в кратчайшие сроки [2].

С появлением Интернета и его широким проникновением в науку, экономику, политику, социальную жизнь общества начинает активно развиваться сфера интернет-технологий как часть информационных.

В рамках данной работы интерес представляет трансформация традиционного маркетинга, вызванная развитием и проникновением интернет-технологий в экономическую и социальную жизнь общества. Трансформация связана с увеличением возможностей маркетинга в процессе взаимодействия с потребителями, расширением комплекса маркетинга, появлением новых понятий: «интернет-маркетинг», «комплекс интернет-маркетинга», «онлайн-маркетинг», «электронный маркетинг», «электронная коммерция», «маркетинговые интернет-технологии», «инструментарий интернет-маркетинга» и т.д., призванных исследовать разные аспекты взаимодействия предприятия с потребителями. Кроме того, появляются такие специалисты, как интернет-маркетологи, контент-менеджеры, SEO-оптимизаторы сайта, менеджеры по работе в социальных сетях, веб-аналитики.

Все это дало возможность говорить о появлении маркетинговых интернет-технологий и особенностях, инструментарии применения их на практике. В ходе рассмотрения понятий «технология», «информационные технологии» логическим завершением будет предложение следующего определения: «Маркетинговые интернет-технологии – совокупность приемов, методов, инструментов, реализуемых в виртуальной среде и позволяющих оптимизировать маркетинговую деятельность предприятия для максимального удовлетворения потребностей потребителей».

В свою очередь, под «инструментом» в узком смысле понимают (лат. *instrumentum* – орудие) предмет, устройство, механизм, машину или алгоритм, используемые для воздействия на объект: его изменения или измерения. В широком смысле – это средство воздействия на объект, преобразования и создания объекта [3]. Тогда инструментами интернет-маркетинга будем считать конкретные средства предприятия, направленные на взаимодействие с потребителями с целью оказания влияния на его поведение.

Таким образом, инструменты относятся к технологиям как частное к общему. Маркетинговые интернет-технологии могут включать в себя комплекс инструментов интернет-маркетинга. Например, технология продвижения в Сети может включать в себя уникальный контент, интернет-рекламу, внешнюю ссылочную массу, посты в социальных сетях и т.д.

Основой реализации маркетинговых интернет-технологий являются веб-ресурсы (сайты), под которыми следует понимать систему электронных документов (файлов данных, кода) частного лица или организации в Сети под общим именем (доменное имя, ip-адрес) [4]. Уместным будет дополнить, что все страницы одного сайта должны быть логически связанными и иметь общую тематику. Через веб-ресурсы компании происходит взаимодействие с

потребителями и представляется возможным приложение инструментария интернет-маркетинга.

Существуют различные критерии классификации веб-сайтов. По доступности сервисов выделяют открытые, полуоткрытые и закрытые ресурсы; в зависимости от физического расположения можно выделить общедоступные сайты Сети Интернет и локальные сайты, доступные в пределах локальной сети; по технологии отображения могут быть статичные, динамичные и сайты на основе flash-технологий; по типам макетов бывают фиксированные, резиновые и динамично-эластичные веб-ресурсы.

А. А. Саханова предлагает следующую классификацию сайтов в зависимости от категории решаемых задач и объема информации [5]:

1. Бизнес-сайты:
 - сайт-визитка;
 - представительский сайт;
 - корпоративный сайт;
 - интернет-магазин;
 - промо-сайт.
2. Информационные ресурсы:
 - тематический сайт;
 - тематический портал.
3. Веб-сервисы:
 - доска объявлений;
 - каталог сайтов;
 - поисковые сервисы;
 - почтовые сервисы;
 - веб-форумы;
 - блогový сервис;
 - файлообменный сервис;
 - датахостинговый сервис;
 - датаэдиторинговый сервис;
 - фотохостинг;
 - хранение видео.
4. Социальные сети.

Подходы к классификации технологий и инструментов интернет-маркетинга

Проведем исследование существующих подходов к классификации технологий и инструментов интернет-маркетинга (табл. 1).

Для маркетологов-практиков частым критерием классификации инструментов интернет-маркетинга является их эффективность для бизнеса. Как правило, здесь выделяют поисковое продвижение сайта, контент-маркетинг, интернет-рекламу, маркетинг в социальных сетях, e-mail-маркетинг, вирусный маркетинг, видеомаркетинг (М. Боярская, Е. Чемякин, А. Ярлыков, Д. Соболев). Однако данные классификации рассматривают лишь инструментарий продвижения в Сети, не учитывая инструменты веб-

аналитики, ценообразования, сбыта, управления взаимоотношениями с клиентами и др.

Таблица 1

Подходы к классификации технологий и инструментов интернет-маркетинга

Автор	Критерий классификации	Технологии и инструменты интернет-маркетинга
1	2	3
М. Е. Малахов [6]	В зависимости от типов рынка	Рынок (B2B): – корпоративный портал; – управление связями с потребителями (e-CRM); – система интернет-снабжения (SCM); – торговая интернет-система. Рынок (B2C): – web-витрина; – интернет-магазин; – электронные торговые ряды; – интернет-аукцион; – электронная торговая площадка; – каталог, поисковая система; – горизонтальный портал; – вертикальный портал; – информационный портал
	В зависимости от вида бизнеса	– интернет-банкинг; – интернет-трейдинг; – виртуальные торговые площадки; – модели организации торговых интернет-площадок: аукционы, биржи, сообщество, интернет-магазины, каталоги товаров, виртуальные казино
М. Боярская [7]	В зависимости от эффективности	– поисковая оптимизация сайта (SEO); – контекстная реклама; – медийная реклама; – продвижение в социальных сетях (SMM); – вирусный маркетинг; – e-mail-рассылки; – контент-маркетинг
Е. Чемякин [8]	В зависимости от актуальности на данный момент	– контент-маркетинг; – SEO-маркетинг; – контекстная реклама; – реклама в социальных сетях; – медийная реклама; – тизерная реклама; – вирусный маркетинг; – e-mail-маркетинг; – видеомаркетинг; – CPA-маркетинг

1	2	3
М. А. Курасова [9]	В зависимости от направлений маркетинговой деятельности в Сети	– маркетинговые исследования с позиции производителя/продавца продукции; – проведение компании по продвижению; – организация торговли через Интернет
А. Ярлыков [10]	В зависимости от актуальности на данный момент	– веб-сайт; – поисковый маркетинг; – поисковая реклама; – e-mail-маркетинг; – маркетинг в социальных сетях; – вирусный маркетинг; – онлайн-игры; – мобильный маркетинг; – видеомаркетинг; – формирование общественного мнения
О. А. Кобелев [11]	В зависимости от выполняемых функций	Первая группа – технические инструменты, связанные с используемыми средствами ведения маркетинговых операций, таких как сайт, электронная почта, электронные доски объявлений, чаты и др. Вторая группа – функциональные инструменты, связанные с функциональными стратегиями предприятия в Интернете, например стратегия продвижения, ценообразования, бэнчмаркинг, брендинг и др.
А. В. Мартовой [12]	В зависимости от комплекса маркетинга в туризме	1. Услуга: информация о характеристиках туристической услуги. 2. Цена: уровень; методы ценообразования; стратегии ценообразования. 3. Оплата: форма оплаты; сроки оплаты. 4. Интернет-технологии (основные характеристики сайта): доменное имя; содержимое сайта; дизайн сайта, степень интерактивности и т.д. 5. Продвижение: язык коммуникаций; реклама; стимулирование продаж; связи с общественностью; прямой маркетинг; пропаганда; управление взаимоотношениями с потребителями. 6. Распределение: решение относительно канала распределения; решение относительно схемы получения и обработки заказов (бронирование)

М. Е. Малахов в своей диссертационной работе критерием классификации выбрал типы рынков и виды бизнеса. Рассмотренные им инструменты рынка B2C целесообразнее отнести к веб-ресурсам. Основываясь на вышеисследованных определениях, корпоративный сайт следует отнести к ресурсам, тогда как контент, фото-, видеофайлы, формы обратной связи на сайте – к инструментам. В зависимости от инструментария сайт компании может выполнять различные функции, например, через сайт можно продавать, рекламировать товары и услуги, коммуницировать с потребителями, анализировать их поведение, проводить опросы, сегментацию или реализовывать программу управления взаимоотношениями с клиентами.

М. А. Курасова разделяет инструментарий интернет-маркетинга в зависимости от видов маркетинговой деятельности в Сети. Можно согласиться с выбранными направлениями маркетинговой деятельности в виртуальной среде, но в работе не отразилась конкретизация инструментария, соответствующего выбранным направлениям.

Интересным представляется подход А. В. Мартового, который рассмотрел инструментарий интернет-маркетинга в зависимости от комплекса маркетинга. Такой подход носит практический характер. Автор отдельно выделил элемент «интернет-технологии», что требует уточнения, так как реализация любого инструмента в виртуальной среде основана на использовании интернет-технологий.

Инструментарий и ресурсы реализации маркетинговых интернет-технологий

На основе уточненного понятийного аппарата и проведенного исследования подходов к классификации технологий и инструментария интернет-маркетинга предлагается определить комплекс существующих маркетинговых интернет-технологий, а также подобрать набор инструментов и ресурсов для их реализации.

Существующие маркетинговые интернет-технологии целесообразно объединить в группы:

1. Технологии продвижения: поисковое продвижение, продвижение в социальных сетях, блоггинг, мобильный интернет, управление имиджем в интернет-среде.
2. Технологии управления товарной политикой предприятия: управление ассортиментом, разработка новых товаров, сервисное обслуживание.
3. Технологии ценообразования в интернет-среде.
4. Технологии сбытовой политики.
5. Технологии управления взаимоотношениями с клиентами.
6. Технологии маркетинговых исследований в Сети (табл. 2).

Учитывая динамику развития сферы информационных и интернет-технологий, необходимо понимать, что с каждым месяцем появляются новые технологии и инструменты. Интернет-компании активно работают над развитием CRM-систем, интегрированных с сайтом компании и социальными сетями, программ по автоматизации процесса сбора и анализа информации о конкурентах, активности в социальных медиа, об отзывах о предприятии. Ре-

кламные интернет-компании разрабатывают новые инструменты для таргетирования и индивидуализации рекламных сообщений, что повышает их экономическую и коммуникативную эффективность для бизнеса. Следовательно, инструментарий интернет-маркетинга будет постоянно совершенствоваться и расширяться, что необходимо учитывать в организации интернет-маркетинговой деятельности.

Таблица 2

Инструментарий и ресурсы реализации
маркетинговых интернет-технологий в бизнесе

Маркетинговые интернет-технологии	Инструменты интернет-маркетинга	Интернет-ресурсы
1	2	3
Технологии продвижения		
Поисковое продвижение сайта	Оптимизация html-кода, интернет-реклама (контекстная, баннерная, тизерная), уникальный контент, посты в социальных сетях, регистрация сайта на рейтинговых ресурсах, вирусный маркетинг, онлайн-игры, e-mail-рассылка	Сайт компании, социальные сети, тематические сайты и порталы, почтовый сервис, каталоги сайтов, доски объявлений
Продвижение в социальных сетях	Контент, фото, видео, презентации, новости, статьи, конкурсы в социальных сетях, оптимизация сайта под социальные сети (SMO – social media optimization), онлайн-игры	Социальные сети
Блоггинг	Новости, статьи, пресс-релизы, фото- и видеоматериалы, презентации	Блоговые сервисы
Мобильный интернет	Мобильные приложения	Интернет-ресурсы, адаптированные к мобильным приложениям
Управление имиджем в Сети	Мониторинг отзывов, работа с сайтами рейтинга и сравнения, видеоконференции, вебинары, посты в социальных сетях	Сайт компании, социальные сети, сайты отзывов, рейтинга
Технологии управления товарной политикой предприятия		
Управление ассортиментом	Инструменты веб-аналитика сайта, интернет-опросы, инструменты аналитики социальных сетей, мониторинг веб-ресурсов конкурентов	Сайт компании, социальные сети, сайты конкурентов

Окончание табл. 2

1	2	3
Разработка новых товаров	Конкурсы, опросы в социальных сетях, фото, видео товара, описание товара	Сайт компании, социальные сети
Сервисное обслуживание	Формы обратной связи на сайте, онлайн-консультирование	Сайт компании, социальные сети
Технологии ценообразования в Сети		
Технологии ценообразования в Сети	Платежные интернет-системы, прайс-листы, скидки, интернет-каталоги, интернет-банкинг	Сайт компании, социальные сети, сайты банков, платежных систем
Технологии сбытовой политики		
Технологии сбытовой политики	Продажа через интернет-посредников, продажа через социальные сети, интернет-аукционы, веб-витрины, онлайн-посредников, системы мгновенных сообщений, формы обратной связи на сайте	Сайт компании, социальные сети, сайты онлайн-посредников
Технологии управления взаимоотношением с потребителями		
Технологии управления взаимоотношением с потребителями	eCRM- и sCRM-системы, онлайн-сервис, общение с потребителями через социальные сети, системы мгновенных сообщений	Сайт компании
Технологии проведения маркетинговых исследований		
Технологии проведения маркетинговых исследований	Интернет-опросы, инструменты веб-аналитики (Яндекс Метрика, Google Analytics), инструменты мониторинга конкурентов, контента, социальных сетей, отзывов	Сайт компании, социальные сети, сайты исследовательских компаний, поисковые сервисы

Заключение

Развитие информационных и интернет-технологий, а также их активное применение в бизнесе обусловило необходимость уточнения понятийного аппарата и систематизации маркетинговых интернет-технологий, определения инструментария и ресурсов для реализации их на практике. Такой подход даст возможность практикующим маркетологам сформировать комплексное представление о ведении маркетинговой деятельности в интернет-среде, позволит расширить их инструментарий в реализации маркетинговых функций.

Уточнение сущности и содержания понятий «маркетинговые интернет-технологии» и «инструментарий интернет-маркетинга» представляет ценность для дальнейших теоретических исследований в данной области.

Библиографический список

1. Некрасов, С. И. Философия науки и техники: тематический словарь / С. И. Некрасов, Н. А. Некрасова. – Орёл : ОГУ, 2010.
2. Информационные технологии. – URL: <http://tpl-it.wikispaces.com> (дата обращения: 03.08.2017).
3. Инструмент // Большая советская энциклопедия : в 30 т. / гл. ред. А. М. Прохоров. – 3-е изд. – М. : Советская энциклопедия, 1969–1978.
4. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%B9%D1%82> (дата обращения: 03.08.2017).
5. Саханова А. А. Технология публикации цифровой мультимедийной информации / А. А. Саханова. – URL: <http://www.myshared.ru/slide/399821/> (дата обращения: 05.08.2017).
6. Малахов, М. Е. Типология инструментов интернет-маркетинга: мировой опыт и российская практика : дис. .. канд. экон. наук : 08.00.05 / Малахов М. Е. – М., 2005. – 180 с.
7. Боярская, М. 7 самых эффективных инструментов интернет-маркетинга / М. Боярская. – URL: <https://callbackhunter.com/blog/instrumenty-internet-marketinga/> (дата обращения: 05.08.2017).
8. Чемякин, Е. 12 апостолов интернет-маркетинга / Е. Чемякин. – URL: <https://in-scale.ru/blog/instrumenty-internet-marketinga.html> (дата обращения: 05.08.2017).
9. Курасова, М. А. Усовершенствование маркетинговой деятельности предприятий на основе внедрения интернет-технологий : дис. .. канд. экон. наук : 08.00.05 / Курасова М. А. – М., 2005. – 222 с.
10. Ярлыков, А. Инструменты интернет-маркетинга / А. Ярлыков. – URL: <http://takmak51.ru/> (дата обращения: 05.08.2017).
11. Кобелев, О. А. Электронная коммерция : учеб. пособие / О. А. Кобелев ; под ред. проф. С. В. Пирогова. – М : Дашков и К°, 2015. – 684 с.
12. Мартовой, А. В. Повышение объемов продаж услуг на предприятиях туризма на основе интернет-маркетинга : дис. ... канд. экон. наук : 08.06.01 / Мартовой А. В. – Симферополь, 2006. – 238 с.

Еременко Юлия Александровна
кандидат экономических наук, доцент,
кафедра маркетинга, торгового
и таможенного дела,
Институт экономики и управления,
Крымский федеральный университет
им. В. И. Вернадского
E-mail: jul_erenenko@mail.ru

Eremenko Julia Alexandrovna
candidate of economic sciences,
associate professor,
sub-department of marketing,
trade and customs,
Institute of economic and management,
Crimean Federal University
named after V. I. Vernadsky

УДК 338

Еременко, Ю. А.

Инструментарий реализации маркетинговых интернет-технологий в бизнесе / Ю. А. Еременко // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 41–50.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА ОПЕРАТОРОВ СОТОВОЙ СВЯЗИ МЕТОДАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Е. В. Кислицын

RESEARCH OF MARKET MOBILE OPERATORS WITH SIMULATION METHODS

E. V. Kislitsyn

Аннотация. *Актуальность и цели.* Рынок операторов сотовой связи является достаточно молодым и быстро развивающимся. Вклад мобильных коммуникаций в ВВП достигает порядка 4 % в развитых государствах. Немало трудов посвящено проблемам функционирования и развития рынка сотовой связи, но лишь в немногих из них сделаны попытки количественного анализа. Целью работы является проведение исследования рынка операторов сотовой связи с использованием агентного подхода. *Материалы и методы.* Предлагается проведение анализа рынка сотовой связи в различных регионах на основе построения регрессионной модели. В качестве методологии исследования выбрана методология имитационного моделирования, в частности построение многоагентной системы. Парадигма агентного моделирования является достаточно новой, в особенности при исследовании социально-экономических систем. *Результаты.* Проведен эконометрический анализ, по результатам которого выявлена зависимость стоимости услуг сотовой связи от уровня конкуренции, среднедушевого дохода населения, а также от спроса на услуги связи. Построена регрессионная модель, отражающая зависимость стоимости минуты разговора в регионе от объема услуг связи, средней заработной платы и количества операторов в регионе. Спроектирована и разработана имитационная модель рынка сотовой связи г. Екатеринбурга, основанная на агентном подходе с нотацией системной динамики. На основании разработанной модели появилась возможность имитировать процессы, протекающие на рынке, управлять сотовыми операторами и влиять на тарифную политику. *Выводы.* Разработанная имитационная модель рынка сотовой связи г. Екатеринбурга позволяет проводить локальный и глобальный анализ взаимодействия операторов и абонентов в рамках предложенной локации. Модель позволяет отразить, как изменение финансирования или ввод новых тарифов отдельными операторами сотовой связи могут изменить соотношение абонентов между операторами. Кроме того, при доработке модели ее можно применить и при исследовании аналогичных олигополистических рынков (например, рынка интернет-провайдеров).

Ключевые слова: рынок сотовой связи, имитационное моделирование, многоагентные системы, системы поддержки принятия решений.

Abstract. *Background.* A market of operators of cellular is young enough and quickly developing. The contribution of mobile communications to GDP arrives at about 4 % in the developed states. Quite a bit labours are sanctified to the problems of functioning and market of cellular development, but only in not many out of them the attempts of quantitative analysis are made. The aim of work is realization of market of operators of cellular research with the use of agent-based modeling approach. *Materials and methods.* Realization of market of cellular analysis is offered in different regions based on construction of regres-

sive model. As methodology of research, methodology of imitation design is chosen, in particular, construction of the agent-based modeling system. A paradigm of ABSM design is new enough, in particular, at research of the socio-economic systems. *Results.* A econometric analysis, on results that dependence of cost of services of cellular is educed on the level of competition, profit of population, is conducted, and also from demand on services of connection. A regressive model is built, reflecting dependence of cost of minute of conversation in a region from the volume of services of connection, middle salary and amount of operators in a region. The simulation model of market of cellular of city of Yekaterinburg, based on ABSM approach with notation of system dynamics, is projected and worked out. Possibility to imitate processes aleak at the market, manage cellular operators and to influence on tariff politics appeared on the basis of the worked out model. *Conclusions.* Worked out simulation model of market of cellular Yekaterinburg allows to conduct the local and global analysis of co-operation of operators and subscribers within the framework of the offered location. A model allows to reflect, as a change, financing or input of new tariffs the separate operators of cellular can change the betweenness of subscribers by operators. In addition, at the revision of model of her it is possible to apply and at research of analogical olygopolystic markets (for example, market of the internet providers).

Key words: market of cellular communication, simulation, multi-agent systems, systems of support of decision-making.

Введение

Сотовая связь в России представляет общественный интерес. Рынок довольно молодой и быстро развивается, поэтому ситуация на нем постоянно изменяется. Она влияет на экономику и общество, что уже давно выявлено за рубежом. Вклад мобильных коммуникаций в ВВП в развивающихся странах оценивается в 4–6 %, в развитых государствах – в 2–4 % [1]. Сотовая связь создает рабочие места, стимулирует развитие смежных отраслей, повышает производительность труда, способствует созданию глобального информационного пространства. Инвестиции в сотовую связь повышают доверие зарубежных инвесторов к стране в целом.

Проблемам функционирования и развития рынка услуг сотовой связи посвящено немало научных трудов. В большинстве из них используются эмпирические методы исследования и прогнозирование [2–4]. Некоторые труды посвящены стратегическому планированию развития компаний – операторов сотовой связи [5, 6]. Но наиболее интересными, на взгляд автора, являются работы, в которых применяются математические методы исследования [7], в частности с применением олигополистических моделей и теории игр [8, 9]. Именно на этой концепции и основаны методы агентного имитационного моделирования, речь о которых пойдет в работе.

Цель работы – провести исследование рынка операторов сотовой связи, используя агентный подход. В соответствии с данной целью автором были поставлены следующие научные задачи:

- 1) раскрыть сущность и специфику рынка операторов сотовой связи;
- 2) провести эконометрический анализ рынка сотовой связи России;
- 3) построить имитационную модель рынка операторов сотовой связи г. Екатеринбурга.

Эмпирический и эконометрический анализ рынка операторов сотовой связи России

В России сотовая связь появилась в 1991 г. Главным действующим лицом тогда стала компания «Дельта Телеком». Так как компаний, предоставляющих услуги сотовой связи, было достаточно мало, они завышали цену, которая порой доходила до тысячи долларов за пакет услуг. В 1998 г. операторы столкнулись с оттоком клиентов; конечно же, многие из них разорялись. Но уже через год компания «ВымпелКом» предложила пакет услуг, рассчитанный на абонентов с невысокими доходами. Период 1995–2004 гг. является примером ценовой олигополистической войны [10]. Операторы сотовой связи уменьшали стоимость услуг, чтобы повысить количество абонентов.

Рынок сотовой связи развивается, и численность абонентов возрастает. На конец 2004 г. 74 млн человек пользовались услугами операторов, а на конец 2014 г. их уже стало 240,3 млн. Уровень проникновения сотовой связи составил 166,8 %.

В процессе работы на рынке российской сотовой связи три крупнейших оператора (МТС, Билайн, Мегафон) используют большое количество ценовых и неценовых методов конкуренции между собой. Появление Tele2 дает возможность данным компаниям выйти на новый уровень обслуживания, улучшить свои технологии и разработать новые продукты, стремясь доказать потребителю свое превосходство.

Динамику развития рынка сотовой связи можно наблюдать на рис. 1, 2.

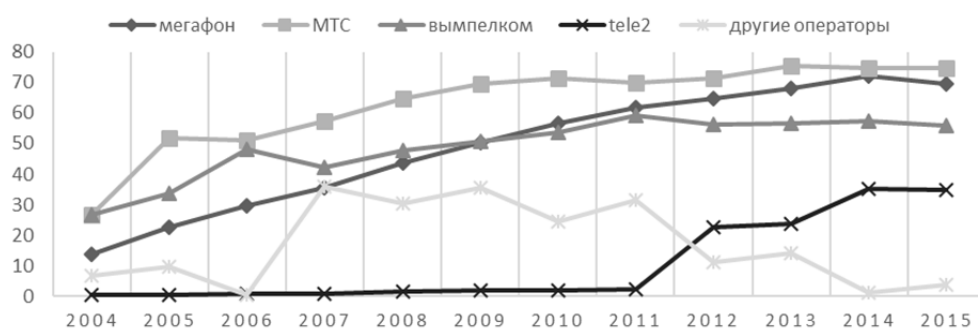


Рис. 1. Динамика роста численности абонентской базы, млн чел.

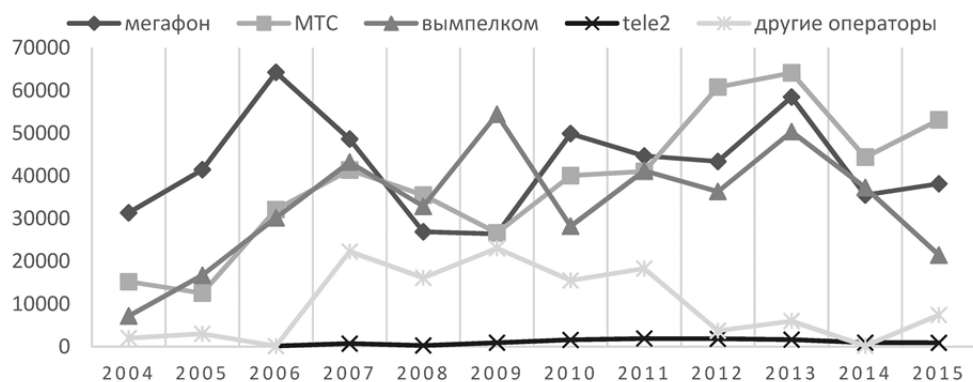


Рис. 2. Динамика прибыли сотовых компаний, млн руб.

Сотовая связь стала неотъемлемой частью жизни российских граждан. Это доказано кризисом 2008–2010 гг.: почти для 90 % потребителей затраты на сотовую связь в кризис не изменились. Рынок сотовой связи показал устойчивость к падению потребительских доходов.

Предположим, что цена на услуги операторов сотовой связи в каждом регионе РФ зависит от нескольких параметров, среди которых уровень жизни, определяемый средним уровнем доходов населения, степень конкуренции и спрос на услуги связи в рассматриваемом регионе.

Уровень жизни населения напрямую влияет на способность и готовность абонентов сотовой связи платить за услуги в регионе, поэтому он влияет на среднюю стоимость услуг. Уровень конкуренции является не менее важным фактором: если в регионе действует мало операторов, то конкуренции не наблюдается, так как отсутствуют стимулы снижения цен на рынке. В таких условиях есть риск вступления в сговор с целью получения максимальной прибыли. На стоимость услуг сотовой связи также влияет спрос. В регионах, где сотовой связью пользуются больше, операторы устанавливают более высокие цены.

Исходные данные для регрессионной модели представлены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для регрессионной модели¹

Регион	Средняя цена за минуту разговора, руб.	Средняя заработная плата, руб.	Объем оказанных населению услуг связи (на одного жителя), млн руб.	Количество операторов в регионе
Астраханская область	1,2	25 999	6580	6
Брянская область	1,2	20 640	4632,3	4
Владимирская область	1,05	19 000	4889,2	6
Ивановская область	1,1	19 380	4479,3	5
Костромская область	1,05	21 013	4801,9	6
Курская область	1,05	23 112	4684,7	7
Московская область	1,65	40 265	12360,2	9
Орловская область	1,05	20 193	4876,3	5
Пермский край	1,3	27 408	4633,1	6
Республика Дагестан	1,8	18 713	2876,3	7
Республика Калмыкия	1,3	18 826	5790,6	6
Рязанская область	1,05	23 800	5136,7	5
Сахалинская область	1,5	52 050	10298,1	5
Свердловская область	1,1	28 042	5666,9	8
Тверская область	1,07	24 863	5075	5
Тульская область	1,05	25 102	5366	6
Тюменская область	1,17	58 140	7683	4
Ханты-Мансийский АО	1,25	57 310	9721,1	6
Чукотский АО	1,3	70 969	10361,6	7
Ямало-Ненецкий АО	1,2	90 185	11372,9	7

¹ Составлено автором по данным исследовательской компании ComNews Research: [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.comnews-research.ru/>

Построенная автором по исходным данным линейная регрессионная модель оказалась некачественной, так как коэффициент корреляции равен 0,46, а значимость F оказалась значительно больше 5 % [11]. Таким образом, линейная модель не подходит для описания рынка сотовой связи. Для решения возникшей проблемы были построены корреляционные поля, отражающие зависимость средней цены стоимости минуты разговора от факторов, предложенных выше, из которых выявлен полиномиальный характер зависимостей. В случае с фактором «объем услуг связи» зависимость описывается кубической функцией, а с фактором «средняя заработная плата» – квадратной. Таким образом, была построена нелинейная множественная регрессионная модель рынка сотовой связи. Результирующие показатели модели представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Регрессионная статистика модели¹

Показатель	Значение
Коэффициент регрессии	0,974797
Коэффициент детерминации	0,950229
Стандартная ошибка	0,0617
Наблюдения	18
Значимость F	0,00000152
Объясненная дисперсия	0,799502
Необъясненная дисперсия	0,041876
Общая дисперсия	0,841378

Таблица 3

Результирующие показатели модели²

Показатели	Коэффициенты	t-статистика	P-значение	Нижние 95 %	Верхние 95 %
Y-пересечение	3,656877161	9,579582826	0	2,816681	4,497073703
Средняя заработная плата (X_1)	3,50279E-05	4,064731541	0,0018	1,61E-05	5,39949E-05
Объем услуг связи (X_2)	-0,00109445	-7,153296306	0	-0,00143	-0,0007577
Количество операторов в регионе (X_3)	-0,013579501	-0,907323092	0,038	-0,04652	0,019361664
X_1^2	-3,19656E-10	-4,944909708	0,0004	-4,6E-10	-1,7738E-10
X_2^2	1,08916E-07	4,271945395	0,001	5,28E-08	1,65031E-07
X_2^3	-3,11362E-12	-2,534164513	0,0278	-5,8E-12	-4,0936E-13

¹ Рассчитано автором в среде MS Excel.

² Там же.

Таким образом, регрессионная модель имеет следующий вид:

$$y = 3,6568 - 3,2 \cdot 10^{-10} x_1^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} x_1 - 3,11 \cdot 10^{-12} x_2^3 + 1,09 \cdot 10^{-7} x_2^2 - 0,001x_2 - 0,013x_3, \quad (1)$$

где x_1 – средняя заработная плата пользователей услуг связи в регионе, млн руб.; x_2 – объем услуг связи, руб.; x_3 – количество операторов сотовой связи в регионе.

Рассчитанные коэффициенты имеют высокий уровень значимости, что подтверждается соответствующими р-значениями. Это означает, что факторы, выбранные для анализа, действительно влияют на стоимость услуг сотовой связи.

Получается, что если в каком-либо регионе появится новый оператор сотовой связи, то стоимость этих услуг снизится в среднем на 1,35 %. Также увеличение спроса на сотовую связь изменяет цену услуг по кубической зависимости, а увеличение средней заработной платы в регионе даже на 1 рубль повлечет за собой изменение цены на сотовую связь согласно квадратичной зависимости, представленной в формуле (1).

Коэффициент детерминации равен отношению объясненной дисперсии к общей. В построенной модели коэффициент детерминации равен 0,95. Это значит, что модель достаточно точно отражает зависимость цены от предложенных факторов.

Построенная регрессионная модель является значимой, что подтверждается показателем «значимость F», значение которого должно быть менее 5 %. Следовательно, стоимость услуг сотовой связи действительно зависит от уровня жизни, спроса на услуги связи, а также от количества операторов, которые эти услуги оказывают.

Имитационная модель рынка операторов сотовой связи г. Екатеринбурга

Используя одни лишь математические и эконометрические методы, иногда достаточно проблематично провести качественный долгосрочный анализ рынка сотовой связи, так как в таких моделях могут отсутствовать случайные факторы, личное мнение потребителей и т.д. Для решения данных проблем автором предложена методика исследования рынков с помощью построения агентной имитационной модели.

Агентное моделирование – это современное направление в моделировании сложных систем, которые состоят из автономных и независимых агентов. Агент – это некая сущность, обладающая активностью и автономным поведением. Она может принимать решения в соответствии с некоторыми правилами, изменяться и взаимодействовать с окружением и другими агентами.

Система, где существуют агенты различных классов, которые потенциально могут взаимодействовать друг с другом, называется многоагентной системой. При моделировании рынка сотовой связи явно выделяются два типа

агентов – абонент и оператор. Описание поведения агентов является главной задачей исследователя. Описание поведения агентов происходит, как правило, в диаграмме состояний, хотя могут быть и более редкие случаи – описание с использованием диаграмм действий и низкоуровневых средств дискретно-событийного моделирования. Диаграмма состояний агента в модели представлена на рис. 3.

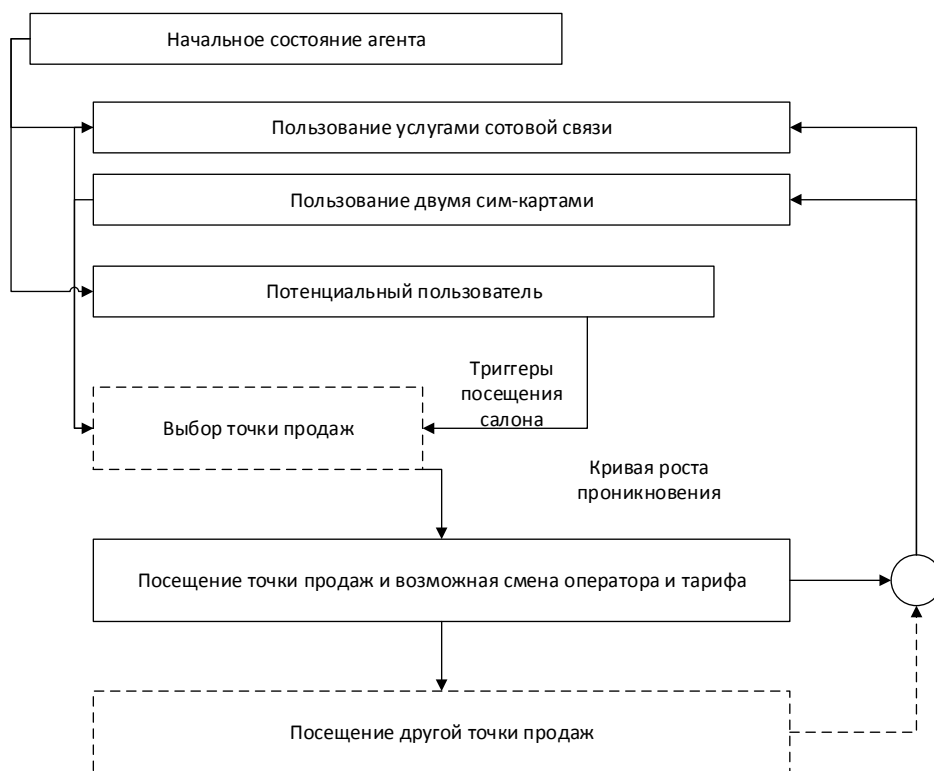


Рис. 3. Основная диаграмма состояний агента [12]

По рис. 3 видно, что изначально агент может быть либо пользователем сотовой связи, либо «потенциальным пользователем», т.е. человеком, который на данный момент не пользуется услугами сотовой связи, но в будущем может стать абонентом. Согласно модели каждый агент в определенное время посещает точку продаж и в зависимости от работы дилера он может либо сменить оператора и тариф, либо остаться со своим. Создание программно нескольких тысяч агентов, живущих в соответствии с данной диаграммой, позволяет моделировать спрос на определенном локальном рынке. Каждое событие зависит от индивидуальных характеристик агента, его истории, от состояния других агентов и системы в целом. К примеру, событие, которое заключается в посещении агентом салона связи, возможно, вызвано событиями-триггерами, предшествующими данному (появление нового тарифного плана, «неудовлетворенность» качеством услуг оператора, рекомендации друзей и т.д.). Основной задачей агентного моделирования является синхронизация событий по всем агентам.

Рассмотрим, как происходит выбор агентом оператора и тарифа сотовой связи. На рис. 4 отображены основные направления деятельности оператора сотовой связи. Показатели, характеризующие данные направления, выделены на рисунке пунктиром.

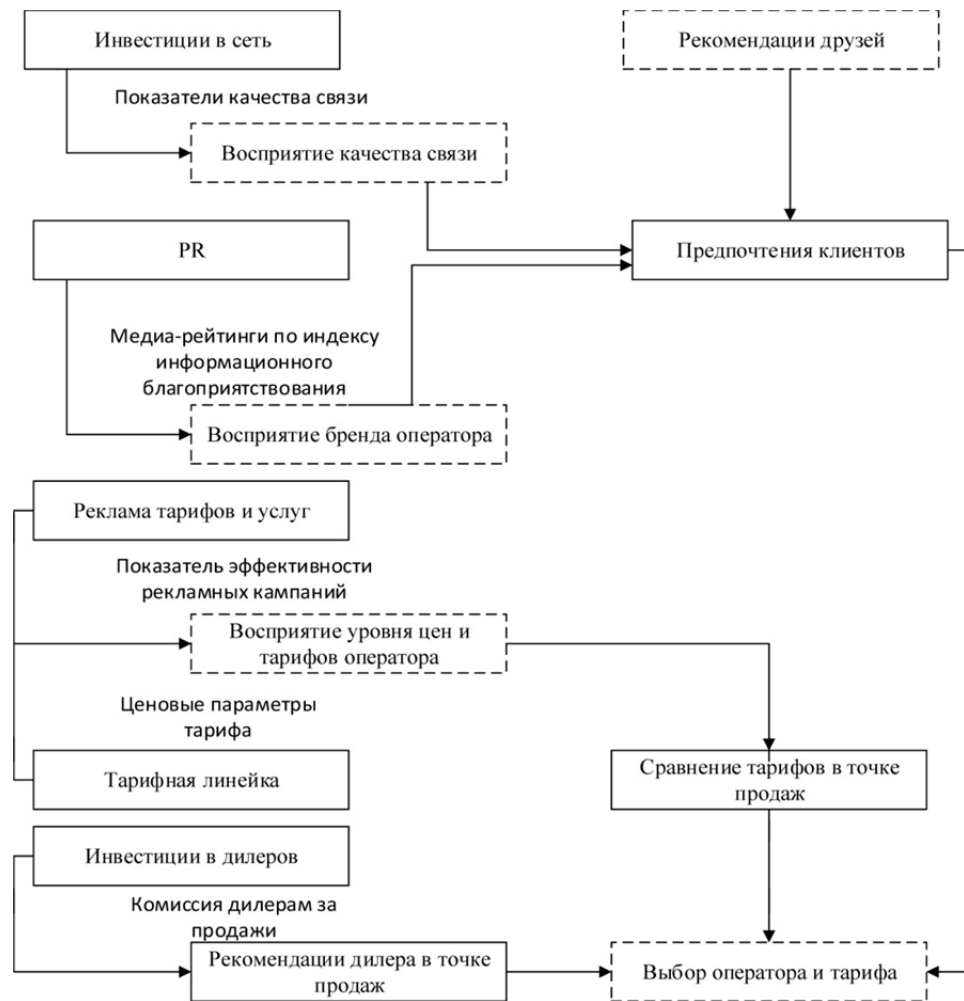


Рис. 4. Основные факторы, определяющие выбор агентом оператора и тарифа [13]

Выбор оператора или тарифа определяется экономическими и психологическими факторами. Согласно правилам когнитивной логики существуют специализированные модели поведения агента, которые учитывают как экономические, так и личностно-психологические факторы. В соответствии с такими моделями выбор пользователя услугами связи определяется его изначальными предпочтениями, потенциальной выгодностью тарифа, рекомендациями дилера и друзей и инерционным фактором. Предпочтения агента задаются в соответствии с формулой:

$$\text{Предпочтение}_{\text{агента}} = \text{Качество}_{\text{связи}} \times \text{Восприятие}_{\text{связи}} + \text{Привлекательность}_{\text{бренда}} \times \text{Восприятие}_{\text{бренда}} + \text{Уровень}_{\text{цен}} \times \text{Восприятие}_{\text{цен}}. \quad (2)$$

Таким образом, предпочтения клиента (агента) складываются из показателя качества связи, привлекательности бренда и ценовой политики оператора. Показатель «качество связи» зависит от уровня инвестиций в развитие сети конкретного оператора и рассчитывается по уравнению регрессии, заданному программно с применением нотации системной динамики. Показатель «привлекательность бренда» рассчитывается как индекс информационного благоприятствования, который зависит от уровня и количества положительных и отрицательных отзывов на оператора сотовой связи, а также от расходов на рекламу. Показатель «уровень цен» является относительным и рассчитывается исходя из суммарной оценки цен на основные виды услуг (см. рис. 9) по каждому оператору в отдельности и в целом по рынку сотовой связи в конкретном регионе. Показатели, отвечающие за восприятие того или иного фактора, формируются в имитационной модели с применением генератора случайных чисел.

Для построения имитационной модели рынка сотовой связи г. Екатеринбурга был выбран инструмент имитационного моделирования AnyLogic. Модель рынка сотовой связи г. Екатеринбурга состоит из двух классов – «Main» (рис. 5) и «Клиент». Класс «Клиент» состоит из диаграммы состояний, описанной ранее, и других параметров.



Рис. 5. Класс «Main»

В классе «Main» располагаются пять операторов сотовой связи г. Екатеринбурга: МТС, Билайн, Мегафон, Теле2 и абстрактный оператор под названием «Другие», объединяющий в себе всех остальных операторов. На главной форме расположена временная диаграмма, в которой отражаются данные о количестве абонентов по каждому оператору. Кнопки, расположенные справа от диаграммы, позволяют перейти к управлению тем или иным оператором (рис. 6).

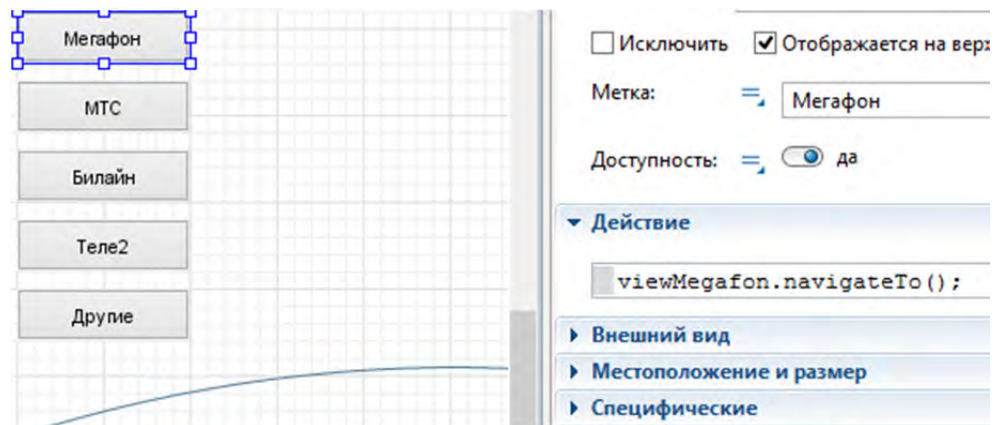


Рис. 6. Кнопки операторов

Агенты, моделирующие операторов, разработаны по аналогии друг с другом. Моделирование процессов управления операторами осуществлено с применением нотаций системной динамики (рис. 7).

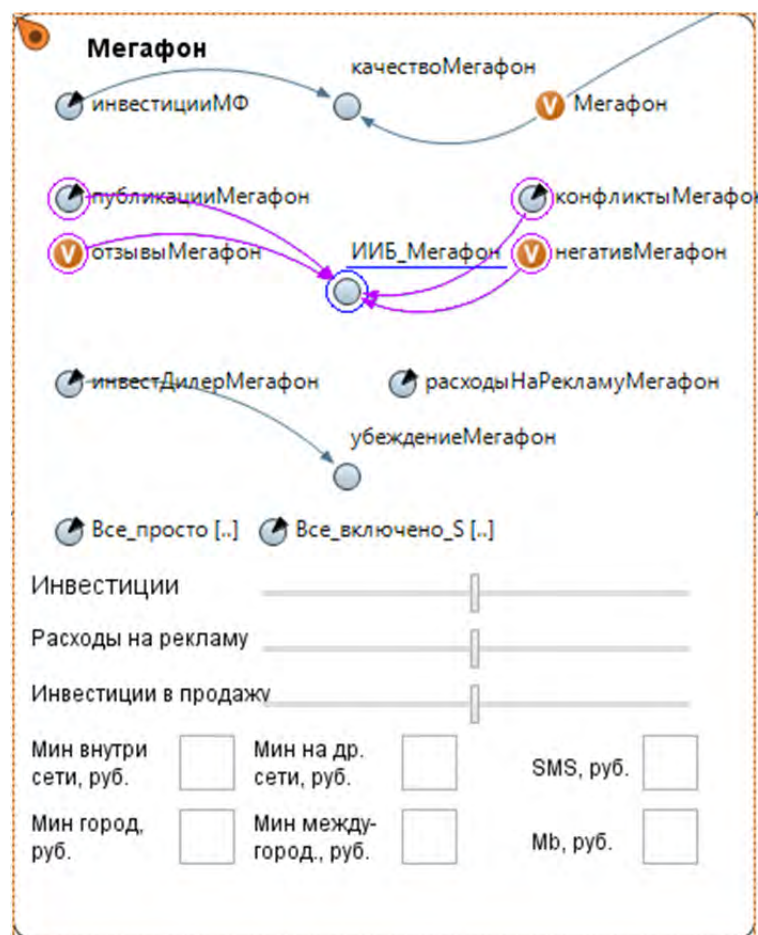


Рис. 7. Оператор «Мегафон» в классе «Main»

В качестве динамических переменных взяты показатель качества, индекс информационного благоприятствования и сила убеждения. Показатель качества напрямую зависит от количества абонентов и объема вложенных инвестиций, который пользователь может редактировать вручную с помощью слайдера. Индекс информационного благоприятствования складывается из таких факторов, как количество положительных и отрицательных отзывов об операторе, количество публикаций в СМИ и количество конфликтных ситуаций, которые, в свою очередь, зависят от расходов на рекламную кампанию и PR.

Все тарифы у каждого оператора отражены в виде отдельных массивов параметров, состоящих из восьми элементов, в каждом из которых хранятся значения определенных критериев. К примеру, в параметрах «Все просто» и «Все включено S» подобраны тарифы оператора Мегафон с ценами на сотовую связь внутри сети, на звонок другого оператора, на городской, на междугородний, SMS, MMS и Интернет соответственно. Управление финансами осуществляется путем изменения соответствующих показателей (объем инвестиций, расходы на рекламу, инвестиции в продажу и т.д.) с помощью слайдеров (рис. 8).

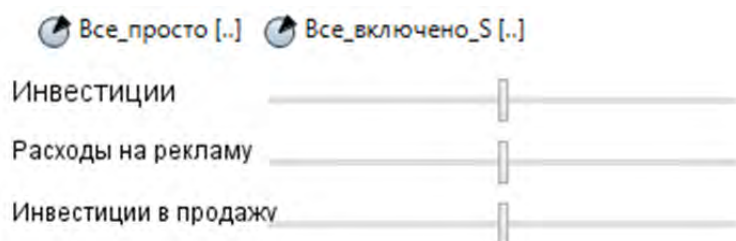


Рис. 8. Изменение финансовых показателей оператора

Особым способом реализовано управление тарифной политикой. В разработанной модели присутствует возможность как изменить основные параметры действующих тарифов, так и создать абсолютно новый (рис. 9).

Мин внутри сети, руб.		Мин на др. сети, руб.		SMS, руб.	
Мин город, руб.		Мин между- город., руб.		Mb, руб.	

Рис. 9. Параметры тарифов операторов

Таким образом, разработанная имитационная модель рынка сотовой связи г. Екатеринбурга позволяет проводить локальный и глобальный анализ взаимодействия операторов и абонентов в рамках предложенной локации. Модель позволяет отразить, как изменение финансирования или ввод новых тарифов отдельными операторами сотовой связи могут изменить соотношение абонентов между операторами. Кроме того, при доработке модели ее можно применить и при исследовании аналогичных олигополистических рынков (например, рынка интернет-провайдеров).

Заключение

В ходе исследования был рассмотрен и изучен российский рынок сотовой связи. Было установлено, что рынок является олигополистическим, высоконцентрированным, т.е. войти на рынок довольно трудно.

Проведен эконометрический анализ, по результатам которого выявлена зависимость стоимости услуг сотовой связи от уровня конкуренции, среднедушевого дохода населения, а также от спроса на услуги связи. Построена регрессионная модель, отражающая зависимость стоимости минуты разговора в регионе от объема услуг связи, средней заработной платы и количества операторов в регионе.

Спроектирована и разработана имитационная модель рынка сотовой связи г. Екатеринбурга, основанная на агентном подходе с нотацией системной динамики. На основании разработанной модели появилась возможность имитировать процессы, протекающие на рынке, управлять сотовыми операторами и влиять на тарифную политику.

Библиографический список

1. Проблемы формирования единого экономического и правового пространства в России / под науч. ред. Н. Ю. Власовой. – Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2000. – 240 с.
2. Баранова, И. В. Рынок сотовой связи / И. В. Баранова, А. Н. Кудь, К. С. Калюжная // Символ науки. – 2015. – № 6. – С. 93–95.
3. Бакман, Ю. А. Рынок сотовой связи России как сегмент рынка телекоммуникаций: методы прогнозирования / Ю. А. Бакман, В. С. Панфилов // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. – 2008. – Т. 6. – С. 398–416.
4. Смолин, В. В. Оценивание и прогнозирование положения компании на рынке сотовой связи / В. В. Смолин // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 10. – С. 60–61.
5. Зарецкий С. Н. Инструменты формирования маркетинговой стратегии на рынке дополнительных услуг сотовой связи / С. Н. Зарецкий // Вестник Университета Российской академии образования. – 2010. – № 3. – С. 156–159.
6. Матюшкина, Н. А. Стратегии операторов сотовой связи по продвижению услуг на российский рынок / Н. А. Матюшкина, Е. А. Пономарева // In Situ. – 2016. – № 11. – С. 38–40.
7. Трегуб, И. В. Математические модели спроса и предложения услуг с добавленной стоимостью на рынке сотовой связи / И. В. Трегуб // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2008. – № 5. – С. 101–104.
8. Бабушкина, Т. О. Анализ рынка операторов сотовой связи на основе построения олигополистической теоретико-игровой модели / Т. О. Бабушкина, Е. В. Кислицын // Экономика, право и образование в условиях риска и неопределенности: тенденции и перспективы развития : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Нижний Тагил, 25 февраля 2016 г.). – Екатеринбург, 2016. – С. 10–14.
9. Кореева, Е. Б. Формирование модели поведения олигополистов на рынке услуг сотовой связи / Е. Б. Кореева // Управление большими системами. – 2007. – № 19. – С. 174–186.
10. Алиева, А. А. Сущность олигополии / А. А. Алиева // Актуальные вопросы современной экономики. – 2014. – № 2. – С. 15–19.

11. Першин, В. К. Тенденции развития рынка природного газа Европы: особенности, участники, перспективы / В. К. Першин, Е. В. Кислицын // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2016. – № 5 (67). – С. 74–87.
12. Красносельский, А. В. Имитационное моделирование рынка сотовой связи / А. В. Красносельский // Аудит и финансовый анализ. – 2009. – № 3. – С. 327–332.

Кислицын Евгений Витальевич
старший преподаватель,
кафедра статистики, эконометрики
и информатики,
Уральский государственный
экономический университет
E-mail: kev@usue.ru

Kislitsyn Evgeny Vitalyevich
senior lecturer,
sub-department of statistics,
econometrics and computer science,
Ural State University of Economics

УДК 338.47

Кислицын, Е. В.

Исследование рынка операторов сотовой связи методами имитационного моделирования / Е. В. Кислицын // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 51–63.

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОЛИТИКИ ФОРМИРОВАНИЯ
И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУВЕРЕННЫХ ФОНДОВ
С МАКРОДИНАМИКОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ**

И. О. Пугачев

**THE INTERACTION OF POLITICS OF FORMATION
AND USE OF SOVEREIGN WEALTH FUNDS
WITH THE MACRO-DYNAMICS OF THE RUSSIAN ECONOMY**

I. O. Pugachev

Аннотация. *Актуальность и цели.* Освещается изучение проблем развития отечественной экономики в условиях резервирования нефтегазовых доходов в суверенных фондах. Накопленный за время существования суверенных фондов РФ эмпирический опыт может служить отправной точкой анализа эффективности стратегии «накопления» и разработки альтернативных сценариев использования нефтегазовых доходов. *Материалы и методы.* Сопоставление целей и задач формирования и использования суверенных фондов с реальными результатами позволило критически осмыслить ряд предпосылок стратегии частичного изъятия экспортных доходов от нефти и газа в суверенные фонды. *Результаты.* Установлено, что изъятие нефтегазовых доходов из экономики под видом избыточных ресурсов сопровождалось замедлением темпов экономического роста, усилением зависимости федерального бюджета от нефтегазовой конъюнктуры, деиндустриализацией отечественной экономики. Ставка на снижение влияния кризисных тенденций мировой экономики за счет использования средств суверенных фондов себя не оправдала; кризис в экономике России был одним из самых сильных среди развитых стран. *Выводы.* Для преодоления негативных тенденций, сложившихся с 2008 г. в отечественной экономике, нужно развивать ее реальный сектор, стимулировать экономический рост, направляя экспортную выручку от нефтегазовых ресурсов в российское хозяйство, а не в авуары мировой финансовой системы.

Ключевые слова: суверенные фонды, Стабилизационный фонд, Резервный фонд, Фонд национального благосостояния.

Abstract. *Background.* The article is devoted to problems of development of Russian economy in the conditions of reservation of oil and gas revenues in sovereign funds. Accumulated during the existence of the sovereign funds of the Russian Federation empirical experience can serve as a starting point the analysis of the effectiveness of the strategy of "accumulation" and the development of alternative scenarios for the use of oil and gas revenues. *Materials and methods.* A comparison of the goals and objectives of formation and use of sovereign funds with real results allowed us to critically reflect on a number of prerequisites of a strategy of partial exemption of export income from oil and gas to sovereign wealth funds. *Results.* It is established that the withdrawal of oil revenues from the economy under the form of excess resources was accompanied by a slowdown in economic growth, increased dependence of Federal budget on oil and gas market, de-industrialization of the domestic economy. Rate to reduce the impact of the crisis tendencies of the

world economy through the use of sovereign funds was not justified; the crisis in the Russian economy was one of the strongest among the developed countries. *Conclusions.* To overcome the negative trends since 2008 in the domestic economy, the need to develop its real sector, to stimulate economic growth by directing export revenues from oil and gas resources in the Russian economy and not in the holdings of the global financial system.

Key words: sovereign funds, Stabilization Fund, Reserve Fund, Fund of national welfare.

Введение

После августовского дефолта 1998 г. в российской макроэкономической динамике прослеживаются два тренда – рост в 1999–2008 гг. и кризис с последующей рецессией в 2009–2016 гг. Такая макроэкономическая динамика во многом была связана с конъюнктурными колебаниями цен на энергоносители, прежде всего на нефть. Высокие цены на нефть способствовали росту доходов государственного бюджета Российской Федерации в 2000-х гг. В 2004 г. был образован Стабилизационный фонд, предопределивший дальнейшее развитие российской экономики. Создание суверенного фонда, аккумулировавшего весомую долю ВВП, неизбежно повлияло на траекторию экономического роста страны. Противоречивая оценка этого влияния остается до сих пор предметом научных дискуссий среди ученых и представителей различных общественно-политических структур. Анализ правительственной политики формирования и использования средств суверенных фондов необходим для ее совершенствования и решения с учетом накопленного опыта насущной задачи ускорения экономического развития нашей державы.

Воздействие макроэкономических условий на политику формирования суверенных фондов Российской Федерации

Экономический рост отечественной экономики в 1999–2008 гг. во многом был связан с повышательным трендом конъюнктуры нефтяных цен на мировом рынке, что способствовало притоку в страну высоких доходов от экспорта нефти, большая часть которых до 2003 г. доставалась отечественным сырьевым компаниям. Последовавшие изменения налогообложения в сфере недропользования были связаны с реализацией закона «О недрах», введением единого налога на добычу полезных ископаемых совместно с экспортными пошлинами и разовыми платежами и сборами на нефтепродукты. Новая схема способствовала переходу большей части поступлений природной ренты от нефтяных компаний к государству, значительно повышая доходы бюджета РФ от экспорта нефти и газа [1, с. 445].

Особенно резкий приток нефтегазовых доходов наблюдался в 2004–2008 гг., когда цены на нефть в среднем за год росли на 30 %. Рост экспортных доходов инициировал изменения в бюджетном процессе. В 2004 г. правительство приняло решение о создании Стабилизационного фонда, основной задачей которого было аккумулирование денежных средств, поступавших от вывозной таможенной пошлины на нефть и налога на добычу по-

лезных ископаемых, при цене на нефть сорта «Urals», превышающей базовую «цену отсечения». В 2004–2005 гг. она составляла 20 долл. за баррель, в 2006–2007 гг. – 27 долл. за баррель. Фактический среднегодовой уровень нефти марки «Urals» в 2004–2005 гг. составил 47 долл. за баррель, в 2006–2007 гг. – 70,7 долл. за баррель. На пополнение фонда периодически перечислялись также средства от профицита федерального бюджета. Всего за 2004–2007 гг. в Стабилизационный фонд поступило около 60 % нефтегазовых доходов государства [2, с. 101]. Динамика средств Стабилизационного фонда представлена в табл.1.

Таблица 1

Показатели формирования Стабилизационного фонда
Российской Федерации в 2004–2007 гг. [3, с. 33]

Годы	Объем средств Стабилизационного фонда, трлн руб.	Доля средств Стабилизационного фонда в ВВП, %	Доля нефтегазовых доходов государства, перечисленная в Стабилизационный фонд, %
2004	106,0	0,8	61,3
2005	522,3	3,1	64,6
2006	1237,0	5,7	61,1
2007	2346,9	8,8	55,3

В 2008 г. Стабилизационный фонд был разделен на Резервный фонд и Фонд национального благосостояния (ФНБ). Основными задачами Резервного фонда были провозглашены обеспечение расходных обязательств в случае снижения поступлений нефтегазовых доходов в федеральный бюджет для поддержания стабильности экономического развития страны, уменьшение инфляционного давления и снижение зависимости национальной экономики от колебаний цен на природные ресурсы. Максимальный размер Резервного фонда был закреплён на уровне 10 % от прогнозируемого объема ВВП, принятого при расчетах и планировании соответствующего годового бюджета. После наполнения Резервного фонда до указанного размера нефтегазовые доходы должны были направляться в ФНБ.

Цели Фонда национального благосостояния обозначались как обеспечение софинансирования добровольных пенсионных накоплений граждан РФ и обеспечение сбалансированности (покрытие дефицита) бюджета Пенсионного фонда России. По заявлениям властей ФНБ должен придавать устойчивость механизму пенсионного обеспечения на длительную перспективу [4]. Помимо поступлений от нефтегазовых доходов, источником формирования ФНБ являются доходы от управления его средствами. Динамика средств Резервного фонда и Фонда национального благосостояния представлена в табл. 2.

Преобразование Стабилизационного фонда осуществлялось в рамках перехода к концепции «нефтегазового бюджета», предполагавшей раздельное использование нефтегазовой и ненефтегазовой частей доходов бюджета. Основной целью создания двух резервных фондов было обеспечение устойчи-

ности бюджетных расходов независимо от нефтегазовой конъюнктуры мирового рынка. Основным элементом создаваемой системы суверенных фондов должен был стать нефтегазовый трансферт, предполагавший ограничение на использование нефтегазовых доходов в расходах бюджета [2, с. 109].

Таблица 2

Объем средств суверенных фондов России в 2008–2016 гг.* [4]

Годы	Резервный фонд, млрд руб.	Резервный фонд, млрд долл.	Доля Резервного фонда в ВВП, %	Фонд национального благосостояния, млрд руб.	Фонд национального благосостояния, млрд долл.	Доля Фонда национального благосостояния в ВВП, %	Доля средств суверенных фондов в ВВП, %
2008	3 057,85	125,2	7,4	783,31	32,0	1,9	9,3
2009	4 027,64	137,0	9,8	2 584,49	87,9	6,3	16,1
2010	1 830,51	60,5	4,7	2 769,02	91,5	7,1	11,8
2011	775,21	25,4	1,7	2 695,52	88,4	5,8	7,5
2012	811,52	25,2	1,4	2 794,43	86,8	5,0	6,4
2013	1 885,68	62,0	3,0	2 690,63	88,6	4,3	7,3
2014	2 859,72	87,4	4,3	2 900,64	88,6	4,4	8,4
2015	4 945,49	87,9	6,8	4 388,09	78,0	6,0	12,8
2016	3 640,57	49,9	4,6	5 227,18	71,72	6,6	11,2
2017	987,2	16,7	1,1	4359,1	71,8	5,0	6,1

*На начало соответствующего года

Предполагалось, что нефтегазовые доходы будут аккумулироваться в специально создаваемом Нефтегазовом фонде, а из него будет производиться трансферт в федеральный бюджет текущего года. В связи с этим в понятийный аппарат бюджетного законодательства РФ было введено понятие «не-нефтегазовый дефицит федерального бюджета», определявшее разницу между объемом доходов федерального бюджета (без нефтегазовых доходов и доходов от управления средствами Резервного фонда и Фонда национального благосостояния) и объемом его расходов в финансовом году. Величина «не-нефтегазового» дефицита бюджета начиная с 2008 г. должна была постепенно снижаться и к 2010 г. ограничиться 4,7 % от прогнозируемого уровня ВВП (складываться из нефтегазового трансферта в 3,7 % и иных источников финансирования, не превышающих 1 %) [5, с. 56, 57]. Нефтегазовые доходы сверх установленной нормы должны были сберегаться в Нефтегазовом фонде. Фактически такая система финансирования двух фондов просуществовала только лишь в 2008 г.

Мировой экономический кризис затронул мировые рынки сырья во второй половине 2008 г., спровоцировал падение нефтяных цен марки «Brent» (исходя из которой рассчитывается цена российской нефти марки «Urals») со 133 долл. за баррель в июле 2008 г. до 46 долл. за баррель в январе 2009 г. [6]. Падение нефтяных котировок вызвало существенное отклонение доходной части бюджета РФ от запланированного уровня, в результате образовался дефицит бюджета, который впоследствии стал хроническим. Динамика кассового дефицита/профицита бюджета РФ представлена на рис. 1.



Рис. 1. Динамика кассового дефицита/профицита бюджета РФ к ВВП в 2008–2016 гг., % [7, с. 36; 8, с. 35]

В условиях сжатия доходов от экспорта нефти и газа бюджетные правила использования нефтегазовых доходов были скорректированы. В 2009 г. нефтегазовые доходы не использовались для пополнения Резервного фонда и ФНБ, а направлялись для финансирования дефицита федерального бюджета и на поддержку отечественных компаний и банков. Средства ФНБ были размещены на долгосрочных депозитах во Внешэкономбанке (включая рублевые депозиты) [2, с. 110], а часть средств Резервного фонда была потрачена на финансирование антикризисных мер.

В 2010 г. действие всех нормативных актов, регламентирующих правила использования нефтегазовых доходов, было приостановлено на три года. Управление Резервным фондом и ФНБ осуществлялось посредством постановлений Правительства и Министерства финансов РФ.

В 2013 г. в Бюджетный кодекс РФ были внесены изменения, согласно которым отменялось понятие «нефтегазовый трансферт», снижалась нормативная величина резервного фонда до 7 % от прогнозируемого уровня ВВП. Источником доходов федерального бюджета были названы «дополнительные нефтегазовые доходы». Они определяются как разница между нефтегазовыми доходами либо рассчитанными исходя из прогнозируемой цены на нефть, либо поступившими в федеральный бюджет за отчетный финансовый год, и нефтегазовыми доходами, рассчитанными исходя из базовой цены на нефть. Под базовой ценой на нефть на очередной финансовый год понимается цена на нефть, рассчитанная как среднегодовая цена на нефть «Urals» за один баррель (одну тонну), в сумме, эквивалентной долларам США, за пятилетний период, завершающийся текущим финансовым годом, с ежегодным увеличением указанного периода на один год до достижения им десяти лет [9].

В июле 2017 г. в Бюджетный кодекс РФ были внесены новые правила формирования федерального бюджета, согласно которым расходы федерального бюджета будут рассчитываться исходя из цены на нефть марки «Urals» на уровне 40 долл. за баррель в ценах 2017 г. с ежегодной индексацией на 2 % начиная с 2018 г. На расходы федерального бюджета могут быть направлены только те нефтегазовые доходы, которые рассчитаны исходя из базовой цены на нефть, базовой экспортной цены на газ, прогнозируемого валютного курса, объема нефтегазовых доходов и объема расходов на обслуживание госдолга. Также в 2018 г. планируется объединение Резервного фонда и ФНБ [10].

**Воздействие политики формирования
и использования суверенных фондов
на макроэкономическую динамику Российской Федерации**

С момента создания Стабилизационного фонда проблемы его влияния на отечественную экономику и способы использования оказались в центре дискуссий экономического сообщества. Одни экономисты рассматривали накопленные средства как инструмент страхования и обеспечения макроэкономической стабильности, другие видели в фонде инвестиционный ресурс. Российские власти выбрали стратегию накопления средств суверенных фондов, объясняя ее аргументами, типичными для государств с сырьевыми моделями роста.

Во-первых, рентные доходы от экспорта нефти и газа были провозглашены «сверхдоходами», поскольку их использование, по мнению правительства, приведет к инфляции. Поэтому суверенный фонд должен служить инструментом связывания излишней ликвидности в целях уменьшения инфляционного давления.

Во-вторых, любые инвестиции средств, полученных от нефтедобычи, за исключением вложения их в государственные облигации США, были названы «тратами» (расходами) [11].

По справедливому замечанию В. Т. Рязанова, доходы, получаемые от экспорта нефтегазовых ресурсов, не являются избыточными для народнохозяйственного комплекса. Если национальная экономика встроена в систему международного разделения труда и развивается в такой системе координат, то любой заработанный доход на внешнем рынке мало чем отличается от дохода, полученного на внутреннем рынке, при том что значительная часть экспортных доходов затрачивается на приобретение импортных инвестиционных ресурсов. В рыночной экономике доходы не бывают избыточными с учетом их природы и направленности, хуже, когда доходов не хватает [1, с. 456, 457].

Еще одним контраргументом тезиса об избыточности ресурсов в отечественном хозяйстве является сопоставление динамики средств суверенных фондов России и займов коммерческих банков.

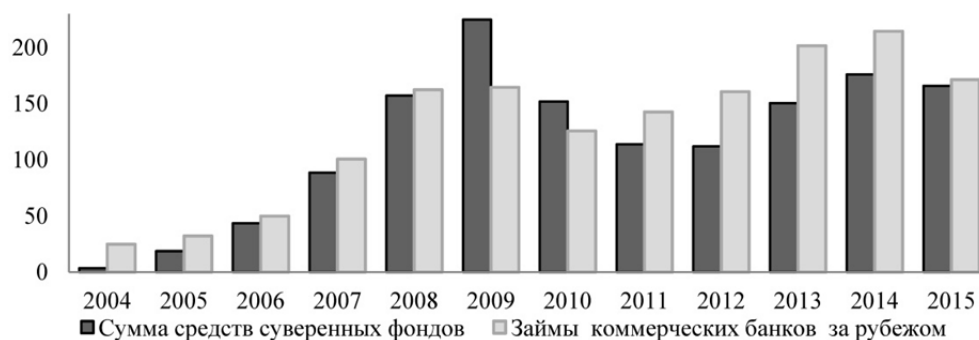


Рис. 2. Объем средств суверенных фондов Российской Федерации и займов коммерческих банков за рубежом в 2004–2015 гг., млрд долл. [12]

Как видно на рис. 2, изменение объемов средств резервных фондов и займов коммерческих банков практически совпадало и происходило синхронно. Все ресурсы, выводимые правительством из экономики под видом «избыточных», коммерческие банки ввозили в страну обратно. Выигрывали международные посредники. В результате коммерческие банки попадали в зависимость от иностранных кредиторов, а в отечественной экономике дорожали кредитные ресурсы, что ограничивало возможности инвестирования и технического переоснащения отечественных компаний.

Следующее возражение связано с потенциальным неблагоприятным влиянием использования нефтегазовых доходов внутри страны на инфляционные процессы. Это возможно, если инфляция в стране монетарная, а доходы напрямую поступают на денежный рынок. В таких условиях создание защищенного от инфляции канала поступления финансовых ресурсов в инвестиционную сферу исключает возможность инфляционного подъема.

Судя по рис. 3, после дефолта 1998 г. инфляция в стране имела не монетарный характер, а была связана с нехваткой денежного предложения.

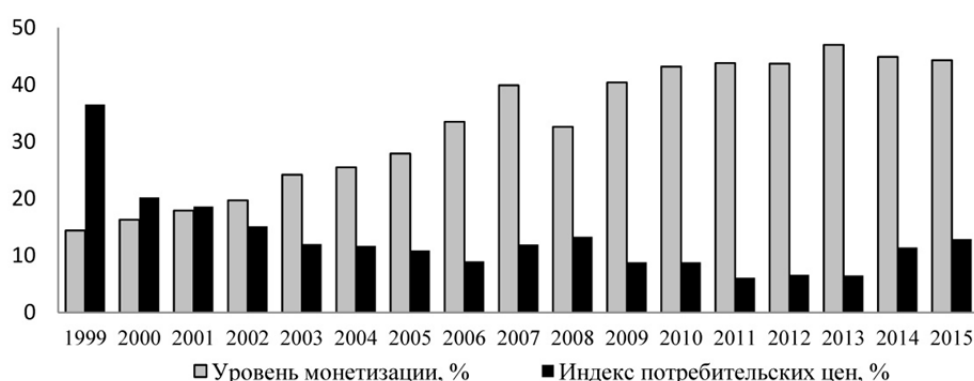


Рис. 3. Динамика уровня монетизации и индекса потребительских цен России в 1999–2015 гг. [13, с. 27, 29, 30; 14, с. 30–33]

По мере роста уровня монетизации в экономике России наблюдалось снижение инфляции, и наоборот, снижение уровня монетизации, связанное с обострением проблем ликвидности в 2008–2009 гг. и 2014–2015 гг., сопровождалось всплеском инфляции. Дополнительными факторами инфляции в российском хозяйстве являются удорожание кредитов, повышение тарифов естественных монополий, рост издержек на транспортные перевозки.

Приведенные аргументы наглядно опровергают положение об избыточной ликвидности и рисках инфляции в экономике России, связанные с использованием поступивших от экспорта нефтегазовых ресурсов.

Подмена понятия «инвестиции» понятием «траты» (расходы), используемая для обоснования необходимости создания суверенных фондов, содействовала ограничению возможностей развития экономики России. Рассказы о том, что долгосрочные инвестиции в сферы создания знаний и инноваций в инфраструктуру, игнорируют тот факт, что в данных отраслях имеет место возрастающая отдача от масштабов производства.

Выбранная стратегия использования средств российских суверенных фондов приносит чрезвычайно низкий доход. Средний уровень дохода от

вложений средств Резервного фонда за весь период его существования составил 2,7 % годовых, а ФНБ – 3,4 %. Разница процентных доходов суверенных фондов обусловлена более высокими по сравнению с доходностью облигаций иностранных государств процентными ставками депозитов Внешэкономбанка, на которых размещены средства ФНБ [2, с. 116].

Развитые страны разбогатели благодаря тому, что вкладывали средства в отрасли с возрастающей отдачей, и это обеспечивало высокую норму прибыли корпорациям, достойную заработную плату работникам и стабильные налоги государству. Напротив, усиление экспортной специализации страны неуклонно приводит к росту бедности [11, с. 34].

Показатели макроэкономической динамики России в 2008–2016 гг., представленные в табл. 3, показывают, что стратегию создания отечественных суверенных фондов в целях поддержания стабильного роста в условиях ухудшения мировой конъюнктуры едва ли можно назвать успешной. Глубина кризисного падения российской экономики была одной из самых больших в мире. Она развеяла оптимистические прогнозы ряда экспертов, говоривших о России как о «тихой гавани в море мировых финансовых проблем».

Таблица 3

Динамика основных макроэкономических показателей России
в 2008–2016 гг. [15, с. 36, 624; 16, с. 32, 149; 17, с. 32, 552; 18]

Показатели	Годы								
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016*
ВВП, %	105,2	92,1	104,5	104,3	103,4	101,3	100,7	96,3	99,6
Цена нефти марки «Urals», долл.	97,7	64,1	80,7	112,3	111,5	108,4	97,5	54,4	56,8
Курс рубля за доллар США на конец года	29,38	30,24	30,48	32,20	30,37	32,73	56,26	72,88	62,09
Индекс внешнеторгового оборота, %	132,1	64,9	132,7	130,6	103,5	100,0	93,2	66,4	–
Индекс промышленного производства, %	100,6	90,7	107,3	105,0	103,4	100,4	101,7	99,6	102,7
Индекс ввода в действие основных фондов, %	114,0	96,0	93,4	129,0	108,7	101,0	97,3	94,3	–
Индекс инвестиций в основной капитал, %	109,9	83,8	106,3	110,8	106,8	100,8	98,5	91,6	101,3
Индекс производительности труда, %	104,8	95,8	103,2	103,8	103,0	101,9	100,9	96,8	–
Реальная начисленная зарплата, %	111,5	96,5	105,2	102,8	108,4	104,8	101,2	91,0	101,7

* Предварительные оценки 2016 г.

Снижение нефтяных цен, начавшееся во второй половине 2008 г., привело к сокращению притока в страну нефтедолларов, в результате чего снизился уровень ликвидности, сократились доходы бюджета, усилился отток капитала, спровоцировав обвал на фондовом рынке, переросший в полномасштабный экономический кризис.

В 2009 г. уровень ВВП снизился на 7,8 %, инвестиции в основной капитал упали на 16,2 %, промышленное производство сократилось на 9,3 %, производительность труда понизилась на 4,2 %, вырос уровень безработицы, сократилась реально начисленная заработная плата.

В рамках антикризисной программы 2009 г. на развитие промышленного потенциала и технического перевооружения было выделено 675 млрд руб., на докапитализацию банковского сектора – 495 млрд руб., на социальную защиту населения – 447 млрд руб., на выплату пособий по безработице – 29,8 млрд руб. [19]. По мнению экспертов, помощь отечественным банкам, уплаченная российскими властями (3,2 % ВВП), была выше, чем в среднем по группе развитых стран – членов G20 (2 %) [20]. Меры поддержки банковской системы не решили структурных проблем отечественной финансовой системы. Не были созданы долгосрочные механизмы кредитования реального сектора под низкий процент. При выдаче денежных средств не был проработан механизм контроля за их использованием, в результате чего выделенные властями средства на поддержку банков не дошли до реального сектора. Зависимость доходов бюджета от нефтегазового сектора осталась высокой.

Рост нефтяных котировок, начавшийся с третьего квартала 2009 г., способствовал преодолению кризиса в отечественной экономике. В 2010 г. прирост ВВП составил 4,2 %, уровень промышленного производства вырос на 7,3 %, прирост инвестиций в основной капитал составил 6,3 %. Внешнеторговый оборот российской экономики в фактически действующих ценах после падения на 36,3 % по итогам 2009 г. в 2010 г. показал прирост на 32,7 %.

На предкризисный уровень ВВП отечественная экономика вышла в середине 2012 г., чему во многом способствовала благоприятная внешнеэкономическая конъюнктура. Снижение нефтяных котировок во второй половине 2014 г. вновь привело к обострению проблем в отечественном хозяйстве.

В 2014 г. средства ФНБ были вложены в акции и облигации внутренних эмитентов с целью финансирования инфраструктурных проектов. В частности, вложение 450 млрд руб. в развитие дорожной сети [1, с. 456]. В 2015 г. правительство выделило на поддержку экономики около триллиона рублей. Четверть выделенных средств пошло на докапитализацию банков, еще 300 млрд руб. предоставлено Внешэкономбанку, т.е. более 50 % антикризисных средств передано в распоряжение банкиров. Это выглядит впечатляющим на фоне незначительного импортозамещения сельского хозяйства, на поддержку которого власти планировали потратить не более 50 млрд руб., равно как и на обеспечение мероприятий в сфере занятости – 52,2 млрд руб. [21]. Антикризисные меры в 2015 г., в отличие от мер в 2009 г., основным источником финансирования в которых была кредитная эмиссия ЦБ, осуществлялись за счет секвестирования бюджета и не смогли придать экономике России положительного импульса роста; спад по итогам года составил 3,7 %

ВВП. Предварительные оценки уровня ВВП 2016 г. говорят о сохранении негативных тенденций в экономике РФ по итогам 2016 г.

Заключение

Теоретический анализ позволяет сделать вывод о том, что между правительственной политикой формирования и использования суверенных фондов и макродинамикой экономики России существует тесное взаимодействие. Благоприятная макроэкономическая конъюнктура, обусловленная повышением цен на нефть, создала предпосылки для образования суверенных фондов в Российской Федерации начиная с 2004 г. Законодательное регулирование порядка формирования суверенных фондов и правительственная политика их использования в 2008–2016 гг. оказывали сильное воздействие на динамику макроэкономической конъюнктуры в российской экономике. Накопление средств в суверенных фондах, на которое делало ставку Правительство РФ, не смогло оградить отечественную экономику от последствий мирового кризиса 2008–2009 гг.; напротив, падение уровня ВВП в России было одним из самых глубоких среди стран – членов G20. Изъятие нефтегазовых ресурсов из экономики под видом их избыточности сопровождалось замедлением темпов экономического роста, усилением зависимости бюджета от сырьевой конъюнктуры, деиндустриализацией отечественной экономики.

Библиографический список

1. Рязанов, В. Т. (Не)Реальный капитализм. Политэкономия кризиса и его последствий для мирового хозяйства и России / В. Т. Рязанов. – М. : Экономика, 2016. – 695 с.
2. Лебединская, Е. Роль нефтегазовых фондов в экономике России / Е. Лебединская // Вопросы экономики. – 2012. – № 3. – С. 98–119.
3. Российский статистический ежегодник – 2008. – М. : Росстат, 2008. – 847 с.
4. Официальный сайт Министерства финансов РФ. – URL: www.minfin.ru (дата обращения 21.07.2017).
5. Дьяченко, М. В. Бюджетные механизмы стабилизационной политики России / М. В. Дьяченко // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2012. – № 9 (99) – С. 53–63
6. Динамика цен на нефть марки «Brend» // Интернет-портал «Яндекс» – URL: <https://news.yandex.ru/quotes/1006.html> (дата обращения: 20.07.2017).
7. Россия в цифрах. 2014 : крат. стат. сб. – М. : Росстат, 2014. – 558 с.
8. Россия в цифрах. 2016 : крат. стат. сб. – М. : Росстат, 2016. – 543 с.
9. Бюджетный кодекс Российской Федерации : федер. закон № 145-ФЗ от 31.07.1998 : [ред. от 18.07.2017] // Интернет-портал «Законы, кодексы и нормативно-правовые акты в Российской Федерации» – URL: <http://legalacts.ru/kodeks/Bjudzhetnyj-kodeks/chast-ii/razdel-iv/glava-13.2/statja-96.9/> (дата обращения: 10.07.2017).
10. Закон о бюджетном правиле подписал Президент РФ // Нефть и капитал. – URL: <https://oilcapital.ru/news/regulation/31-07-2017/zakon-o-novom-byudzhetnom-pravile-podpisal-prezident-rf> (дата обращения: 01.08.2017).
11. Райнерт, Э. С. Спонтанный хаос. Экономика эпохи рецессии / Э. С. Райнерт. – М. : Политическая энциклопедия, 2017. – 190 с.
12. Статистика внешнего сектора // Официальный сайт Центрального банка РФ – URL: <http://www.cbr.ru/statistics/?PrId=svs> (дата обращения: 30. 07. 2017).

13. Россия в цифрах. 2004 : крат. стат. сб. – М. : Росстат, 2004. – 431 с.
14. Россия в цифрах. 2010 : крат. стат. сб. – М. : Росстат, 2010. – 558 с.
15. Российский статистический ежегодник. 2010. – М. : Росстат, 2010. – 847 с.
16. Российский статистический ежегодник. 2015. – М. : Росстат, 2015. – 728 с.
17. Российский статистический ежегодник. 2016. – М. : Росстат, 2016. – 725 с.
18. Среднегодовой уровень цен нефти марки «Urals» // Интернет-портал «fiore63.ru» – URL: <http://fiore63.ru/ceny-na-neft-yurals-statistika> (дата обращения: 01.08.2017).
19. Программа антикризисных мер Правительства Российской Федерации на 2009 г. // СПС КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90574/ (дата обращения: 18.06.2017).
20. Акиндинова, Н. В. Сценарии и альтернативы макроэкономической политики / Н. В. Акиндинова, С. В. Алексащенко, Е. Г. Ясин // XII Междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества (г. Москва, 5–7 апреля 2011 г.). – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. – 75 с.
21. План первоочередных мероприятий по обеспечению устойчивого развития экономики и социальной стабильности в 2015 г. // Официальный сайт Правительства РФ. – URL: <http://government.ru/media/files/7QoLbdOVNPc.pdf> (дата обращения: 18.06.2017).

Пугачев Илья Олегович

ассистент,
кафедра туризма
и культурного наследия,
Саратовский национальный
исследовательский государственный
университет им. Н. Г. Чернышевского
E-mail: ilya_ov@mail.ru

Pugachev Ilya Olegovich

assistant,
sub-department of tourism
and cultural heritage,
Saratov National Research State University
named after N. G. Chernyshevsky

УДК: 338.12.015; 338.22.021.1

Пугачев, И. О.

Взаимодействие политики формирования и использования суверенных фондов с макродинамикой экономики России / И. О. Пугачев // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 64–74.

**О РЕГУЛИРОВАНИИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИИ БАНКОВ
С РОСФИНМОНИТОРИНГОМ В СФЕРЕ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ
ЛЕГАЛИЗАЦИИ (ОТМЫВАНИЮ) ДОХОДОВ,
ПОЛУЧЕННЫХ ПРЕСТУПНЫМ ПУТЕМ,
И ФИНАНСИРОВАНИЮ ТЕРРОРИЗМА**

А. В. Романова, А. В. Винокуров

**THE REGULATION AND INTERACTION
OF BANKS WITH THE FEDERAL FINANCIAL
MONITORING SERVICE IN THE FIELD OF AML/CFT**

A. V. Romanova, A. V. Vinokurov

Аннотация. *Актуальность и цели.* Риски вовлечения финансовых институтов в незаконные финансовые операции, риски снижения стабильности финансово-банковской системы связаны с уклонением организаций от соблюдения «антиотмывочного» законодательства, осуществлением фиктивной и незаконной деятельности. В связи с этим остается актуальной проблема взаимодействия кредитных организаций с Росфинмониторингом в сфере противодействия отмыванию доходов и финансированию терроризма (ПОД/ФТ). В исследовании раскрыты проблемы регулирования и контроля кредитных организаций для целей минимизации рисков вовлечения в сомнительные операции последних. *Материалы и методы.* Для проведения исследования использовались статистические и аналитические методы, методы прогнозирования. С целью повышения объективности выводов анализировались материалы, представленные на официальных сайтах Министерства финансов, Центрального банка, Росфинмониторинга. *Результаты.* Рассмотрены отдельные аспекты взаимодействия кредитных организаций с Росфинмониторингом, действующее законодательство в данной сфере. Определены основные проблемы взаимодействия. *Выводы.* Проведенное исследование позволяет сделать выводы о том, что имеется вероятность дублирования функции контроля в области противодействия отмыванию доходов, полученных преступным путем. Отрицательной чертой двойного надзора может стать отсутствие у Росфинмониторинга необходимой и актуальной информации для проведения повсеместного и точного анализа уровня противодействия отмыванию денег, существующего в кредитных организациях, так как зачастую траектория поступления информации в Росфинмониторинг весьма замысловата. Кроме того, существующая практика показывает, что в условиях недостаточного фондирования при одновременной проблеме избыточной ликвидности банки заинтересованы в привлечении клиентов и не заинтересованы в увеличении количества сообщений, направляемых в регулирующий орган, что говорит о формальности выполнения требований в сфере ПОД/ФТ.

Ключевые слова: контроль в сфере ПОД/ФТ, взаимодействие банков с Росфинмониторингом, проблемы в сфере ПОД/ФТ, финансовый мониторинг, противодействие отмыванию денег.

Abstract. *Background.* Now the risks involving financial institutions in illegal financial transactions, risks reducing the stability of the financial and banking system remain the main risks which require minimization. These risks are associated with the organizations' avoidance of «anti-money laundering» legislation, the implementation of the fictitious and

illegal activities. In this regard, the interaction of credit institutions with the Federal Financial Monitoring Service in the field of AML / CFT remains an urgent problem. Disclosure issues of supervision credit institutions to minimize the risks of involvement the latter in dubious operations. *Materials and methods.* To conduct the study statistical and analytical methods, methods of forecasting were used. In order to increase the objectivity of the conclusions the materials presented on the official websites of the Ministry of Finance, Central Bank, the Federal Financial Monitoring Service were analyzed. *Results.* Some aspects of the interaction of credit institutions with the Federal Financial Monitoring Service, the current legislation in this area have been considered. The main problems of interaction have been determined. *Conclusions.* This study leads to the conclusion that there is a possibility of duplication of monitoring function in the field of combating the laundering of proceeds from crime. The disadvantage of dual supervision can be a lack of necessary and relevant information for the ubiquitous and accurate analysis of the level of anti-money laundering in credit institutions, because often the path of the flow of information to the Federal Financial Monitoring Service is very intricate. In addition, the practice shows that in the conditions of insufficient funding and excess liquidity, banks are interested in attracting customers and are not interested in increasing messages sent to the regulatory body that shows the formality in meeting the requirements of the AML / CFT.

Key words: control of the AML/CFT, cooperation of banks and Rosfinmonitoring, problems in the field of AML/CFT, financial monitoring, anti-money laundering.

Введение

В соответствии с отчетом Росфинмониторинга основными рисками, требующими минимизации, были и остаются риски вовлечения финансовых институтов в незаконные финансовые операции, риски снижения стабильности финансово-банковской системы. Указанные риски связаны с уклонением организаций от соблюдения «антиотмывочного» законодательства, осуществлением фиктивной и незаконной деятельности, обналичиванием денежных средств, выводом денег в офшорные зоны, незаконным использованием бюджетных и государственных средств. Основные риски в сфере ПОД/ФТ, а также пути их минимизации раскрываются в стандартах ФАТФ [1]. Финансовый мониторинг в целях противодействия легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма (ПОД/ФТ) требует объединения усилий человека, общества и государства, становясь их совместной, приоритетной и особо значимой в современных условиях задачей [2]. Центральный банк в течение длительного периода времени осуществления надзорной деятельности разрабатывает критерии обнаружения сомнительных сделок, изучает факторы, определяющие политику Банка России [3]. При этом идет постоянное противостояние Банка России и контрольных подразделений коммерческих банков, с одной стороны, и лиц, всячески стремящихся легализовать доходы, полученные преступным путем, с другой стороны [4].

О регулировании и взаимодействии банков с Росфинмониторингом в сфере противодействия легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма

Кредитные организации являются наиболее универсальной категорией финансовых учреждений из-за сосредоточения в них значительного количества финансовых ресурсов, разнообразия и объема проводимых операций. Их

роль в системе противодействия отмыванию денег и финансированию терроризма настолько значительна, что они стали одним из главных ее элементов, а именно – основным субъектом финансового мониторинга. Соответственно, их взаимодействие с надзорными органами необходимо для эффективного функционирования всей банковской системы [5].

Федеральная служба по финансовому мониторингу (Росфинмониторинг) – федеральный орган исполнительной власти, призванный осуществлять противодействие легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма. Деятельность данного органа регламентирована Указом Президента РФ от 13 июня 2012 г. № 808, в соответствии с которым одной из функций является взаимодействие с Центральным банком РФ. В 2005 г. Росфинмониторинг создал Межведомственную комиссию по противодействию легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма (МВК) для обеспечения координирующей функции. На заседаниях МВК рассматриваются вопросы совершенствования национальной системы ПОД/ФТ, включая ее нормативное регулирование, выполнения Плана мероприятий по реализации Концепции национальной стратегии ПОД/ФТ, другие вопросы, связанные с развитием национальной «антиотмывочной» системы. К обсуждениям вопросов ПОД/ФТ широко привлекаются представители бизнес-сообщества и научных кругов в рамках действующих при Межведомственной комиссии Консультативного Совета и Совета Комплаенс. В состав МВК входят различные министерства и ведомства, среди которых Центральный банк Российской Федерации. В отличие от других стран, в России именно ЦБ РФ имеет право применять санкции к кредитным организациям [6, 7]. В США право применять санкции к финансовым учреждениям, не выполняющим соответствующие требования, имеют как банковские органы банковского надзора, так и подразделение финансовой разведки. В Испании принуждать к выполнению требований по борьбе с отмыванием денег/финансированием терроризма имеет полномочия только подразделение финансовой разведки (SEPBLAC). Во Франции полномочиями применять санкции к банкам обладает Банковская комиссия [8].

Стоит отметить, что в настоящее время функции контроля за соблюдением субъектами финансового мониторинга нормативно-правовой базы в сфере противодействия легализации теневых доходов отчасти распределены между Банком России и Росфинмониторингом. Требования создает Росфинмониторинг, Центральный банк их адаптирует для кредитных организаций, в результате количество нормативных документов, регулирующих один и тот же объект, увеличивается в прогрессии. В частности, регулирование сферы противодействия легализации доходов, полученных преступным путем, осуществляется в соответствии с федеральными законами № 115-ФЗ, № 134-ФЗ, № 110-ФЗ, № 173-ФЗ, № 376-ФЗ, № 403-ФЗ, № 213-ФЗ и др. Этот факт может свидетельствовать о вероятности дублирования функции контроля в области противодействия отмыванию доходов, полученных преступным путем. Отрицательной чертой двойного надзора может стать наличие у Росфинмониторинга неполной информации для проведения повсеместного и точного анали-

за уровня противодействия отмыванию денег, существующего в кредитных организациях, так как зачастую траектория поступления информации в Росфинмониторинг весьма замысловата. Необходимо отметить, что своевременное информирование ЦБ и органов государственной власти рассматривается как профилактическое мероприятие [9]. Взаимодействие Росфинмониторинга с кредитными организациями осуществляется опосредованно через Центральный банк России и регулируется нормативными актами последнего. Банки предоставляют в Росфинмониторинг информацию в порядке, установленном Центральным банком Российской Федерации, по согласованию с Росфинмониторингом. Так, предоставление информации о клиентах банка по запросам Росфинмониторинга регламентируется Положением Центрального банка Российской Федерации от 2 сентября 2013 г. № 407-П «О предоставлении кредитными организациями по запросам Федеральной службы по финансовому мониторингу информации об операциях клиентов, о бенефициарных владельцах клиентов и информации о движении средств по счетам (вкладам) клиентов в электронном виде» (Положение № 407-П). При получении запроса от Росфинмониторинга банк обязан предоставить информацию в виде электронного сообщения или, по согласованию с Росфинмониторингом, сообщения на бумажном носителе. В сообщении должны быть указаны сведения о клиенте и/или дополнительная информация с подтверждающими электронными копиями бумажных документов. Если же платежи осуществляются кредитной организацией только в сфере расчетов электронными денежными средствами, то возникают риски ненадлежащего пользования или подмены [21].

Перечень документов, запрашиваемых у кредитной организации Росфинмониторингом, описан в Постановлении Правительства Российской Федерации от 19 марта 2014 г. № 209 «Об утверждении положения о предоставлении информации в Федеральную службу по финансовому мониторингу организациями, осуществляющими операции с денежными средствами или иным имуществом, и индивидуальными предпринимателями и направлении Федеральной службой по финансовому мониторингу запросов в организации, осуществляющие операции с денежными средствами или иным имуществом, и индивидуальным предпринимателям». Росфинмониторинг вправе запросить у кредитной организации гражданско-правовые договора, подтверждающие сделку клиента, карточку с образцами подписей и печати клиента, сведения об операциях клиента с векселями, копии анкет (досье) клиентов кредитной организации, включая сведения о бенефициарных владельцах клиентов, копии паспортов лиц, имеющих право на проведение финансовых операций по счетам, и т.д. Передача сообщений по запросам Росфинмониторинга осуществляется в установленные Положением № 407-П сроки через территориальное учреждение Банка России. В свою очередь территориальное учреждение принимает или не принимает сообщение от кредитной организации, отправляя соответствующее уведомление в кредитную организацию, а в случае принятия обеспечивает передачу сообщений по каналам связи в Центр информационных технологий Банка России, откуда сообщение направляется непосредственно в Росфинмониторинг.

Кроме того, кредитные организации на основании Федерального закона от 07.08.2001 № 115-ФЗ «О противодействии легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма» направляют сообщения по форме и в соответствии с требованиями Положения Центрального банка Российской Федерации от 29 августа 2008 г. № 321-П «Положение о порядке представления кредитными организациями в уполномоченный орган сведений, предусмотренных федеральным законом «О противодействии легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма», которые содержат сведения об операциях, подлежащих обязательному контролю [11]. Например, снятие со счета юридического лица денежных средств в наличной форме на сумму свыше 600 000 руб., размещение денежных средств во вклад на предъявителя, предоставление юридическими лицами, не являющимися кредитными организациями, беспроцентных займов физическим лицам, купля-продажа драгоценных металлов и драгоценных камней, получение или предоставление имущества по договору финансовой аренды (лизинга) и т.д. Данные операции носят запутанный или неясный характер, они устанавливают вероятность того, что имеется факт легализации доходов, полученных незаконным путем. Также за банками закреплена обязанность отправлять сообщения о подозрительных операциях, в число которых входят, например, сделки с предметами искусства, многократные сделки с одним и тем же объектом недвижимости, сделки, не соответствующие целям деятельности организации, и т.д. Стоит отметить, что Банк России уже ведет списки компаний, исключенных из ЕГРЮЛ, ликвидированных предприятий, а также российских компаний – участников внешнеторговой деятельности, которые подозреваются в незаконном выводе средств за границу и легализации (отмывании) доходов, полученных преступным путем. Росфинмониторинг ведет список граждан, причастных к террористической деятельности. На сайте Федеральной налоговой службы есть сервис «Проверь своего контрагента». Новый список подозрительных частных и корпоративных клиентов, по замыслу Росфинмониторинга, должен стать новым оружием в арсенале банков» [10], обеспечить механизмы реализации принципа «Знай своего клиента» [12].

В 2015 г. в Росфинмониторинг поступило около 22 млн сообщений, что в 1,7 раз больше, чем в 2014 г. Большую долю составляют сообщения кредитных организаций, которые оказываются между обязанностью предоставлять информацию, с одной стороны, и опасением быть признанными организациями, вовлеченными в криминальные схемы при предоставлении большого объема подобной информации, с другой. Подобное опасение становится тем более актуальным, поскольку кредитные организации с 2013 г. имеют право принимать решение об отказе в проведении ряда операций в случае, если операции банком будут квалифицированы как подозрительные. Логично предположить, что в условиях недостаточного фондирования при одновременной проблеме избыточной ликвидности банки заинтересованы в привлечении клиентов и не заинтересованы в увеличении количества таких сообщений. Вполне возможно, что указанное обстоятельство может служить одной из причин сокращения количества сомнительных операций в 2014 г. по

сравнению с 2013 г. практически в 2 раза, а также находит объяснение тот факт, что из 86 отозванных в 2014 г. лицензий 35 было отозвано из-за нарушения «антиотмывочного» законодательства. Конечно, Банк России предоставляет кредитным организациям возможность дополнительно проанализировать деятельность того или иного клиента и убедить регулятора, надзорный орган в том, что операции, формально имеющие признаки сомнительных, тем не менее проводятся клиентами в соответствии с принципами добросовестности и разумности, являются экономически обоснованными и законными [13]. Таким образом, кредитные организации должны доказать, что их клиенты являются законопослушными, что по сути не является функцией банков, но вовлекает их в реализацию контрольных полномочий. Реакция, несмотря на положительные показатели в отчете финансовой разведки, ожидаема; кредитные организации, имеющие целью извлечение прибыли, формально выполняют требования законодательства по противодействию легализации доходов, полученных преступным путем. На практике кредитные организации, отправляя требуемую информацию, не подтверждают документально факт сомнительной операции, не заинтересованы, например, в выявлении фирм-однодневок; процедура предоставления информации подобного рода в большей степени формальна, хотя схемы создания аффилированных однодневных предприятий банкам, безусловно, известны. Риск потери деловой репутации, основанный на правовом риске, в таком случае может увеличиться многократно [14].

Еще одна ловушка, в которую попадают банки, – отсутствие в законодательстве понятия «недостоверная информация», что приводит к вольной трактовке со стороны всех участников процесса, а также к возможным санкциям со стороны регулятора, решение которого, как правило, опирается на ведомственные инструкции, некоторые из которых неясны, противоречивы или все еще находятся в стадии изготовления [15]. С другой стороны, банки имеют право отказать в проведении операции, расторгнуть договор, зачастую и, как правило, на очень невыгодных для клиента условиях, при этом в случае неподтверждения сомнительности операции клиенту затраты не компенсируются. В настоящее время практика отказа клиентам встречается все чаще. По данным Росфинмониторинга, отказов в проведении операций в 2015 г. было более 94 тысяч, что в 3 раза больше по сравнению с 2014 г., что соответствует общемировой тенденции. Банки перестраховываются, а клиенты уводят свой капитал, что затрудняет работу Росфинмониторинга [16]. В результате повышаются риски, с одной стороны, коррумпированности банковской деятельности (участились случаи отзыва лицензии по причине недостоверной отчетности [17], в частности, в апреле 2017 г. в том числе по указанной причине отозвана лицензия у Росэнергобанка), а с другой стороны, происходит уход клиентов в нерегулируемые или слаборегулируемые сферы финансовой системы [18], крупнейшие финансовые институты с целью «защититься» в разветвленных филиальных сетях, больших клиентских базах и объемах проводимых операций, происходит формирование «теневого банкинга» [19]. Негативным следствием этого является то, что Росфинмониторинг не проводит проверок кредитных организаций, а следовательно, не име-

ет полной информации о допущенных этими финансовыми институтами нарушениях [20]. Кредитные организации не являются подконтрольной Росфинмониторингу сферой, в связи с чем не охвачены Программой проведения Федеральной службой по финансовому мониторингу профилактических мероприятий, направленных на предупреждение нарушения обязательных требований законодательства о противодействии легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма на 2017 г.

Заключение

Таким образом, кредитным организациям необходимо обеспечить условия для выполнения их основной функции – кредитной, которая и вменяется законодательно, а доказывать правомерность совершения операции – компетенция других профессиональных контролирующих организаций, в частности Росфинмониторинга. Создание финансовой разведки 16 лет назад в структуре Министерства финансов РФ являлось на тот момент необходимым и логичным шагом, так как контроль за финансовым рынком осуществлялся преимущественно Минфином. Центральный банк контролировал лишь банковский и валютный рынки. В настоящее время, когда Банк России является мегарегулятором, целесообразным видится функционирование Федеральной службы по финансовому мониторингу в структуре мегарегулятора, что автоматически предоставит возможность принятия решений проведения проверок в отношении всех участников финансового рынка. Ожидаемым является вопрос о «выпадающих» 16 тыс. подконтрольных в настоящий момент организаций вне финансового рынка, который решается постепенным ограничением расчетов наличными деньгами, в результате возвращаемся к проверкам банковских операций. Проект решения ограничения расчетов наличными деньгами с участием физических лиц был разработан уже в 2013 г., поэтапный запуск проекта планировался с 2014 г. Политическая и экономическая ситуации не позволили в обозначенный период приступить к его реализации, но база уже подготовлена, что при проработке других организационных вопросов повышает возможность сближения деятельности финансовой разведки с банковской системой и финансовым рынком в целом.

Библиографический список

1. Ливадный, П. В. Основные риски в сфере отмывания доходов и финансирования терроризма раскрываются в стандартах ФАТФ / П. В. Ливадный // Финансовая безопасность. – 2013. – № 1. – С. 45–47.
2. Буткеева, Е. В. Подготовка кадров в сфере ПОД/ФТ в интересах национальных антиотмывочных систем России и государств-партнеров / Е. В. Буткеева // Финансовая безопасность. – 2015. – № 10. – С. 15–20.
3. Бурлачков, В. Эволюция денежного механизма и эффективность политики Банка России / В. Бурлачков // Экономист. – 2015. – № 5. – С. 76–80.
4. Березанский, В. В. Технология реализации процедур противодействия отмыванию денежных средств, полученных преступным путем / В. В. Березанский, Л. А. Чалдаева, А. А. Килячков // Финансы и кредит. – 2015. – № 31.

5. Куницына, Н. Н. Инструменты предупреждения, выявления и пресечения операций, связанных с легализацией (отмыванием) денежных средств, полученных преступным путем / Н. Н. Куницына, И. А. Нагорных. // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2013. – № 10(199), март. – С. 39–46.
6. Давлатов, И. Х. Центральный банк и финансовое регулирование и надзор / И. Х. Давлатов // Деньги и кредит. – 2015. – № 5. – С. 69–74.
7. Скобелкин, Д. Г. Актуальные вопросы деятельности Банка России в сфере противодействия легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма / Д. Г. Скобелкин // Деньги и кредит. – 2015. – № 2. – С. 3–7.
8. Гладкова, С. Б. О развитии законодательства в сфере противодействия отмыванию преступных доходов путем формирования адекватных мер воздействия на кредитные организации / С. Б. Гладкова, А. А. Гулько // Финансы и кредит. – 2015. – № 43.
9. Романова, А. В. Роль процентной политики ЦБ РФ в предотвращении декапитализации банковской системы / А. В. Романова, К. Р. Муракаева // Актуальные вопросы экономики и финансов в условиях современных вызовов российского и мирового хозяйства : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (г. Самара, 25 марта 2014 г.). – Самара : АсГард, 2014. – С. 210–214.
10. Алексеевских, А. Росфинмониторинг и ЦБ создадут список подозрительных клиентов банков / А. Алексеевских // Известия. – 2014. – 11 сентября.
11. Рудько-Силиванов, В. В. К вопросу о совершенствовании надзора за кредитными и некредитными финансовыми организациями в области ПОД/ФТ / В. В. Рудько-Силиванов, Г. В. Вишняк, Т. В. Долматова // Деньги и кредит. – 2015. – № 2. – С. 24–32.
12. Лисина, И. А. Финансовый мониторинг в банках / И. А. Лисина // Финансовая безопасность. – 2013. – № 3. – С. 73–74.
13. Выступление председателя Банка России Э. С. Набиуллиной на конференции «Актуальные вопросы реализации государственной политики в сфере противодействия легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма» 18 декабря 2013 г. – URL: http://www.cbr.ru/press/print.aspx?file=press_centre/nabiullina_18122013.htm&pid=st&sid=itm_9985
14. Гончарова, М. В. Противодействие легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, как средство минимизации риска потери коммерческим банком деловой репутации / М. В. Гончарова, В. В. Недоспасова // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2011. – № 10 (52).
15. Лавренко, С. В. Феномен коррупции в России: причины возникновения и существования / С. В. Лавренко // Право и безопасность. – 2009. – № 2 (31).
16. Старостина, Н. Банки стали чаще отказывать клиентам из-за страха попасть под штрафы / Н. Старостина // РБК. – 2014. – 24 октября.
17. Сухаренко, А. Н. Противодействие фальсификации финансовой отчетности кредитными организациями / А. Н. Сухаренко // Финансовая безопасность. – 2015. – № 10. – С. 65–67.
18. Чиханчин, Ю. А. «Знай своего клиента» как основное условие деятельности кредитных организаций по декриминализации экономики / Ю. А. Чиханчин // Финансовая безопасность. – 2014. – № 4. – С. 13–14.
19. Логинов, Е. Л. Теневой банкинг как угроза национальной финансовой системе / Е. Л. Логинов // Финансовая безопасность. – 2015. – № 10. – С. 45–50.
20. Прошунин, М. М. Организационно-правовые вопросы взаимодействия Росфинмониторинга и Банка России / М. М. Прошунин // Финансовое право. – 2009. – № 8.
21. Лопатин, В. А. Современные способы осуществления платежей в контексте ПОД/ФТ / В. А. Лопатин // Финансовая безопасность. – 2015. – № 9. – С. 68–73.

Романова Анна Валерьевна

кандидат экономических наук, доцент,
кафедра финансов и кредита,
Ульяновский государственный
университет
E-mail: a_romanova@bk.ru

Romanova Anna Valeryevna

candidate of economic sciences,
associate professor,
sub-department of finance and credit,
Ulyanovsk State University

Винокуров Андрей Вячеславович

директор кредитно-кассового офиса
«Симбирцит»,
АО «ПТС-Банк» (г. Ульяновск)
E-mail: time_for@live.ru

Vinokurov Andrey Vyacheslavovich

director of credit-cash office «Simbirsit»,
Joint-Stock Commercial Bank «Bank for
Development of Technologies and
Savings» (Ulyanovsk)

УДК 336.71(47+51):336.02(061.1)

Романова, А. В.

О регулировании и взаимодействии банков с Росфинмониторингом в сфере противодействия легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма /А. В. Романова, А. В. Винокуров // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 75–83.

**ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ
И СПЕЦИФИКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЫНКА ТРУДА
В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ**

Д. Ф. Синдюков

**THE MAIN TENDENCIES OF DEVELOPMENT
AND SPECIFICS OF LABOUR MARKET PERFORMANCE
IN RUSSIAN FEDERATION**

D. F. Sindyukov

Аннотация. *Актуальность и цели.* Фундаментальное влияние рынка труда на функционирование экономики любого государства – данность, подчеркивающая особенности и специфику работы этого хозяйственного механизма. Вместе с тем уникальность и значимость «начинки» рынка труда – «человеческого капитала» (потенциала) – повышается с каждым годом. Данное обстоятельство заставляет успешных предпринимателей учитывать современные тренды социально-экономического развития и увеличивать затраты именно на набор и подготовку квалифицированных кадров. *Материалы и методы.* В основе исследования лежит анализ действующих программ развития рынка труда России, статистических данных Росстата и обзоров авторитетных российских и мировых консалтинговых компаний. *Результаты.* Анализ основных макроэкономических показателей позволяет выделить тенденции функционирования рынка труда в России, которые отчетливо демонстрируют эффективность влияния различных методов и программ на его развитие с момента основания, что может значительно упростить принятие решений по поводу улучшения его текущего состояния. Однако следует отметить, что специфика развития рынка труда в России должна иметь не столь негативный фон: нужно позволить данному хозяйственному механизму пойти по «своему» аутентичному пути, направляя его посредством как обыденных, так и неординарных методов. Необходимо побудить властные структуры улучшить систему профессионально-технического образования, переквалификации, упростить систему заключения трудовых контрактов. *Выводы.* Сложившаяся в настоящий момент ситуация на российском рынке труда значительно ограничивает экономический рост. В срочном порядке требуются меры по совершенствованию трудового законодательства и государственного регулирования российского рынка труда. Также следует стремиться к разрешению проблемы низкой территориальной мобильности населения Российской Федерации, содействовать повышению производительности труда и реальной заработной платы российских граждан.

Ключевые слова: рынок труда, безработица, человеческий капитал, неформальная занятость, номинальная заработная плата.

Abstract. *Background.* Fundamental influence of labor market on functioning of economy of any state is the reality emphasizing features and specifics of work of this economic mechanism. The uniqueness and the importance of «stuffing» of labor market (the «human capital assets») increases every year. This circumstance forces businessmen to consider this trend of social and economic development and to increase costs of set and training of qualified personnel. *Materials and methods.* Bases of this research are consider-

ation of the existing development programs of labor market of Russia, statistical data of Rosstat and also the analysis of reviews of the Russian and world consulting companies. *Results.* The analysis of the key macroeconomic indicators allows to allocate tendencies of functioning of labor market in Russia, which show efficiency of influence of various methods and programs on his development from the moment of the basis that can simplify considerably decision-making concerning improvement of its current state. However it should be noted that the specifics of development of labor market in Russia have to have not a so negative background: it is necessary to allow given economic to the mechanism to go on the authentic way, directing him by means of both ordinary, and extraordinary methods. Power structures have to improve the system of vocational training, retraining, to simplify the system of the conclusion of labor contracts. *Conclusions.* The current situation on the Russian labor market significantly limits economic growth. Measures for improvement of the labor legislation and state regulation of the Russian labor market are required. Also it is necessary to aspire to solution of the problem low territorial mobility of the population of the Russian Federation, to promote increase in labor productivity and the real wage of the Russian citizens.

Key words: labor market, unemployment, human capital assets, informal work, nominal wage.

Введение

Рынок труда играет важную роль в экономике: как сложный распределительный механизм он обеспечивает соединение работников с рабочими местами. Тем самым рынок труда оказывает влияние на производительность, темпы роста, сбалансированность и иные социально-экономические параметры.

Рынок труда обычно сильно институционализирован: его реакции во многом определяются конфигурацией и настройкой общественных институтов (государства, профсоюзов, трудового законодательства, норм трудовых отношений и т.д.). Эти институты существуют для того, чтобы минимизировать последствия возможных провалов рынка труда. Однако эти институциональные образования сами часто становятся источниками неэффективности и дополнительных барьеров продуктивного функционирования экономики.

К 2017 г. российская экономика подошла с нулевыми темпами роста, которые пришли на смену рецессии, кризису и падению в 2014–2015 гг. и 2015–2016 гг., хотя не исключено, что рост некоторых показателей связан с изменением методологии расчета Росстатом. Однако замедление экономики началось еще раньше – в 2012 г., и уже тогда поиск структурных ограничений роста стал актуальной задачей.

В связи с этим интересно будет рассмотреть основные аспекты функционирования современной российской модели рынка труда и перспективы его дальнейшего развития.

Теоретический анализ

Из экономической истории известно, что после начала промышленной революции экономический рост в своем большинстве определялся инвестициями в физический капитал и наращиванием объемов рабочей силы. Особенностью данного периода являлись значительные вложения в промышленные здания, сооружения, станки. От работников требовались преимуще-

ственно интенсивные физические усилия. В XX в. конъюнктура экономического роста кардинально изменилась: значительно возросла роль качества труда, а роль его количества симметрично снизилась. Качество труда – это «содержание» людей, занятых в экономике, их знания, умения, компетенции, способности к дальнейшему обучению и сложноорганизованной совместной деятельности. Лидерами мировой экономики стали те страны, которые научились лучше других формировать и использовать это качество. Ведь не случайно XX в. экономистами был назван веком «человеческого потенциала (капитала)». В наше время развитие в еще большей степени будет зависеть от наличия человеческого потенциала и умения его эффективно использовать любой экономической системой.

Инвестиции в человеческий капитал способствуют как его накоплению в виде знаний и умений, так и поддержанию его производительной возможности, росту его рыночной стоимости, реаллокации (перераспределению без изменения качества) к местам более эффективного использования. Трудовые ресурсы, имеющие возможности эффективно применять свой потенциал в трудовой деятельности, являются основными создателями добавленной стоимости. Рыночная ценность современных корпораций определяется не ценой имеющихся ресурсов на балансе, а способностью нанятых ею работников создавать новаторские идеи, товары и услуги.

Своеобразие динамики рыночных механизмов в России складывалось под влиянием роли государства как активного хозяйствующего субъекта, шока от распада Советского Союза, а также специфической русской ментальности, явив тем самым достаточно интересный и необычный прецедент функционирования хозяйственной системы в мировой экономике. Неотъемлемый элемент такого прецедента – адаптационная модель российского рынка труда, базирующаяся на конфигурации взаимодополняющих социально-экономических институтов:

- 1) трудового законодательства;
- 2) установленного корректируемого минимального размера оплаты труда (МРОТ);
- 3) пассивной политики службы занятости, опирающейся на низкий охват и размер пособия по безработице (850–4900 руб. на 2017 г., вследствие чего большинство экономически активных граждан РФ предпочитает не регистрироваться в официальной службе занятости);
- 4) гибких механизмов зарплатообразования.

Следствием работы данной модели рынка труда стала нарастающая деформализация занятости, что проявляется в сокращении доли занятых в корпоративном сегменте экономики и ростом доли занятости вне его, т.е. в нерегулируемых или слаборегулируемых микробизнесах и в форме samozанятости. По оценкам, основанным на данных Росстата, неформальная занятость в нашей стране в целом составляет от 1/5 до 1/3 всех трудовых ресурсов (рис. 1). Доля такой занятости ежегодно увеличивается. Неформальная занятость представляет собой преимущественно простой, низкотехнологичный, некапиталоемкий и социально незащищенный труд, который особо распространен в сельском хозяйстве, торговле, строительстве и сфере услуг.

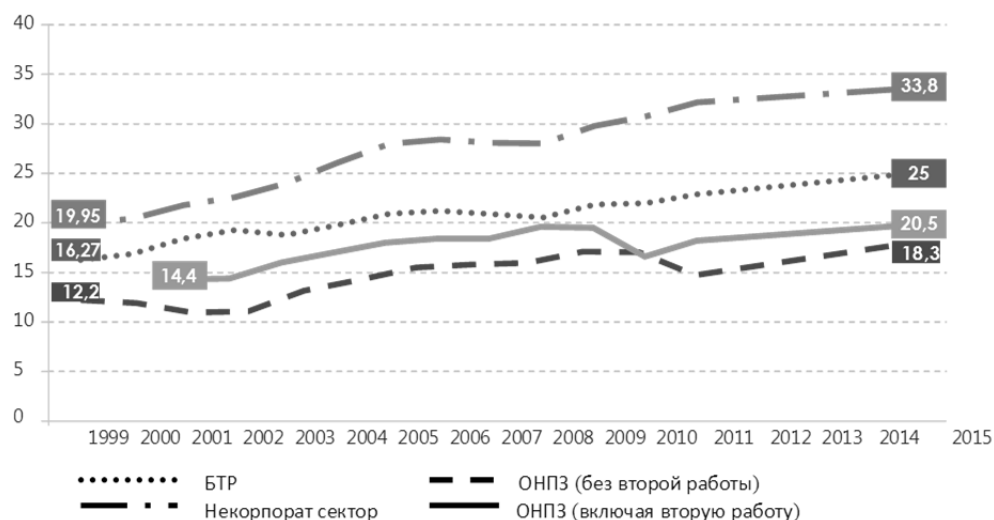


Рис. 1. Динамика доли занятых в неформальном секторе, % [1]

Если проанализировать современный период функционирования рынка труда, стоит сказать, что за прошедшие два десятилетия в России сложилась модель рынка труда, которая заметно отличается от модели, характерной для большинства развитых стран. Ее ключевая особенность состоит в том, что приспособление рынка труда к колебаниям экономической конъюнктуры происходит главным образом за счет изменений в цене труда, а не за счет изменений уровня занятости и безработицы. Такая модель обеспечивает высокий и стабильный уровень занятости и низкий уровень безработицы при значительных проциклических колебаниях оплаты труда.

Российский рынок труда в своей эволюции прошел через несколько этапов. Первый этап (1991–1998) стал отражением глубокой трансформационной рецессии, которая растянулась почти на целое десятилетие и сопровождалась сокращением занятости, ростом открытой безработицы, снижением продолжительности рабочего времени и резким падением реальной заработной платы. Второй этап (1999–2008) был связан с энергичным посттрансформационным подъемом, когда ситуация на рынке труда стала быстро улучшаться. Третий этап начался с глубокого экономического кризиса, который разразился во второй половине 2008 г. и длился фактически до нового кризиса 2015 г. С этого момента начинается уже новый, четвертый этап, последствия которого скоро проявятся. Несмотря на то, что каждый из этих этапов имел свою макроэкономическую и политико-экономическую специфику, анализ показывает общие черты в функционировании рынка труда на протяжении всего постсоветского периода.

Формальная статистическая картина функционирования российского рынка труда за 1991–2016 гг., отражающая траектории изменений ВВП, численности занятых, продолжительности рабочего времени и реальной заработной платы, представлена на рис. 2. Данный график наглядно иллюстрирует обратную корреляцию между динамикой реального ВВП и затрат труда в виде численности занятых в экономике. Эту слабую чувствительность (чувстви-

тельность) занятости к колебаниям в объемах производства можно считать основной функциональной особенностью российской модели рынка труда, ее «фирменным знаком».

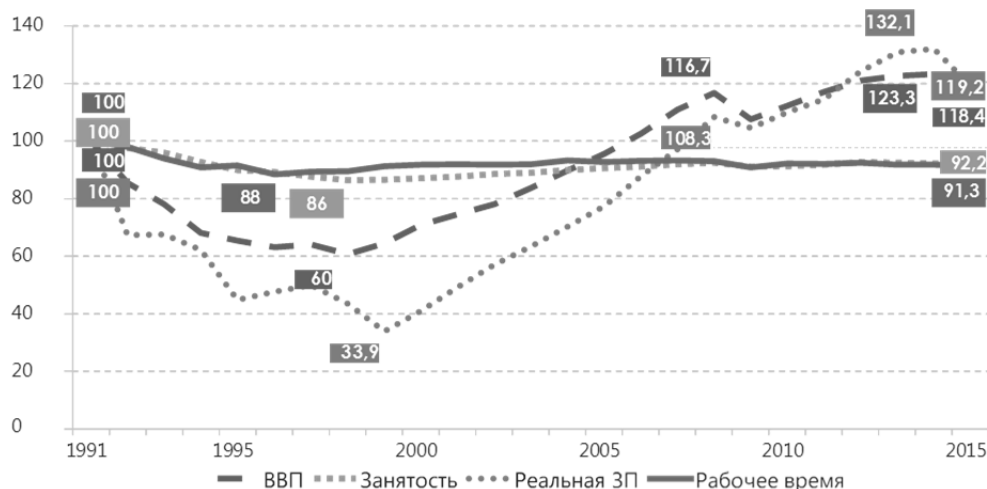


Рис. 2. Динамика темпов роста ВВП, занятости, реальной заработной платы и рабочего времени в российской экономике в 1991–2010 гг., % (1991 г. = 100 %) [2]

Занятость в условиях российской экономики всегда оставалась достаточно стабильной и мало чувствительной даже к сильнейшим макроэкономическим шокам. Так, снижение занятости менее чем на 15 % в период трансформационного кризиса 1990-х гг. было непропорционально масштабам падения ВВП, которое составило примерно 40 %. Другими словами, каждый процентный пункт сокращения агрегированного выпуска сопровождался сокращением общей занятости всего лишь на $\frac{1}{3}$ процентного пункта. В странах же Центральной и Восточной Европы соответствующая эластичность была близка к 1. Восстановление экономики в 2000-х гг. сопровождалось той же ярко выраженной «асимметрией». С 1998 г. по 2008 г. ВВП РФ вырос почти вдвое, а численность занятых увеличилась лишь на 7–8 %, что демонстрирует еще более низкую эластичность, чем та, которая наблюдалась в 1990-е гг.

Слабая чувствительность занятости к изменениям в выпуске сохранилась и в последующие годы. Изменения в динамике занятости после 2009 г. почти не прослеживаются, что опять же контрастирует с темпами роста или падения ВВП. Кризис 2009 г. привел к снижению ВВП на 8 %, а кризис 2015–2016 гг. – суммарно на 3,5–4 %. Однако общая численность занятых и в 2008 г., и в 2015 г. составляла 68,4 млн человек при незначительных колебаниях данного значения внутри периода.

В результате уровень занятости населения устойчиво поддерживался в Российской Федерации на достаточно высокой отметке. Если первоначально он снизился примерно на 12 п.п. (процентных пунктов) – с 66,7 % в начале 1990-х гг. до 55 % на пике кризиса 1998 г., то затем постепенно уровень занятости вырос до 66,4 % в 2016 г.

Представляется весьма необычным сохранение положительной динамики уровня занятости после кризиса 2009 г., невзирая на замедление темпов

экономического роста, наступившее с 2012 г. и перешедшее затем в рецессию и кризис (рис. 3). Вероятно, снижение доходов населения «выдавливало» часть неактивных индивидов на рынок труда, создавая «эффект дополнительного работника». В итоге наблюдается сохранение высокого уровня занятости, уступающего лишь подобным показателям в Скандинавских странах – абсолютных лидерах по вовлечению населения в рабочую силу.

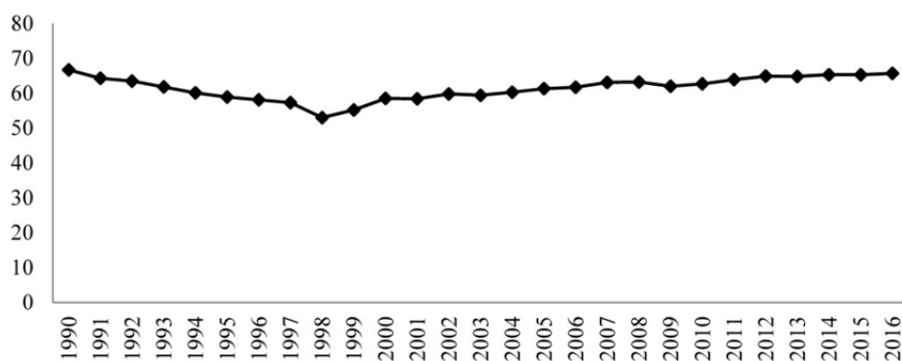


Рис. 3. Динамика уровня занятости в период с 1990 по 2016 г., % [1]

К важным показателям предложения труда относится не только численность занятых, но и продолжительность рабочего времени. Она влияет на общий объем трудовых затрат и на стоимость труда. Согласно данным Росстата, в Российской Федерации за первую половину 1990-х гг. среднегодовая продолжительность рабочего времени уменьшилась примерно на 12 % во всех отраслях народного хозяйства (в промышленности сокращение было больше, в торговле меньше). Колебания в продолжительности рабочего времени по масштабам были сопоставимы с колебаниями в численности занятых. Если бы продолжительность рабочего времени оставалась неизменной, то падение занятости в период кризиса и ее последующий прирост в посткризисный период были примерно вдвое больше, чем в действительности. Начиная со второй половины «нулевых» продолжительность рабочего времени стала быстро расти и вышла на уровень примерно в 1740–1760 часов в год в расчете на одного работника. Однако дальнейший рост этого показателя маловероятен, поскольку отсутствуют макроэкономические предпосылки к этому.

Стоит отметить, что высокий уровень вовлеченности населения в занятость в Российской Федерации предполагает, что безработица не может быть масштабной, а ее всплески продолжительными. Относительно официально регистрируемой безработицы: в российских условиях она всегда оставалась поразительно низкой. В течение всего периода, начиная с момента исчисления уровня безработицы, данный макроэкономический параметр колебался в узком диапазоне, не выходя за пределы 1–4 %, а после 2010 г. его уровень составлял менее 2 %. Расхождение между двумя альтернативными показателями безработицы – регистрируемой и общей, рассчитываемой по методологии Международной организации труда (МОТ), – имеет институциональные причины. Так, в условиях, когда пособие по безработице является либо труднодоступным, либо малопривлекательным из-за его низкой величины, оба показателя безработицы будут не-

высокими. Но в первую очередь данная эмпирическая закономерность относится к показателю, рассчитываемому по методологии Росстата.

В России за 1990-е гг. реальная заработная плата, дефлированная по индексу потребительских цен (ИПЦ), сократилась в общей сложности примерно на две трети. Более того, любые оценки показывают, что темпы падения реальной заработной платы намного превосходили темпы падения ВВП, что среди прочего привело к значительному снижению в нем доли оплаты труда.

Роль номинальной гибкости заработной платы на фоне снижения инфляции и ужесточения инфорсмента (обеспечения выполнения договоров) своевременных выплат могла возрасти. Такая гибкость в подстройке реальной заработной платы к меняющимся условиям облегчается специфической структурой фонда оплаты труда, типичной для большинства российских предприятий и организаций. В Российской Федерации весомую долю в суммарной компенсации работников составляет переменная часть заработной платы, величина которой не фиксируется заранее в трудовых договорах. Она включает премии и другие поощрительные выплаты, которые могут колебаться в широких пределах в зависимости от экономического положения предприятий и установок менеджмента, или получение «серой» зарплаты, когда работники трудятся официально, но часть зарплаты получают «в конверте». Привязка значительной части денежного вознаграждения работников к результатам деятельности предприятия означает, что их совокупный заработок начинает зависеть от конъюнктурных колебаний. При ухудшении экономических условий деятельности предприятий происходит практически автоматическое снижение заработной платы, тогда как при их улучшении работники почти всегда начинают получать повышенные премии. Результатом этого становится сильно выраженное проциклическое движение заработной платы, которое отчетливо видно на рис. 4.

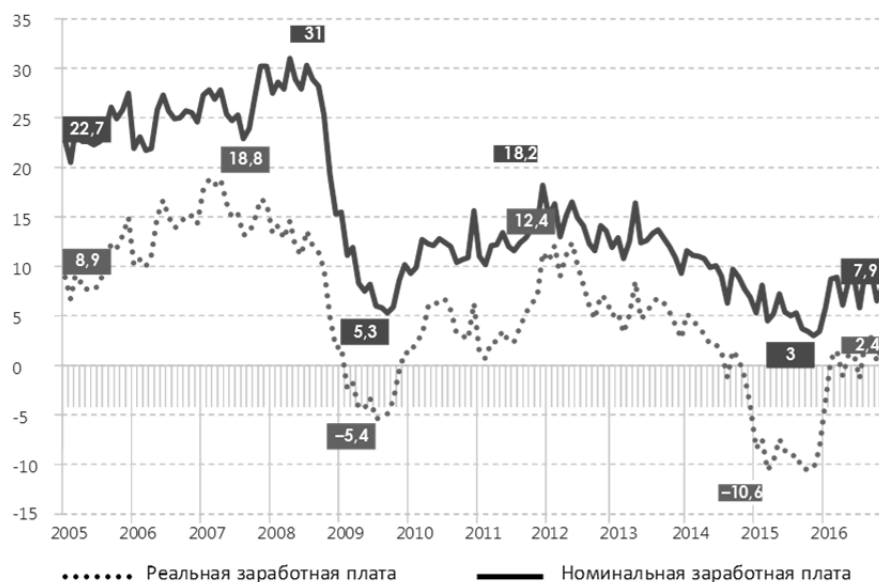


Рис. 4. Двенадцатимесечные темпы прироста номинальной и реальной заработной платы в 2005–2016 гг., % [2]

Таким образом, в отечественной экономике прослеживается закономерность, выраженная практически в мгновенной реакции заработной платы большей части населения даже на незначительные изменения в рыночных условиях. При этом численность занятых в РФ сохраняла по отношению к аналогичным изменениям почти полный «иммунитет». В любом стандартном учебнике по экономике предполагается, что картина должна быть прямо обратной.

Заключение

Подводя итог, можно выделить основные аспекты функционирования современной российской модели рынка труда и перспектив ее развития:

1. Современная макроэкономическая теория исходит из представления, что главным фактором, трансформирующим негативные шоки в глубокие и затяжные экономические кризисы, выступает негибкость цен и прежде всего – негибкость заработной платы в сторону снижения. Отсюда следует, что высокая степень «пластичности» заработной платы, характерная для российской модели рынка труда, есть ее ключевое макроэкономическое преимущество, которое перевешивает любые возможные недостатки. Гибкость заработной платы в России способствовала значительному уменьшению потерь, связанных с экономическими кризисами, делая спады производства менее глубокими и продолжительными, чем они могли бы быть при иных обстоятельствах.

2. Если исходить из основных количественных показателей – занятости и безработицы, то российский рынок труда демонстрирует высокую степень эффективности. Подобный тип функционирования позволяет поддерживать достаточно высокие уровни занятости и экономической активности, в то время как официальные показатели безработицы в Российской Федерации никогда не приближались к сколько-нибудь значимым негативным социальным последствиям. Эта модель помогла стране выдержать макроэкономическую нестабильность переходного периода и избежать массовых увольнений во всех последующих кризисах, включая кризис 2015–2016 гг.

3. «Необязывающий» нижний порог заработной платы приводит к тому, что работники с низкой производительностью не выталкиваются с рынка труда, а переходят на низкооплачиваемую занятость, поскольку возможность для их найма по низким ставкам заработной платы сохраняется, в том числе в неформальном секторе.

4. Вместе с тем российская модель рынка труда не способствует реструктуризации предприятий. Напротив, такая модель помогает сохранять старые рабочие места ценой отказа от создания новых. Поддерживая различными способами неэффективные предприятия, она позволяет им удерживаться на плаву. Ослабляется рыночное давление в пользу реструктуризации, что приводит к сохранению крупных анклавов малопроизводительных и технологически отсталых рабочих мест. Медленная ликвидация старых рабочих мест, в свою очередь, замедляет создание новых, поскольку массовое сохранение рабочих мест менее эффективными предприятиями препятствует быстрой реаллокации работников туда, где они могли бы использоваться более эффективно.

5. Высокая гибкость заработной платы ведет к распространению бедности среди работающего населения, порождает значительное неравенство в распределении доходов: по данным Росстата на 2016 г., около 20 млн трудящихся граждан РФ, т.е. 14 % от общей численности населения, находились за чертой бедности.

6. Отечественная модель рынка труда характеризуется низкой информационной прозрачностью. На российском рынке труда человек, ищущий работу или устроившийся на новое место, сталкивается с высокой неопределенностью, поскольку он не в состоянии предвидеть, в какой мере будет исполняться трудовой договор. Размеры переменной части заработной платы в форме премий и других доплат, а также сроки ее выплаты остаются неопределенными. Данную ситуацию во многом усугубляет наличие обширного неформального сектора, ведь деятельность занятых в неформальном секторе не поддается контролю со стороны государственных ведомств РФ, что затрудняет юридическую защиту работников от произвола работодателей. Сама занятость очень нестабильна: если человек трудится без трудовой книжки, то его очень легко уволить с работы. При наступлении пенсионного возраста у таких работников велик шанс возникновения сложностей с получением страховой пенсии. Это повышает для индивидов издержки поиска и приспособления, порождает большой «холостой» оборот рабочей силы и отрицательно влияет на эффективность «состыковки» работников с рабочими местами.

7. Частые и непредсказуемые колебания в оплате труда работников в зависимости от результатов деятельности предприятий делают межфирменную вариацию в заработной плате не только очень сильной, но и устойчивой во времени, укорачивая продолжительность специального стажа и усиливая текучесть рабочей силы. Это неизбежно ослабляет стимулы к инвестициям со стороны предприятий в человеческий потенциал, включая подготовку на рабочем месте. Вместо того чтобы инвестировать в специфический человеческий капитал, работодатели предпочитают нанимать кандидатов с большими запасами общего человеческого потенциала, который чаще всего рассматривается как единственный надежный сигнал на рынке труда. Стимулы для работников к накоплению специфического для фирмы человеческого потенциала также ослабевают, поскольку межфирменная мобильность в большинстве случаев обещает более высокую отдачу, чем продвижение вверх по карьерной лестнице внутри данного предприятия.

Библиографический список

1. Данные Росстата. – URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b16_61/Main.htm (дата обращения: 05.05.2017).
2. Российский рынок труда: тенденции, институты, структурные изменения : доклад Центра трудовых исследований и Лаборатории исследований рынка труда НИУ ВШЭ / под ред. канд. экон. наук В. Е. Гимпельсона, д-ра экон. наук, проф. Р. И. Капелюшникова, канд. экон. наук, доцента С. Ю. Рощина. – М., 2017. – 147 с.

Синдюков Дмитрий Федорович
аспирант,
Саратовский национальный
исследовательский государственный
университет им. Н. Г. Чернышевского
E-mail: dmitriy27222@yandex.ru

Sindyukov Dmitry Fedorovich
postgraduate student,
National Research Saratov State University
named after N. G. Chernyshevsky

УДК. 331.5

Синдюков, Д. Ф.

Основные тенденции развития и специфика функционирования рынка труда в современной России / Д. Ф. Синдюков // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 84–93.

**ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС
ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ: ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ**

А. В. Юрин, Н. В. Уткина

**TOURIST AND RECREATIONAL COMPLEX
OF THE PENZA REGION: MAIN FACTORS
AND FORECAST OF DEVELOPMENT**

A. V. Yurin, N. V. Utkina

Аннотация. *Актуальность и цели.* В настоящее время органы государственной власти и экспертное сообщество в России проявляют заинтересованность в развитии региональных туристско-рекреационных комплексов (ТРК), неотъемлемой частью функционирования которых является деятельность по организации приема и отдыха туристов в месте временного пребывания. Причем в центр внимания попадают не только те субъекты РФ, где уже давно сформированы массовые туристские потоки, но и регионы, где туризм – относительно молодое явление. В этом отношении примечательна Пензенская область, где представлены все составляющие компоненты ТРК, следовательно, есть значительный потенциал развития туризма в регионе. Цели исследования – оценка основных показателей текущего состояния туристско-рекреационного комплекса Пензенской области и построение краткосрочного прогноза его развития, что позволит повысить эффективность управления ТРК региона, скорректировать план мероприятий по реализации региональной стратегии развития туризма. *Материалы и методы.* При выполнении исследования использовались материалы Министерства культуры и туризма Пензенской области, территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Пензенской области, результаты собственных исследований авторов. Для осуществления комплексного научного поиска по достижению поставленных целей применялись методы системного анализа, методы прогнозирования на основе анализа временных рядов, методы экономического анализа. *Результаты.* Представлены результаты оценки динамики основных показателей развития туристско-рекреационного комплекса Пензенской области за период с 2008 по 2016 г., на основе чего составлен прогноз до 2020 г. *Выводы.* Прогнозирование и анализ основных показателей развития ТРК Пензенской области позволил выявить ряд положительных и отрицательных факторов, которые влияют на состояние ТРК региона. Данное исследование позволило сделать вывод о том, что ТРК Пензенской области будет развиваться в дальнейшем при условии отсутствия глобальных и национальных социально-экономических потрясений.

Ключевые слова: туризм, туристско-рекреационный комплекс, региональная экономика, Пензенская область, социально-экономическая система, экстраполяционное прогнозирование.

Abstract. *Background.* Nowadays in Russia the government and expert community show their interest in development of regional tourist and recreational complexes (TRC), the essential part of their functioning is tourist reception and rest organization activity in their temporary residence. And besides, we focus not only on subjects of the Russian Fed-

eration with long-established mass tourist flows , but also on regions where tourism is a relatively young reality. The Penza Region is remarkable in this respect, because all the constituent components of TRC are represented here, hence there is significant potential regional tourism development in the region. The objectives of the study are to assess the main indicators of the current state of the tourist and recreational complex of the Penza region and to make a short-term forecast of its development that will improve the management of TRC of the region and adjust the plan for implementing the regional tourism development strategy. *Materials and methods.* In carrying out the research, materials from the Ministry of Culture and Tourism of the Penza region, the territorial agency of the Federal State Statistics Service for the Penza region, and the results of the authors' own research were used. To implement a comprehensive scientific search to achieve the goals set, methods of system analysis, forecasting methods based on time series analysis, methods of economic analysis were applied. *Results.* This work presents the results of an assessment of the dynamics of the main indicators of the development of the tourist and recreational complex in the Penza region for the period from 2008 to 2016, on the basis of which a forecast is made up to 2020. *Conclusions.* Forecasting and analysis of the main indicators of TRC in the Penza Region allowed us to identify a number of positive and negative factors that affect the state of the region's TRC. This study led to the conclusion that the TRC of the Penza region will develop further in the absence of global and national socio-economic shocks.

Key words: tourism, tourist and recreational complex, regional economy, Penza region, socio-economic system, extrapolation prediction.

Введение

В настоящее время сфера туризма в Российской Федерации претерпевает значительный рост. Это связано с влиянием внешних политических и социально-экономических факторов, а также с изменениями, происходящими на российском рынке туризма. Так, например, за последние годы наблюдается тенденция увеличения количества иностранных туристов, приезжающих в Россию. Также на территории РФ происходит беспрецедентный рост внутренних туристских потоков [1].

Наравне с количественными и качественными показателями развития туризма усиливается и конкуренция в данной сфере среди российских регионов. В этих условиях региональные органы государственной власти и турбизнес должны консолидировать свои усилия в борьбе за туристские потоки. При этом управление развитием сферы туризма следует выстраивать комплексно, на долгосрочную перспективу, с учетом имеющихся ресурсов и возможностей региона.

С учетом этого можно сделать вывод о том, что в настоящее время изучение ТРК российских регионов как отдельных территориально-административных единиц РФ является актуальной практически значимой задачей. Важнейшим в развитии ТРК региона становится не приспособление к меняющимся условиям, а способность преобразовывать сам комплекс, спрогнозировав перспективы развития туризма в целом.

Понятие и структура туристско-рекреационного комплекса (ТРК)

Понятие ТРК используется достаточно широко в научной литературе и деловой среде. Однако существуют разные точки зрения относительно полноты его содержания. Мнения о том, что такое ТРК и из каких компонентов

он состоит, достаточно неоднозначны и являются предметом для научных дискуссий. В табл.1 представлены определения ТРК, данные разными авторами. Мнения авторов отличаются подходами к изучению этого понятия.

Таблица 1

Определения понятия «туристско-рекреационный комплекс»

Автор	Определение
1	2
Л. П. Воронкова	Территориальное и хозяйственно-организационное объединение группы туристских предприятий: гостиницы, рестораны, турбазы, кемпинги и др. [2]
Т. В. Ключкова	Совокупность отраслей, которые обеспечивают производство рекреационно-туристского продукта, образующегося в результате интеграции трех групп отраслей: санаторно-курортной, туристско-экскурсионной, спортивно-оздоровительной [3]
Е. А. Котляров	Часть общего хозяйственного комплекса территорий разного уровня, сочетание рекреационных учреждений и сопутствующих организаций инфраструктуры, объединенных тесными производственными экономическими связями, а также совместным использованием географического положения, природных и экономических ресурсов территории, занимаемой тем или иным комплексом [4]
П. А. Штрек	Совокупность экономических отношений и институтов, определяющих характер функционирования, взаимодействия объектов хозяйствования, обеспечивающих производство и реализацию туристско-рекреационных услуг [5]
А. Д. Чудновский, М. А. Жукова	Совокупность средств размещения, транспортных средств, объектов общественного питания, развлекательного, познавательного, делового, оздоровительного, спортивного и иного назначения, организаций, осуществляющих экскурсионные услуги и услуги гидов-переводчиков [6]
Г. М. Малышева	Новые формы кооперирования рекреационных и сопутствующих отраслей, сочетание рекреационных учреждений и сопутствующих предприятий инфраструктуры, объединенных тесными производственными связями, а также совместным использованием географического положения, природных и экономических ресурсов территории, занимаемой комплексом [7]
И. Л. Полякова	Целенаправленно формируемая совокупность предприятий (туристских поставщиков услуг и товаров), функционирующих для удовлетворения потребностей туристов, сконцентрированных на ограниченной территории, обладающей определенными туристско-рекреационными ресурсами и обеспеченной туристской и обеспечивающей инфраструктурой [8]

1	2
С. А. Севостьянова	Туризм в регионе – большая открытая социально-экономическая система, состоящая из взаимосвязанных и взаимодействующих под влиянием внешних и внутренних факторов элементов, таких как туристы, инфраструктура туризма, региональная среда, туристские организации и иные структурные образования и элементы, деятельность которых направлена на предоставление услуг клиентам в соответствии с их потребностями и возможностями на основе действующих норм и правил [9]
А. С. Кусков, В. Л. Голубева, Т. Н. Одинцова	Сложное хозяйство, куда входят лечебные и оздоровительные учреждения, обслуживающие предприятия и сопутствующие отрасли (предприятия торговли и общественного питания, бытовые, культурные и спортивные учреждения, экскурсионные объекты, дорожно-транспортная сеть, сувенирное производство и др.) [10]
Ф. М. Топсахалова, З. Н. Теунаева, Ф. М. Айбазова	Экономическая категория, выражающая совокупность взаимосвязанных отраслей и производств национальной экономики, единой функциональной задачей которых является деятельность, направленная на удовлетворение разнообразных и постоянно растущих потребностей людей в различных видах отдыха и путешествий в свободное время при рациональном использовании всех имеющихся туристских ресурсов [11]

Анализ информации в табл. 1 показывает, что большинством авторов ТРК рассматривается как открытая сложно организованная социально-экономическая система, расположенная в пределах определенной территории, характеризующаяся большим количеством элементов. По нашему мнению, наиболее комплексное определение ТРК дала И. Л. Полякова: «Туристско-рекреационный комплекс – это целенаправленно формируемая совокупность предприятий (туристских поставщиков услуг и товаров), функционирующих для удовлетворения потребностей туристов, сконцентрированных на ограниченной территории, обладающей определенными туристско-рекреационными ресурсами и обеспеченной туристской и обеспечивающей инфраструктурой» [8]. Отметим, что данное определение не является полным, так как не учитывает всех субъектов рекреации, к которым относятся не только туристы. Однако указанное определение считается нами наиболее комплексным и взято за основу, поскольку цель нашего исследования – изучить ТРК с позиции развития туризма как отрасли экономики.

Структура ТРК территории в виде графической модели представлена на рис. 1. Отметим, что ТРК следует рассматривать как часть общего хозяйственного комплекса территории.

В рамках работы подробно рассмотрен ТРК Пензенской области как динамично развивающаяся открытая социально-экономическая система.

Оценка современного состояния туристско-рекреационного комплекса Пензенской области

Пензенская область расположена на Восточно-Европейской (Русской) равнине и занимает среднюю и западную части Приволжской возвышенности (Среднее Поволжье), входит в состав Приволжского федерального округа (ПФО), который традиционно являлся местом рекреационного восстановления российских граждан. Отличительной особенностью Пензенской области является ее многообразное культурное наследие, которое складывалось в течение многих веков и является важным элементом туристского потенциала региона [12]. По словам академика Д. С. Лихачева, именно культурное наследие делает регион «важнейшим центром культуры российской провинции» [13].

Главная достопримечательность Пензенской области – Государственный Лермонтовский музей-заповедник «Тарханы». «Тарханы» – усадьба конца XVIII – начала XIX в., в которой провел свои детские годы великий русский поэт М. Ю. Лермонтов. Это объект культурного наследия федерального значения. «Тарханы» – самый посещаемый туристский центр Пензенской области еще со времен СССР.

В последние годы интересным объектом туристского притяжения становится скульптурный парк «Легенда», известный ежегодным проведением международных скульптурных симпозиумов. В настоящее время в парке «Легенда» находятся порядка 300 уникальных произведений, выполненных скульпторами из 59 стран мира.

К значимым туристским объектам региона также можно отнести такие объекты, как Пензенский зоопарк, Музей одной картины им. Г. В. Мясникова, Троице-Сканов монастырь, Центр театрального искусства «Дом Мейерхольда», Музей стекла и хрусталя в г. Никольске, Музей-усадьбу А. Н. Радищева.

Пензенская область является малой родиной многих выдающихся деятелей культуры, науки, искусства, литературы. Благодаря наличию богатого культурного наследия в регионе весьма развит познавательный (экскурсионный) туризм. Кроме того, на сегодняшний день в Пензенской области значительно увеличилось количество паломнических туров и экскурсий, достаточно успешно развивается рекреационный и лечебно-оздоровительный виды туризма, есть положительный опыт развития сельского туризма [11] (рис. 1).

Среди природных ресурсов региона, позволяющих развивать рекреационный и лечебно-оздоровительный виды туризма, следует выделить лесные ресурсы: памятники природы, заповедники, заказники, например Государственный природный заповедник «Приволжская лесостепь». Биологические ресурсы региона представлены обширным охотничьим фондом (4 млн га охотничьих угодий) и разнообразным видовым составом представителей животного мира, отнесенных к объектам охоты и рыбалки. Также к значимым природным ресурсам Пензенской области относятся многочисленные реки, принадлежащие бассейнам двух крупных рек – Волжскому и Донскому.

Следует отметить, что Пензенская область относится к регионам, характеризующимся незначительным объемом въездного туристского потока. Это связано с тем, что на протяжении достаточно долгого периода времени область была «закрыта» для посещения туристами, соответственно, региональные органы власти не уделяли должного внимания вопросам развития сферы туризма.

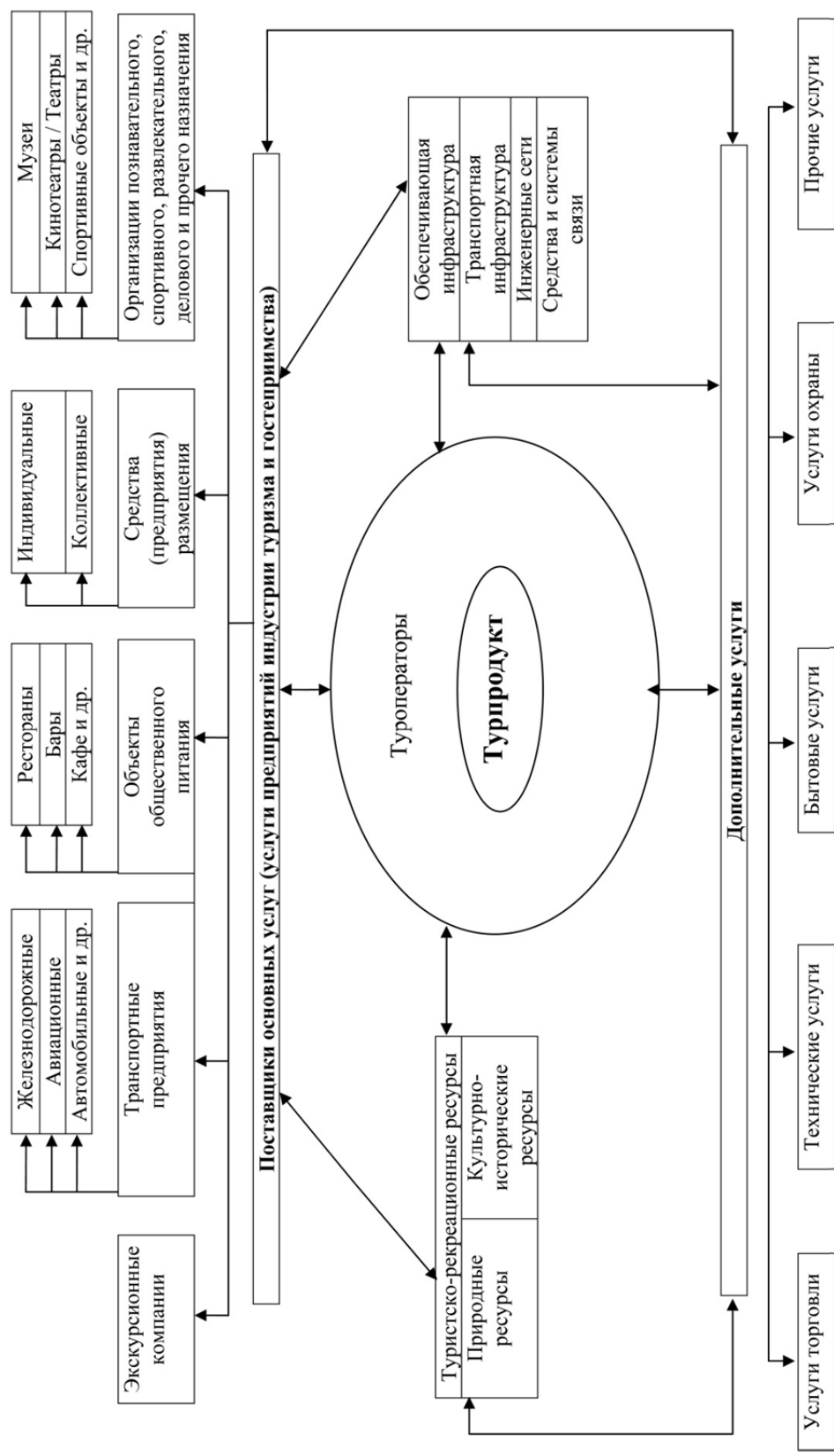


Рис. 1. Структура туристско-рекреационного комплекса территории

Туризм развивался стихийно, на принципах саморегуляции. Зарождение массового туризма в Пензенской области можно отнести к 70–80 гг. XX в., когда были построены основные санатории и базы отдыха, что позволило привлекать туристские потоки из других субъектов РФ.

В настоящее время туризм занимает скромное место среди отраслей экономики Пензенской области. Его доля в валовом региональном продукте незначительна – менее 0,5 %. Однако в последние годы область демонстрирует положительную динамику в развитии этой сферы. Рассмотрим основные показатели развития ТРК Пензенской области более подробно.

Проведенный нами анализ показал, что за последние пять лет наблюдался рост объема оказанных платных туристских услуг. Так, в 2012 г. значение этого показателя составляло 1111,16 млн руб., в то время как в 2015 г. – 1659,32 млн руб. [14].

По состоянию на начало 2017 г. на территории Пензенской области действовало 294 объекта туриндустрии, из них 119 гостиниц, 34 турбазы, 12 санаториев, 12 детских оздоровительных лагерей, 138 туристических фирм. Результаты анализа изменения количества объектов туриндустрии за период с 2012 г. по январь 2017 г. показывают наличие положительной динамики. Так, например, общее количество средств размещения в регионе за указанный период выросло в 1,6 раза (табл. 2).

Таблица 2

Динамика основных показателей развития туристской индустрии Пензенской области за период 2012 г. – январь 2017 г.*

Показатель	Год					
	2012	2013	2014	2015	2016	Январь 2017
Общее количество объектов туристской индустрии, ед.	212	232	273	294	312	328
Количество коллективных средств размещения, ед.	107	117	146	159	177	181
Количество туристских фирм, ед.	105	115	127	131	135	138

* Составлено по данным Управления культуры и архива Пензенской области (с 2017 г. реорганизовано в Министерство культуры и туризма Пензенской области).

В связи с тем, что в 2018 г. в Российской Федерации, в т.ч. и в соседних с Пензенской областью регионах, будет проводиться чемпионат мира по футболу, законодательно было установлено, что все средства размещения, которые планируют принимать гостей чемпионата, должны пройти процесс аккредитации. Так, по данным Министерства культуры и туризма Пензенской области, на 1 июня 2017 г. в регионе прошли официальную классификацию пять средств размещения:

- 1) гостиница «Вояж»***;
- 2) гостиница «HELIOPARK Residence»***;
- 3) гостиница «Авиа»***;
- 4) санаторий «Серебряный бор»***;
- 5) гостиница «Пенза»***.

Все вышеперечисленные средства размещения расположены в пределах города Пенза – административного центра Пензенской области.

Численность лиц, размещенных в коллективных средствах размещения, на начало 2017 г. достигла значения 170,3 тыс. чел., в то время как в сентябре 2016 г. значение данного показателя составляло 124 тыс. чел. (табл. 3). Увеличение значения анализируемого показателя может свидетельствовать о росте деловой активности региона, а также связано с возрастанием номерного фонда и единовременной вместимости коллективных средств размещения (см. табл. 3). Однако значений 2013 г. показатель общего количества размещенных лиц пока еще не достиг. Одной из причин повышения в 2012–2013 гг. количества лиц, размещенных в коллективных средствах размещения региона, стало проведение в Пензенской области крупных событийных мероприятий. В частности, значительное влияние оказало празднование в 2013 г. 350-летия г. Пензы.

Таблица 3

Динамика основных показателей развития гостиничной индустрии
Пензенской области на период 2012–2016 гг.*

Показатель	Год				
	2012	2013	2014	2015	9 мес. 2016
1. Единовременная вместимость коллективных средств размещения, тыс. мест	н/д	н/д	8 899	8 459	11 128
2. Количество лиц, размещенных в коллективных средствах размещения, тыс. чел.	112,7	257,3	163,7	130,2	124
3. Количество граждан РФ, размещенных в коллективных средствах размещения, тыс. чел.	111,9	254,8	159,6	124,7	119,5
4. Количество иностранных граждан, размещенных в коллективных средствах размещения, тыс. чел.	0,8	2,5	4,1	5,5	4,5

* Составлено по данным Управления культуры и архива Пензенской области (с 2017 г. реорганизовано в Министерство культуры и туризма Пензенской области)

По состоянию на 2017 г. на территории Пензенской области действуют 9 санаториев, 2 из которых имеют детский профиль оказания услуг: детский санаторий «Нива» и детский санаторий «Солнышко».

Санаторий им. В. В. Володарского, санаторий «Серебряный бор» находятся в курортной зоне г. Пензы – в микрорайоне «Ахуны». Санаторий «Березовая роща» расположен в Пензенском районе на берегу Сурского (Пензенского) водохранилища в относительной близости от города. Оздоровительный комплекс «Чистые пруды» также расположен на берегу водоема в Мокшанском районе в относительной близости от г. Пензы. Санаторно-курортный комплекс «Кленовая роща» расположен в относительной близости

от таких населенных пунктов, как г. Саранск и г. Рязань, что позволяет санаторию привлекать гостей из других регионов. Санаторий «Надежда» находится в близости от второго по величине города Пензенской области – г. Кузнецка. Санаторий «Хопровские зори» находится вблизи районного центра – пгт. Колышлей Пензенской области. Отличительной особенностью данного санатория является наличие в пгт. Колышлей железнодорожного сообщения, что позволяет пользоваться услугами санатория представителям других регионов.

Услуги, предоставляемые в санаториях Пензенской области, имеют четко выраженную специализацию – применение лечебных хлоридно-натриевых слабощелочных минеральных вод для внутреннего потребления и принятия лечебных ванн. Данная особенность является немаловажным фактором выбора учреждения для лечения и восстановления. Большинство санаториев находятся недалеко от Пензы, что облегчает транспортную логистику.

Туристических баз и баз отдыха на территории Пензенской области насчитывается 34 единицы. Анализ указанных объектов ТРК позволяет сделать вывод о том, что четкой специализации туристических баз и баз отдыха нет. В большинстве случаев услуги стандартны – баня, мангал, спортивная площадка. Большинство объектов расположено около лесных массивов и водоемов.

На территории Пензенской области насчитывается 12 детских оздоровительных лагерей. По данным Министерства образования Пензенской области, в 2017 г. запланировано оздоровить 103 260 детей, что соответствует уровню 2016 г.

Количество туристских фирм за период 2012–2016 гг. увеличилось в 1,3 раза и составило 138 ед., из них 7 компаний зарегистрированы как операторы по внутреннему туризму. Это:

- 1) ООО «ФОКОС»;
- 2) ООО «Каникулы»;
- 3) ООО ТО «Беркут»;
- 4) ООО «Туристическая фирма «Круиз»;
- 5) ООО «Лариэльтур»;
- 6) ООО «Альтаир»;
- 7) ООО «Дискавери».

Туристические фирмы Пензенской области в большинстве своем не имеют четкой специализации. В предлагаемом ассортименте, как правило, представлены туры за рубеж – массовые пляжные направления, групповые и индивидуальные экскурсионные туры, туры на горнолыжные курорты. Однако следует отметить, что за последние два года в регионе увеличилось количество турфирм, предлагающих туры по России.

Что касается предложения туров и экскурсий в рамках внутреннего туризма по Пензенской области, то оно практически единообразно. Основу ассортимента здесь составляют туристские и экскурсионные продукты, предусматривающие осмотр и (или) посещение основных достопримечательностей г. Пензы – музея-заповедника «Тарханы», скульптурного парка «Легенда», музея живой воды «Кувака», Никольского музея стекла и хрусталя, Наровчатского музейного комплекса и религиозных объектов Наровчатского райо-

на, музея-усадьбы А. Н. Радищева, музея-усадьбы В. Г. Белинского и ряда других.

Учитывая сложившуюся динамику, можно составить прогноз развития ТРК Пензенской области на перспективу до 2020 г.

Прогноз развития туристско-рекреационного комплекса Пензенской области

Для построения прогноза развития ТРК Пензенской области был использован метод экстраполяционного прогнозирования на основе анализа временных рядов. Это формализованный метод прогнозирования. Его использование позволяет рассчитать будущие значения показателей, отражающие состояние объекта исследования, при условии сохранения динамики его развития.

Основой прогнозирования послужили статистические данные Министерства культуры и туризма Пензенской области, Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Пензенской области за период с 2008-го по 2016 г. К сожалению, официальные статистические данные за более ранние временные периоды (до 2008 г.) по ряду показателей отсутствуют либо являются неподтвержденными.

В качестве базы построения прогноза выбраны следующие показатели развития ТРК:

- численность лиц, размещенных в коллективных средствах размещения;
- количество граждан РФ, размещенных в коллективных средствах размещения;
- количество иностранных граждан, размещенных в коллективных средствах размещения;
- количество предприятий туристской индустрии;
- количество коллективных средств размещения;
- объем оказанных платных туристских услуг.

Указанные выше показатели являются индикативными, так как выступают в качестве основных параметров, характеризующих социально-экономические процессы и явления развития ТРК региона. Следует отметить, что некоторые из выбранных индикативных показателей использовались при разработке Стратегии развития внутреннего и въездного туризма на территории Пензенской области на период до 2020 г. [15], а также «Дорожной карты» развития внутреннего и въездного туризма в Пензенской области на 2015–2020 гг. [16]. Соответственно это дает возможность сравнения полученных нами результатов прогноза со значениями, указанными в перечисленных документах.

На основе статистических данных для каждого индикативного показателя развития ТРК Пензенской области были построены эмпирические ряды, подобран оптимальный вид функции, характеризующей динамику изменения показателя, и рассчитана величина достоверности прогноза (R^2). Результаты прогнозирования представлены на рис. 2–5.



Рис. 2. Динамика изменения численности граждан РФ, размещенных в коллективных средствах размещения Пензенской области за период 2008–2016 гг., и прогноз на 2017–2020 гг., тыс. чел. (составлено авторами)



Рис. 3. Динамика изменения количества предприятий туристской индустрии в Пензенской области за период 2011–2016 гг. и прогноз на 2017–2020 гг., ед. (составлено авторами)



Рис. 4. Динамика изменения количества коллективных средств размещения в Пензенской области за период 2012–2016 гг. и прогноз на 2017–2020 гг., ед. (составлено авторами)



Рис. 5. Динамика изменения объема оказанных платных туристских услуг предприятиями Пензенской области за период 2009–2016 гг. и прогноз на 2017–2020 гг., млн руб. (составлено авторами)

В табл. 4 представлены результаты сравнительного анализа прогнозных значений, полученных авторами, и значений индикативных показателей, указанных в Стратегии развития внутреннего и въездного туризма на территории Пензенской области на период до 2020 г. и «Дорожной карте» развития внутреннего и въездного туризма в Пензенской области на 2015–2020 гг.

Таблица 4

Прогнозные значения индикативных показателей развития
ТРК Пензенской области на 2020 г.

Показатель	Прогнозное значение показателя на 2020 г. (составлено авторами)	Прогнозное значение показателя на 2020 г. по «Дорожной карте» [16]	Прогнозное значение показателя на 2020 г. по «Стратегии развития внутреннего и въездного туризма» [15]
1. Численность лиц, размещенных в коллективных средствах размещения, тыс. чел.	204,44	130,8	н/д
2. Количество граждан РФ, размещенных в коллективных средствах размещения, тыс. чел.	197,15	126,0	
3. Количество иностранных граждан, размещенных в коллективных средствах размещения, тыс. чел.	7,29	4,8	
4. Количество предприятий туристской индустрии, ед.	432	н/д	
5. Количество коллективных средств размещения, ед.	250	н/д	
6. Объем оказанных платных туристских услуг, млн руб.	2308,53	н/д	

На наш взгляд, основной причиной заниженных прогнозных значений индикативных показателей развития ТРК Пензенской области на 2020 г., указанных в Стратегии развития внутреннего и въездного туризма Пензенской области и «Дорожной карте» развития внутреннего и въездного туризма в Пензенской области, по сравнению со значениями, полученными авторами в результате экстраполяционного прогнозирования (см. табл. 4), является учет рисков, связанных с глобальными изменениями на рынке туризма.

На основе данных сравнительного анализа, приведенных в табл. 4, мы также пришли к выводу, что перечень индикативных показателей, используемых региональными органами власти для анализа текущего состояния и развития сферы туризма Пензенской области, недостаточен. Изучив опыт наиболее передовых в туристском плане регионов, мы можем констатировать необходимость увеличения перечня индикативных показателей. Например, количество индикативных показателей реализации Стратегии развития туристско-рекреационного комплекса Крыма до 2020 г. достигает 19 единиц [17], а в Стратегии развития санаторно-курортного и туристского комплекса Краснодарского края до 2020 г. таких показателей 20 [18].

Для более детального анализа и прогнозирования туристского сектора экономики Пензенской области необходимо расширить перечень индикативных показателей как минимум до девяти, включив, помимо уже предложенных нами выше показателей, следующие:

- количество и доля поступлений от туристско-рекреационного комплекса в валовом региональном продукте (в ден. ед. и % соответственно);
- средняя продолжительность размещения туристов в коллективных средствах размещения (в сутки);
- коэффициент наполняемости коллективных средств размещения (в %).

Отметим, что в Пензенской области, как и во многих других субъектах РФ, к сожалению, отсутствует отлаженный «механизм» сбора, обработки и анализа статистических данных в сфере туризма, в результате чего существует проблема получения информации о развитии туризма, в том числе по указанным показателям.

В целом проведенный анализ прогнозных значений основных показателей развития ТРК Пензенской области позволяет сделать вывод о том, что положительная динамика сохранится и в будущем. Однако при применении результатов данного прогноза на практике для разработки и реализации каких-либо управленческих решений следует учитывать, что на состояние ТРК региона влияет ряд отрицательных факторов, к которым можно отнести:

- сезонность туристского потока в регионе;
- отсутствие комплексных туристских предложений;
- отсутствие бренда территории (в том числе единого туристского бренда).

К положительным факторам, влияющим на ТРК Пензенской области, можно отнести:

- открытие и функционирование новых коллективных средств размещения;

- совершенствование материально-технической базы различных компонентов ТРК региона;
- влияние кризиса выездного туризма и повышение курса валют;
- нестабильную политическую обстановку в ряде популярных у туристов стран.

С учетом наметившейся тенденции стабильного роста ТРК Пензенской области особо актуальными становятся вопросы роста количества комплексных туристских предложений. Данные предложения необходимы для удовлетворения спроса со стороны жителей Пензенской области (внутренних туристов/экскурсантов) и привлечения туристов из других регионов, что в дальнейшем позволит создать устойчивый туристский поток и продолжить увеличивать объем оказанных платных туристских услуг.

Анализируя динамику изменения количества предприятий туристской индустрии и количества коллективных средств размещения в регионе, можно сделать вывод о том, что туристская индустрия продолжит рост, в частности, можно прогнозировать последующее увеличение количества гостиниц и аналогичных им средств размещения.

Заключение

Развитие туризма в Пензенской области имеет положительную динамику. Результаты исследования показали рост основных показателей развития ТРК региона. Однако опасения могут вызвать показатели объема оказанных платных туристских услуг, которые за последние отчетные периоды значительно упали. Снижение данных показателей, возможно, произошло в связи с тем, что в соседних с Пензенской областью регионах значительное развитие получили региональные туристские продукты, что сократило туристский поток в регионе. Следовательно, уменьшился и объем оказанных платных туристских услуг, оказываемых предприятиями ТРК Пензенской области.

Отличительной особенностью ТРК Пензенской области является то, что в регионе есть четко выраженная специфика – преобладание историко-культурного компонента. При этом потенциал многих объектов полностью не реализован. Следовательно, требуется создание условий по привлечению в эти объекты туристского потока, в том числе за счет разработки комплексных туристских маршрутов, различных экскурсионных программ, так как единичные объекты показа не могут дать желаемого результата для развития отрасли в целом. Важной задачей также является разработка и реализация межрегиональных и международных туристских маршрутов, предусматривающих посещение пензенских туристско-рекреационных объектов. Все это говорит о необходимости осуществления комплексной политики по созданию благоприятных условий для отдыха и привлечению туристов в Пензенскую область. Данная ситуация требует определенных мер, принятие которых возможно только на региональном и федеральном уровнях.

Библиографический список

1. Итоговый доклад о результатах деятельности Ростуризма в 2016 г. – URL: <http://www.russiatourism.ru/doc/Итоговый%20доклад%20о%20деятельности%20Ростуризма%202017.doc> (дата обращения: 28.02.2017).

2. Воронкова, Л. П. Туризм, гостеприимство, сервис / Л. П. Воронкова. – М. : Аспект Пресс, 2002. – С. 367.
3. Ключкова, Т. В. Управление рекреационно-туристским комплексом на федеральном и региональном уровне // Экономический вестник РТУ. – 2006. – № 4, ч. 2. – С. 147.
4. Котляров, Е. А. География отдыха и туризма, формирование и развитие ТРК / Е. А. Котляров. – М. : Мысль, 1978. – С. 231.
5. Штрек, П. А. Экологизация управления в сфере туристско-рекреационных услуг : автореф. дис. ... канд. экон. наук / П. А. Штрек. – СПб., 2010. – С. 26.
6. Чудновский, А. Д. Менеджмент туризма / А. Д. Чудновский, М. А. Жукова. – М. : Финансы и статистика, 2002. – С. 356.
7. Малышева, Г. М. Размещение туристских ресурсов и стратегия управления их развитием : лекции / Г. М. Малышева. – М. : Изд-во Рос. экон. акад., 1995. – С. 40.
8. Полякова, И. Л. Туристско-рекреационный комплекс: сущность, функции и структура / И. Л. Полякова. // Вестник ОГУ. – 2011. – № 13 (132). – С. 376–377.
9. Севостьянова, С. А. Региональное планирование развития туризма и гостиничного хозяйства : учеб. пособие / С. А. Севостьянова. – М. : КНОРУС, 2016. – С. 9–10.
10. Кусков, А. С. Рекреационная география : учеб.-метод. комплекс / А. С. Кусков, В. Л. Голубева, Т. Н. Одинцова. – М. : МПСИ : Флинта, 2005. – С. 35.
11. Топсahalова, Ф. М. Стратегическое управление формированием и развитием регионального туристско-рекреационного комплекса в условиях социально-экономической трансформации / Ф. М. Топсahalова, З. Н. Теунаева, Ф. М. Айбазова. – М. : Академия естествознания, 2012. – С. 230.
12. Семеркова, Л. Н. Потенциал и перспективы развития туризма в Пензенской области : моногр. / Л. Н. Семеркова, Л. Б. Есина, Н. В. Уткина, С. В. Латынова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2014. – 182 с.
13. Шмитд, С. О. Мир гуманитарной культуры Д. С. Лихачева и краеведение / С. О. Шмитд. – URL: http://www.lihachev.ru/pic/site/files/lihcht/2001/st/lih2001_st_02.pdf (дата обращения: 20.02.2017).
14. Данные Министерства культуры и туризма Пензенской области.
15. Официальный сайт Правительства Пензенской области. – URL: <http://www.penza.ru> (дата обращения: 04.07.2017).
16. «Дорожная карта» развития внутреннего и въездного туризма в Пензенской области на 2015–2020 гг. – URL: <http://welcome2penza.ru/metod/> (дата обращения: 04.06.2017).
17. Стратегия развития туристско-рекреационного комплекса Крыма – 2020 (проект). – URL: <http://www.studfiles.ru/preview/5591515/page:34/> (дата обращения: 03.07.2017).
18. Стратегия развития санаторно-курортного и туристского комплекса Краснодарского края до 2020 г. – URL: <https://min.kurortkuban.ru/dokumenty/normativnye-akty-ministerstva/item/%20879-strategy2020> (дата обращения: 03.07.2017).

Юрин Андрей Владимирович

аспирант,

Пензенский государственный университет

E-mail: pnzturizm@gmail.ru

Yurin Andrey Vladimirovich

postgraduate student,

Penza State University

Уткина Наталья Владимировна

кандидат экономических наук, доцент,
кафедра маркетинга, коммерции
и сферы обслуживания,

Пензенский государственный университет

E-mail: penzamarketing@mail.ru

Utkina Natalia Vladimirovna

candidate of economic sciences,
associate professor,

sub-department of marketing,

commerce and service industry,

Penza State University

УДК 338.48

Юрин, А. В.

Туристско-рекреационный комплекс Пензенской области: основные показатели и прогноз развития / А. В. Юрин, Н. В. Уткина // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 94–109.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВИДОВ ОБЯЗАТЕЛЬНОГО СТРАХОВАНИЯ

С. Н. Яшин, Ю. В. Захарова, И. Ю. Цыплаков

ECONOMIC ASPECTS OF DEVELOPMENT OF MODERN TYPES OF OBLIGATORY INSURANCE

S. N. Yashin, Yu. V. Zakharova, I. Yu. Tsyplakov

Аннотация. *Актуальность и цели.* Система обязательного страхования играет важнейшую роль в современном обществе. Она способствует реализации социальной роли государства, необходима для современного типа рыночного хозяйства и задается международными стандартами современного развития. Особая роль отводится государству по проблеме обеспечения социальной стабильности в обществе, что во многом обеспечивается системой обязательного социального страхования. Цель статьи – раскрыть экономический механизм реализации современных видов обязательного страхования. Для достижения поставленной цели необходимо раскрыть содержание понятия обязательного страхования, определить его виды, идентифицировать участников страховых отношений. *Материалы и методы.* В данном исследовании применялись общенаучные методы и приемы: системный подход, методы статистического и логического анализа. В качестве информационной базы использовались правовые акты РФ, аналитические, обзорные и справочные материалы. *Результаты.* Проведен анализ тенденций развития рынка страховых услуг, в частности сектора обязательного страхования. Определены основные тенденции и перспективы развития рынка. Охарактеризованы в рамках экономических отношений такие формы обязательного страхования, как социальное страхование, государственное страхование, иные виды обязательного страхования. *Выводы.* В рамках различных видов обязательного страхования страхователем выступают государственные организации (обязательное государственное страхование), организации-работодатели и индивидуальные предприниматели (обязательное социальное страхование), физические и юридические лица (страхование профессиональной ответственности, страхование гражданской ответственности), что определяет особенности экономических отношений, складывающихся в каждой из данных сфер. В системе обязательного страхования основная роль принадлежит защите от социальных рисков. Сегмент обязательного страхования дополняется сегментом добровольного страхования, который динамично развивается и растет.

Ключевые слова: обязательное страхование, добровольное страхование, социальное страхование, государственное страхование, обязательное медицинское страхование, страховой рынок.

Abstract. *Background.* The system of compulsory insurance plays an important role in modern society. First of all, it contributes to the realization of the social role of the state, is necessary for a modern type of market economy and is set by international standards of modern development. A special role is assigned to the state on the problem of ensuring social stability in society, which is largely ensured by the system of compulsory social insurance. The purpose of the article is to disclose the economic mechanism for the implementation of modern types of compulsory insurance. To achieve this goal, it is necessary to

disclose the content of the notion of compulsory insurance, determine its types, identify participants in insurance relations. *Materials and methods.* In this study, general scientific methods and techniques were applied: a systematic approach, methods of statistical and logical analysis. As the information base, legal acts of the Russian Federation, analytical, survey and reference materials were used. *Results.* The article analyzes trends in the development of insurance services market, in particular, compulsory insurance sector. The basic tendencies and prospects of development of the market are defined. Characterized in the framework of economic relations are forms of compulsory insurance, such as social insurance, state insurance, other types of compulsory insurance. *Conclusions.* Within the framework of various types of compulsory insurance, the insured are state organizations (compulsory state insurance), employers' organizations and individual entrepreneurs (compulsory social insurance), individuals and legal entities (professional liability insurance, civil liability insurance), which determines specific features of economic relations Each of these spheres. In the system of compulsory insurance, main role belongs to protection from social risks. The compulsory insurance segment is supplemented by the voluntary insurance segment, which is dynamically developing and growing.

Key words: compulsory insurance, voluntary insurance, social insurance, state insurance, compulsory medical insurance, insurance market.

Введение

Современная система обязательного страхования в РФ представляет собой механизм, включающий в себя экономические, социальные и правовые институты, обеспечивающие страховую защиту от ряда социальных и экономических рисков для бизнеса и различных слоев общества. Для современного общества характерна высокая степень дифференциации населения по уровню доходов, по способам вовлеченности в общественное производство, по условиям труда. Этот факт создает предпосылки для возникновения различных социальных и профессиональных рисков, и, следовательно, требует создания механизмов защиты от них.

Понятие и виды обязательного страхования

Вся система страхования по характеру отношений страхователя и страховщика делится на две основные формы: обязательное и добровольное страхование. При этом сфера обязательного страхования четко регламентирована, в нормативно-правовых актах зафиксированы правила, объекты и тарифы страхования. Обязательное страхование осуществляется посредством заключения договора между страховой компанией и страхуемым лицом. Эта форма страхования затрагивает риски больших масс населения или всего общества.

Согласно Гражданскому кодексу РФ обязательное страхование – страхование в случаях, когда законом на указанных в нем лиц возлагается обязанность страховать жизнь, здоровье или имущество других лиц либо свою гражданскую ответственность перед другими лицами за свой счет или за счет заинтересованных лиц.

Система обязательного страхования основана на принципах:

- обязательности (обязательно в силу закона);
- сплошного охвата (сто процентный охват объектов данной формой страхования);

- бессрочности (страхование действует до тех пор, пока не будет отменен закон);
- автоматичности (автоматический характер распространения);
- нормирования страхового обеспечения (государство устанавливает нормы страхового обеспечения).

Согласно действующему российскому законодательству обязательное страхование включает такие виды, как:

- обязательное социальное страхование;
- обязательное государственное страхование;
- иные случаи обязательного страхования.

Данное разделение обусловлено различными экономико-правовыми механизмами взаимодействия участников процесса страхования.

Для современной России объективная необходимость в обязательном страховании обусловлена следующими факторами:

- весьма ограничена возможность помощи государства при наступлении чрезвычайных событий, так как объемы финансовых ресурсов на социальную политику довольно ограничены;
- практически во всех отраслях производства продолжают функционировать устаревшие технологии и основные фонды с высоким процентом износа, что в свою очередь не может гарантировать безопасный процесс труда и сохранность в целостности окружающей природной среды [1].

Между тем пользу от обязательных видов страхования для современной российской экономики и социальной сферы трудно переоценить.

Во-первых, финансовые ресурсы страховщика на определенном этапе превращаются в мощный инвестиционный рычаг.

Во-вторых, с укреплением и ростом объемов страхового рынка как отрасли национального хозяйства страховщики становятся поставщиками большого количества новых рабочих мест, что, несомненно, укрепляет социальную сферу и минимизирует безработицу. Число занятых в российской страховой отрасли по различным оценкам составляет от 250 до 300 тыс. человек [2, с. 394].

Рассмотрим основные показатели работы страхового рынка в РФ по итогам 2016 г. Согласно статистике Банка России за 2016 г. общий объем страховых премий по договорам страхования (без учета расходов на обязательное медицинское страхование) составил 1,18 трлн руб., по итогам года было заключено 167,8 млн договоров, было произведено 479,7 млрд страховых выплат [3]. В 2016 г. структура рынка изменилась: усилилась тенденция роста доли страхования жизни, продолжает уменьшаться доля страхования имущества, сократилась доля обязательного страхования.

В отрасли добровольного страхования (табл. 1) основными секторами по объему выручки являются страхование жизни, медицинское страхование, страхование имущества. Наибольшая часть страховых выплат была произведена по договорам страхования имущества. По итогам 2016 г. в абсолютном выражении страховой рынок вырос на 157 млрд руб. Почти 55 % абсолютного прироста было обеспечено сегментом страхования жизни, прибавившим 86 млрд руб. Наиболее привлекательным на рынке по соотношению страхо-

вых премий и страховых выплат выглядит сегмент страхования жизни, основная часть которого – инвестиционное страхование жизни.

В отрасли обязательного страхования (без учета обязательного медицинского страхования) статистика рынка отражает объемы страховых взносов по договорам личного страхования и имущественного страхования (табл. 2). Наиболее крупным по объему страховых взносов является сегмент обязательного имущественного страхования владельцев транспортных средств (объем страховых взносов за 2016 г. – 234,3 млрд руб.), в то же время данный сегмент также показывает высокие объемы выплат по договорам страхования – 167,4 млрд руб.

Прогнозируется, что на рынке добровольного страхования основным драйвером роста страхового рынка в 2017 г. станет страхование жизни. Сегмент покажет наибольшие темпы прироста взносов – около 30 %, обеспечит 40 % абсолютного прироста рынка страхования и станет его крупнейшим видом, достигнув объема 270 млрд руб. Высокие темпы прироста взносов по страхованию жизни будут обусловлены интенсивными продажами инвестиционного страхования жизни на фоне снижения ставок по депозитам и активным участием банков в продвижении этих продуктов. Двукратное замедление темпов прироста взносов (по нашим оценкам, темпы прироста взносов за 2016 г. составили 60 % по сравнению со значением за 2015 г.) произойдет в результате исчерпания эффекта низкой базы. Долгосрочные накопительные программы продолжают уверенный рост на 20 % в год.

Обязательное социальное страхование

Понятие и виды обязательного социального страхования отражены в ФЗ «Об основах обязательного социального страхования». Данный федеральный закон устанавливает государственную монополию в этой области страховых услуг.

Обязательное социальное страхование в РФ включает:

- 1) обязательное страхование на случай временной нетрудоспособности (болезни);
- 2) обязательное страхование в связи с материнством;
- 3) обязательное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- 4) обязательное медицинское страхование;
- 5) обязательное пенсионное страхование;
- 6) обязательное страхование на случай смерти застрахованного лица или несовершеннолетнего члена его семьи.

Финансовые средства в системе обязательного социального страхования аккумулируются и распределяются тремя государственными внебюджетными фондами: Фондом социального страхования, Фондом обязательного медицинского страхования, Пенсионным фондом РФ.

Социальные внебюджетные фонды имеют собственные бюджеты, не зависящие от бюджетной системы РФ. Источником денежных средств для них являются страховые взносы, перечисляемые страхователями (работодателями) в соответствующие фонды. В случае дефицита бюджетов фондов недостаток средств покрывается трансфертными платежами из федерального бюджета РФ.

Таблица 1

Страховые премии и выплаты по договорам добровольного страхования в РФ в 2016 г. (по данным Банка России)

Наименование	Страховые премии (взносы) по договорам страхования, тыс. руб.	Количество договоров страхования, заключенных в отчетном периоде, ед.	Выплаты по договорам страхования, тыс. руб.		
			в том числе		
			страховые выплаты	из них на основании решения суда	прочие выплаты
			всего		
Добровольное страхование	215 740 164	4 822 480	15 145 459	55 439	14 837 355
Страхование жизни					
в том числе:					
страхование жизни (кроме пенсионного страхования)	214 346 139	4 817 960	14 601 529	55 230	143 481 86
пенсионное страхование	1 394 025	4520	543930	209	489169
Страхование иное, чем страхование жизни	705 658 499	124 545 287	280 390 513	10 901 303	5 955 729
в том числе:					
личное страхование (кроме страхования жизни) – всего	245 807 199	61 038 989	113 248 045	354 320	1 793 233
в том числе:					
от несчастных случаев и болезней	107 990 780	50 767 123	12 985 700	349 242	1 421 256
медицинское страхование	137 816 419	10 271 866	100 262 345	5078	371 977
имущественное страхование – всего	459 851 300	63 506 298	167 142 468	10 546 983	4 162 496
в том числе:					
страхование имущества	374 818 638	39 379 959	143 032 134	8 680 468	3 196 367
страхование предпринимательских рисков	8 903 733	30 080	13 932 354	110 961	14 956
страхование финансовых рисков	21 233 953	13 892 748	1 598 327	20 814	248 143

Таблица 2

Страховые премии и выплаты по договорам обязательного страхования в РФ в 2016 г. (по данным Банка России)

Наименование	Страховые премии (взносы) по договорам страхования, тыс. руб.	Количество договоров страхования, заключенных в отчетном периоде, ед.	Выплаты по договорам страхования, тыс. руб.		
			в том числе		
			страховые выплаты	из них	прочие выплаты
			всего	на основании решения суда	
Обязательное страхование (кроме ОМС)	1 7945 078	10	15 874 644	94 775	–
Обязательное личное страхование – всего					
в том числе:					
государственное страхование жизни и здоровья военнослужащих и приравненных к ним в обязательном государственном страховании лиц	17 945 078	10	15 874 644	94 775	–
Обязательное имущественное страхование – всего	241 287 847	38 429 388	168 303 072	15 679 563	5 283 338
в том числе:					
владельцев транспортных средств	234 368 827	38 140 410	167 433 885	15 627 757	5 212 032
владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте	3 193 511	230 870	191 211	12 219	14 658
перевозчика за причинение вреда жизни, здоровью, имуществу пассажиров	3 725 509	58 108	677 976	39 587	56 648

Размер страховых взносов рассчитывается в процентном отношении исходя из размера оплаты труда работников предприятий, а также иных вознаграждений и выплат работникам предприятий.

Социальное страхование занимает первое место по значимости в системе обязательного страхования в РФ. В системе обязательного социального страхования структурно выделяется ряд организационно-правовых форм:

1) централизованная форма обязательного социального страхования – организованная, реализуемая и контролируемая государством;

2) децентрализованная форма обязательного социального страхования – организованная и реализуемая в соответствии с федеральными законами и указанными в них в качестве страхователей лицами.

Добровольное социальное страхование дополняет систему обязательного страхования, но в современном российском обществе играет второстепенную роль. Данные услуги не пользуются стабильным спросом со стороны общественности, и масштабы сектора добровольного социального страхования невелики.

Структурно состав форм и видов добровольного социального страхования представлен в табл. 3.

Таблица 3

Виды и формы добровольного социального страхования

Корпоративная форма добровольного социального страхования	Индивидуальная форма добровольного социального страхования
Страхование негосударственных пенсий	Страхование негосударственных пенсий
Медицинское страхование	Медицинское страхование
Страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний	Страхование от несчастных случаев
Страхование жизни с выплатой аннуитетов	Страхование жизни
Страхование иных объектов	Медицинское страхование при поездках за рубеж
	Страхование иных объектов

Корпоративная форма социального страхования основана на страховании работодателями социальных рисков своих работников посредством заключения договоров страхования. Индивидуальная форма страхования предусматривает добровольное страхование гражданами своих имущественных интересов.

Несмотря на то, что в системе социального страхования мы сталкиваемся со множеством видов страхования, все они реализуют общую цель – обеспечение социальной стабильности развития общества – и основаны на общих принципах страхования.

Централизованная форма обязательного социального страхования охватывает все население РФ, ее функционирование обеспечивают государственные социальные внебюджетные фонды – Пенсионный фонд РФ, Фонд социального страхования РФ, Фонд обязательного медицинского страхования РФ.

К сожалению, в настоящее время состояние внебюджетных фондов можно оценить как нестабильное. Основными причинами такой ситуации являются [4, с. 74]:

- отсутствие тщательного контроля за использованием средств фондов;
- отсутствие сбалансированности доходов и расходов внебюджетных фондов;
- уклонение работодателей от выплат обязательных платежей во внебюджетные фонды.

Система социального страхования включает в себя защиту от множества социальных рисков, в то же время некоторые риски можно устранить или значительно снизить вероятность их возникновения, в частности, это касается ряда профессиональных рисков.

Профессиональные риски связаны с проблемой социальной защиты в области охраны труда, с реализацией права трудящихся получать информацию о возможных отдаленных последствиях работы во вредных условиях труда, с созданием механизмов социальной защиты работающих граждан.

Механизмы социальной защиты работников можно классифицировать на основе двух систем – социально-экономической и материально-вещественной.

Социально-экономические механизмы защиты работников включают:

- социальные гарантии, обеспечивающие материальную обеспеченность, минимальный размер заработной платы, тарифные сетки по оплате труда, оплачиваемые отпуска, минимальный размер пособий и пенсий в связи с утратой трудоспособности;
- социальные гарантии, обеспечивающие регулирование продолжительности рабочего времени, режимы труда и отдыха, границы трудоспособного возраста, минимальный размер трудового стажа для получения права на пенсионное обеспечение, минимально допустимый возраст приема на работу;
- социальные гарантии допустимого уровня трудовых нагрузок: физическая нагрузка, интенсивность и монотонность труда, темп работы, нормирование труда;
- социальные гарантии профессионального образовательного и информационного обеспечения: наличие систем профессиональной подготовки работающих, особенно для производств и профессий с высоким уровнем профессионального риска.

Важнейшую роль в сфере обязательного социального страхования занимает система обязательного медицинского страхования. Она представляет собой важнейший экономико-правовой механизм, позволяющий страховать риски, связанные со здоровьем граждан.

Экономика здравоохранения выделяет такие особенности распределения расходов на здравоохранение, как невозможность точного прогнозирования их размера, их рост с увеличением возраста человека, эффективность вложений в здоровье на стадии профилактики заболеваний. Обязательное медицинское страхование (ОМС) позволяет снизить риски потери здоровья и реализует право граждан на получение медицинской помощи. В отличие от других видов обязательного социального страхования в медицинском страховании страховая выплата производится в натуральной (медицинские услуги), а не в денежной форме.

Добровольное медицинское страхование (ДМС) по аналогии схоже с обязательным медицинским страхованием и позволяет достичь одну и ту же цель – предоставить гражданам гарантии получения медицинской помощи. Но экономические механизмы достижения данной цели различны. Рассмотрим отличие систем ОМС и ДМС (табл. 4).

Таблица 4

Различия в системах ОМС и ДМС

Обязательное медицинское страхование	Добровольное медицинское страхование
Вид социального страхования	Вид коммерческого страхования
Обеспечивает минимальные гарантии бесплатной медицинской помощи	Дает возможность получить медицинские услуги сверх установленных в программе ОМС
Использует принцип страховой солидарности	Использует принцип страховой эквивалентности
Безвозмездное для потребителя медицинских услуг	Оплата по договору ДМС
Источник средств – взносы работодателей	Источник средств – личные доходы граждан
Система контроля качества определяется государственными органами	Участие в программах ДМС не регламентируется государством

По данным компании Бизнесстат, в 2015 г. в стоимостном объеме рынка медицинских услуг доля ОМС составляла 50,7 %, ДМС – 7,6 % (рис. 1) [5].



Рис. 1. Доли секторов медицины в стоимостном объеме рынка РФ, 2015 г., %

ОМС является самым большим сектором российского рынка. Наблюдается снижение стоимостного объема бюджетного сектора в результате пере-

хода на систему одноканального финансирования госучреждений, происходит перераспределение финансирования медицинских услуг из бюджета на средства ОМС. В секторе ДМС корпоративное страхование занимает более 80 % объема. Таким образом, можно констатировать, что услуга ДМС физическими лицами в РФ востребована слабо.

Таким образом, существуют возможности для снижения ряда социальных рисков, для повышения уровня социальной защищенности работающих граждан на основе использования различных инструментов социальной защиты. В то же время практика страхования рисков в системе обязательного страхования является неотъемлемым элементом современного стандарта жизни общества, ее значимость растет, а механизмы реализации постоянно совершенствуются.

Обязательное государственное страхование

Обязательное государственное страхование включает предусмотренные законом случаи обязательного страхования жизни, здоровья и имущества граждан за счет средств, предоставленных из соответствующего бюджета. В литературе можно встретить широкую трактовку понятия «обязательное государственное страхование», по которой к нему относят также обязательное социальное страхование. Но если опираться на существующее положение вещей в российском праве, данная трактовка является неточной.

К субъектам обязательного государственного страхования относятся государственные учреждения и отдельные категории физических лиц. В соответствии со статьей 969 ГК РФ государственные организации являются страхователями здоровья и жизни для определенной категории лиц, обеспечивающихся страховыми гарантиями в силу действия специальных законов. К ним относятся:

- военнослужащие;
- граждане, призванные на военные сборы;
- лица рядового и начальствующего состава органов внутренних дел РФ;
- сотрудники учреждений и органов уголовно-исполнительной системы;
- сотрудники федеральных органов налоговой полиции;
- сотрудники, военнослужащие и работники Государственной противопожарной службы.

Страховщиками, которые выбираются на конкурсной основе каждым из федеральных министерств и органов власти, могут быть страховые организации, имеющие лицензии на осуществление обязательного государственного страхования и заключившие со страхователями договоры обязательного государственного страхования.

Иные случаи обязательного страхования

К иным случаям обязательного страхования относят:

- 1) страхование гражданской ответственности собственников транспортных средств;
- 2) страхование вкладов физических лиц в банках Российской Федерации;

- 3) страхование пассажиров при перевозках;
- 4) страхование жизни и здоровья пациента, участвующего в клинических исследованиях лекарственного препарата;
- 5) страхование ответственности туроператоров;
- 6) страхование гражданской ответственности организаций, эксплуатирующих опасные объекты;
- 7) страхование ответственности специализированного депозитария и управляющих компаний перед Пенсионным фондом Российской Федерации и управляющими компаниями;
- 8) страхование профессиональной ответственности нотариусов, субъектов оценочной деятельности, арбитражных управляющих, владельцев таможенных складов и складов временного хранения, таможенных брокеров, аудиторов.

Особо среди перечисленных случаев обязательного страхования следует отметить страхование профессиональной ответственности. Страхование профессиональной ответственности в ряде случаев обязательно по требованию российского законодательства, так как необходимо для получения лицензии или начала осуществления своей деятельности, является требованием саморегулируемой организации или одним из условий для участия в тендере или конкурсе.

Кроме того, страхование профессиональной ответственности создает возможности для экономического стимулирования своих клиентов, дает защиту от реальных рисков, позволяет вести бизнес по международным стандартам, дает дополнительное имиджевое преимущество перед конкурентами.

Одним из важнейших видов обязательного страхования является страхование гражданской ответственности собственников транспортных средств. Страхование гражданско-правовой ответственности владельцев автотранспортных средств осуществляется в случае нанесения вреда жизни, здоровью и имуществу третьих лиц (пешеходов, водителей, пассажиров другого транспортного средства) лицом, которое управляет транспортным средством [6, с. 43]. Правовые, экономические и организационные основы обязательного страхования гражданской ответственности владельцев транспортных средств регламентируются Федеральным законом от 25 апреля 2002 г. № 40-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств».

В настоящее время, несмотря на достигнутый рост показателей, характеризующих развитие рынка обязательного страхования гражданской ответственности владельцев транспортных средств, в РФ все еще остается много нерешенных проблем. Многие страхователи считают стоимость ОСАГО сильно завышенной. Стремясь снизить тариф, они высказывают мнения о том, что ОСАГО в целом навязывается, чем нарушается Конституция РФ. Действующий уровень тарифов по данному виду страхования приводит к тому, что большинство страховых компаний несут серьезные убытки. Эти убытки дают компании, у которых либо слишком низкая страховая премия, либо слишком большая средняя страховая выплата. Также значительной проблемой является отсутствие единых методов определения ущерба, что при равных реальных убытках приводит к различным суммам страховых выплат в раз-

ных компаниях. Средний комбинированный коэффициент убыточности специализированных автостраховщиков в I полугодии 2014 г. составил 104,1 %. Для сравнения: в I полугодии 2013 г. этот коэффициент составлял 102,2 % [7].

По прогнозу «Эксперт РА», темпы прироста взносов по ОСАГО замедлятся до минимальных значений – 4–7 % за 2017 г. [8]. Снижение темпов прироста объясняется полным исчерпанием эффекта от повышения тарифов. В то же время поддержку сегменту окажут рост доли застрахованных автомобилей после внедрения системы «Единый агент» и запуска продаж электронных полисов, что предотвратит сокращение взносов по ОСАГО. Росту также могут поспособствовать изменения в системе тарификации в ОСАГО.

В 2017 г. вступил в действие закон о натуральном возмещении, но оценить его эффект удастся в лучшем случае к концу года. Скорее всего, в 2017 г. ОСАГО принесет убытки большинству страховщиков.

Рынок ОСАГО за последние 2 года существенно изменился. Теперь это рынок не покупателя, а продавца. Невозможность решения проблем экономическими способами приводит к отказу от убыточного бизнеса. Несколько страховщиков в добровольном порядке сдали лицензии на ОСАГО. 2017 г. станет годом принятия решений для многих других компаний. Сохраняется тенденция снижения объема премий по обязательному страхованию ответственности владельцев опасных объектов. В связи с корректировкой тарифов с 1 сентября 2015 г. в 2015 г. премии сократились на 10 %, в 2016 г. – еще на 46 %. Средняя премия снизилась с 26 241 руб. в 2015 г. до 13 832 руб. в 2016 г. Количество заключенных договоров практически не изменилось [8].

Заключение

Таким образом, следует отметить, что в рамках различных видов обязательного страхования используются различные экономические механизмы реализации: когда страхователем выступают государственные организации (обязательное государственное страхование), организации-работодатели и индивидуальные предприниматели (обязательное социальное страхование), физические и юридические лица, занимающиеся определенным видом деятельности (страхование профессиональной ответственности), физические и юридические лица, являющиеся собственниками определенных объектов (страхование гражданской ответственности владельцев).

К основным направлениям развития отрасли обязательного страхования в РФ на ближайшую перспективу следует отнести:

- 1) улучшение сферы деятельности субъектов страхового дела;
- 2) урегулирование сферы деятельности иностранных страховых компаний на территории РФ;
- 3) проработку нормативно-правовой базы, регулирующей активность обществ взаимного страхования;
- 4) проработку вопроса об установлении обязательного наличия контракта страхования у производителей сельского хозяйства в целях получения субсидий;
- 5) дальнейшее совершенствование обязательного медицинского страхования.

Библиографический список

1. Яшин, С. Н. Основы страховой деятельности : учеб. пособие / С. Н. Яшин, Т. М. Крюкова, Н. А. Мурашова. – Н. Новгород : НГТУ, 2012.
2. Шишов, В. Ю. Место обязательных видов страхования в современной системе российского страхования / В. Ю. Шишов // Terra Economicus. – 2007. – Т. 5, № 4-3. – С. 393–400.
3. Субъекты страхового дела. Статистика за 2016 год. Банк России. – URL: https://www.cbr.ru/finmarket/supervision/sv_insurance/ (дата обращения 23.06.2017).
4. Газарян, Н. Г. Современные проблемы внебюджетных фондов в Российской Федерации / Н. Г. Газарян, А. В. Захарян // Новая наука: современное состояние и пути развития. – 2016. – № 1-4. – С. 74–76.
5. Рынок медицинских услуг в России: структура, тенденции и перспективы. Исследование Busines Stat. – URL: <http://conference.apcmed.ru/upload/iblock/246/BusinesStat.pdf> (дата обращения: 13.05.2017).
6. Боднер, Г. Д. ОСАГО в СНГ: эволюция и проблемы развития / Г. Д. Боднер, Р. В. Друзин // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. – 2014. – № 4 (29). – С. 43–50.
7. Агентство страховых новостей. – URL: <http://www.asn-news.ru/news/48590> (дата обращения: 13.05.2017).
8. Страховой рынок России в 2016. Отчет «Эксперт РА». – URL: http://www.ranational.ru/sites/default/files/analitic_article/Страховой%20рынок%202017.pdf (дата обращения: 17.06.2017).

Яшин Сергей Николаевич

доктор экономических наук,
заведующий кафедрой менеджмента
и государственного управления,
Нижегородский государственный
университет им. Н. И. Лобачевского
E-mail: jashinsn@yandex.ru

Yashin Sergey Nikolayevich

doctor of economic sciences, professor,
head of sub-department of management
and public administration,
Nizhny Novgorod State University
named after N. I. Lobachevsky

Захарова Юлия Владимировна

кандидат экономических наук, доцент,
кафедра менеджмента
и государственного управления,
Нижегородский государственный
университет им. Н. И. Лобачевского
E-mail: zayv@yandex.ru

Zakharova Yulia Vladimirovna

candidate of economic sciences,
associate professor,
sub-department of management
and public administration,
Nizhny Novgorod State University
named after N. I. Lobachevsky

Цыплаков Иван Юлианович

аспирант,
Нижегородский государственный
университет им. Н. И. Лобачевского
E-mail: ivan_cip@mail.ru

Tsyplakov Ivan Yulianovich

postgraduate student,
Nizhny Novgorod State University
named after N. I. Lobachevsky

УДК 368.1

Яшин, С. Н.

Экономические аспекты развития современных видов обязательного страхования / С. Н. Яшин, Ю. В. Захарова, И. Ю. Цыплаков // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 110–122.

РАЗДЕЛ 2

МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, МЕХАНИЗМЫ В ТЕХНИКЕ

УДК 004.032.26

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБУЧЕНИЯ СЕТЕЙ РАДИАЛЬНЫХ БАЗИСНЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АППРОКСИМАЦИИ¹

М. М. Алкезуини, В. И. Горбаченко

IMPROVEMENT OF THE LEARNING ALGORITHMS IN RADIAL BASIS FUNCTIONS NETWORKS FOR SOLVING THE APPROXIMATION TASKS

M. M. Algezweeni, V. I. Gorbachenko

Аннотация. *Актуальность и цели.* Перспективным инструментом решения задач аппроксимации, в том числе задач бессеточной аппроксимации, являются сети радиальных базисных функций, которые представляют специальный вид нейронных сетей. Решение задачи формируется в процессе обучения сети. Но в настоящее время отсутствуют быстрые и достаточно простые алгоритмы обучения сетей радиальных базисных функций. Цель данного исследования – разработка и экспериментальное исследование новых быстрых алгоритмов обучения сетей радиальных базисных функций при решении задач аппроксимации. *Материалы и методы.* Реализация поставленных задач достигнута за счет использования для обучения сетей радиальных базисных функций современных ускоренных градиентных методов первого порядка и адаптации метода Левенберга – Марквардта. *Результаты.* Для обучения сетей радиальных базисных функций впервые разработаны алгоритмы на основе методов первого порядка: градиентный спуск с импульсом (импульсный метод), алгоритм ускоренного градиента Нестерова и RMSProp в сочетании с ускоренным градиентом Нестерова. Показаны преимущества последовательной настройки параметров в каждом итерационном цикле обучения сети. Разработана реализация метода Левенберга – Марквардта для обучения сетей радиальных базисных функций. Получены формулы для расчета параметров сетей при реализации алгоритмов. Даны рекомендации по выбору параметров обучения сетей. Показана связь между методом Левенберга – Марквардта и методом доверительных областей. Таким образом, алгоритмом Левенберга – Марквардта можно достичь тех же результатов, что и более сложным алгоритмом метода доверительных областей. Создан комплекс программ в системе MatLab, реализующий разработанные алгоритмы. Проведены экспериментальные ис-

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-08-00906).

следования разработанных алгоритмов. *Выводы.* Для решения задач аппроксимации на сетях радиальных базисных функций можно рекомендовать адаптированный в работе алгоритм Левенберга – Марквардта. Если в алгоритме Левенберга – Марквардта возникают проблемы с плохой обусловленностью системы линейных алгебраических уравнений, то можно рекомендовать алгоритм ускоренного градиента Нестерова.

Ключевые слова: бессеточная аппроксимация, нейронная сеть, сеть радиальных базисных функций, градиентный алгоритм обучения, импульсный метод, метод ускоренного градиента Нестерова, метод Левенберга – Марквардта.

Abstract. Background. A promising tool for solving the approximation tasks, including the tasks of mesh-free approximation, this tool is the radial basis functions networks, which are considered as a special form of the neural networks. The solution of the problem gets formed in the process of the network's learning. But currently, there are no fast and simple algorithms for the learning of the radial basis functions networks. The purpose of this research is the development and experimental study of new fast algorithms for the learning of the radial basis functions networks to solve the approximation tasks. *Materials and methods.* The implementation of the tasks can be achieved by the use of learning networks of the radial basis functions for the modern and accelerated gradient methods of the first order and by the adaptation of Levenberg – Marquardt method. *Results.* For the learning of the radial basis functions networks, for the first time there were such developed algorithms based on the first order methods: gradient descent with an impulse (the impulse method), the accelerated gradient algorithm of Nesterov and RMSProp in combination with the accelerated gradient Nesterov. The showed advantages of the sequential parameter settings in each iterative cycle of the network's learning. The implementation of the Levenberg – Marquardt method for the learning of the radial basis functions networks was developed. The resulted formulas are meant for the calculating of the networks parameters through the algorithms implementation. The given recommendations which are concerning the choosing of parameters for the learning of networks. The showed relationship between the method of Levenberg – Marquardt and the trusted regions method. Thus, now it would be possible with the algorithm of Levenberg – Marquardt to achieve the same results as with the use of the more complex trusted regions method. A software package in the system of MATLAB was created to implement the developed algorithms. Experimental studies of the developed algorithms were carried out. *Conclusions.* For solving the approximation tasks in the radial basis functions networks, it can be recommended to adapt, in the process of work, the algorithm of Levenberg – Marquardt. If the algorithm of Levenberg – Marquardt is having some problems concerning the poor conditionality of the linear algebraic equations system, it would possible to recommend Nesterov's accelerated gradient algorithm.

Key words: meshfree approximation, neural network, radial basis functions network, gradient learning algorithm, method of impulse, Nesterov's accelerated gradient method, Levenberg – Marquardt method.

Введение

При моделировании рельефа, реконструкции поверхностей и во многих других случаях возникает необходимость аппроксимации «рассеянных» данных [1], когда узлы интерполяции расположены произвольным образом, а не на некоторой сетке. Методы аппроксимации таких данных являются бессеточными (meshfree) [2, 3]. Они не накладывают ограничений на расположение узлов интерполяции и могут применяться и в случае расположения

узлов интерполяции на сетке. Методы бессеточной аппроксимации являются основой многих бессеточных методов решения уравнений в частных производных.

Для бессеточной аппроксимации широко используются радиальные базисные функции (РБ-функции) [2, 3]. РБ-функция – это функция, значение которой в некоторой точке зависит от расстояния между точкой и параметром РБ-функции, называемым центром. Обычно параметры РБ-функций подбираются, а веса находятся из условий равенства аппроксимированных значений и известных значений функции в узлах интерполяции. Недостатком применения РБ-функций является трудно формализуемый подбор параметров РБ-функций. Этот недостаток устраняется при использовании специального вида нейронных сетей – сетей радиальных базисных функций (РБФ-сетей) [4–5]. При использовании РБФ-сетей решение формируется в процессе обучения сети с настройкой весов и параметров РБ-функций.

Для обучения РБФ-сетей используются в основном градиентные методы [4–5], среди которых выделяют методы первого порядка, использующие для своей реализации первые производные минимизируемой функции, т.е. градиент функции, и методы второго порядка, использующие вторые производные – матрицу Гессе. Все градиентные алгоритмы позволяют найти только локальный минимум функции. Методы первого порядка просты в реализации, но работают медленно. Методы второго порядка выполняются за гораздо меньшее число итераций, но сложны и ресурсоемки, т.е. одна итерация занимает много времени и требует много памяти. Для обучения РБФ-сетей используют в основном методы первого порядка. Известные методы второго порядка, например метод Левенберга – Марквардта [5], не применяются для обучения РБФ-сетей, а предложенный в [6] быстрый алгоритм метода доверительных областей довольно сложен.

В настоящее время для глубокого обучения сетей, содержащих большое количество слоев и обучающихся на больших объемах данных, усилился интерес к несложным ускоренным градиентным методам первого порядка [7]. Такие методы не применялись для обучения РБФ-сетей.

Целью настоящей работы является разработка и экспериментальное исследование ускоренных градиентных методов первого порядка и метода Левенберга – Марквардта для обучения РБФ-сетей при решении задач аппроксимации.

Сеть радиальных базисных функций

РБФ-сеть – это двухслойная сеть, первый слой которой составляют РБ-функции, а второй – линейный сумматор [4–5]. В случае аппроксимации функции двух переменных сеть имеет два входа – координаты точки – и один выход – значение функции в точке. Выход сети радиальных базисных функций при значении входа $\mathbf{x} = [x_1, x_2]^T$ (значение функции в точке $\mathbf{x}$) описывается выражением

$$u(\mathbf{x}) = \sum_{k=1}^{n_{\text{RBF}}} w_k \varphi_k(\mathbf{x}), \quad (1)$$

где $\mathbf{x}$ – входной вектор; n_{RBF} – количество РБ-функций (количество нейронов); w_k – вес k -го нейрона; $\varphi_k(\mathbf{x})$ – значение k -й РБ-функции в точке $\mathbf{x}$.

В качестве РБ-функций используются различные радиальные базисные функции [2]. В данной работе применяется функция Гаусса (гауссиан), в двумерном случае имеющая вид

$$\varphi(\mathbf{x}) = \exp\left(-\frac{\|\mathbf{x} - \mathbf{c}\|^2}{2a^2}\right), \quad (2)$$

где $\|\mathbf{x} - \mathbf{c}\| = \sqrt{(x_1 - c_1)^2 + (x_2 - c_2)^2}$ – евклидова норма (расстояние между точкой $\mathbf{x}$ и центром $\mathbf{c}$ РБ-функции); $\mathbf{c} = [c_1, c_2]^T$ – вектор координат центра РБ-функции; a – ширина (параметр формы).

При решении задач аппроксимации функций входные векторы при обучении сети представляют собой координаты пробных точек (узлов интерполяции), а целевые значения – значения функции в пробных точках. После обучения сеть при подаче координат произвольной точки области определения функции выдает значение функции в этой точке.

Обучение РБФ-сетей имеет свои особенности. Наличие только двух слоев упрощает обучение сети. Но в процессе обучения РБФ-сети необходимо настраивать две группы параметров сети: веса, которые входят линейно в выходной сигнал сети (1), и параметры РБ-функций (в случае гауссиана (2) – центры и ширина), которые входят нелинейно в выходной сигнал. Открытым является вопрос выбора количества РБ-функций и начальных значений параметров РБ-функций. Известна зависимость между количеством РБ-функций n_{RBF} для задач аппроксимации и количеством узлов интерполяции N : $n_{RBF} \propto N^{1/3}$, где $\propto$ означает пропорциональность [8]. Однако эта оценка сильно завышена, и количество РБ-функций требуется подбирать. Если в процессе обучения сети настраиваются параметры РБ-функций, то их начальные значения целесообразно выбирать случайным образом.

Обучение РБФ-сети представляет собой минимизацию некоторого функционала ошибки (функции потерь в терминах машинного обучения). Будем использовать функционал ошибки, представляющий собой сумму квадратов ошибок в пробных точках:

$$I = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n e_j^2 = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \left(u(\mathbf{p}_j) - T_j\right)^2, \quad (3)$$

где n – количество пробных точек; e_j – ошибка решения в j -й пробной точке; $\mathbf{p}_j$ – координаты j -й пробной точки (в случае аппроксимации функции двух переменных $\mathbf{p}_j = [p_{j1}, p_{j2}]^T$), $u(\mathbf{p}_j)$ – решение (1) в j -й пробной точке; T_j – целевое значение в j -й пробной точке; множитель $1/2$ введен для упрощения вычислений.

**Разработка ускоренных градиентных алгоритмов
первого порядка обучения РБФ-сетей**

Рассмотрим алгоритм градиентного спуска обучения РБФ-сети. Если I – функционал ошибки (3), а θ – вектор одного или всех параметров сети (в нашем случае это векторы весов, центров и ширины РБ-функций), то настройка вектора θ на k -й итерации градиентного спуска описывается следующим образом [5]:

$$\theta^{(k+1)} = \theta^{(k)} + \Delta\theta^{(k+1)}, \quad (4)$$

где $\Delta\theta^{(k+1)} = -\eta \mathbf{g}_\theta(\theta^{(k)})$ – поправка вектора θ , здесь η – подбираемый числовой коэффициент (скорость обучения); $\mathbf{g}_\theta(\theta^{(k)})$ – вектор градиента функционала I (3) по значению параметра $\theta^{(k)}$ на итерации k . Процесс вычислений по (4) продолжается до малого значения функционала ошибки (3). Более наглядно применять среднеквадратическую погрешность (Mean Squared Error):

$$I_{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (u(\mathbf{p}_j) - T_j)^2. \quad (5)$$

В алгоритме градиентного спуска с импульсом (в русской литературе принято использовать термин «момент» [5]; принятый в англоязычной литературе термин «momentum» (импульс) по аналогии с импульсом в механике точнее отражает суть метода [7]) поправка к вектору параметров описывается следующим образом:

$$\Delta\theta^{(k+1)} = \alpha \Delta\theta^{(k)} - \eta \mathbf{g}_\theta(\theta^{(k)}), \quad (6)$$

где α – коэффициент момента, принимающий значения в интервале $[0, 1]$; η – скорость обучения.

Выражение (6) содержит слагаемые, зависящие от градиента и не зависящие от градиента. Причем чем больше значение коэффициента α , тем сильнее на настройку весов оказывает влияние слагаемое, не зависящее от градиента. Это влияние существенно возрастает на плоских участках целевой функции и вблизи локальных минимумов. В этих областях слагаемое, не зависящее от градиента, начинает доминировать в (6), что приводит к выходу из этой области. Можно сказать, что изменение весов происходит «по инерции» в направлении вектора поправки предыдущего шага обучения.

В методе ускоренного градиента Нестерова (NAG – Nesterov Accelerated Gradient) [7, 9] поправка вектора параметров описывается следующим образом:

$$\Delta\theta^{(k+1)} = \alpha \Delta\theta^{(k)} - \eta \mathbf{g}_\theta(\theta^{(k)} + \alpha \Delta\theta^{(k)}).$$

Метод NAG отличается от градиентного спуска с импульсом более точным вычислением вектора поправки.

При обучении глубоких сетей получили распространение алгоритмы с адаптивной скоростью обучения [7]. В этих алгоритмах используется разная скорость обучения для различных компонентов вектора параметров сети, так как разные компоненты могут оказывать различное влияние на обучение сети. В частности, эффективным и практичным методом является RMSProp (Root Mean Square Propagation) и его сочетание с ускоренным градиентом Нестерова [7], k -я итерация которого включает следующие вычисления:

$$\mathbf{g} = \mathbf{g}_0 \left(\boldsymbol{\theta}^{(k)} + \alpha \Delta \boldsymbol{\theta}^{(k)} \right), \quad \mathbf{r}^{(k+1)} = \rho \mathbf{r}^{(k)} + (1 - \rho) \mathbf{g} \bullet \mathbf{g},$$

$$\Delta \boldsymbol{\theta}^{(k+1)} = \alpha \Delta \boldsymbol{\theta}^{(k)} - \frac{\epsilon}{\sqrt{\mathbf{r}^{(k+1)}}} \bullet \mathbf{g}, \quad \boldsymbol{\theta}^{(k+1)} = \boldsymbol{\theta}^{(k)} + \Delta \boldsymbol{\theta}^{(k+1)},$$

где $\mathbf{r}^{(0)} = \mathbf{0}$; $\bullet$ – операция поэлементного умножения (произведение Адамара); $\sqrt{\mathbf{r}^{(k+1)}}$ вычисляется поэлементно; ρ, α, ϵ – подбираемые коэффициенты.

При обучении РБФ-сети можно реализовать одновременную и последовательную стратегию настройки векторов весов, центров и ширины на каждом цикле обучения. При одновременной настройке в каждой итерации обучения при значениях векторов параметров, полученных на предыдущей итерации, находятся векторы градиентов функционала ошибки по каждому параметру, затем вычисляются поправки параметров и вычисляются обновленные векторы параметров. При последовательной настройке сначала вычисляется градиент по весам (настройка весов оказывает наибольшее влияние на обучение сети) и вычисляется обновленный вектор весов. Затем с использованием обновленного вектора весов вычисляется градиент по центрам и вычисляется обновленный вектор центров. Наконец, с использованием обновленных векторов весов и центров вычисляется градиент по ширине и обновляется вектор ширины. Так как при последовательной настройке каждый параметр настраивается при обновленной части других параметров, можно предположить, что последовательная настройка может обеспечить сокращение числа итераций обучения.

Компоненты градиента функционала по весам, центрам и ширине сложно вычислить аналитически (рассмотрен случай аппроксимации функции двух переменных, номера итераций опущены):

$$\frac{\partial I}{\partial w_i} = \sum_{j=1}^n (u(\mathbf{p}_j) - T_j) \cdot \varphi_i(\mathbf{p}_j), \quad \frac{\partial I}{\partial c_{i1}} = w_i \sum_{j=1}^n (u(\mathbf{p}_j) - T_j) \cdot \varphi_i(\mathbf{p}_j) \cdot \frac{p_{j1} - c_{i1}}{a_i^2};$$

$$\frac{\partial I}{\partial c_{i2}} = w_i \sum_{j=1}^n (u(\mathbf{p}_j) - T_j) \cdot \varphi_i(\mathbf{p}_j) \cdot \frac{p_{j2} - c_{i2}}{a_i^2}, \quad \frac{\partial I}{\partial a_i} = w_i \sum_{j=1}^n (u(\mathbf{p}_j) - T_j) \cdot \varphi_i(\mathbf{p}_j) \cdot \frac{\|\mathbf{p}_j - \mathbf{c}_i\|}{a_i^3},$$

где c_{i1} и c_{i2} – координаты центра i -й РБФ-функции; p_{j1} и p_{j2} – координаты пробной точки $\mathbf{p}_j$; $\|\mathbf{p}_j - \mathbf{c}_i\|$ – евклидова норма.

**Адаптация алгоритма Левенберга – Марквардта
для обучения РБФ-сетей**

Рассмотрим применение для обучения сети метода второго порядка – метода Левенберга – Марквардта [5, 10], являющегося реализацией известного метода безусловной оптимизации [11]. Метод Левенберга – Марквардта широко применяется для обучения многослойных персептронов [5, 10], но практически не применяется для обучения сетей радиальных базисных функций. Следует отметить работу [12], в которой предложена эффективная с вычислительной точки зрения аппроксимация матрицы Гессе, рассмотрена реализация метода Гаусса – Ньютона для обучения РБФ-сетей, но не рассмотрена реализация метода Левенберга – Марквардта.

Рассмотрим настройку параметров. Введем единый вектор параметров

$$\boldsymbol{\theta} = \left[w_1, w_2, \dots, w_{n_{RBF}}, c_{11}, c_{21}, \dots, c_{n_{RBF} 1}, c_{12}, c_{22}, \dots, c_{n_{RBF} 2}, a_1, a_2, \dots, a_{n_{RBF}} \right]^T,$$

где параметры j -й РБ-функции ($j=1, 2, 3, \dots, n_{RBF}$): w_j – вес; c_{j1} и c_{j2} – координаты центра (рассматриваем аппроксимацию функций двух переменных); a_j – ширина.

Настройка вектора параметров $\boldsymbol{\theta}$ в k -м цикле (итерации) производится по формуле

$$\boldsymbol{\theta}^{(k)} = \boldsymbol{\theta}^{(k-1)} + \Delta \boldsymbol{\theta}^{(k)},$$

где вектор поправки $\Delta \boldsymbol{\theta}^{(k)}$ находится из решения системы линейных алгебраических уравнений

$$\left(\mathbf{J}_{k-1}^T \mathbf{J}_{k-1} + \mu_k \mathbf{E} \right) \Delta \boldsymbol{\theta}^{(k)} = -\mathbf{g}_{k-1}, \quad (7)$$

где $\mathbf{J}_{k-1}$ – матрица Якоби, вычисленная по значениям параметров сети в $k-1$ итерации; μ_k – параметр регуляризации, изменяющийся на каждом шаге обучения; $\mathbf{E}$ – единичная матрица; $\mathbf{g} = \mathbf{J}^T \mathbf{e}$ – вектор градиента функционала (3) по вектору параметров $\boldsymbol{\theta}$; $\mathbf{e} = [e_1, e_2, \dots, e_n]^T$ – вектор ошибок.

Матрица Якоби имеет вид

$$\mathbf{J} = \left[\begin{array}{ccc|ccc|ccc|ccc} \frac{\partial e_1}{\partial w_1} & \dots & \frac{\partial e_1}{\partial w_{n_{RBF}}} & \frac{\partial e_1}{\partial c_{11}} & \dots & \frac{\partial e_1}{\partial c_{n_{RBF} 1}} & \frac{\partial e_1}{\partial c_{12}} & \dots & \frac{\partial e_1}{\partial c_{n_{RBF} 2}} & \frac{\partial e_1}{\partial a_1} & \dots & \frac{\partial e_1}{\partial a_{n_{RBF}}} \\ \frac{\partial e_2}{\partial w_1} & \dots & \frac{\partial e_2}{\partial w_{n_{RBF}}} & \frac{\partial e_2}{\partial c_{11}} & \dots & \frac{\partial e_2}{\partial c_{n_{RBF} 1}} & \frac{\partial e_2}{\partial c_{12}} & \dots & \frac{\partial e_2}{\partial c_{n_{RBF} 2}} & \frac{\partial e_2}{\partial a_1} & \dots & \frac{\partial e_2}{\partial a_{n_{RBF}}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial e_n}{\partial w_1} & \dots & \frac{\partial e_n}{\partial w_{n_{RBF}}} & \frac{\partial e_n}{\partial c_{11}} & \dots & \frac{\partial e_n}{\partial c_{n_{RBF} 1}} & \frac{\partial e_n}{\partial c_{12}} & \dots & \frac{\partial e_n}{\partial c_{n_{RBF} 2}} & \frac{\partial e_n}{\partial a_1} & \dots & \frac{\partial e_n}{\partial a_{n_{RBF}}} \end{array} \right]. \quad (8)$$

Представим матрицу Якоби (8) в блочном виде:

$$\mathbf{J} = \left[\mathbf{J}_w \mid \mathbf{J}_{c_1} \mid \mathbf{J}_{c_2} \mid \mathbf{J}_a \right],$$

где

$$\mathbf{J}_w = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial w_1} & \frac{\partial e_1}{\partial w_2} & \dots & \frac{\partial e_1}{\partial w_{n_{RBF}}} \\ \frac{\partial e_2}{\partial w_1} & \frac{\partial e_2}{\partial w_2} & \dots & \frac{\partial e_2}{\partial w_{n_{RBF}}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial e_n}{\partial w_1} & \frac{\partial e_n}{\partial w_2} & \dots & \frac{\partial e_n}{\partial w_{n_{RBF}}} \end{bmatrix}; \quad (9)$$

$$\mathbf{J}_{c_1} = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial c_{11}} & \dots & \frac{\partial e_1}{\partial c_{n_{RBF} 1}} \\ \frac{\partial e_2}{\partial c_{11}} & \dots & \frac{\partial e_2}{\partial c_{n_{RBF} 1}} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial e_n}{\partial c_{11}} & \dots & \frac{\partial e_n}{\partial c_{n_{RBF} 1}} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{J}_{c_2} = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial c_{12}} & \dots & \frac{\partial e_1}{\partial c_{n_{RBF} 2}} \\ \frac{\partial e_2}{\partial c_{12}} & \dots & \frac{\partial e_2}{\partial c_{n_{RBF} 2}} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial e_n}{\partial c_{12}} & \dots & \frac{\partial e_n}{\partial c_{n_{RBF} 2}} \end{bmatrix}; \quad (10)$$

$$\mathbf{J}_a = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial a_1} & \dots & \frac{\partial e_1}{\partial a_{n_{RBF}}} \\ \frac{\partial e_2}{\partial a_1} & \dots & \frac{\partial e_2}{\partial a_{n_{RBF}}} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial e_n}{\partial a_1} & \dots & \frac{\partial e_n}{\partial a_{n_{RBF}}} \end{bmatrix}.$$

Элементы матрицы $\mathbf{J}_w$ (9) с учетом (3) и (1) имеют вид

$$\frac{\partial e_i}{\partial w_j} = \frac{\partial}{\partial w_j} [u(\mathbf{p}_i) - T_i] = \frac{\partial u(\mathbf{p}_i)}{\partial w_j} = \varphi_j(\mathbf{p}_i), \quad (11)$$

где $\varphi_j(\mathbf{p}_i)$ – значение j -й радиальной базисной функции (2) в пробной точке $\mathbf{p}_i$.

Элементы матрицы $\mathbf{J}_{c_1}$ (10) описываются формулой

$$\begin{aligned} \frac{\partial e_i}{\partial c_{j1}} &= \frac{\partial}{\partial c_{j1}} [u(\mathbf{p}_i) - T_i] = \frac{\partial}{\partial c_{j1}} \left[\sum_{k=1}^{n_{RBF}} w_k \varphi_k(\mathbf{p}_i) \right] = w_j \frac{\partial}{\partial c_{j1}} \left[e^{-\frac{(p_{i1}-c_{j1})^2 + (p_{i2}-c_{j2})^2}{2a_j^2}} \right] = \\ &= w_j e^{-\frac{\|\mathbf{p}_i - \mathbf{c}_j\|^2}{2a_j^2}} \cdot \frac{\partial}{\partial c_{j1}} \left[-\frac{(p_{i1}-c_{j1})^2 + (p_{i2}-c_{j2})^2}{2a_j^2} \right] = w_j \varphi_j(\mathbf{p}_i) \cdot \frac{p_{i1} - c_{j1}}{a_j^2}. \end{aligned}$$

Аналогично для элементов матрицы $\mathbf{J}_{c_2}$ получаем

$$\frac{\partial e_i}{\partial c_{j2}} = w_j \cdot \varphi_j(\mathbf{p}_i) \cdot \frac{p_{i2} - c_{j2}}{a_j^2}.$$

Элементы матрицы $\mathbf{J}_a$ вычисляются по формуле

$$\begin{aligned} \frac{\partial e_i}{\partial a_j} &= \frac{\partial}{\partial a_j} [u(\mathbf{p}_i) - T_i] = \frac{\partial}{\partial a_j} \left[\sum_{k=1}^{n_{RBF}} w_k \varphi_k(\mathbf{p}_i) \right] = \\ &= w_j \frac{\partial}{\partial a_j} \left[e^{-\frac{\|\mathbf{p}_i - \mathbf{c}_j\|^2}{2a_j^2}} \right] = w_j e^{-\frac{\|\mathbf{p}_i - \mathbf{c}_j\|^2}{2a_j^2}} \cdot \frac{\partial}{\partial a_j} \left[-\frac{\|\mathbf{p}_i - \mathbf{c}_j\|^2}{2a_j^2} \right] = w_j \varphi_j(\mathbf{p}_i) \cdot \frac{\|\mathbf{p}_i - \mathbf{c}_j\|^2}{a_j^3}. \end{aligned}$$

Матрица $\mathbf{J}_{k-1}^T \mathbf{J}_{k-1} + \mu_k \mathbf{E}$ является плотной симметричной и положительно определенной. Поэтому для решения системы (7) целесообразно использовать метод Холецкого [13], реализованный в математических пакетах, например в MatLab, и в математических библиотеках популярных языков программирования. Недостатком метода Холецкого является использование при выполнении разложения матриц длительной операции извлечения квадратного корня. От этого недостатка свободен метод LDL^T -разложения [13], который представляет матрицу в виде $\mathbf{A} = \mathbf{L}\mathbf{D}\mathbf{L}^T$, где $\mathbf{L}$ – нижняя треугольная матрица с единичной главной диагональю; $\mathbf{D}$ – диагональная матрица; $\mathbf{T}$ – операция транспонирования матрицы. При разложении не применяется операция извлечения квадратного корня.

В методе Левенберга – Марквардта важен правильный подбор параметра μ . В начале процесса обучения, когда вектор весов далек от оптимального, используется относительно большое значение параметра μ . В этом случае гессиан заменяется приближенным значением $\mathbf{H} \approx \mu \mathbf{E}$, а вектор поправки определяется методом градиентного спуска с малым шагом

$$\Delta \boldsymbol{\theta}^{(k)} = -\frac{1}{\mu_k} \mathbf{g}_{k-1}.$$

По мере уменьшения погрешности параметр μ уменьшается и метод приближается к методу Ньютона с аппроксимацией гессиана $\mathbf{H} \approx \mathbf{J}^T \mathbf{J}$. Это обеспечивает высокую скорость сходимости, так как метод Ньютона вблизи минимума функционала ошибки имеет хорошую сходимость. Марквардт рекомендует [14] начинать со значения μ_0 и коэффициента $\nu > 1$. Текущее значение μ делится на ν , если функционал ошибки уменьшается, или умножается на ν , если функционал ошибки увеличивается.

Процесс заканчивается при малом значении функционала ошибки (3) или среднеквадратической погрешности (5).

Можно показать, что метод Левенберга – Марквардта является вариантом метода доверительных областей (trust-region methods) [15]. Особенно

стью метода доверительных областей является поиск минимума функции в ограниченной доверительной области. В [6] разработана реализация метода доверительных областей для обучения сетей радиальных базисных функций. Но метод доверительных областей является достаточно сложным, так как из-за условия поиска минимума в доверительной области требует решения задачи условной оптимизации, в отличие от других градиентных методов обучения нейронных сетей, в которых решается задача безусловной оптимизации. Марквардт доказал [14], что этот метод эквивалентен методу доверительных областей, при этом радиус доверительной области регулируется параметром μ . Таким образом, метод Левенберга – Марквардта, сохраняя положительные качества метода доверительных областей, является более простым в реализации.

Экспериментальное исследование алгоритмов обучения РБФ-сетей

Экспериментальное исследование рассмотренных методов проводилось на примере аппроксимации функции $z = x^2 + y^2$ в области $(x = -3 \dots +3, y = -3 \dots +3)$. Количество узлов интерполяции равно 100. Узлы интерполяции располагались случайным образом в области (рис. 1). Количество РБ-функций (нейронов) равно 16. В начальном состоянии центры РБ-функций располагались на сетке (рис. 2).

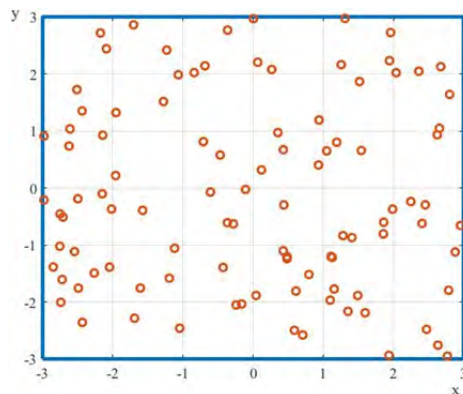


Рис. 1. Пример расположения узлов интерполяции

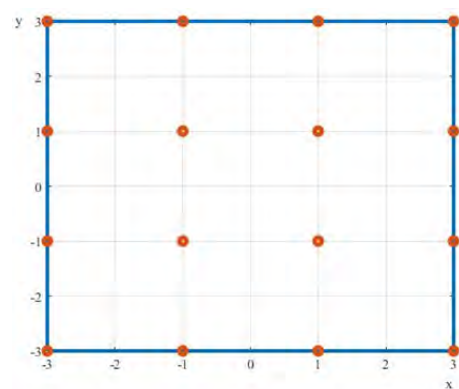


Рис. 2. Начальное расположение центров РБ-функций

Веса иницировались случайными числами, равномерно распределенными от 0 до 0,001. Начальная ширина всех РБ-функций была постоянной, равной 3,0 для методов спуска и NAG и 1,0 – для метода Левенберга – Марквардта. Итерационный процесс обучения продолжался до достижения значения среднеквадратической ошибки (5), равной 0,01.

Для проведения экспериментов разработан комплекс программ в системе MatLab. Эксперименты проводились на компьютере со следующими характеристиками: процессор Intel Core i5-2500K, 3,30 GHz, ОЗУ 8,0 GB. Результаты экспериментов представлены в табл. 1. Так как число итераций и время решения зависят от случайных начальных значений весов, то для каждого метода проводилось 10 экспериментов, и в таблице представлены полу-

ченные диапазоны числа итераций и времени решения. Индексы у коэффициентов означают: 1 – коэффициент для весов, 2 – для центров, 3 – для ширины. Значения коэффициентов подбирались экспериментально.

Таблица 1

Результаты экспериментов

Метод	Стратегия обучения	Параметры	Число итераций	Время решения, с
Градиентный спуск	Одновременная настройка	$\eta_1 = 0,00150$, $\eta_2 = 0,00100$, $\eta_3 = 0,00050$	45000–70000	2500–5000
Градиентный спуск	Последовательная настройка	$\eta_1 = 0,05000$, $\eta_2 = 0,00100$, $\eta_3 = 0,00050$	35000–50000	2000–3500
Градиентный спуск с импульсом	Одновременная настройка	$\eta_1 = 0,00700$, $\alpha_1 = 0,9$, $\eta_2 = 0,00002$, $\alpha_2 = 0,9$, $\eta_3 = 0,00020$, $\alpha_3 = 0,9$	1500–2100	50–70
Градиентный спуск с импульсом	Последовательная настройка	$\eta_1 = 0,00700$, $\alpha_1 = 0,9$, $\eta_2 = 0,00002$, $\alpha_2 = 0,9$, $\eta_3 = 0,00020$, $\alpha_3 = 0,9$	200–9000	9–360
NAG	Последовательная настройка	$\eta_1 = 0,00500$, $\alpha_1 = 0,9$, $\eta_2 = 0,00200$, $\alpha_2 = 0,5$, $\eta_3 = 0,00100$, $\alpha_3 = 0,3$	270–470	14–24
RMSProp+NAG	Последовательная настройка	$\eta_1 = 0,00100$, $\eta_2 = 0,00200$, $\eta_3 = 0,00100$, $\alpha_1 = 0,90000$, $\rho_1 = 0,90000$, $\alpha_2 = 0,50000$, $\rho_2 = 0,90000$, $\alpha_3 = 0,10000$, $\rho_3 = 0,90000$	5700–13400	245–600
Метод Левенберга – Марквардта	Одновременная настройка	$\mu_0 = 0,1$, $\nu = 10$	6–11	1,77–1,96

Результаты экспериментов показали явное преимущество ускоренных методов первого порядка по сравнению с классическим методом градиентного спуска. Последовательная настройка параметров также дает существенный эффект. Градиентный спуск с импульсом очень чувствителен к случайным начальным значениям весов и параметрам обучения. Процесс изменения среднеквадратической погрешности носит колебательный характер и неустойчив. Наиболее быстрым и устойчивым является метод NAG, он наименее чувствителен к начальным значениям весов и параметрам обучения. Процесс изменения среднеквадратической погрешности носит гладкий характер и устойчив (рис. 3). Экспериментально обнаружена необходимость использования различных значений коэффициентов α для различных параметров сети. Метод RMSProp+NAG устойчив к изменению начальных значений весов и параметров обучения. Процесс изменения среднеквадратической погрешности носит гладкий характер и устойчив. Но метод проигрывает NAG по числу итераций.

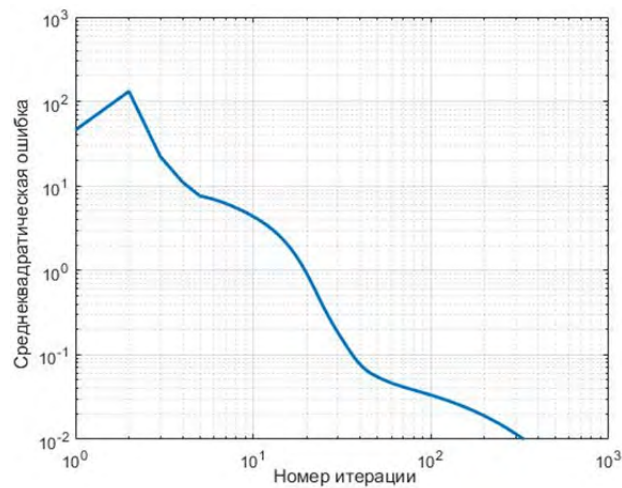


Рис. 3. Зависимость среднеквадратической ошибки от номера итерации в методе NAG

Эксперименты подтвердили важность настройки не только весов, но и параметров РБ-функций. Конечное положение центров РБ-функций, полученное в результате обучения сети (рис. 4), радикально отличается от начального положения (см. рис. 2), причем после обучения сети центры вышли за пределы области решения.

Метод Левенберга – Марквардта обеспечивает качественное преимущество по числу циклов обучения сети по сравнению с методами первого порядка. С помощью метода Левенберга – Марквардта удалось достичь значения среднеквадратической погрешности, равного 10^{-6} , что практически невозможно сделать методами первого порядка. Решение при этом было достигнуто за число циклов обучения, изменявшееся от 23 до 98 (время решения менялось от 2,23 с до 4,65 с).

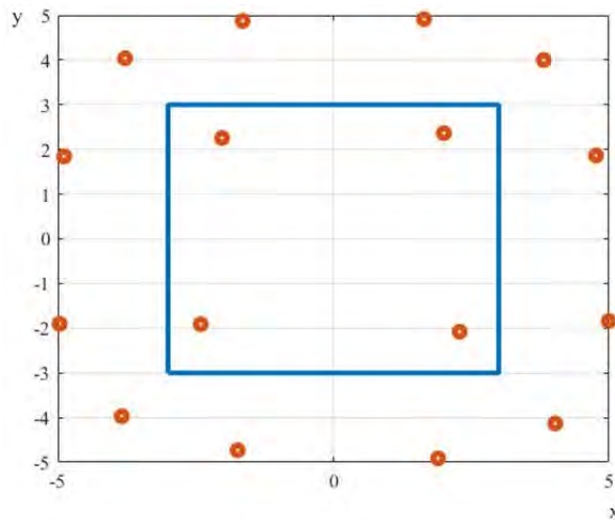


Рис. 4. Пример конечного положения центров РБ-функций

Недостаток метода Левенберга – Марквардта – плохая обусловленность системы (7), зависящая от начальных значений ширины РБ-функций и увеличивающаяся с ростом точности вычислений. Известно, что матрица, элементами которой являются функции Гаусса, является плохо обусловленной и обусловленность матрицы зависит от ширины РБ-функций [16]. С ростом ширины значения РБ-функций (2), являющиеся элементами матрицы $\mathbf{J}_w$ (11), стремятся к единице, а элементы матриц $\mathbf{J}_c$ и $\mathbf{J}_a$ стремятся к нулю. Число обусловленности матрицы $\mathbf{J}^T \mathbf{J}$ растет. В пределе матрица $\mathbf{J}^T \mathbf{J}$ будет содержать $3n_{RBF}$ нулевых строк и столбцов и становиться особенной. Это следует из известного свойства, что определитель матрицы равен нулю, если матрица имеет хотя бы два одинаковых столбца (или две одинаковые строки). Параметр регуляризации μ улучшает обусловленность системы (7), но уменьшение параметра μ по мере уменьшения погрешности приводит к ухудшению обусловленности. В отличие от обучения многослойного персептрона методом Левенберга – Марквардта, обучение РБФ-сети требует значительно бóльших значений параметра регуляризации μ . Так, для обучения многослойного персептрона рекомендуется $\mu = 0,001$ [17], а обучение РБФ-сети работает даже при $\mu > 1$, но при этом процесс изменения среднеквадратической погрешности носит сильно колебательный характер.

При некоторых значениях начальных параметров не удалось решить систему (7) в MatLab из-за практической вырожденности. В частности, систему не всегда удавалось решить при постоянном начальном значении ширины, бóльшем единицы. Например, при начальном расположении центров на сетке, постоянном начальном значении ширины, равном 3,0, и случайных малых начальных значениях весов ранг матрицы $\mathbf{J}_0^T \mathbf{J}_0$ при начальных значениях параметров сети равен 22, когда размер этой матрицы 64×64 , т.е. значительная часть столбцов матрицы линейно зависима. Определитель матрицы

$\mathbf{J}_0^T \mathbf{J}_0 + \mu_k \mathbf{E}$ равен $2,487968848564625 \cdot 10^{-51}$, т.е. практически равен нулю. Поэтому зачастую не удавалось решить систему с использованием стандартного решателя MATLAB. Уменьшение начального значения ширины РБ-функций до 1,0 позволило преодолеть этот недостаток. Число обусловленности матрицы $\mathbf{J}_{k-1}^T \mathbf{J}_{k-1} + \mu_k \mathbf{E}$ увеличивалось по мере повышения точности решения. Например, число обусловленности матрицы $\mathbf{J}_{k-1}^T \mathbf{J}_{k-1} + \mu_k \mathbf{E}$ менялось в экспериментах от $1,9349 \cdot 10^{+2}$ при начальных значениях сети до $2,1619 \cdot 10^{+6}$ и при значении среднеквадратической погрешности, равной 0,01 и $3,2367 \cdot 10^{+8}$, при среднеквадратической погрешности 10^{-6} . Процесс изменения среднеквадратической погрешности в методе Левенберга – Марквардта носит колебательный характер (рис. 5). Более гладкий характер изменения среднеквадратической погрешности можно обеспечить, уменьшая коэффициент ν , но при этом растет число циклов обучения.

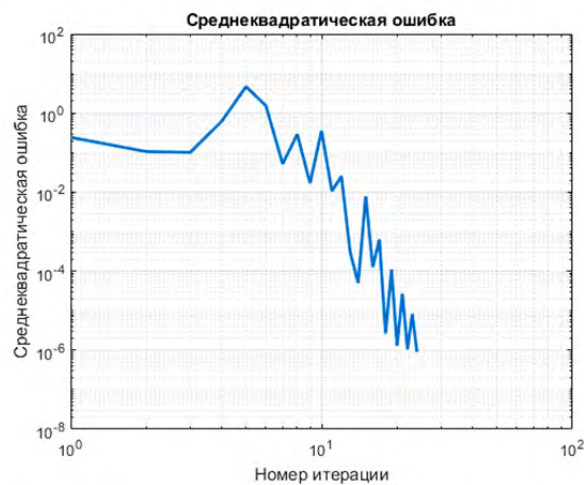


Рис. 5. Зависимость среднеквадратической ошибки от номера итерации в методе Левенберга – Марквардта

Заключение

Впервые разработаны и исследованы ускоренные алгоритмы первого порядка и Левенберга – Марквардта обучения сетей радиальных базисных функций для решения задач аппроксимации функций. Экспериментальное исследование алгоритмов показало преимущество алгоритма Левенберга – Марквардта и проблемы использования этого алгоритма, связанные с плохой обусловленностью решаемой системы линейных алгебраических уравнений.

Для решения задач аппроксимации на сетях радиальных базисных функций можно рекомендовать адаптированный в работе алгоритм Левенберга – Марквардта, но при этом необходимо оценивать обусловленность решаемой системы. При возникновении проблем с плохой обусловленностью системы можно рекомендовать использовать алгоритм ускоренного градиента Нестерова.

Библиографический список

1. Wendland, H. Scattered Data Approximation / H. Wendland. – Cambridge : Cambridge University Press, 2010. – 348 p.
2. Buhmann, M. D. Radial Basis Functions: Theory and Implementations / M. D. Buhmann. – Cambridge : Cambridge University Press, 2009. – 272 p.
3. Fasshauer, G. F. Meshfree Approximation Methods with MATLAB / G. F. Fasshauer. – New Jersey : World Scientific Publishing Company, 2007. – 520 p.
4. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – М. : Вильямс, 2006. – 1104 с.
5. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. – М. : Горячая линия - Телеком, 2016. – 448 с.
6. Горбаченко, В. И. Решение краевых задач математической физики с помощью сетей радиальных базисных функций / В. И. Горбаченко, М. В. Жуков // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2017. – Т 57, № 1. – С. 133–143.
7. Гудфеллоу, Я. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль. – М. : ДМК Пресс, 2017. – 652 с.
8. Niyogi, P. On the relationship between generalization error, hypothesis complexity and sample complexity for radial basis functions / P. Niyogi, F. Girosi // Neural Computation. – 1996. – Vol. 8, Issue 4. – P. 819–842.
9. Sutskever, I. On the importance of initialization and momentum in deep learning / I. Sutskever, J. Martens, G. Dahl, G. Hinton // Proceedings of the 30th International Conference on International Conference on Machine Learning. – Vol. 28. – Atlanta, Georgia, 2013. – P. 1139–1147.
10. Bishop, C. M. Neural Networks for Pattern Recognition / C. M. Bishop. – Oxford : Oxford University Press, 1996. – 504 p.
11. Гилл, Ф. Практическая оптимизация / Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт. – М. : Мир, 1985. – 509 с.
12. Fast and Efficient Second-Order Method for Training Radial Basis Function Networks / T. Xie, H. Yu, J. Hewlett, P. Rozycki, B. Wilamowski // IEEE transactions on neural networks and learning systems. – 2012. – Vol. 23, № 4. – P. 609–619.
13. Горбаченко, В. И. Вычислительная линейная алгебра с примерами на MATLAB / В. И. Горбаченко. – СПб. : БХВ-Петербург, 2011. – 320 с.
14. Marquardt, D. W. An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters / D. W. Marquardt // Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics. – 1963. – Vol. 11, № 2. – P. 431–441.
15. Conn, A. R. Trust regions methods / A. R. Conn, N. I. M. Gould, P. L. Toint. – Philadelphia : Society for Industrial and Applied Mathematics, 2000. – 959 p.
16. Boyd, J. P. Numerical experiments on the condition number of the interpolation matrices for radial basis functions / J. P. Boyd, K. W. Gildersleeve // Applied Numerical Mathematics. – 2011. – Vol. 61, Issue 4. – P. 443–459.
17. Beale, M. H. Neural Network Toolbox. User's Guide / M. H. Beale, M. T. Hagan, H. B. Demuth. – Natick : MathWorks, Inc., 2017. – 446 p.

Алкезуни Мухи Муртада Мухи

аспирант,

Пензенский государственный университет

E-mail: mohieit@mail.ru

Alqezweeny Mohie Mortadha Mohie

postgraduate student,

Penza State University

Горбаченко Владимир Иванович

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой компьютерных
технологий,
Пензенский государственный университет
E-mail: gorvi@mail.ru

Gorbachenko Vladimir Ivanovich

doctor of technical sciences, professor,
head of sub-department
of computer technologies,
Penza State University

УДК 004.032.26

Алкезуини, М. М.

Совершенствование алгоритмов обучения сетей радиальных базисных функций для решения задач аппроксимации / М. М. Алкезуини, В. И. Горбаченко // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 123–138.

**РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРУЮЩЕГО
 Σ T-АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
С КОРРЕКЦИЕЙ ПОГРЕШНОСТИ
ОТ КРАЕВЫХ ЭФФЕКТОВ В ЦИФРОВОЙ ФОРМЕ**

В. Н. Ашанин, А. А. Коротков

**DEVELOPMENT OF THE Σ T-INTEGRATING
ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER
WITH CORRECTION OF THE ERROR
FROM EDGE EFFECTS IN THE DIGITAL FORM**

V. N. Ashanin, A. A. Korotkov

Аннотация. *Актуальность и цели.* Методическая составляющая погрешности, вызванная краевыми эффектами, присуща практически всем алгоритмам Σ -преобразования. Задача устранения либо минимизации данной погрешности является актуальной, поскольку позволит существенно улучшить метрологические характеристики преобразователей информации. Рассмотрена реализация Σ T-интегрирующего аналого-цифрового преобразователя (Σ -ИАЦП) с промежуточной ШИМ с коррекцией погрешности от краевых эффектов в цифровой форме. *Материалы и методы.* Исследован структурно-алгоритмический метод коррекции погрешности от краевых эффектов в цифровой форме. Для реализации алгоритма использованы средства имитационного моделирования программной среды Matlab/Simulink. *Результаты.* Разработана имитационная Simulink-модель Σ T-ИАЦП с промежуточной ШИМ и цифровой компенсацией погрешности от краевых эффектов. Проведено исследование линейности функции преобразования предложенной структуры Σ T-ИАЦП. Среднеквадратичная погрешность от нелинейности функции преобразования сократилась более чем в 180 раз. *Выводы.* Структурно-алгоритмический метод цифровой компенсации погрешности от краевых эффектов работает эффективно, позволяя более чем в 180 раз сократить значение среднеквадратичной погрешности линейности функции преобразования. Созданная имитационная модель корректно реализует алгоритм.

Ключевые слова: преобразователь информации, интегрирующий аналого-цифровой преобразователь, методическая погрешность, погрешность от краевых эффектов, имитационная модель, цифровая компенсация, коррекция, алгоритм, метод.

Abstract. *Background.* The methodical component of an error caused by edge effects is inherent practically in all algorithms Σ -conversions. The task of elimination or minimization of this error is relevant as will allow to improve metrological characteristics of information converters significantly. In article implementation of the Σ T-integrating analog-to-digital converter (Σ -IADC) from the intermediate PWM with correction of an error from edge effects in the digital form is considered. *Materials and methods.* In operation the structural and algorithmic method of correction of an error from edge effects in the digital form is probed. For implementation of an algorithm means of simulation modeling of a software environment of Matlab/Simulink are used. *Results.* The imitative Simulink-model

Σ T-IADC with the intermediate PWM and digital compensating of an error from edge effects is developed. The research of linearity of a conversion function of the offered structure Σ T-IADC is conducted. The standard deviation from nonlinearity of a conversion function was reduced more than by 180 times. *Conclusions.* The structural and algorithmic method of digital compensating of an error from edge effects works effectively, allowing more than by 180 times to reduce value of a standard deviation of linearity of a conversion function. The created simulation model correctly realizes an algorithm.

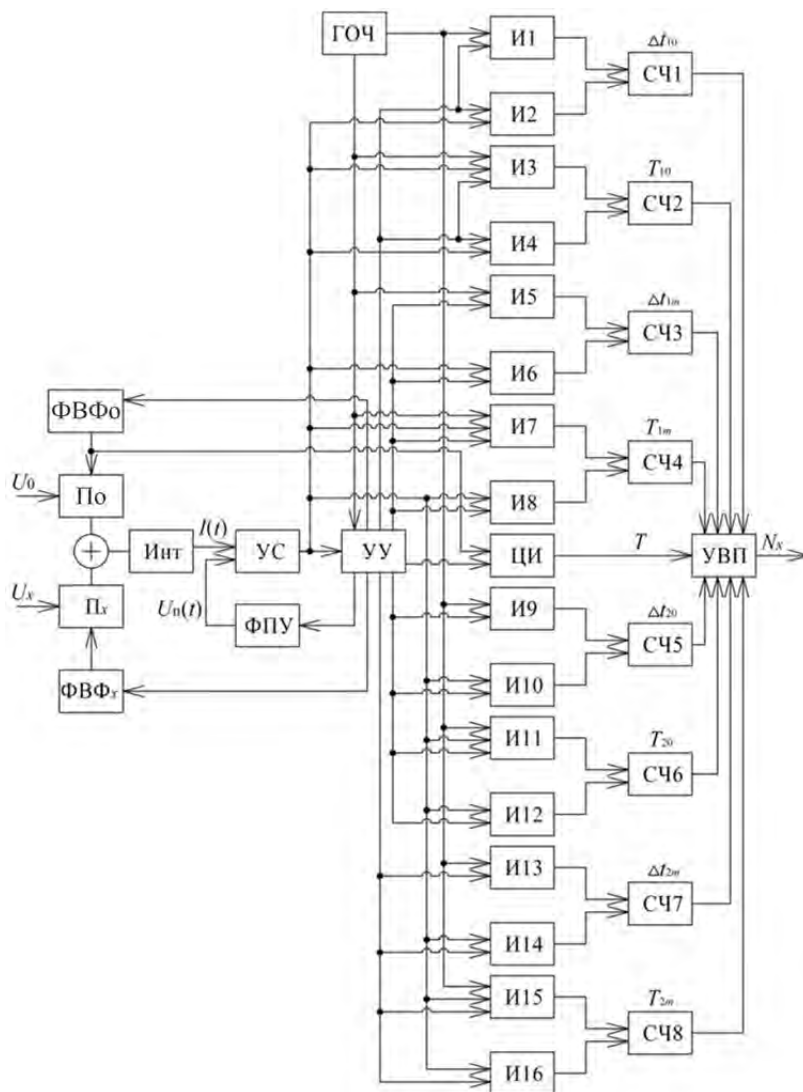
Key words: information transformer, integrating analog-to-digital converter, methodical error, error from edge effects, simulation model, digital compensating, correction, algorithm, method.

Введение

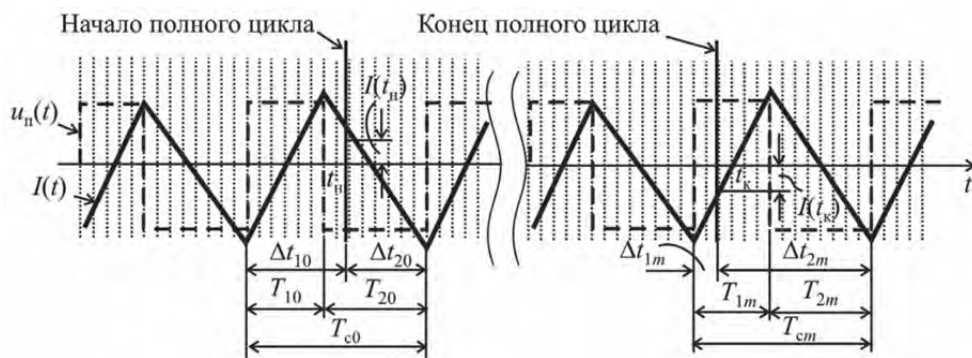
Большинству известных алгоритмов Σ -ИАЦП, реализующих промежуточную импульсную модуляцию входного сигнала с последующим суммированием результатов преобразования примыкающих частных циклов, присуща методическая составляющая погрешности от краевых эффектов, которая вызвана неравенством длительности полного цикла преобразования и длительности суммы частных циклов из-за асинхронности частных и полных циклов [1, 2]. С целью исключения данной составляющей погрешности преобразования предложены структурно-алгоритмические методы их компенсации – аналоговый, цифровой, комбинированный (аналого-цифровой) [3–6]. Все три метода получили свою реализацию в виде имитационных Simulink-моделей. В частности, в работе [7] приведены результаты имитационного моделирования одной из моделей, реализующих цифровую компенсацию погрешности от краевых эффектов. Модель с аналоговой компенсацией рассмотрена в работе [8], а модель с комбинированной компенсацией – в работе [9].

Однако реализация алгоритма интегрирующего аналого-цифрового преобразователя с цифровой коррекцией результата преобразования представляется целесообразной на основе ниже предлагаемого устройства, в котором в явной форме, соответствующей алгоритму цифровой коррекции [2], определяется и вводится поправка в результат преобразования полного цикла. Работа предлагаемого устройства поясняется функциональной схемой и временными диаграммами, представленными на рис. 1. С целью исследования возможностей реализации алгоритма была разработана имитационная модель интегрирующего АЦП.

Функциональные узлы – ФВФ₀ (формирователь весовой функции опорного сигнала), ФВФ_x (формирователь весовой функции преобразуемого сигнала), П₀ (блок умножения весовой функции на опорное напряжение), П_x (блок умножения весовой функции на преобразуемое напряжение), сумматор, Инт (интегратор), УС (устройство сравнения), УУ (устройство управления), ГОЧ (генератор опорной частоты), ЦИ (цифровой интегратор) – реализуют классический интегрирующий АЦП, в котором возможна реализация любого из видов промежуточной импульсной модуляции. Логические элементы И1–И16, счетчики импульсов СЧ1–СЧ8, устройство ввода поправки УВП осуществляют коррекцию погрешности от краевых эффектов в цифровой форме.



a)



б)

Рис. 1. Функциональная схема ИАЦП с цифровой компенсацией (a) и временные диаграммы работы (б)

Суть алгоритма сводится к суммированию кодовых эквивалентов длительностей, полностью уместающихся в полном цикле частных циклов, и произведений кодовых эквивалентов длительностей крайних частных циклов в начале и конце полного цикла на относительное значение части периода импульсной модуляции, находящейся в пределах полного цикла преобразования. Сумма длительностей определена в формуле (1):

$$T = T_{1...m-1} + T_0 \frac{\Delta t_{20}}{\Delta t_{10} + \Delta t_{20}} + T_m \frac{\Delta t_{1m}}{\Delta t_{1m} + \Delta t_{2m}}, \quad (1)$$

где T – длительность полного цикла преобразования без погрешности от краевых эффектов; первое слагаемое – сумма длительностей промежуточных частных циклов, полностью входящих в полный цикл; второе слагаемое – длительность частного цикла в начале полного цикла; третье слагаемое – длительность частного цикла в конце полного цикла преобразования.

Имитационная модель ИАЦП с коррекцией результата преобразования в цифровой форме

Разработанная в программной среде Matlab/Simulink имитационная модель представлена на рис. 2.

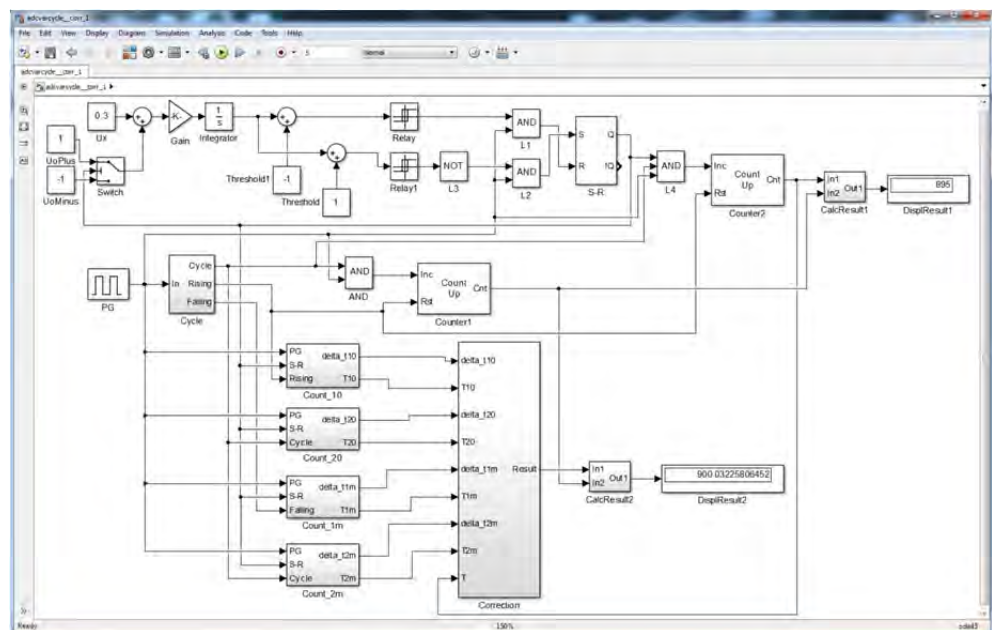


Рис. 2. Имитационная модель ИАЦП

Значительная часть модели (структурные элементы классического ИАЦП) была детально описана в работах [8, 9]. Имитационные блоки классического ИАЦП в данной модели различаются лишь структурой счетчика импульсов – поставлены блоки счетчиков Counter1 и Counter2, что было обусловлено необходимостью снимать показания кодовых эквивалентов

длительностей 0-го и m -го частных циклов в моменты смены полных циклов преобразования. Положительной стороной данного модельного решения является приближенность к реальной структуре с полноценным заполнением информативных интервалов кодирующими импульсами. Подсистемы CalcResult1 и CalcResult2 полностью идентичны и представляют собой реверсивные счетчики.

Рассмотрим подсистемы, реализующие алгоритм коррекции результата преобразования полного цикла и осуществляющие цифровую компенсацию погрешности от краевых эффектов. Начнем с подсистемы формирователя полного цикла, представленной на рис. 3.

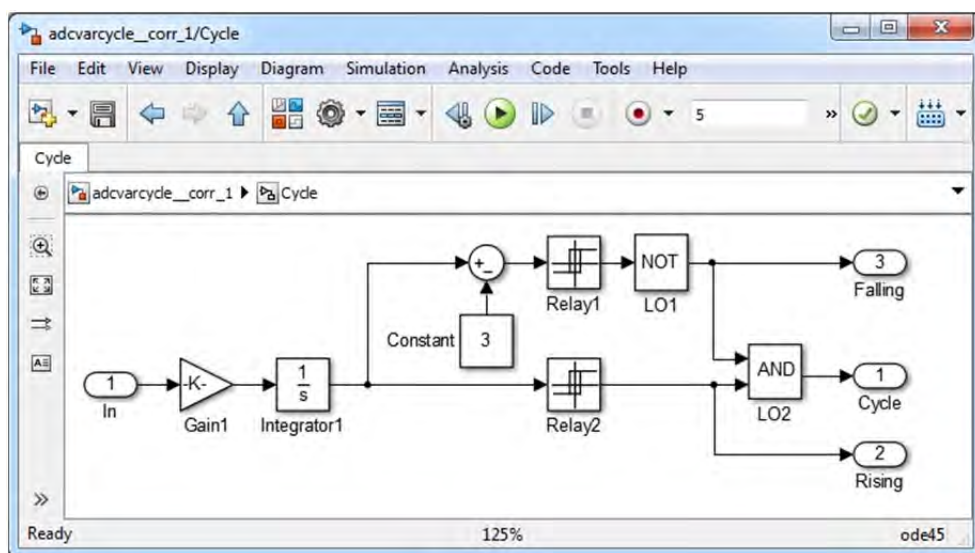
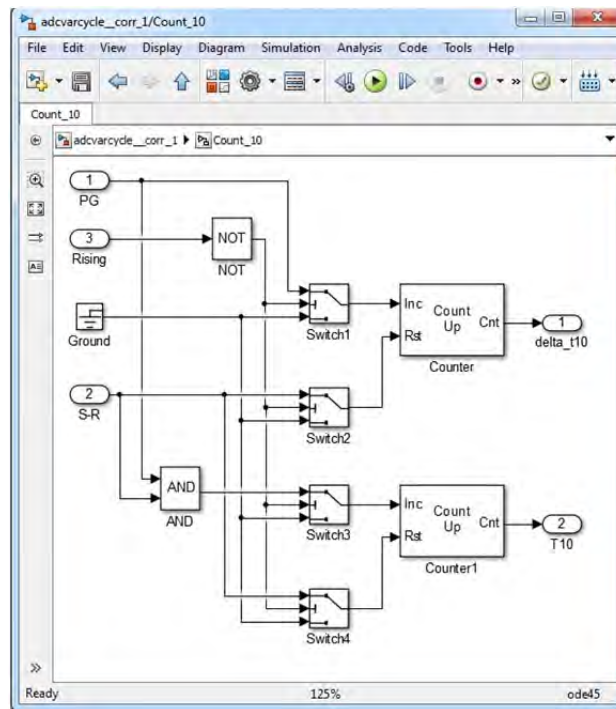


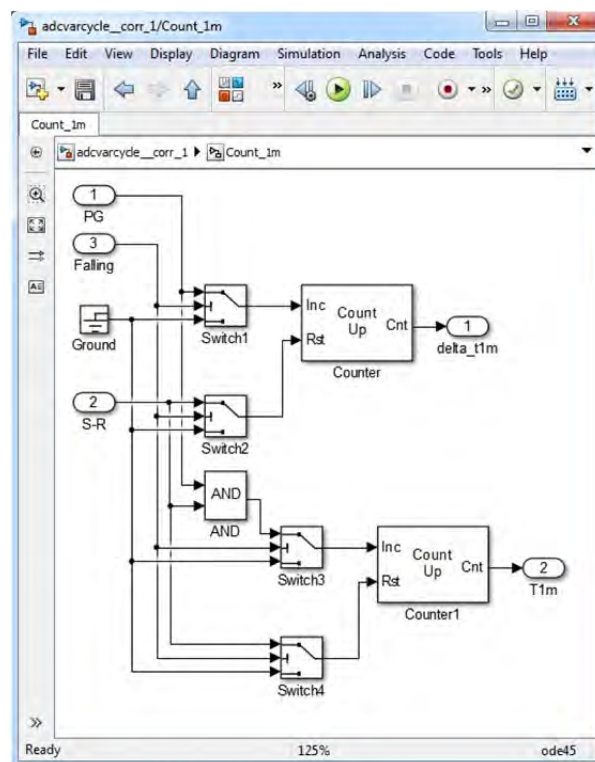
Рис. 3. Подсистема формирователя полного цикла

Интегратор (Integrator1) имеет предварительную установку минусового начального значения выходной величины. Это дает возможность, изменяя данный параметр, управлять смещением полного цикла относительно начала модельного времени. Момент конца времени смещения соответствует срабатыванию релейного блока Relay2. Оно происходит в момент перехода выходного значения интегратора через нулевое значение. На минусовой вход сумматора 1 подается выходная величина блока постоянного воздействия Constant. В результате релейный блок Relay1 срабатывает, когда выходная величина интегратора сравнивается с выходной величиной блока Constant. Этот момент соответствует концу полного цикла преобразования. С помощью блока AND из сигналов, соответствующих переднему и заднему фронтам, формируется полный цикл. Сигнал, имитирующий длительность полного цикла, поступает на выход Cycle, а передний и задний фронты поступают на выходы Rising и Falling соответственно.

Кодовые эквиваленты интервалов времени, необходимые для выполнения алгоритма, формируются подсистемами Count_10, Count_20, Count_1m, Count_2m. Подсистемы Count_10 и Count_1m представлены на рис. 4.



a)



б)

Рис. 4. Подсистемы Count_10 (а) и Count_1m (б)

Эти подсистемы формируют кодовые эквиваленты интервалов Δt_{10} , Δt_{1m} , T_{10} , T_{1m} . Перед входами счетчиков Counter и Counter1 расположены ключи Switch1–Switch4, необходимые для фиксации в моменты начала и конца полного цикла кодовых эквивалентов информативных интервалов времени. Блоки Counter подсчитывают Δt_{10} , Δt_{1m} соответственно для начала и конца полного цикла, а блоки Counter1 – T_{10} , T_{1m} . Подсистемы практически идентичны, различие их состоит во фронтах управляющего сигнала. Для завершения подсчета кодирующих импульсов в момент начала полного цикла в подсистеме Count_10 расположен блок логического элемента NOT после входа Rising, на который поступает сигнал с выхода формирователя полного цикла. Подсчет кодирующих импульсов в конце полного цикла осуществляется подсистемой Count_1m по заднему фронту с подсистемы формирователя полного цикла. Пример результата функционирования просматривается на осциллограммах (рис. 5).

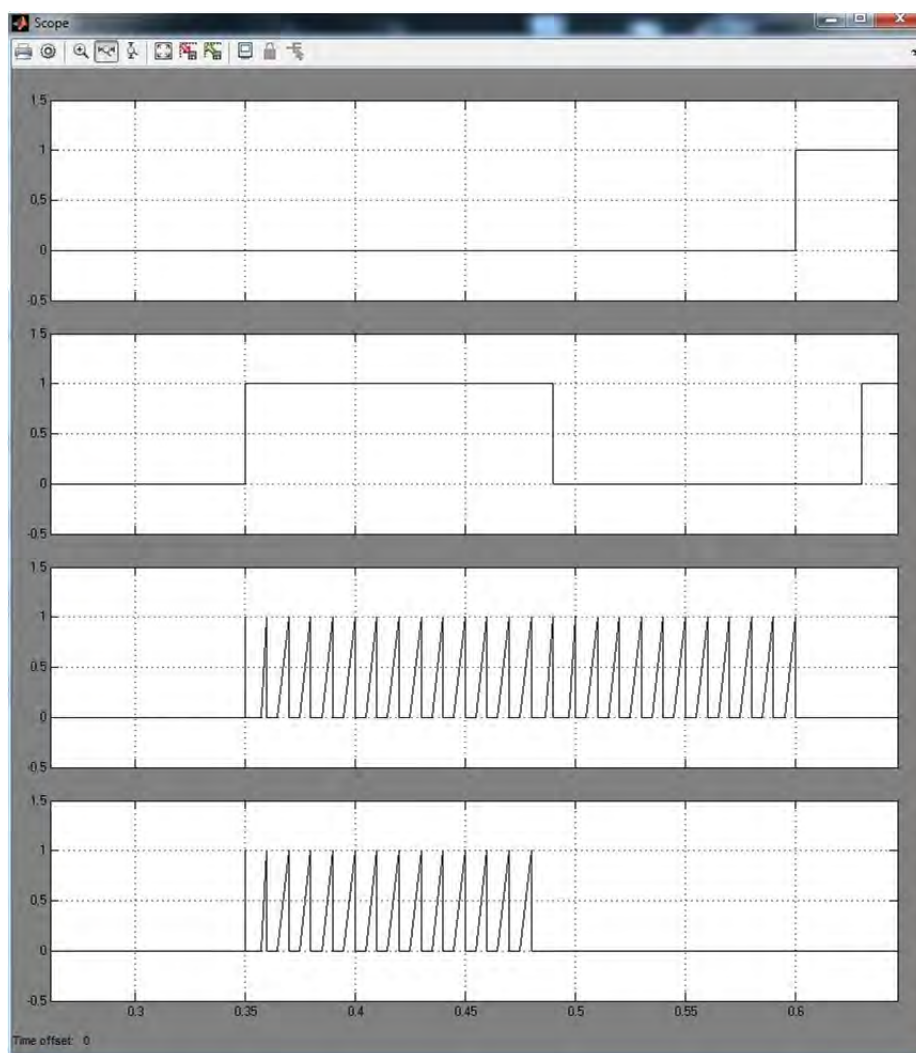
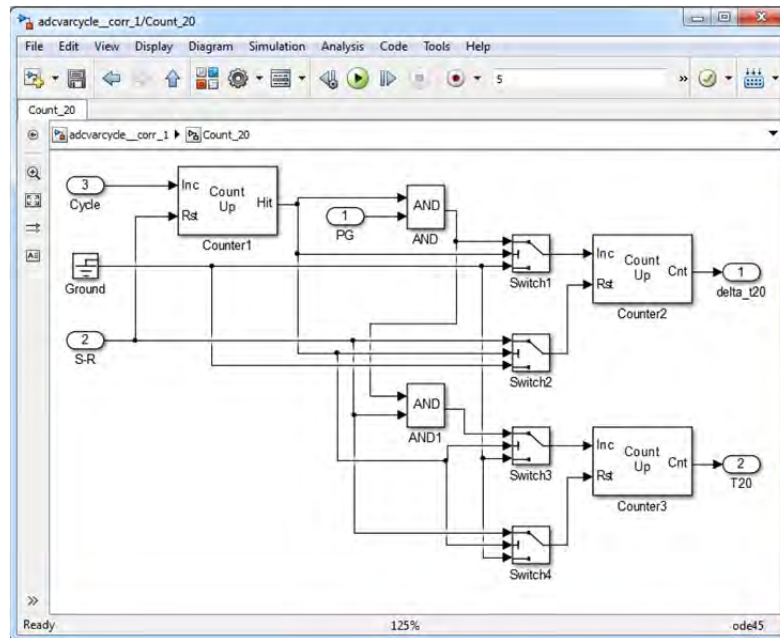


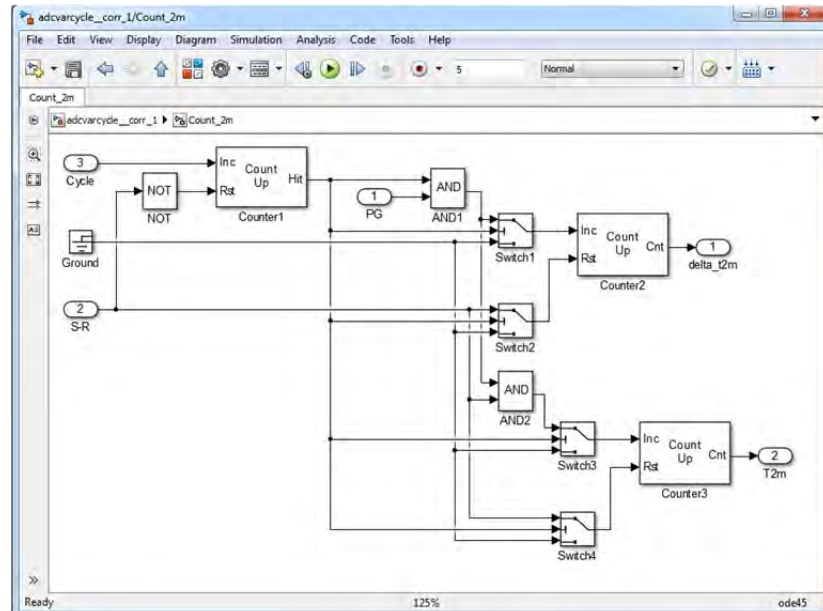
Рис. 5. Осциллограммы работы подсистемы Count_10

Верхняя осциллограмма – начало полного цикла; вторая осциллограмма – выходной сигнал RS-триггера в устройстве управления; третья осциллограмма – информативный интервал Δt_{10} ; нижняя – информативный интервал T_{10} . Для подсистемы Count_1*m* визуально будет отличаться фронт верхней осциллограммы.

Подсистемы Count_20 и Count_2*m* представлены на рис. 6.



а)



б)

Рис. 6. Подсистемы Count_20 (а) и Count_2*m* (б)

Подсистемы Count_20 и Count_2m формируют кодовые эквиваленты интервалов Δt_{20} , Δt_{2m} , T_{20} , T_{2m} . Аналогично подсистемам Count_10 и Count_1m перед входами счетчиков Counter2 и Counter3 расположены ключи Switch1–Switch4, необходимые для фиксации в моменты начала и конца полного цикла кодовых эквивалентов информативных интервалов времени. Блоки Counter2 подсчитывают Δt_{20} , Δt_{2m} соответственно для начала и конца полного цикла, а блоки Counter3 – T_{20} , T_{2m} . Блоки Counter1 отличаются от других счетчиков наличием выхода Hit вместо Cnt, что необходимо для формирования сигнала управления ключами. Сигналы управления могут быть сформированы блоками триггеров, однако в данном случае блоки универсального счетчика обладают большим удобством моделирования. Подсистемы Count_20 и Count_2m практически идентичны, отличие их состоит в управляющем сигнале, фронты которого различаются. Для завершения подсчета кодирующих импульсов в момент конца полного цикла в подсистеме Count_2m расположен блок логического элемента NOT после входа 2 (S-R), на который поступает сигнал с выхода RS-триггера в составе устройства управления. Пример результата функционирования приведен на осциллограммах (рис. 7).

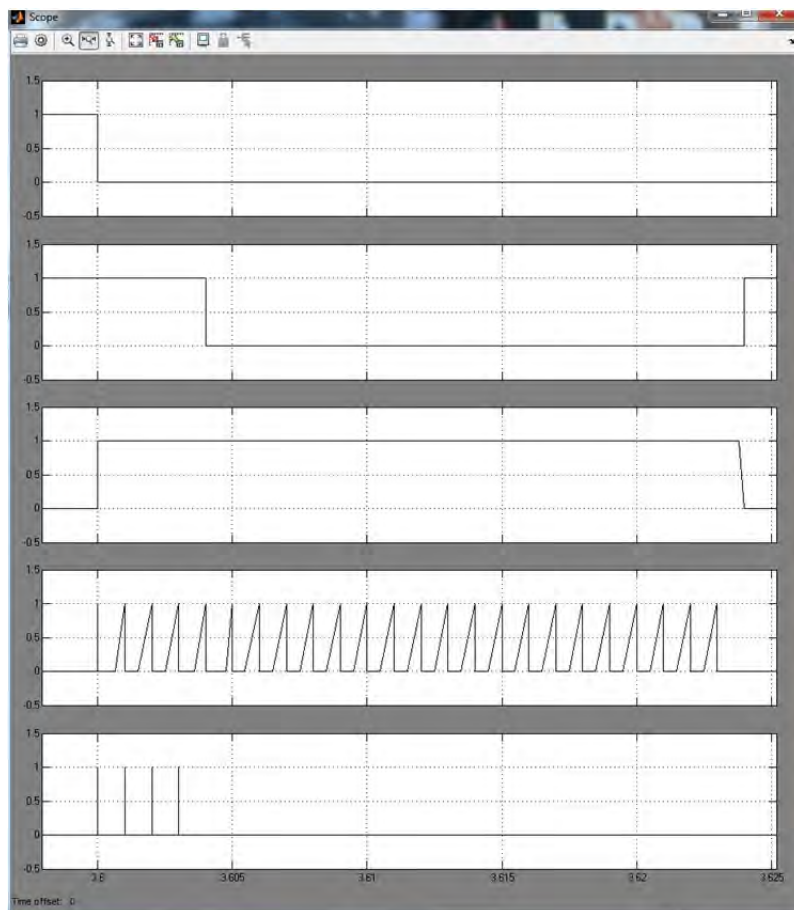


Рис. 7. Осциллограммы работы подсистемы Count_2m

Верхняя осциллограмма – конец полного цикла; вторая осциллограмма – выходной сигнал RS-триггера в устройстве управления; третья осциллограмма – сигнал управления ключами Switch1–Switch4; четвертая осциллограмма – информативный интервал Δt_{2m} ; нижняя – информативный интервал T_{2m} . Для подсистемы Count_20 визуально будет отличаться фронтом верхняя осциллограмма.

Устройство ввода поправки, реализующее алгоритм по формуле (1), представлено подсистемой Correction на рис. 8.

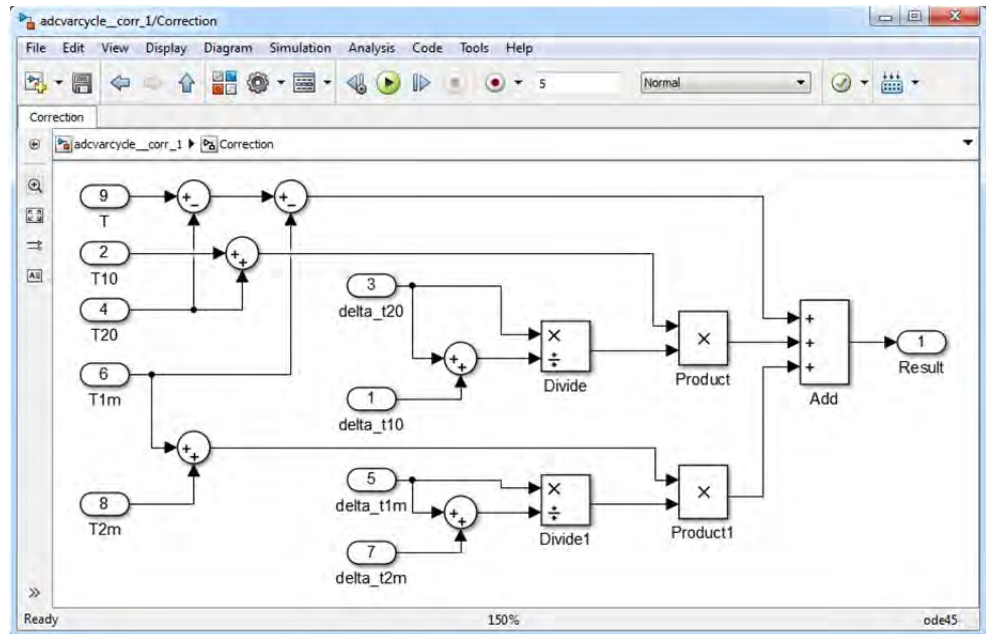


Рис. 8. Подсистема ввода поправки

Первое слагаемое алгоритма реализовано узлами подсистемы Correction (входами T , T_{20} , T_{1m} и двумя вычитающими узлами). На вход T подсистемы Correction поступает сумма кодовых эквивалентов длительностей частных циклов, включая погрешность от краевых эффектов. После вычитания значений, поступающих на входы T_{20} и T_{1m} , остается первое слагаемое. Второе слагаемое определяется блоками подсистемы Correction (входы T_{10} , T_{20} , $\text{delta_}t_{10}$, $\text{delta_}t_{20}$, блоки Divide, Product и два сумматора). Сумма значений со входов T_{10} и T_{20} образует T_0 , которое умножается на относительное значение части периода импульсной модуляции, образуемое значениями со входов $\text{delta_}t_{10}$ и $\text{delta_}t_{20}$. Третье слагаемое определяется также блоками подсистемы Correction (входы T_{1m} , T_{2m} , $\text{delta_}t_{1m}$, $\text{delta_}t_{2m}$, блоки Divide1, Product1 и два сумматора). Сигналы с входов T_{1m} и T_{2m} составляют T_m , умножаемое на относительное значение части периода, получаемое кодовыми эквивалентами с входов $\text{delta_}t_{1m}$ и $\text{delta_}t_{2m}$. Все три слагаемых суммируются блоком Add и поступают на выход Result. Кодовый эквивалент суммы информативных интервалов полного цикла поступает на реверсивный счетчик CalcResult2, и далее получившийся результат преобразования выводится на устройство индикации DisplResult2.

Заключение

В ходе исследования линейности функции преобразования были проведены замеры выходного кода при изменении входного сигнала от -1 В до 1 В с шагом $0,05$ В. Модель настроена на симуляцию 100 частных циклов в одном полном. При обработке выходных кодов, соответствующих 16 разрядам двоичного кода, получены следующие значения среднеквадратичной погрешности линейности преобразования в единицах младшего значащего разряда – $10,98698$ и $0,05965$ соответственно для моделирования без компенсации и с компенсацией. Таким образом, методическая составляющая погрешности от краевых эффектов сократилась более чем в 180 раз. Полученные результаты подтверждают эффективность функционирования алгоритма и корректность реализации в виде имитационной Simulink-модели.

Библиографический список

1. Шахов, Э. К. Интегрирующие развертывающие преобразователи / Э. К. Шахов, В. Д. Михогин. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 144 с.
2. Ашанин В. Н. Теория интегрирующего аналого-цифрового преобразования : моногр. / В. Н. Ашанин, Б. В. Чувькин, Э. К. Шахов. – Пенза : ИИЦ ПензГУ, 2009. – 214 с.
3. Пат. 2303327. Российская Федерация. Способ интегрирующего аналого-цифрового преобразования напряжения / Шахов Э. К., Ашанин В. Н. – Оpubл. 2007, БИ № 20.
4. Пат. 2294595. Российская Федерация. Способ интегрирующего аналого-цифрового преобразования напряжения / Шахов Э. К., Ашанин В. Н. – Оpubл. 2007, БИ № 6.
5. Пат. 2292642. Российская Федерация. Способ интегрирующего аналого-цифрового преобразования напряжения / Шахов Э. К., Ашанин В. Н., Чувькин Б. В. – Оpubл. 2007, БИ № 3.
6. Пат. 2291559. Российская Федерация. Способ интегрирующего аналого-цифрового преобразования напряжения / Шахов Э. К., Ашанин В. Н. – Оpubл. 2007, БИ № 1.
7. Ашанин, В. Н. Структурно-алгоритмические методы компенсации погрешности от краевых эффектов в интегрирующих АЦП / В. Н. Ашанин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2009. – № 4. – С. 82–92.
8. Ashanin, V. N. Development of Sigma-T ADC with Analogue Compensation of Error Caused by Edge Effects / V. N. Ashanin, A. A. Korotkov // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). – Astana, 2017. – P. 5.
9. Ashanin, V. N. Research of the sigma-T analog-to-digital converter with combined compensating of the error from edge effects / V. N. Ashanin, A. A. Korotkov // 4th the International Conference on the Transformation of Education (24–30 April 2016). – London, 2016. – P. 6–17.

Ашанин Василий Николаевич

кандидат технических наук, профессор,
заведующий кафедрой электроэнергетики
и электротехники,
Пензенский государственный университет
E-mail: eltech@pnzgu.ru

Ashanin Vasiliy Nikolayevich

candidate of technical sciences, professor,
head of sub-department of power industry
and electrical engineering,
Penza State University

Коротков Алексей Александрович
аспирант,
Пензенский государственный университет
E-mail: lexifer@mail.ru

Korotkov Aleksey Alexandrovich
postgraduate student,
Penza State University

УДК 681.325.3

Ашанин, В. Н.

Разработка интегрирующего ΣT -аналого-цифрового преобразователя с коррекцией погрешности от краевых эффектов в цифровой форме / В. Н. Ашанин, А. А. Коротков // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 139–150.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ АППАРАТНОГО АРБИТРА ОБЩЕЙ ШИНЫ МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ¹

А. И. Мартышкин

FUNCTIONAL ORGANIZATION OF HARDWARE ARBITER OF COMMON BUS OF MULTIPROCESSOR SYSTEM

A. I. Martyshkin

Аннотация. *Актуальность и цели.* Одним из путей к определенному решению проблемы сложности решаемых научно-технических задач стало появление современных высокопроизводительных вычислительных систем. Здесь немаловажное значение имеет организация шинного арбитра, который управляет процессом занятия и освобождения общей шины в вычислительных системах. Этим обусловлена актуальность статьи. *Цель работы* – создание, описание и исследование функционирования аппаратного арбитра общей шины многопроцессорной системы. *Материалы и методы.* Для достижения поставленной в работе цели автором применена САПР Web pack ISE фирмы Xilinx, где наряду с языком VHDL можно использовать схемотехнический редактор для создания и моделирования правильности функционирования блока аппаратного арбитра, что облегчает синтез проектов, направленных на использование современной элементной базы – ПЛИС. *Результаты.* Предложен вариант реализации и функционирования аппаратного арбитра. Описан состав предлагаемого устройства. Представлена созданная функциональная схема модуля арбитра, которая синтезирована в САПР Web pack ISE для проверки работоспособности. В качестве подтверждения работоспособности приведены временные диаграммы функционирования компонента выбора ведущего процессора аппаратным арбитра. *Выводы.* Предполагается реализовать аппаратный арбитр в виде платы расширения с применением ПЛИС. Областью применения устройства являются высокопроизводительные вычислительные системы различной специализации и назначения.

Ключевые слова: аппаратный арбитр, децентрализованный арбитраж, интерфейс «общая шина», многопроцессорная система, ПЛИС, принцип работы, приоритеты, функциональная схема, централизованный арбитраж.

Abstract. *Background.* One of the ways to solve the problem of the complexity of the scientific and technical problems being solved was the emergence of modern high-performance computing systems. It is important to organize the bus arbiter, which manages the process of occupying and releasing the common bus in computer systems. This is due to the relevance of the article. The purpose of the work is to create, describe and study the functioning of the hardware arbiter of the common bus of the multiprocessor system. *Materials and methods.* To achieve the goal set, the author applied CAD pack Web pack ISE from Xilinx is used, where along with the VHDL language, a circuit designer can be used to create and simulate the correct functioning of the hardware arbiter

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-07-00012).

unit, which facilitates the synthesis of projects aimed at using the modern element base – PLD. *Results.* In the article the author suggests an option for the implementation and functioning of the hardware arbiter. The composition of the proposed device is described. The created functional diagram of the arbitrator module, which is synthesized in the CAD Web pack ISE, is shown to test the functionality. As a confirmation of operability, the time diagrams of the functioning of the master processor selection component by the hardware arbiter. *Conclusions.* In conclusion, based on the results of studies and analysis of the further development of the project, the author presents the results and conclusions. It is proposed to implement a hardware arbiter in the form of an expansion board using PLDs. The field of application of the device are high-performance computing systems of various specialization and purpose.

Key words: hardware arbiter, decentralized arbitration, common bus interface, multiprocessor system, PLD, operating principle, priorities, functional scheme, centralized arbitration.

Введение

Вся жизнь современного человека пронизана вычислительной техникой. Пожалуй, нет такой сферы деятельности, где бы ни применялись компьютеры и разнообразная вычислительная техника. В настоящее время проблема производительности вычислительных машин актуальна в том числе и потому, что круг задач, решаемых на ЭВМ, существенно вырос, а также возросла сложность самих решаемых задач. Одним из путей к определенному решению этой проблемы стало появление современных высокопроизводительных [1, 2] и специализированных [3–5] вычислительных систем. Немалое влияние в таких системах имеет организация устройства – арбитра, который управляет процессом занятия и освобождения общей шины. От того, насколько правильно продуман функционал арбитра, зависит быстродействие вычислительной системы в целом.

Постановка задачи

Целью статьи является разработка и описание функционирования аппаратного арбитра общей шины многопроцессорной системы.

Функциональная организация аппаратного арбитра

В работе [6] при описании структуры производилось проектирование и описание всей вычислительной системы в целом, в состав же функциональной схемы входит и исследуется только модуль аппаратного арбитра шины. Выделим следующие основные блоки, из которых состоит арбитр:

- регистр запросов;
- схема выделения статических приоритетов;
- схема выделения динамических приоритетов;
- регистр приоритетов.

Схема выделения статических приоритетов работает следующим образом.

На регистр запросов поступают запросы от процессоров (BR0–BR15) на захват и занятие шины. Затем они поступают на схему анализа приоритетов, где выделяется запрос с наивысшим приоритетом.

С целью оптимизации и простоты функционирования примем, что выделение наивысшего приоритета происходит по следующей схеме. Статический арбитр присваивает каждому из процессоров системы строго зафиксированный за ним уровень приоритета. В том случае, если одновременно поступило несколько запросов от разных процессоров, арбитр выделяет приоритет по следующему принципу:

- процессор № 0 получает разрешение доступа к шине сразу же после выдачи им запроса (если шина в данный момент свободна);
- процессор № 1 получает разрешение в том случае, если от него есть запрос и в этот момент нет запроса от процессора № 0;
- процессор № 2 получает разрешение в том случае, если от него есть запрос и в этот момент нет запросов от процессоров № 0 и № 1 и т.д.;
- процессор № 3 получает разрешение в том случае, если от него есть запрос и в этот момент нет запросов от процессоров № 0, № 1 или № 2 и т.д.

Этот принцип можно описать следующими выражениями:

$$\Pi\Pi_0 = \Pi\Pi_0, \quad (1)$$

$$\Pi\Pi_1 = \overline{\Pi\Pi_0} \Pi\Pi_1, \quad (2)$$

$$\Pi\Pi_2 = \overline{\Pi\Pi_0} \overline{\Pi\Pi_1} \Pi\Pi_2, \quad (3)$$

...

$$\Pi\Pi_{15} = \overline{\Pi\Pi_0} \overline{\Pi\Pi_1} \overline{\Pi\Pi_2} \overline{\Pi\Pi_3} \dots \overline{\Pi\Pi_{13}} \overline{\Pi\Pi_{14}} \Pi\Pi_{15}, \quad (4)$$

После анализа всех запросов и выделения из них наивысшего результата работы заносится в регистр приоритетов (регистр ответа). Выходы регистра приоритетов соединены со входами готовности (READY) всех процессоров.

Схема выделения динамических приоритетов работает следующим образом. На регистр запросов поступают запросы на захват шины от процессоров (BR0-BR15). В схеме динамического арбитра имеется 4-разрядный двоичный счетчик, выходы которого соединены с четырьмя входами 4-16-разрядного дешифратора. По каждому сигналу освобождения шины счетчик производит инкремент и передает 4-разрядную выходную последовательность в дешифратор. На соответствующем этой последовательности выходе дешифратора появляется логическая единица, которая и определяет, какому из процессоров выдать разрешение на работу с общей шиной в данном цикле арбитража.

Регистры запросов и ответов являются общими для обеих схем выделения приоритетов. Тот процессор, который получил единичный сигнал на входе READY, получает в свое распоряжение общую шину и может записать данные в общую память и/или прочитать их оттуда согласно алгоритму функционирования. Кроме того, в логике работы обеих этих схем выдачи приоритетов (статических и динамических) принимают участие сигнал состояния шины (свободно/занято) и сигнал выбора режима работы арбитра. Оба эти сигнала задаются программным путем.

Сигнал состояния шины является общим для обеих схем выделения приоритетов. Его участие в работе схемы в том, что пока этот сигнал показы-

вает, что шина занята, арбитр не будет выдавать никаких приоритетов процессорам.

Сигнал выбора режима арбитража служит для того, чтобы в конкретный момент времени работала только одна из схем выдачи приоритетов (статическая или динамическая).

Описываемое устройство работает в соответствии со спецификацией шины AMBA AHB [7]. На рис. 1 представлена упрощенная схема интерфейса ведущего устройства, ведомого устройства и арбитра на шине AMBA AHB.

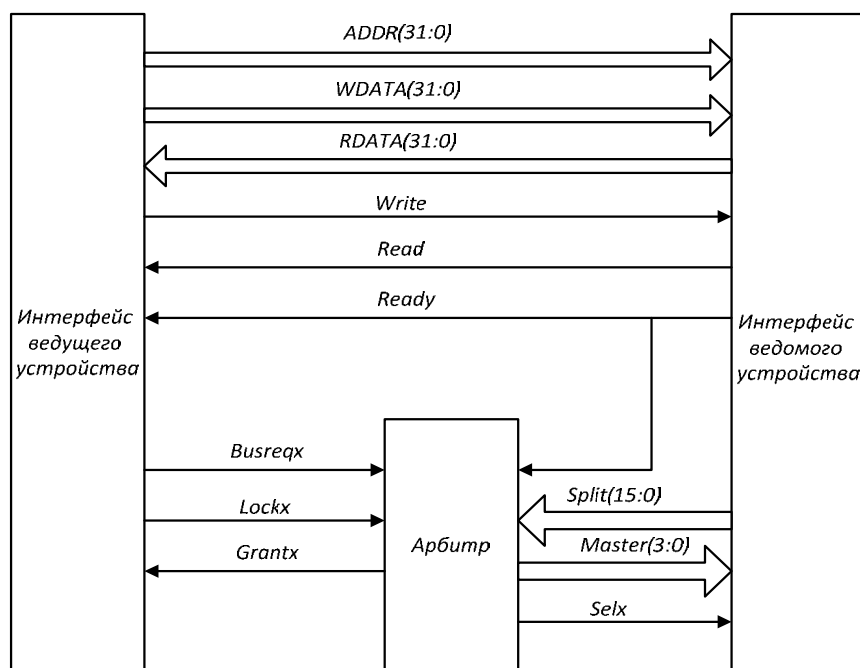


Рис. 1. Интерфейсы ведомого устройства, ведущего устройства и арбитра на шине AMBA AHB

Шина данных AMBA AHB разделена на две однонаправленные шины – *rdata* и *wdata*. Для ведущих устройств шина *rdata* является входной (по ней ведущее устройство читает, принимает данные из памяти), а шина *wdata* – выходной (по ней ведущее устройство пересылает данные для записи в ведомом устройстве). Для ведомых устройств, наоборот, шина *rdata* является выходной, а шина *wdata* – входной. Эта логика наименования шин данных понятна, если представить себе в качестве примера ведущего устройства процессор, а в качестве ведомого – память.

Стандартом AMBA AHB предусматривается возможность различной разрядности шин данных. Протоколом шины определен числовой ряд возможной разрядности шин данных: 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 и 1024 разряда. Разрядностью шин данных считается 32 разряда. Разрядность шин *rdata* и *wdata* одинакова.

Сигнал *ready* используется ведомым устройством для указания его готовности завершить текущий обмен данными. Ведомое устройство определя-

ет завершение первой фазы адреса обмена по сигналу ready = «1». Первая фаза передачи адреса текущего обмена может совпадать с последней фазой передачи данных предыдущего обмена, в котором участвовало другое ведомое устройство. По этой причине, если в системе имеется более одного такого устройства, каждое из них должно иметь и входной сигнал ready для того, чтобы отслеживать состояние выходного сигнала ready от ведомого устройства, которое участвовало в предыдущем обмене.

Отладка аппаратного арбитра, рассматриваемого в статье, осуществлялась в программе Web pack ISE. В качестве способа ввода описания проектируемой схемы на ПЛИС наряду с языком VHDL-1993, посредством которого был описан функционал арбитра, использовался и схемотехнический редактор [6, 7]. Схема внутреннего устройства аппаратного арбитра общей шины, спроектированная на основе VHDL-модулей в программе Web pack ISE, представлена на рис. 2.

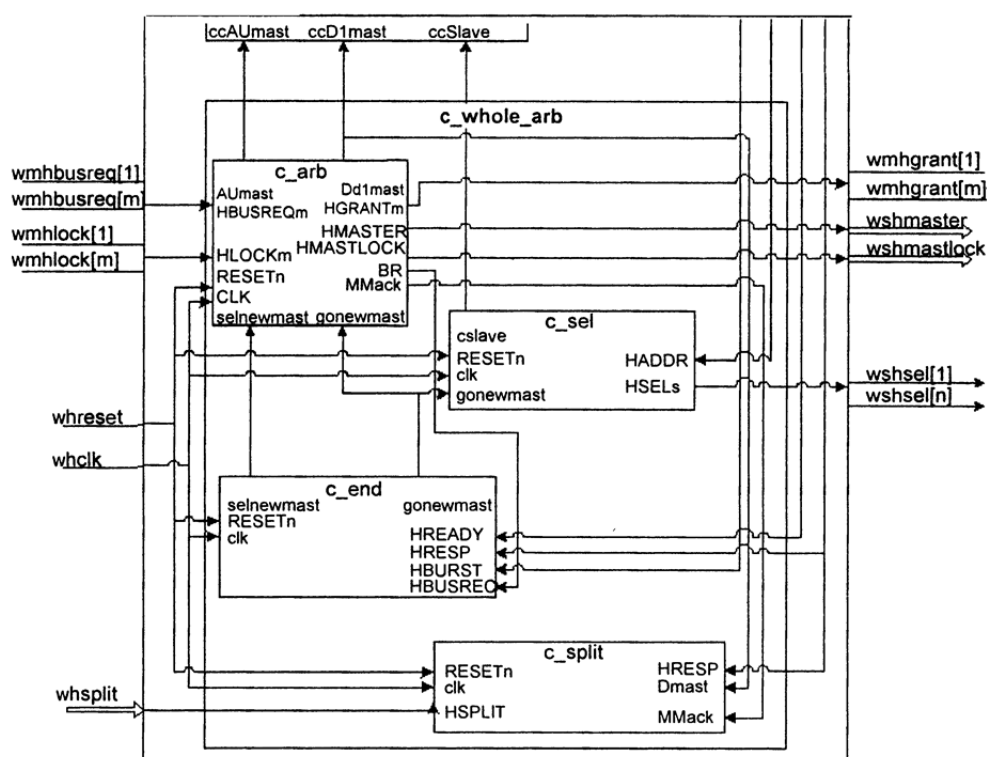


Рис. 2. Схема внутреннего устройства аппаратного арбитра общей шины

На рисунке в виде соединенных между собой блоков показано внутреннее устройство аппаратного арбитра. Основным его модулем является c_whole_arb, включающий в себя модули c_arb (блок выбора ведущего устройства), c_sel (блок выбора ведомого устройства), c_end (блок определения конца запроса) и c_split (блок контроля расщепленных транзакций [7]).

Организация блока выбора главного (ведущего) процессора зависит от используемой в системе схемы приоритетов (относительные, абсолютные,

смешанные и др.). В статье ввиду ограничения объема автором предложен к рассмотрению вариант, при котором процессоры имеют абсолютные приоритеты, определяющиеся их идентификаторами. Процессор с идентификатором 1 имеет наивысший приоритет и является ведущим по умолчанию. Ниже представлены фрагменты VHDL-кода описания процессов компонента выбора ведущего процессора:

```

    p_selmast: process (HBUSREQm, MMack)
    begin amast: = 1;
    for i in Nm downto 1 loop
        If HBUSREQm(i) = '1' and MMack (i-1) = '0' then amast: = i; end if;
    end loop;
    if amast/ = 0 then samast< = amast;
    else for i in Nm downto 1 loop
        if MMack(i-1) = '0' then samast< = i;
    end if;
    end loop;
    end if;
    samast< = amast;
    end process p_selmast;
    p_lockmast: process (RESETn, clk, HREADY, gonewmast, selnewmast,
samast)
    begin
    if RESETn = '0' then AUmast< = 1; saum< = 1;
        HMASTLOCK< = '0';HMASTER< = "0001";
    else if rising_edge(clk) then
        if HREADY = '1' then
            if gonewmast = '1' then HMASTLOCK< = intlock;
        end if;
            if selnewmast = '1' then
                if samast>0 then AUmast< = samast; saum< = samast;
                    else AUmast< = 1;saum< = 1;
                end if;
                    if samast>0 then intlock< = HLOCKm(samast);
HMASTER< = conv_std_logic_vector(conv_unsigned(samast,4),4);
                        else intlock< = HLOCKm(1);
HMASTER< = "0001";
        end if;
        end if;
        end if;
        end if;
        end if;
    end process p_lockmast;
    p_BR: process(AUmast, HBUSREQm)
    begin BR< = HBUSREQm(AUmast);
    end process p_BR;

```

Приведенный выше фрагмент VHDL-кода описывает функционирование блока выбора следующего ведущего процессора, который как кандидат на использование общей шины выбирается каждый раз при изменении на линиях запроса шины или изменении сигнала *Mmask*. Если *selnewmast* = «1», то по восходящему фронту сигнала тактирования кандидат на использование общей шины становится владельцем шины адреса и управления. Если *gonewmast* = «1», то по восходящему фронту сигнала тактирования процессор, владеющий шинами адреса и управления, получает в свое распоряжение шину данных. Сигнал *samast* используется для хранения идентификатора процессора, выбранного для следующего запроса. Сигнал *intlock* используется для хранения информации о наличии блокировки в текущем запросе. Сигнал *saum* используется для хранения идентификатора процессора, который в данный момент времени владеет линиями адреса и управления.

Процесс *p_selmast* используется для выбора процессора, которому будет предоставлена шина адреса и управления после завершения очередного запроса. Этот процесс выполняется каждый раз, когда происходит изменение на линиях запроса шины от процессоров и изменение сигнала *Mmask*. Внутри процесса описана переменная *amast*, используемая при выборе процессора, который будет использовать шину. Сначала этой переменной присваивается значение 0. Далее в цикле просматривается наличие запросов от процессоров, начиная с последнего, имеющего самый низкий приоритет. При каждом выполнении цикла, если имеется сигнал запроса шины, а соответствующий разряд сигнала *Mmask* = «0» (что указывает на отсутствие для данного процессора незавершенной операции), переменной *amast* присваивается значение идентификатора этого процессора. Таким образом, после завершения цикла в переменной *amast* хранится идентификатор процессора, имеющего наивысший приоритет среди запросивших шину. Если значение *amast* осталось равным 0, значит, в данный момент ни один процессор не запрашивает шину. После того, как выбран процессор – кандидат на использование шины, его идентификатор сохраняется в сигнале *samast*.

Процесс *p_lockmast* используется для защелкивания идентификатора процессора, становящегося собственником линий адреса и управления. В этом процессе определяются также значения выходных сигналов *HMASTER* и *HMASTLOCK*. При наличии сигнала сброса в качестве ведущего по умолчанию выбирается процессор с номером 1. Если *selnewmast* = «1», то значение сигнала *samast* по восходящему фронту импульса фиксируется в *saum* и *Aumast*. В соответствии со значением *samast* определяется значение сигнала *HMASTER*. Значение сигнала *HLOCK* от процессора, который становится собственником линий данных и управления, фиксируется в сигнале *intlock*. При очередном запуске процесса, после того как этот процессор займет шину данных, значение сигнала *intlock* выдается на *HMASTLOCK*. Процесс *p_BR* используется для определения значения сигнала *BR* – запрос шины того процессора, который в данный момент владеет линиями адреса и управления.

В ходе моделирования описанного компонента получены временные диаграммы работы в точном соответствии приведенному выше описанию функционирования (рис. 3).

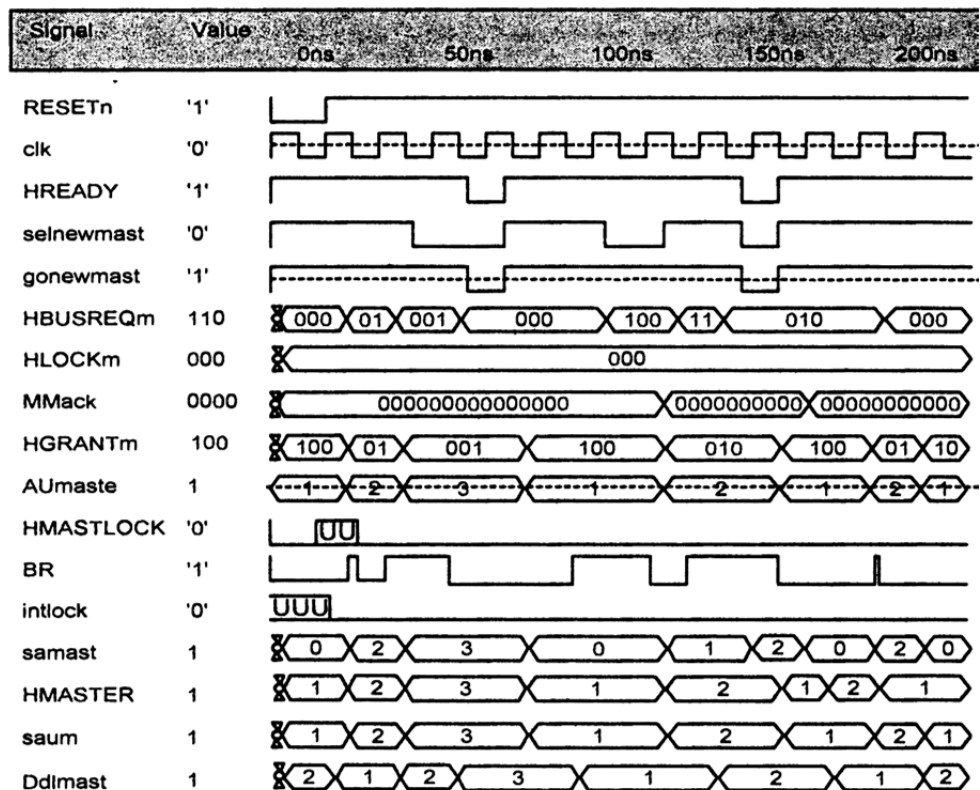


Рис. 3. Временные диаграммы работы компонента выбора ведущего процессора аппаратным арбитром

Заключение

В результате проведенных исследований предложен вариант построения аппаратного арбитра общей шины многопроцессорной системы на функциональном уровне. Исследован принцип его работы. Получены временные диаграммы работы компонента выбора ведущего процессора, подтверждающие работоспособность предложенного решения.

Дальнейшая работа в этом направлении предполагает проектирование и синтез модуля аппаратного арбитра на базе ПЛИС Spartan 3 фирмы Xilinx и реализацию его на плате расширения. Создание устройства на такой ПЛИС обеспечит приемлемое соотношение цена/быстродействие по сравнению с существующими аналогами. Кроме того, предлагаемый аппаратный модуль может быть использован в вычислительных системах среднего быстродействия.

Библиографический список

1. Бикташев, Р. А. Многопроцессорные системы. Архитектура, топология, анализ производительности : учеб. пособие / Р. А. Бикташев, В. С. Князьков. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2004. – 107 с.
2. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера / Э. Таненбаум, Т. Остин. – 6-е изд. – СПб. : Питер, 2013. – 816 с.

3. Мартенс-Атюшев, Д. С. Разработка и исследование реконфигурируемого вычислительного кластера для цифровой обработки сигнала / Д. С. Мартенс-Атюшев, А. И. Мартышкин // Современные информационные технологии. – 2015. – № 21. – С. 190–195.
4. Мартышкин, А. И. Функциональная организация и алгоритмы работы аппаратного буферного устройства памяти многопроцессорной вычислительной системы / А. И. Мартышкин // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12-3. – С. 518–522.
5. Мартышкин, А. И. Разработка аппаратного буферного устройства памяти многопроцессорной системы / А. И. Мартышкин // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12-3. – С. 485–489.
6. Мартышкин, А. И. Варианты реализации и структура аппаратного арбитра общей шины многопроцессорной системы / А. И. Мартышкин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 195–204.
7. Суворова, Е. А. Проектирование цифровых систем на VHDL / Е. А. Суворова, Ю. Е. Шейнин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 576 с.

Мартышкин Алексей Иванович

кандидат технических наук, доцент,
кафедра вычислительных машин и систем,
Пензенский государственный
технологический университет
E-mail: alexey314@yandex.ru

Martyshkin Alexey Ivanovich

candidate of technical sciences,
associate professor,
sub-department of computers and systems,
Penza State Technological University

УДК: 004.31

Мартышкин, А. И.

Функциональная организация аппаратного арбитра общей шины многопроцессорной системы / А. И. Мартышкин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 151–159.

**ТЕХНОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ
РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И АППАРАТОВ
НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ КВАЗИСТАЦИОНАРНОГО
МАГНИТНОГО ПОЛЯ**

К. В. Семенова, М. В. Тамьярова, А. И. Тихонов

**THE TECHNOLOGY OF MODELING THE DYNAMIC MODES
OF ELECTRICAL MACHINES AND DEVICES BASED
ON QUASI-STATIONARY MAGNETIC FIELD MODELS**

K. V. Semenova, M. V. Tamyarova, A. I. Tikhonov

Аннотация. *Актуальность и цели.* В условиях современного производства особые требования предъявляются к адекватности и точности моделей, заложенных в подсистемах поверочного расчета разрабатываемых устройств. Цель работы – повышение эффективности проектирования электромеханических устройств в условиях мелкосерийного и штучного производства. *Материалы и методы.* Работа строится на основе моделей квазистационарного магнитного поля, основанных на методе конечных элементов. Для создания и расчета полевых моделей электрических машин и аппаратов использована авторская динамически подключаемая библиотека моделирования электрических полей EMLib, способная интегрироваться с открытыми приложениями и математическими пакетами. Это позволяет создавать программы автоматической генерации полевых моделей и численных расчетов данных моделей. Результаты серий полевых расчетов используются для формирования матриц коэффициентов нелинейной системы уравнений, описывающих динамику разрабатываемого устройства. *Результаты.* Разработана оригинальная технология моделирования динамических режимов электромеханических устройств с использованием полевых моделей. Приведены характерные примеры применения данной технологии при исследовании электрических машин. *Выводы.* Использование рассмотренной технологии позволяет учесть особенности конструкции разрабатываемого устройства, что характерно для полевых моделей, обеспечивая при этом быстродействие, характерное для упрощенных цепных моделей динамических процессов.

Ключевые слова: моделирование динамических режимов электромеханических устройств, моделирование в среде Simulink, метод конечных элементов, расчет магнитного поля.

Abstract. *Background.* In the conditions of modern production, special requirements are placed on the adequacy and accuracy of the models laid down in the subsystems for verification of the devices being developed. The aim of the work is to increase the efficiency of designing electromechanical devices in the conditions of small-lot and piece production. *Materials and methods.* The work is based on quasi-stationary magnetic field models based on the finite element method. To create and calculate the field models of electric machines and apparatus, the author's dynamically connected EMLib electric field modeling library is used, which is able to integrate with open applications and mathematical packages. This allows you to create programs for automatic generation of field models and numerical calculations of these models by a given algorithm. The results of the series of field calculations

are used to form the coefficients matrices of a nonlinear system of equations describing the dynamics of the device being developed. *Results.* An original technology for modeling the dynamic modes of electromechanical devices using field models has been developed. Typical examples of the application of this technology in the study of electric machines are given. *Conclusions.* The use of the technology considered allows us to take into account the design features of the device being developed, which is typical for field models, while ensuring the speed characteristic of simplified chain models of dynamic processes.

Key words: simulation of dynamic modes of electromechanical devices, Simulink simulation, finite element method, magnetic field calculation.

Введение

Наиболее важным звеном любой системы проектирования электрических машин и аппаратов является подсистема поверочного расчета, роль которой состоит в определении характеристик спроектированного устройства. При этом ошибки, которые могут быть вызваны неадекватностью моделей, заложенных в основу данной подсистемы, могут привести к браку на производстве, который вызван нетехнологическими факторами. Следует отметить, что модели, используемые при проектировании электрических машин и аппаратов типовой конструкции, строятся, как правило, на основе теории магнитных цепей с учетом множества дополнительных корректирующих факторов, зависящих от особенностей конструкции магнитной системы проектируемого устройства. Данные корректировки вводятся на основе проведенных ранее научных исследований, подтвержденных результатами натурных экспериментов. Как правило, подобные методики расчета обеспечивают достаточную для инженерных задач точность, позволяющую гарантировать выполнение требований технического задания. Однако подобный подход применим только для случаев, специально оговоренных принятой методикой. Если конструкция устройства содержит элементы, не предусмотренные принятой расчетной методикой, то гарантировать правильность поверочного расчета невозможно.

Для настоящего времени характерна тенденция к мелкосерийному или даже штучному производству технических устройств. Причем зачастую возникает необходимость проектирования устройств нетрадиционной конструкции, для которых не существует апробированных методик поверочного расчета. Так как изготовление и исследование опытных образцов значительно снижают рентабельность производства, то возрастает роль методик, построенных на универсальных моделях, позволяющих учесть незапланированные ранее особенности конструкции. К таким моделям относятся, например, модели, построенные на основе теории физических полей. В электромеханике определяющую роль играют модели на основе магнитного поля. Поэтому одним из главных инструментов, используемых при проектировании электромеханических устройств, сегодня являются системы инженерного анализа (CAE), позволяющие вывести экспериментальное исследование разрабатываемого устройства в виртуальную плоскость, т.е. заменить натуральный эксперимент численным.

Современные CAE-системы, используемые в электромеханике (ANSYS Maxwell, Comsol Multiphysics, ElCut и др.), можно отнести к числу компью-

терных приложений как наиболее дорогих, так и наиболее требовательных к уровню квалификации проектировщика. В то же время данные системы являются автономными продуктами, которые трудно состыковать с существующими на предприятиях системами проектирования (ни одна система в отдельности не способна удовлетворить все запросы проектировщика). К тому же полевые модели очень требовательны к компьютерным ресурсам. Особенно явно это проявляется при необходимости осуществить расчет динамических режимов работы электромеханических устройств (время расчета полевых динамических моделей оценивается часами). При этом, как отмечалось в [1], без оценки динамических режимов работы устройств нетрадиционной конструкции невозможно быть уверенным в правильности проектного расчета.

Таким образом, актуальной является задача разработки технологии моделирования динамических режимов работы электрических машин и аппаратов, основанной на полевых моделях, интегрированных в произвольную проектную среду, позволяющую осуществлять исследования разрабатываемого устройства в режиме имитации эксперимента.

Ценные динамические модели электромеханических устройств в среде Simulink

Одним из наиболее оптимальных пакетов для создания интегрированной среды численного исследования разрабатываемых электромеханических устройств является табличный процессор Excel, предоставляющий проектировщику интерфейс, удобный для ввода/вывода информации в табличной и графической форме, а также для ее обработки. Наличие встроенной системы программирования VBA позволяет существенно расширить базовый функционал Excel. Научно-технические модели можно создавать и исследовать с использованием функционала математического процессора MatLab, который не только предоставляет исчерпывающий с точки зрения инженерных задач аппарат численных расчетов, но и позволяет разрабатывать новые модели с использованием встроенной системы программирования [2]. Связь Excel и MatLab осуществляется с использованием интерфейса Excel Link, позволяющего производить обмен данными между пакетами программным образом.

Для исследования цепных моделей электромеханических устройств можно использовать приложение Simulink, интегрированное в MatLab. Особенно интересен в этом смысле подход, связанный с использованием библиотеки моделирования физических процессов SymPowerSystem, расширяющей возможности Simulink, поставляя в него функционал имитации электрических цепей [3]. Данная библиотека содержит модели всех типов электрических машин, а также трансформаторов, реакторов и т.п. Однако, во-первых, данные модели не способны охватить всю полноту возможных вариантов электромеханических устройств. Во-вторых, зачастую проектировщика не удовлетворяет качество предоставляемых моделей. Поэтому интересна возможность создания своих моделей, в которых заложен проверенный математический аппарат. Например, на рис. 1 представлена модель машины постоянного тока, реализованная базовыми средствами Simulink и средствами библиотеки

SymPowerSystem [4]. Особенность данной модели в том, что в ней более детально прописаны элементы магнитной цепи, представленной электрической схемой замещения, содержащей магнитное сопротивление зазора:

$$R_d = 2 \frac{k_\delta \delta}{\mu_0 \tau \alpha_\delta l_\delta}, \quad (1)$$

источник магнитодвижущей силы (МДС)

$$F_f = i_f W_f, \quad (2)$$

и также источник МДС, имитирующий падение магнитного напряжения в элементах магнитной цепи, номинал которого рассчитывается по формуле

$$U_m = \Phi \sum_{i=1}^N R_{mi} = \Phi \sum_{i=1}^N \left[v \left(\frac{\Phi}{S_{mi}} \right) \frac{l_{mi}}{S_{mi}} \right]. \quad (3)$$

В формулах (1)–(3) обозначено: k_δ – коэффициент воздушного зазора; δ – величина зазора; μ_0 – магнитная постоянная; τ – полюсное деление; α_δ – коэффициент полюсного перекрытия; l_δ – расчетная длина машины; i_f – ток обмотки возбуждения (ОВ); W_f – число витков ОВ; Φ – магнитный поток на полюсном делении; R_{mi} – магнитное сопротивление i -го участка магнитной цепи; l_{mi} , S_{mi} – расчетная длина и расчетное сечение i -го участка магнитной цепи; $v(B_{mi})$ – удельное магнитное сопротивление i -го участка магнитной цепи, заданное в виде зависимости от магнитной индукции на данном участке B_{mi} .

Уравнение вращения ротора на рис. 1 также задано в виде электрической схемы замещения.

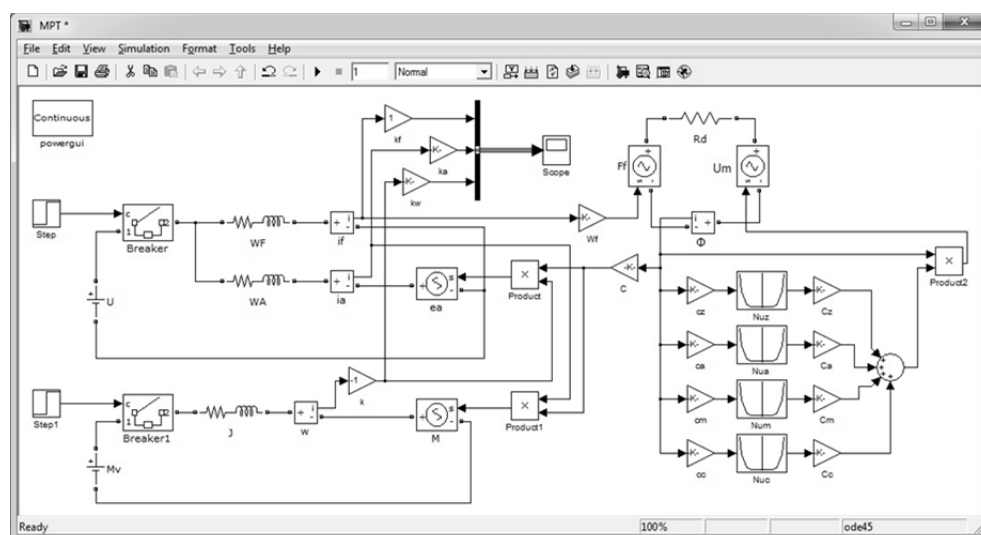


Рис. 1. Нелинейная модель двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением в среде Simulink с использованием библиотеки SymPowerSystem

Динамическая полевая модель электрического устройства

Несмотря на то, что в модели на рис. 1 учтено больше факторов, чем в модели, поставляемой библиотекой SymPowerSystem, в ней отсутствует учет влияния на работу машины реакции якоря, насыщения кромок зубцов и т.п. Максимально детально все эти особенности можно учесть только при использовании полевых моделей. Для расчета динамических режимов работы электромеханических устройств в полевой постановке можно использовать, например, пакет ANSYS Maxwell, позволяющий решать задачи расчета нестационарного магнитного поля совместно с электрической цепью. Однако это и дорого (не каждое производство может позволить себе приобрести лицензию на данный пакет), и требует значительного расчетного времени, и сложно стыкуется с другими элементами САПР. Поэтому для решения подобных задач была разработана технология, позволяющая строить полевые динамические модели электромеханических устройств на основе серии расчетов квазистационарного магнитного поля [5–7]. В основе данной технологии лежит положение о том, что производная по времени от потокоцепления любого k -го контура (или обмотки) с током может быть представлена разложением

$$\frac{d\Psi_k}{dt} = \sum_{j=1}^n \frac{\partial \Psi_k}{\partial i_j} \frac{di_j}{dt} + \frac{\partial \Psi_k}{\partial \alpha} \frac{d\alpha}{dt} = \sum_{j=1}^n L_{kj} \frac{di_j}{dt} + \frac{\partial \Psi_k}{\partial \alpha} \omega, \quad (4)$$

где i_j – ток j -го контура; α – угол, определяющий положение ротора (для электрических машин); L_{kj} – взаимная индуктивность k -го и j -го контуров; ω – частота вращения ротора.

При этом первое уравнение в системе уравнений динамики электрической машины

$$\begin{cases} \frac{d\Psi}{dt} = \mathbf{u} - \mathbf{R}\mathbf{i}, \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} (M - M_b) \end{cases} \quad (5)$$

принимает вид

$$\frac{d\mathbf{i}}{dt} = \mathbf{L}^{-1}(\mathbf{u} - \mathbf{R}\mathbf{i}), \quad (6)$$

где Ψ – матрица-столбец мгновенных потокоцеплений обмоток; $\mathbf{u}$ – матрица-столбец мгновенных напряжений на обмотках; $\mathbf{R}$ – диагональная матрица сопротивлений обмоток; $\mathbf{i}$ – матрица-столбец мгновенных токов; ω – частота вращения ротора; J – момент инерции якоря; M – электромагнитный момент; M_b – момент нагрузки на валу; $\mathbf{L}$ – матрица коэффициентов, элементами которой являются частные производные от потокоцеплений по токам контуров и углу поворота ротора.

Например, для машины постоянного тока с параллельным возбуждением система уравнений (5) в матричной форме с учетом скова пазов имеет вид [1]

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial \Psi_f}{\partial i_f} + L_{fl} & \frac{\partial \Psi_f}{\partial i_a} & 0 & 0 \\ \frac{\partial \Psi_{ak}}{\partial i_f} & \frac{\partial \Psi_{ak}}{\partial i_a} + L_{al} + L_{kl} & \frac{\partial \Psi_a}{\partial \alpha} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{di_f}{dt} \\ \frac{di_a}{dt} \\ \frac{d\alpha}{dt} \\ \frac{d\omega}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u - i_f R_f \\ u - i_a R_a - i_a R_k \\ \omega \\ \frac{M(i_f, i_a, \alpha) - M_B}{J} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

где индексы f, a, k относятся соответственно к обмотке возбуждения (ОВ), обмотке якоря (ОЯ) и компенсационной обмотке (КО); индекс ak соответствует сумме потокоцеплений ОЯ и КО; L_{fl}, L_{al}, L_{kl} – индуктивности лобового рассеяния ОВ, ОЯ и КО.

Для расчета элементов матрицы коэффициентов организуется серия расчетов магнитного поля при различных сочетаниях токов в контурах и различных положениях ротора. По результатам данной серии строятся матрицы потокоцеплений, которые аппроксимируются многомерными сплайнами, что позволяет сформировать функции $\Psi_k(\mathbf{i}, \alpha)$. По этим функциям строятся сплайны частных производных. Например, на рис. 2,а представлена функция $\Psi_f(i_f, i_a)$ машины постоянного тока с параллельным возбуждением, а на рис. 2,б – функция $L_{fa} = \partial \Psi_f(i_f, i_a) / \partial i_f$. Функции $C_a = \partial \Psi_a(i_f, i_a) / \partial \alpha$ и $M(i_f, i_a, \alpha)$ строятся аналогичным образом на основании этой же серии расчетов магнитного поля.

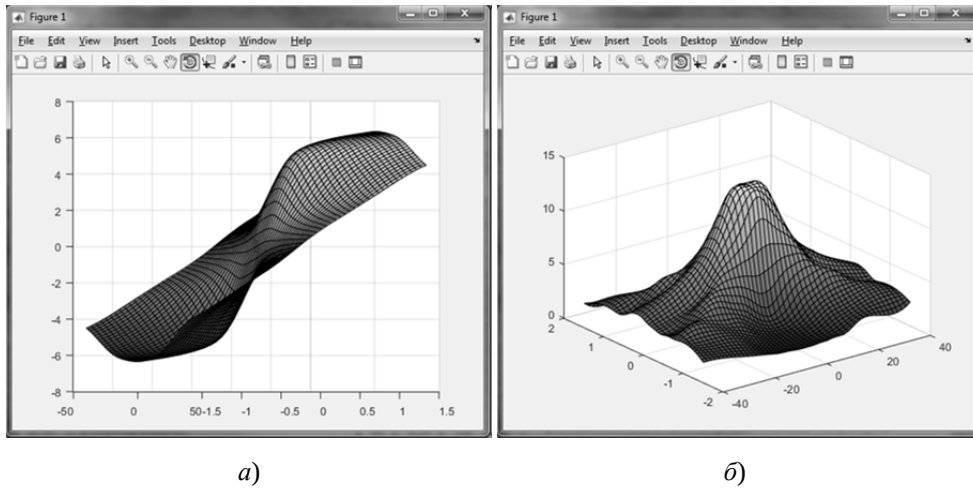


Рис. 2. Функции $\Psi_f(i_f, i_a)$ и $\partial \Psi_f(i_f, i_a) / \partial i_f$ машины постоянного тока с параллельным возбуждением

При решении системы уравнений (7) матрица коэффициентов пересчитывается на каждом шаге интегрирования по времени. При этом осуществляется обращение к сплайнам частных производных от потокоцеплений и сплайну электромагнитного момента с подстановкой текущих мгновенных значений токов в контурах $\mathbf{i}$ и текущем положении ротора α .

Представленная модель позволяет моделировать работу электромеханического устройства в динамике. Скорость расчета соизмерима со скоростью упрощенной цепной модели, например модели, представленной на рис. 1. Это позволяет осуществить имитацию эксперимента практически в реальном времени и исследовать работу устройства в различных условиях. В плане точности и возможности учета особенностей конструкции магнитной системы представленная модель не уступает полевым моделям (в рамках допущения о пренебрежительно малом влиянии вихревых токов).

При наличии большого количества контуров с током (обмоток) растет мерность сплайнов, что приводит к замедлению расчетного процесса. Так, уже при наличии шести контуров с током время расчета возрастает настолько, что достигнутые преимущества динамической полевой модели теряются. В то же время в большинстве случаев удастся сформулировать такие допущения, которые сокращают размерность задачи до 3–4 без существенной потери точности и универсальности модели. Так, при расчете динамических режимов трехфазного трансформатора [5, 7] динамическая модель строится на основе шести матриц потокосцеплений $\Psi_k = f(F_1, F_2, F_3)$, которые строятся путем варьирования намагничивающих сил (НС) трех стержней F_1 , F_2 и F_3 и рассчитываются по формуле

$$F_m = j_m (S_{m1} + S_{m2}), \quad (8)$$

где j_m – средняя плотность тока в области обмоток m -го стержня; S_{m1} , S_{m2} – площади сечений первичной и вторичной обмоток m -го стержня.

Система уравнений динамики при этом принимает вид (6), где элементы матрицы $\mathbf{L}$ вычисляются по формуле

$$L_{mk} = \frac{\partial \Psi_m}{\partial F_k} W_k, \quad (9)$$

где F_k – НС стержня, на котором находится k -я обмотка; W_k – число витков в k -й обмотке.

В случае асинхронной машины, особенно с короткозамкнутым ротором, где количество контуров определяется количеством обмоток статора и стержней ротора n , т.е. составляет несколько десятков, также удастся свести задачу всего к трем варьируемым величинам. При этом для каждого m -го контура строится матрица потокосцеплений, имеющая вид

$$\Psi_m(F_x, F_y, \alpha),$$

где F_x , F_y – НС машины по осям x и y . В свою очередь, НС F_x и F_y зависят от токов всех контуров $i_1, \dots, i_n$:

$$\left. \begin{aligned} F_x &= \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{Ns_j} F_{xjk} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{Ns_j} i_j W_{kj} \cdot \cos(p\varphi_{kj}) = \sum_{j=1}^n i_j K_{xj} \\ F_y &= \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{Ns_j} F_{yjk} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{Ns_j} i_j W_{kj} \cdot \sin(p\varphi_{kj}) = \sum_{j=1}^n i_j K_{yj} \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

где N_{sj} – число секций j -й обмотки статора; i_j – ток в j -й обмотке; W_{kj} – число витков в k -й секции j -й обмотки; ϕ_{kj} – угол наклона нормали k -й секции j -й обмотки; p – число пар полюсов машины.

Элементы матрицы $\mathbf{L}$ в этом случае вычисляются по формуле (6). В итоге система уравнений (5) в матричной форме принимает вид

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial i_1}{\partial t} \\ \frac{\partial i_2}{\partial t} \\ \dots \\ \frac{\partial i_n}{\partial t} \\ \frac{\partial \alpha}{\partial t} \\ \frac{\partial \omega}{\partial t} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \Psi_1}{\partial F_x} K_{x1} + \frac{\partial \Psi_1}{\partial F_y} K_{y1} & \frac{\partial \Psi_1}{\partial F_x} K_{x2} + \frac{\partial \Psi_1}{\partial F_y} K_{y2} & \dots & \frac{\partial \Psi_1}{\partial F_x} K_{xn} + \frac{\partial \Psi_1}{\partial F_y} K_{yn} & \frac{\partial \Psi_1}{\partial \alpha} & 0 \\ \frac{\partial \Psi_2}{\partial F_x} K_{x1} + \frac{\partial \Psi_2}{\partial F_y} K_{y1} & \frac{\partial \Psi_2}{\partial F_x} K_{x2} + \frac{\partial \Psi_2}{\partial F_y} K_{y2} & \dots & \frac{\partial \Psi_2}{\partial F_x} K_{xn} + \frac{\partial \Psi_2}{\partial F_y} K_{yn} & \frac{\partial \Psi_2}{\partial \alpha} & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial \Psi_n}{\partial F_x} K_{x2} + \frac{\partial \Psi_n}{\partial F_y} K_{y2} & \frac{\partial \Psi_n}{\partial F_x} K_{x2} + \frac{\partial \Psi_n}{\partial F_y} K_{y2} & \dots & \frac{\partial \Psi_n}{\partial F_x} K_{xn} + \frac{\partial \Psi_n}{\partial F_y} K_{yn} & \frac{\partial \Psi_n}{\partial \alpha} & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} u_1 - i_1 R_1 \\ u_2 - i_2 R_2 \\ \dots \\ u_n - i_n R_n \\ \omega \\ \frac{1}{J}(M - M_n) \end{pmatrix}. \quad (11)$$

Аналогичным образом формируется система уравнений асинхронной машины с фазным ротором и синхронной машины, в том числе и с пусковой/успокоительной обмоткой.

Параметрическая генерация полевой модели

Одной из главных проблем, возникающих при построении полевых динамических моделей электрических машин и аппаратов по описанной технологии, является проблема автоматизации построения полевой модели и организации серии численных расчетов с последующей обработкой информации. При этом подсистема моделирования магнитного поля должна быть доступна для использования в произвольно написанном программном коде. При выборе в качестве среды численного моделирования математического пакета MatLab наиболее логично использовать для расчета физических полей библиотеку PDETool, которая предоставляет пользователю функционал решения систем дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов. Использование среды программирования MatLab позволяет создавать программные коды, полностью автоматизирующие построение и расчет по заданному алгоритму полевых моделей. В частности, на рис. 3.

приведен результат расчета модели магнитного поля, созданной программным путем в PDETool с помощью разработанного для этого параметрического генератора полевых моделей.

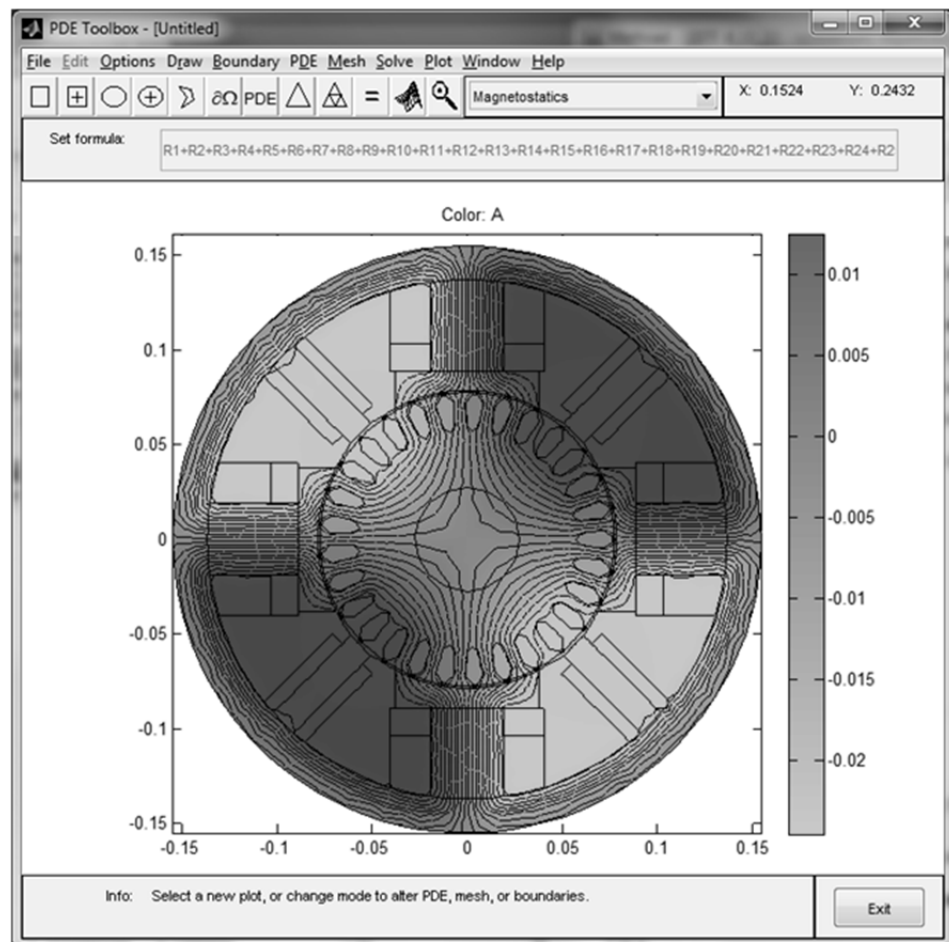


Рис. 3. Модель магнитного поля двигателя постоянного тока, созданная средствами PDETool

Данная модель является нелинейной. Как показало исследование, пакет PDETool хорошо работает при решении задач с относительно простой геометрией расчетной области. Однако уже в модели, представленной на рис. 3, для которой характерно большое количество элементов с разными характеристиками сред, была достигнута плохая сходимость нелинейной задачи, которая во многом определяется способом аппроксимации кривых намагничивания стали. При этом расчетный процесс не всегда оказывается сходящимся, часто расчетный процесс завершается аварийно с ошибкой достижения минимального шага поиска [8]. Кроме того, и построение, и расчет модели на рис. 3 в нелинейной постановке требует значительного расчетного времени (порядка 0,5 мин на построение и 1 мин на один расчет), что недопустимо при реализации серий численных исследований.

Следует отметить, что пакет MatLab органично интегрируется с САЕ-системой COMSOL Multiphysics, которая изначально разрабатывалась как приложение MatLab, но впоследствии обособилась от него, сохранив при этом способность к интеграции. Использование данной системы аналогичным образом позволяет решить поставленную задачу достаточно эффективно. Однако лицензия на пакет COMSOL Multiphysics доступна не каждому предприятию, особенно в сфере малого и среднего бизнеса. Поэтому в плане разрабатываемой технологии акцент был сделан на использовании динамически подключаемой библиотеки конечно-элементного моделирования физических полей EMLib, разработанной в ИГЭУ [9]. По возможностям в плане моделирования квазистационарного магнитного поля она не уступает российскому пакету ELCut, но, так как она оформлена в виде DLL, может быть интегрирована в любое открытое приложение, поставляя в них функционал программируемого формирования и расчета полевых моделей, что существенно расширяет доступный функционал.

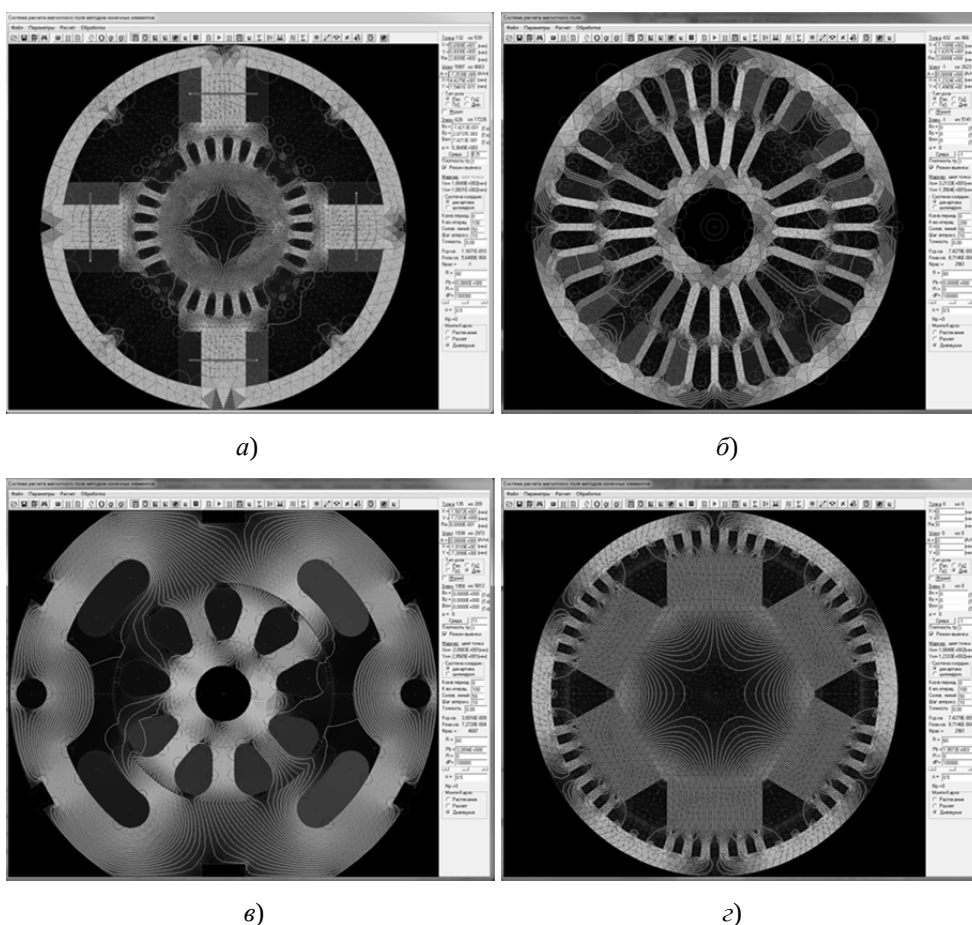


Рис. 4. Варианты полевых моделей электрических машин, созданных одним параметрическим генератором: а – явнополюсная машина постоянного тока; б – неявнополюсная машина постоянного тока; в – универсальный коллекторный двигатель; г – синхронная машина

В настоящее время ведется работа по созданию универсального параметрического генератора конечно-элементных моделей электрических машин, позволяющего создавать модели (рис. 4) по заданному списку параметров, однозначно характеризующих конструкцию активной части машины [10]. В частности, на рис. 4 приведено несколько моделей, созданных данным генератором. Генерация одной модели занимает доли секунды. Расчет одной модели, обеспечивающей достаточную для инженерных задач точность, длится порядка одной секунды. Это позволяет программировать серии экспериментов с использованием динамически регенерируемых полевых моделей. В частности, в настоящее время ведется работа по созданию системы поиска оптимальной конструкции электрических машин, осуществляющей оптимизацию с использованием генетических алгоритмов с полной перестройкой и расчетом полевой модели на каждом шаге поиска. Аналогичный генератор полевых моделей разрабатывается и для исследования силовых трансформаторов.

Результаты серии полевых расчетов для машины, представленной моделью на рис. 4,б, проиллюстрированы на рис. 2. Аналогичные результаты, полученные для универсального коллекторного двигателя (рис. 4,в), приведены на рис. 5.

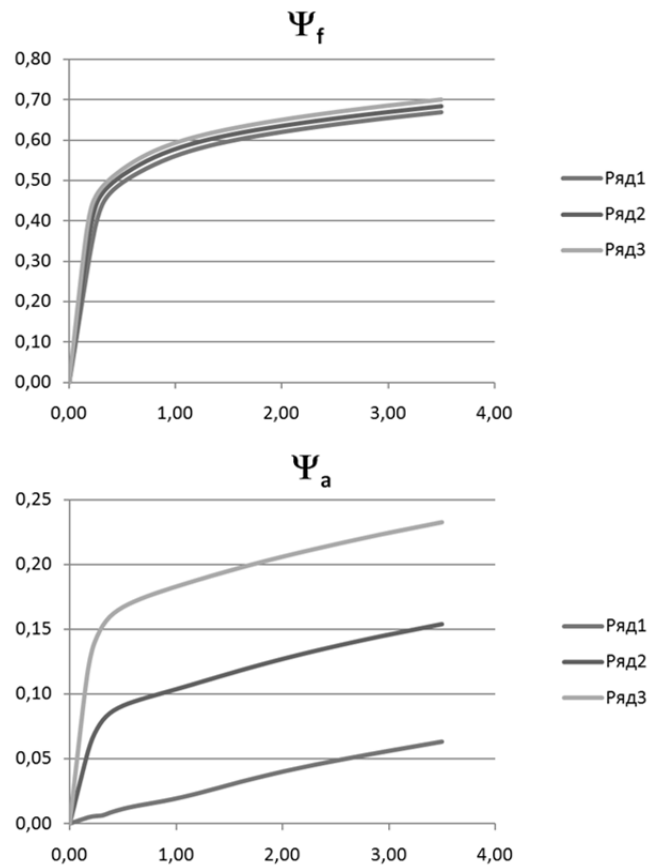


Рис. 5. Функции $\Psi_f(i_a, \alpha)$ и $\partial \Psi_a(i_a, \alpha)$, полученные в серии полевых расчетов на модели универсального коллекторного двигателя рис. 4,в (по вертикальной оси откладывается потокосцепление в Вб, три графика на каждом рисунке соответствуют трем углам поворота якоря на одном зубцовом делении)

Динамическая полевая модель электромеханического устройства в среде Simulink

Одним из наиболее оптимальных путей реализации полевой динамической модели электромеханических устройств в описываемой технологии моделирования является подстановка матриц коэффициентов, рассчитанных с помощью полевых моделей, в модели, реализованные в Simulink. В частности, на рис. 6 представлена структурная модель неявнополюсной машины постоянного тока с параллельным возбуждением, соответствующая системе уравнений (7) [1].

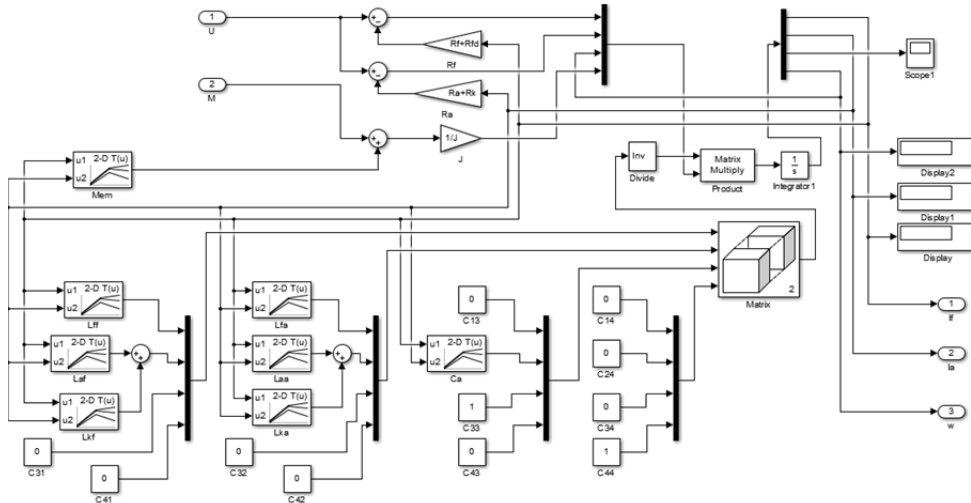


Рис. 6. Модель машины постоянного тока с параллельным возбуждением

Матрицы коэффициентов данной системы уравнений рассчитываются на каждом шаге интегрирования с использованием сплайнов (см. рис. 2), полученных путем серии расчетов полевой модели на рис. 4,б. Полевая динамическая модель выполнена в виде подсистемы Simulink, на вход которой подаются мгновенные значения напряжения питания и внешний момент на валу двигателя М. Рассчитанные в данной подсистеме мгновенные значения токов ОВ и ОЯ, а также частота вращения якоря возвращаются в модель внешней цепи (на рис. 6 данная модель не представлена). Матрица коэффициентов системы уравнений (7) формируется с помощью блока Matrix, осуществляющего конкатенацию матриц-столбцов, элементы которых рассчитываются по матрицам частных производных потокоцеплений с помощью блоков 2-D Lookup Table.

Аналогичная модель коллекторной машины с последовательным возбуждением (рис. 4,в) приведена на рис. 7. Данная модель соответствует системе уравнений

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial(\Psi_f + \Psi_a)}{\partial i} + L_{fa} + L_{aa} & \frac{\partial \Psi_a}{\partial \alpha} & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{di}{dt} \\ \frac{d\alpha}{dt} \\ \frac{d\omega}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u - iR_f - iR_a \\ \omega \\ \frac{M - M_e}{J} \end{bmatrix}. \quad (12)$$

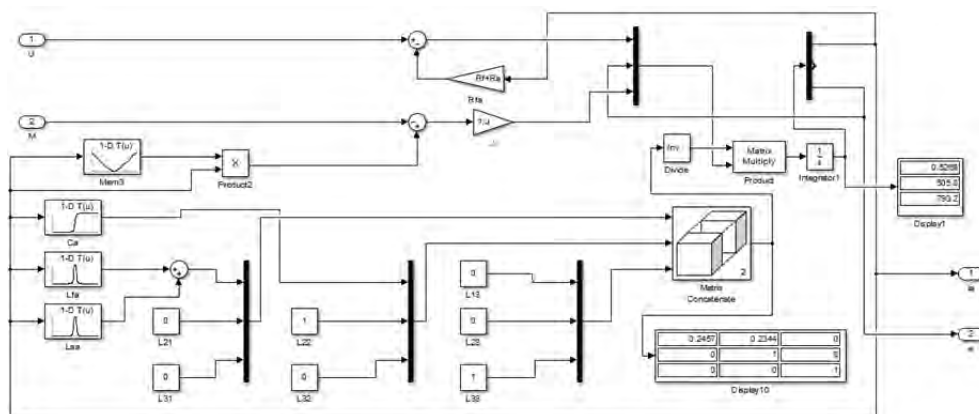


Рис. 7. Модель коллекторной машины с последовательным возбуждением

На рис. 8 приведены результаты расчета пуска машин, полученные с помощью моделей на рис. 6, 7. Рис. 8,а соответствует машине постоянного тока с параллельным возбуждением (см. рис. 4,б), рис. 8,б – универсальному коллекторному двигателю с последовательным возбуждением (см. рис. 4,в).

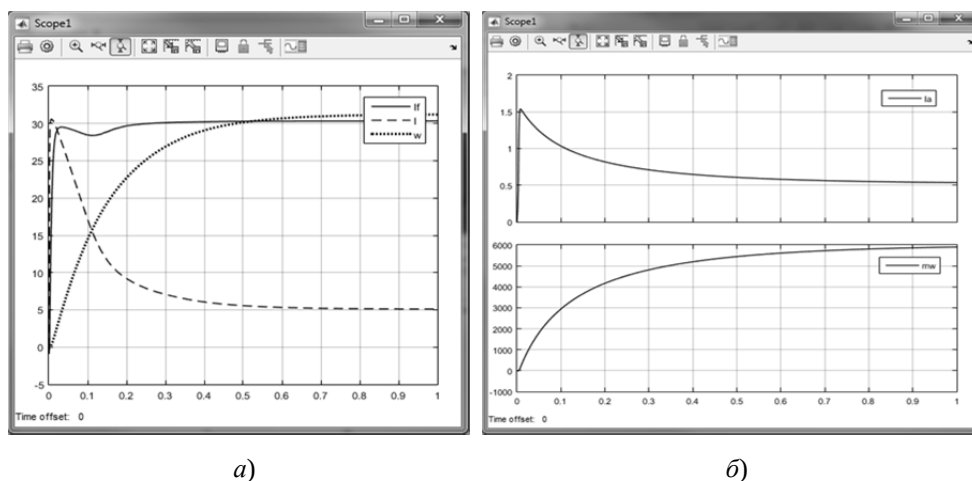


Рис. 8. Кривые разгона, вычисленные по полевой динамической модели:
а – машина с параллельным возбуждением (см. рис. 6);
б – машина с последовательным возбуждением (см. рис. 7)

Заключение

Рассмотрена оригинальная технология, позволяющая совместить в себе точность и универсальность полевых моделей с быстродействием цепных моделей динамических режимов работы электрических машин и аппаратов. Данная технология может быть применена к широкому классу устройств, основанных на индукционном принципе действия. В отличие от современных САЕ-технологий предлагаемый подход основан на относительно доступных программных средствах. В частности, вместо дорогостоящих САЕ-систем предлагается использовать дешевую динамически под-

ключаемую библиотеку моделирования магнитных полей, позволяющую создавать произвольные программируемые модели, основанные на полевых расчетах, не уступающие по возможностям функционалу дорогостоящих САЕ-систем. Использование пакета MatLab и приложения Simulink также не является принципиально необходимым, так как они могут быть успешно заменены открытыми аналогами. Таким образом, описанная технология оказывается доступной даже предприятиям малого и среднего бизнеса, обеспечивая их мощным функционалом современного наукоемкого инженерного анализа.

Библиографический список

1. Тихонов, А. И. Технология моделирования в Simulink динамических режимов работы электрических машин с использованием библиотеки полевых расчетов / А. И. Тихонов, А. В. Гусенков, Ю. В. Тамьярова, А. В. Подобный // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2016. – Вып. 6. – С. 57–65.
2. Дьяконов, В. П. MatLab 6/5 SP1 / 7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании / В. П. Дьяконов. – М. : СОЛОН-Пресс, 2005. – 576 с. – (Библиотека профессионала).
3. Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в MatLab, SimPowerSystems и Simulink / И. В. Черных. – М. : ДМК Пресс ; СПб. : Питер, 2008. – 288 с.
4. Тихонов, А. И. Моделирование электромеханических устройств в среде Simulink : метод. указ. к лаб. практикуму по теории подобия и моделирования / А. И. Тихонов, А. В. Лихачева, Д. В. Рубцов. – Иваново : Иван. гос. энерг. ун-т, 2015. – 48 с.
5. Климов, Д. А. Методы автоматизированного моделирования динамических режимов трансформаторов / Д. А. Климов, Г. В. Попов, А. И. Тихонов. – Иваново : Иван. гос. энерг. ун-т, 2006. – 100 с.
6. Булатов, Л. Н. Численные методы моделирования динамических режимов асинхронных машин / Л. Н. Булатов, А. И. Тихонов. – Иваново : Иван. гос. энерг. ун-т, 2013. – 120 с.
7. Шмелев, А. С. Методика организации численного исследования электротехнических устройств с использованием библиотеки конечно-элементного моделирования магнитного поля / А. С. Шмелев, И. А. Пайков, Л. Н. Булатов // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2014. – Вып. 1. – С. 55–61.
8. Легков, А. А. Разработка универсального параметрического генератора конечно-элементной модели электрических машин для подсистем оптимизации : материалы XI Междунар. науч.-техн. конф. студ., асп. и молодых ученых «Энергия-2016» (г. Иваново, 5–7 апреля 2016 г.). / А. А. Легков, А. И. Тихонов. – Иваново : Иван. гос. энерг. ун-т, 2016. – Т. 4. – С. 47–49.
9. Платформонезависимая библиотека конечно-элементного моделирования магнитного поля : свид. гос. рег. программы для ЭВМ № 2011614852 от 22.06.2012 / Тихонов А. И., Булатов Л. Н. – Заявка № 2011613040 ; приоритет от 28.04.2011.
10. Система параметрической генерации конечно-элементной модели магнитного поля в электрических машинах : свид. гос. рег. программы для ЭВМ № 2015660677 от 06.10.2015 / Тихонов А. И., Шмелев А. С., Пайков И. А. – Заявка № 2015617810 ; приоритет от 25.08.2015.

Семенова Ксения Васильевна

кандидат технических наук, доцент,
кафедра пожарной безопасности
объектов защиты,
Ивановская пожарно-спасательная
академия ГПС МЧС России
E-mail: skv1_70@mail.ru

Semenova Ksenia Vasilyevna

candidate of technical sciences,
associate professor,
sub-department of fire safety
of protection facilities,
Ivanovo Fire and Rescue Academy
of the State Fire Service of the Ministry
of the Russian Federation for Civil Defense,
Emergencies and Elimination
of Consequences of Natural Disasters

Тамьярова Майя Владиславовна

старший преподаватель,
кафедра информатики
и систем управления,
Самарский государственный
технический университет
E-mail: stprepod@mail.ru

Tamyarova Maya Vladislavovna

senior lecturer,
sub-department of informatics
and control systems,
Samara State Technical University

Тихонов Андрей Ильич

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой физики,
Ивановский государственный
энергетический университет
E-mail: ait@dsn.ru

Tikhonov Andrey Ilyich

doctor of technical sciences, professor,
head of sub-department of physics,
Ivanovo State Power Engineering
University

УДК 621.313

Семенова, К. В.

Технология моделирования динамических режимов электрических машин и аппаратов на основе моделей квазистационарного магнитного поля / К. В. Семенова, М. В. Тамьярова, А. И. Тихонов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 160–174.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ГИБКИХ НИТЕЙ
С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ**

Д. А. Тарасов, Д. Ю. Семенов

**MATHEMATICAL MODELING OF STRESS-STRAIN STATE
OF FLEXIBLE YARNS WITH CONSIDERATION
OF PHYSICAL NONLINEARITY**

D. A. Tarasov, D. Yu. Semenov

Аннотация. *Актуальность цели.* Объектом исследования являются основные силовые элементы механических систем, выполненные из гибких нитей, работающие по восприятию поперечных нагрузок. Предмет исследования – метод математического моделирования напряженно-деформированного состояния, одновременно учитывающий геометрическую и физическую нелинейность гибких нитей, что дает возможность исследовать работу конструкций за пределами упругой работы материала. *Материалы и методы.* Предложенный метод основан на теории математического моделирования с использованием аппарата дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных, а также положениях сопротивления материалов. *Результаты.* Предложен метод нелинейного расчета напряженно-деформированного состояния гибких нитей с учетом реальных свойств материалов. *Выводы.* Сравнение параметров напряженно-деформированного состояния гибкой нити, полученного с помощью вычислительного эксперимента, с результатами, полученными другим методом расчета, подтвердило адекватность предложенного метода.

Ключевые слова: напряжения, деформации, гибкая нить, физическая нелинейность, геометрическая нелинейность.

Abstract. *Background.* The object of the study are the main power components of mechanical systems made of flexible threads, working on the perception of lateral loads. Subject of research – the method of mathematical modeling of stress-strain state (VAT) simultaneously takes into account geometric and physical nonlinearity flexible filaments that gives the opportunity to explore work structures beyond elastic behavior of the material. *Materials and methods.* The proposed method is based on the theory of mathematical modeling using the apparatus of differential and integral calculus of functions of one and several variables and positions of strength of materials. *Results.* The proposed method of nonlinear stress-strain state of flexible filaments taking into account the real properties of materials. *Conclusions.* Comparison of parameters of stress-strain state of flexible strands, obtained through computational experiments and also with results obtained by another method of calculation has confirmed the adequacy of the proposed method.

Key words: stress, strain, flexible filament, physical nonlinearity, geometric nonlinearity.

Введение

В инженерной практике широко распространены системы, в которых основными силовыми элементами, обеспечивающими прочность конструкции при внешнем воздействии, являются стальные канаты. К таким системам относятся воздушные линии электрических проводов, контактные провода электрифицированных железных дорог и трамваев, канаты висячих мостов и покрытий большепролетных производственных и общественных зданий, тросы канатных дорог и кабель-кранов и т. п. [1, 2].

В настоящее время определение напряженно-деформированного состояния (НДС) отдельных стальных канатов ведется с использованием известных методик расчета пологих гибких нитей, вошедших в нормативную литературу [3].

Актуальность настоящей работы вытекает из того, что в указанном нормативном документе расчет рассматриваемых элементов ведется без учета неупругих деформаций материала. Однако в последнее время все чаще находят применение синтетические канаты, материал которых подчиняется нелинейному закону деформирования. В связи с этим определение НДС таких элементов необходимо вести в физически нелинейной постановке задачи, так как отсутствует линейная зависимость между напряжениями и деформациями.

Метод математического моделирования НДС гибких нитей

Рассмотрим гибкую нить, расчетная схема которой представлена на рис. 1. При обозначении вертикальных опорных реакций R_A и R_B примем реакцию R_A на более высокой опоре. Условимся все параметры, относящиеся к начальному очертанию, обозначать с индексом «0», а к конечной линии равновесия – с индексом «1» [4].

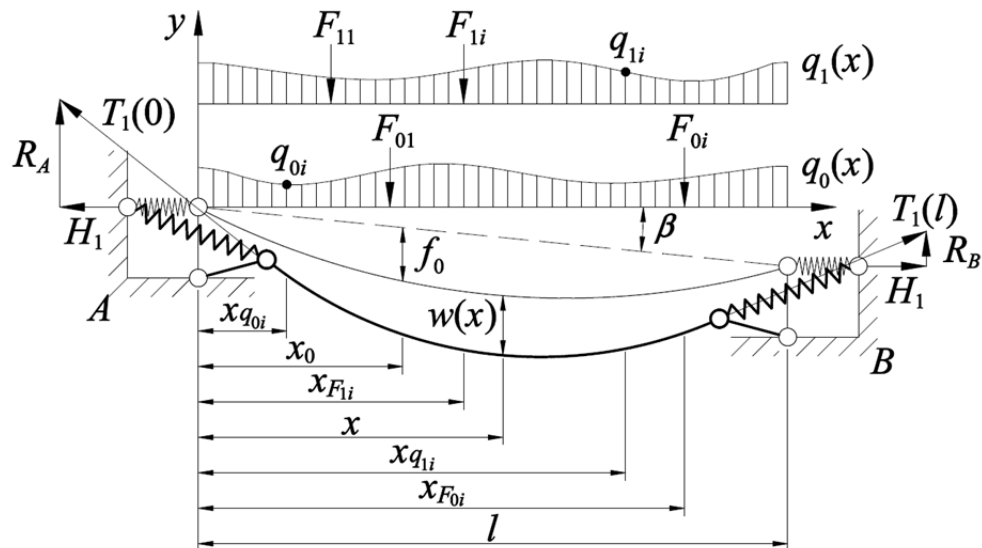


Рис. 1. Расчетная схема гибкой нити:
 — — начальное состояние линии равновесия; — — конечное состояние
 линии равновесия от внешнего воздействия

При моделировании НДС гибких нитей приняты следующие допущения: материал непрерывно заполняет весь объем (гипотеза сплошности); свойства материала одинаковы во всех точках (однородность) и не зависят от направления (изотропность); поперечные нормальные сечения, плоские до деформации, остаются плоскими и после деформации (гипотеза Бернулли); поперечное сечение мало по сравнению с длиной; изменение поперечного сечения при растяжении не учитывается; из внутренних сил возникает лишь осевая сила – натяжения, а жесткость при изгибе и кручении отсутствует [1].

По поводу принятых гипотез следует отметить, что они являются общепринятыми при расчете гибких нитей на внешнее воздействие, и справедливость их подтверждается многолетней практикой эксплуатации конструкций и проведенными натурными и модельными экспериментами [1].

При определении деформированного состояния гибкой нити используются правила построения эпюры изгибающих моментов для балки. Линия равновесия под действием вертикальной нагрузки совпадает с эпюрой изгибающих моментов шарнирно опертой балки тем же пролетом, находящейся под действием той же нагрузки; при этом ординаты эпюры моментов уменьшены делением на величину распора и отложены от хорды AB , соединяющей точки крепления. Математически это записывается так [4, 5]:

$$y_0(x) = \frac{M_0(R_{0A}, R_{0B}, x)}{H_0} + x \operatorname{tg} \beta; \quad (1)$$

$$y_1(x) = \frac{M_1(R_{1A}, R_{1B}, x)}{H_1} + x \operatorname{tg} \beta, \quad (2)$$

где $M_0(R_{0A}, R_{0B}, x)$, $M_1(R_{1A}, R_{1B}, x)$ – функции изгибающего момента в шарнирно опертой балке пролетом l от действия начальной нагрузки и совместного действия начальной и дополнительной нагрузки, $\text{Н} \cdot \text{м}$; H_0 , H_1 – распор, вызванный начальной нагрузкой и совместным действием начальной и дополнительной нагрузки, Н ; x – текущая абсцисса ($0 \leq x \leq l$), м ; β – угол наклона хорды AB , град.

Распор является горизонтальной составляющей опорных реакций в точках крепления и равен по величине горизонтальной составляющей продольных усилий во всех сечениях гибкой нити [6].

Из выражений (1) и (2) видно, что построение линии равновесия сводится к определению распора, так как определение функции изгибающего момента в шарнирно опертой однопролетной балке не вызывает трудностей.

При определении внутренних усилий в однопролетной балке пролетом l поперечная сила равна сумме сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого сечения; изгибающий момент равен сумме моментов всех сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого сечения относительно центра тяжести сечения [4]. Математически внутренние усилия при изгибе можно записать следующим образом:

– при действии нагрузки, вызывающей начальное очертание:

$$\begin{aligned} Q_0(R_{0A}, R_{0B}, x) &= R_{0A} \cdot (x \geq 0) + R_{0B} \cdot (x \geq l) + \\ &+ \sum_{i=1}^{\operatorname{rows}(F_0)} \left[F_{0i} \cdot (x \geq x_{F_{0i}}) \right] + \int_0^x q_0(x) dx + \int_0^x q(x) dx; \end{aligned} \quad (3)$$

$$M_0(R_{0A}, R_{0B}, x) = R_{0A}x(x \geq 0) + R_{0B}(x-l)(x \geq l) + \sum_{i=1}^{rows(F_0)} \left[F_{0i}(x - x_{F_{0i}})(x \geq x_{F_{0i}}) \right] + \int_0^x q_0(xx)(x - xx)dx + \int_0^x q(xx)(x - xx)dx; \quad (4)$$

– при совместном действии начальной и дополнительной нагрузки:

$$Q_1(R_{1A}, R_{1B}, x) = R_{1A}(x \geq 0) + R_{1B}(x \geq l) + \sum_{i=1}^{rows(F_0)} \left[F_{0i}(x \geq x_{F_{0i}}) \right] + \sum_{i=1}^{rows(F_1)} \left[F_{1i}(x \geq x_{F_{1i}}) \right] + \int_0^x q_0(x)dx + \int_0^x q_1(x)dx + \int_0^x q(x)dx; \quad (5)$$

$$M_1(R_{1A}, R_{1B}, x) = R_{1A}x(x \geq 0) + R_{1B}(x-l)(x \geq l) + \sum_{i=1}^{rows(F_0)} \left[F_{0i}(x - x_{F_{0i}})(x \geq x_{F_{0i}}) \right] + \sum_{i=1}^{rows(F_1)} \left[F_{1i}(x - x_{F_{1i}})(x \geq x_{F_{1i}}) \right] + \int_0^x q_0(xx)(x - xx)dx + \int_0^x q_1(xx)(x - xx)dx + \int_0^x q(xx)(x - xx)dx, \quad (6)$$

где R_{0A} , R_{0B} , R_{1A} , R_{1B} – опорные реакции при действии начальной нагрузки и совместном действии начальной и дополнительной нагрузки, Н; F_{0i} , F_{1i} – сосредоточенные начальные и дополнительные нагрузки, Н; $x_{F_{0i}}$, $x_{F_{1i}}$ – абсциссы точек приложения сосредоточенных начальных и дополнительных нагрузок, м; $q_0(x)$, $q_1(x)$ – функция распределенной начальной и дополнительной нагрузки, Н/м; $q(x)$ – функция равномерно-распределенной нагрузки от собственного веса, Н/м.

Функция равномерно-распределенной нагрузки от собственного веса постоянна при всех значениях абсцисс и равна

$$q(x) = \rho A, \quad (7)$$

где ρ – объемный вес материала, Н/м³; A – площадь поперечного сечения, м².

Распределенная нагрузка задается массивом точек контура для последующей линейной интерполяции функции. Предполагается, что координаты функции нагрузки от деформации гибкой нити не зависят.

В уравнения для поперечных сил и изгибающих моментов включены слагаемые от опорных реакций. Поскольку они не известны до момента определения внутренних усилий, их следует включать в параметры функций.

Определяются опорные реакции из условия равновесия балки:

– при действии нагрузки, вызывающей начальное очертание:

$$R_{0A} + R_{0B} + \sum_{i=1}^{rows(F_0)} F_{0i} + \int_0^l q_0(x)dx + \int_0^l q(x)dx = 0; \quad (8)$$

$$M_0(R_{0A}, R_{0B}, l) = 0; \quad (9)$$

– при совместном действии начальной и дополнительной нагрузки:

$$R_{1A} + R_{1B} + \sum_{i=1}^{rows(F_0)} F_{0i} + \sum_{i=1}^{rows(F_1)} F_{1i} + \int_0^l q_0(x)dx + \int_0^l q_1(x)dx + \int_0^l q(x)dx = 0; \quad (10)$$

$$M_1(R_{1A}, R_{1B}, l) = 0, \quad (11)$$

где l – пролет, м.

Для определения распора в точках крепления воспользуемся уравнением неразрывности деформаций [1]. Поскольку распор не известен до момента его определения, а он входит в уравнения для расчета начальной и конечной длины гибкой нити, все последующие выражения запишем в виде функций от распора:

$$L_0 + \Delta L(H_1) + \Delta L_t = L_1(H_1), \quad (12)$$

где L_0 – начальная длина, м; $\Delta L(H_1)$ – упругая деформация, м; ΔL_t – температурная деформация, м; $L_1(H_1)$ – конечная длина, м.

В работах [7–9] получены выражения по определению всех членов уравнения неразрывности деформаций, однако определить удлинение гибкой нити при учете физической нелинейности материала по формуле, основанной на законе Гука, уже нельзя:

$$\Delta L(H_1) = \frac{H_1 - H_0}{EA} \int_0^l \left[1 + \left(\frac{Q_1(R_{1A}, R_{1B}, x)}{H_1} + \operatorname{tg} \beta \right)^2 \right] dx, \quad (13)$$

где H_0 , H_1 – распор, вызванный начальной нагрузкой и совместным действием начальной и дополнительной нагрузки, Н; E – модуль упругости материала, Па; A – площадь поперечного сечения, м²; $Q_1(R_{1A}, R_{1B}, x)$ – функция поперечной силы в шарнирно опертой балке пролетом l от совместного действия начальной и дополнительной нагрузки, Н; x – текущая абсцисса ($0 \leq x \leq l$), м; β – угол наклона хорды AB , град.

Учет физической нелинейности материала при моделировании НДС гибких нитей

Для определения удлинения гибкой нити необходимо по диаграмме деформирования, зная напряжения, найти относительную деформацию, а по ней определить искомое удлинение.

В качестве расчетных диаграмм состояния материала, определяющих связь между напряжениями и относительными деформациями, могут выступать любые виды диаграмм, например, такие как криволинейные или кусочно-линейные, но самое главное, отвечающие истинному поведению материала. При этом должны быть указаны основные параметрические точки диаграммы, каковыми являются максимальные напряжения и соответствующие относительные деформации, граничные значения и т.п.

В качестве рабочей диаграммы состояния материала, определяющей связь между напряжениями и относительными деформациями, примем кусочно-линейную диаграмму деформирования, представленную на рис. 2, так как с ее помощью можно аппроксимировать любую кривую.

При такой диаграмме растягивающие напряжения в зависимости от относительных деформаций удлинения материала определяются по формуле

[illegible]

где E_n – модуль упрочнения материала на n -м сегменте диаграммы деформирования, Па.

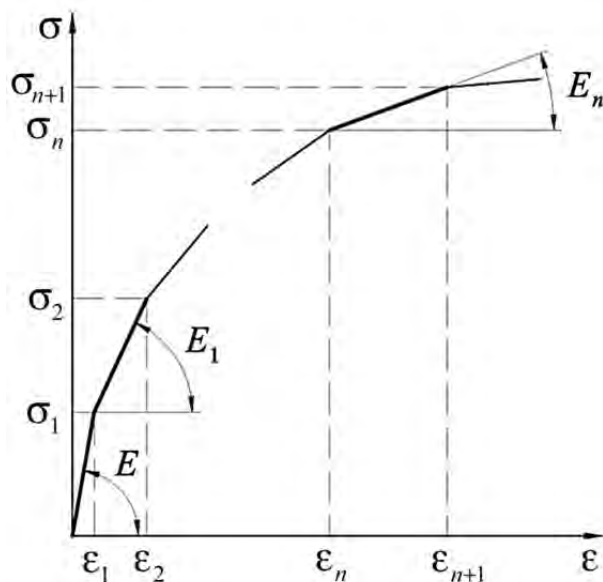


Рис. 2. Диаграмма деформирования

Модуль упрочнения материала на n -м сегменте диаграммы деформирования можно определить из уравнения

$$E_n = \frac{\sigma_{n+1} - \sigma_n}{\varepsilon_{n+1} - \varepsilon_n}. \quad (15)$$

Для нахождения напряжений умножим обе части выражения (13) на величину $\frac{E}{L_0}$:

$$\frac{\Delta L(H_1)E}{L_0} = \frac{(H_1 - H_0)E}{EAL_0} \int_0^l \left[1 + \left(\frac{Q_1(R_{1A}, R_{1B}, x)}{H_1} + \text{tg}\beta \right)^2 \right] dx. \quad (16)$$

После сокращения и преобразования получим:

$$\sigma(H_1) = \frac{H_1 - H_0}{AL_0} \int_0^l \left[1 + \left(\frac{Q_1(R_{1A}, R_{1B}, x)}{H_1} + tg\beta \right)^2 \right] dx. \quad (17)$$

Зная напряжения и то, что относительная деформация равна $\epsilon = \frac{\Delta L(H_1)}{L_0}$, найдем из выражения (14) удлинение гибкой нити:

[illegible]

После нахождения распора появляется возможность определить продольное усилие, возникающее в поперечных сечениях по длине гибкой нити.

$$T_1(x) = \sqrt{H_1^2 + (Q_1(R_A, R_B, x) + H_1 \tan \beta)^2}. \quad (19)$$
$$\sigma_1(x) = \frac{T_1(x)}{A}; \sigma_2(x) = \sigma_3(x) = 0. \quad (20)$$

В качестве оценки адекватности разработанного метода математического моделирования проведем сравнительный анализ НДС гибкой нити, полученного разными методами расчета. Для этого рассмотрим предложенный метод и метод конечных элементов (МКЭ) на примере задачи, расчетная схема которой представлена на рис. 3.

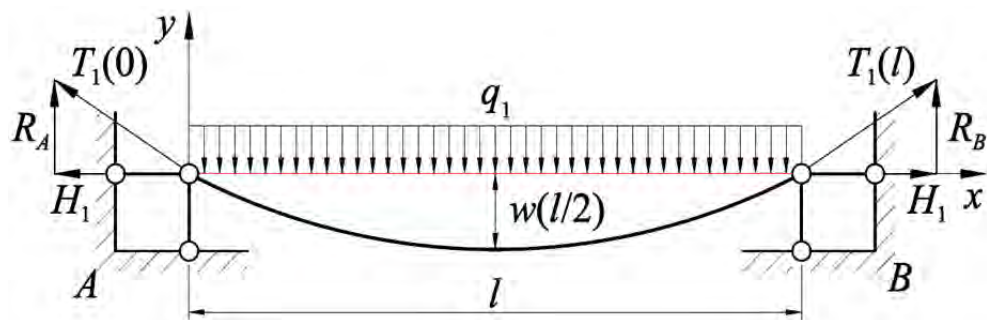


Рис. 3. Расчетная схема гибкой нити:
 — начальное состояние линии равновесия; — конечное состояние
 линии равновесия от внешнего воздействия

Гибкая нить с опорами, расположенными на одном уровне пролетом $l = 6$ м, сечением $A = 0,00031416$ м² нагружена равномерно-распределенной нагрузкой по всему пролету. Первоначальная стрела провеса и нагрузка, вызывающая начальное очертание, отсутствуют. Учет физически нелинейного поведения материала моделируется кусочно-линейной зависимостью между напряжениями и деформациями. Параметры закона нелинейного деформирования, представленного на рис. 4, выражены в напряжениях $\sigma_1 = 300$ МПа, $\sigma_2 = 500$ МПа, $\sigma_3 = 700$ МПа и соответствующих относительных деформациях $\epsilon_1 = 0,00204$, $\epsilon_2 = 0,02$, $\epsilon_3 = 0,03$.

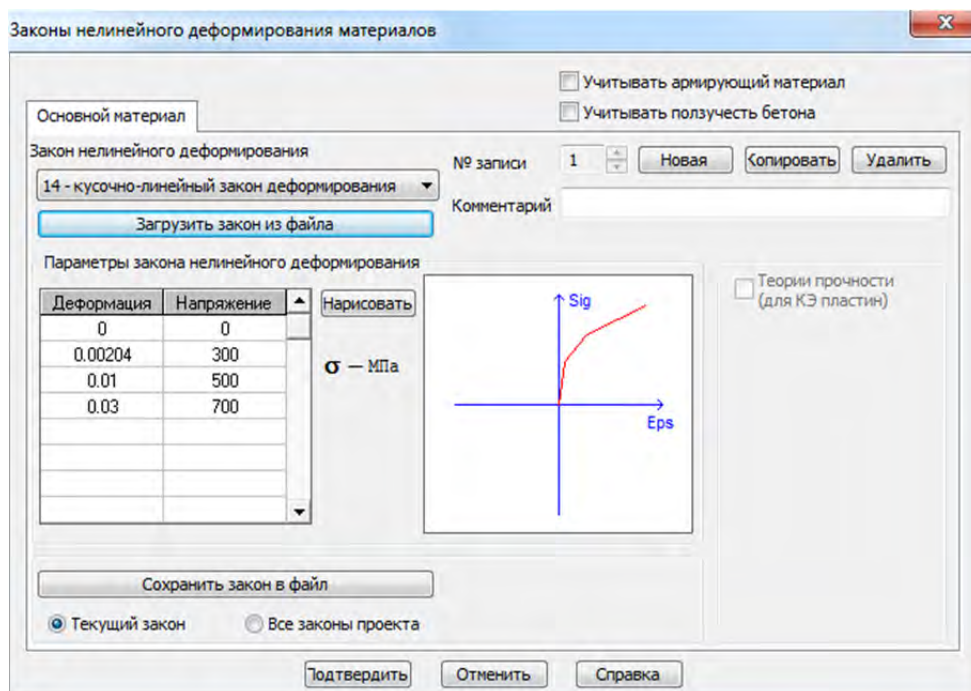


Рис. 4. Закон нелинейного деформирования материала

Примем за основные критерии сравнения при определении НДС гибкой нити максимальное продольное усилие, возникающее в сечениях, расположенных на опорах, и прогиб в середине пролета.

Для этого решим ряд задач, последовательно приравнивая равномерно-распределенную нагрузку q_1 к значениям в 3, 9 и 20 кН/м для получения напряжений на каждом сегменте заданной диаграммы деформирования.

Расчет МКЭ выполнен в программном комплексе «ЛИРА-САПР» версия 2015 релиз R4. Конструкция моделировалась универсальными пространственными стержневыми конечными элементами с учетом физической и геометрической нелинейности (тип 410), разбивка производилась на 100 конечных элементов. Расчет велся шаговым нелинейным процессором, предназначенным для решения физически и геометрически нелинейных, а также контактных задач. На каждом шаге матрица жесткости формировалась в системе координат «нового положения» с учетом изменения касательного модуля деформации.

В качестве примера на рис. 5 и 6 представлены результаты моделирования НДС гибкой нити, загруженной равномерно-распределенной нагрузкой $q_1 = 3$ кН/м.

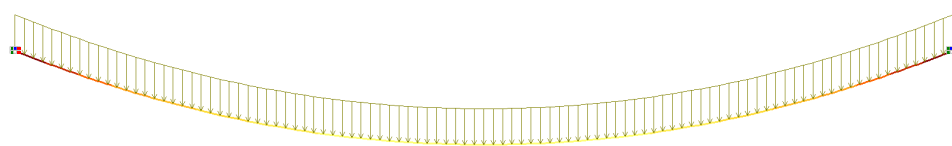
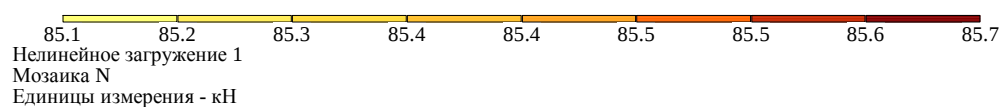


Рис. 5. Эпюра продольных усилий

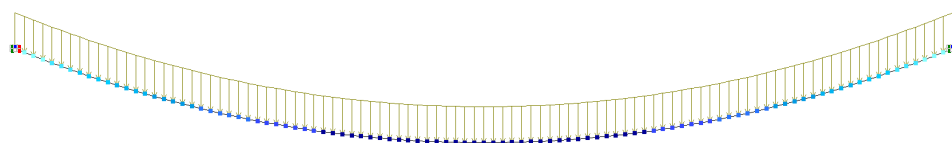
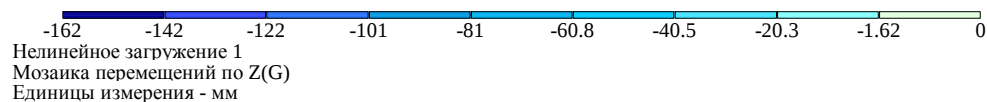


Рис. 6. Эпюра перемещений

В результате математического моделирования НДС предложенным методом для ряда значений равномерно-распределенной нагрузки, действующей на гибкую нить с заданными физическими и геометрическими параметрами, получены соответствующие значения максимального продольного усилия $T_1(0) = T_1(l)$ и прогиба в середине пролета $w(l/2)$.

В табл. 1 представлены данные, рассчитанные с помощью МКЭ и разработанного метода моделирования.

Таблица 1

Сопоставление результатов расчетов

Критерий оценки	Метод расчета	Равномерно-распределенная нагрузка, кН/м		
		3	9	20
Продольное усилие в точках подвеса $T_1(0)$, $T_1(l)$, кН	Предложенный метод	85,8	134,3	187,9
	МКЭ	85,7	136	185
	Погрешность, %	0,12	1,25	1,54
Прогиб в середине пролета $w(l/2)$, м	Предложенный метод	0,158	0,308	0,507
	МКЭ	0,162	0,307	0,517
	Погрешность, %	2,47	0,32	1,93

Заключение

Анализ параметров НДС гибкой нити, полученных с помощью предложенного метода математического моделирования, засвидетельствовал достаточно высокую согласованность с результатами расчета в программном комплексе «ЛИРА-САПР», реализующего МКЭ.

Расхождения значений параметров НДС, взятых за основные критерии сравнения на всех участках принятой диаграммы деформирования, составили не более 5 %, что подтверждает адекватность разработанного метода и принятых допущений при моделировании.

Представленный метод определения напряженно-деформированного состояния гибких нитей с учетом физической нелинейности позволяет решать задачи с учетом реальных свойств материалов, не подчиняющихся закону Гука, что характерно для механических систем с основными силовыми элементами, выполненными из синтетических канатов.

Библиографический список

1. Тарасов, Д. А. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния стальных канатов при действии поперечных статических и ударных нагрузок : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.18 / Тарасов Д. А. – Пенза, 2016. – 146 с.
2. Тарасов, Д. А. Конструкция защитного сооружения от удара для железнодорожных переездов / Д. А. Тарасов, В. В. Коновалов, В. Ю. Зайцев // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – № 1 (18). – С. 111–117.
3. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81* «Стальные конструкции») / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 148 с.
4. Тарасов, Д. А. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния стальных канатов / Д. А. Тарасов, В. В. Коновалов, В. Ю. Зайцев // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2013. – № 4 (73). – С. 215–221.
5. Тарасов, Д. А. Комплекс программ моделирования напряженно-деформированного состояния стальных канатов / Д. А. Тарасов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 12 (16). – С. 114–120.

6. Тарасов, Д. А. Компьютерное моделирование определения реакций опор гибких барьеров / В. В. Коновалов, Д. А. Тарасов, В. Ю. Зайцев, Н. В. Байкин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 3. – С. 72–79.
7. Тарасов, Д. А. Комплекс программ моделирования работы стальных канатов при действии поперечной динамической нагрузки / Д. А. Тарасов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2015. – № 2 (24). – С. 48–55.
8. Тарасов, Д. А. Параметрическая оптимизация стальных канатов при действии поперечного удара / Д. А. Тарасов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2015. – № 2 (24). – С. 56–62.
9. Тарасов, Д. А. Математическое моделирование оптимизации параметров несущих элементов, выполненных из стальных канатов / Д. А. Тарасов, В. В. Коновалов, В. Ю. Зайцев // Интеграл. – 2012. – № 6. – С. 118–120.

Тарасов Денис Александрович

кандидат технических наук,
начальник отдела инженерного анализа
конструкций и защиты интеллектуальной
собственности,
ЗАО «ЦеСИС НИКИРЭТ» (г. Пенза)
E-mail: den517375@ya.ru

Tarasov Denis Alexandrovich

candidate of technical sciences,
head of department of engineering analysis
of structures and protection
of intellectual property,
Closed Joint-stock company
«Center of special engineering constructions
of research and design Institute
of radio electronic technology»

Семенов Дмитрий Юрьевич

магистр, инженер-конструктор отдела
приводной и специальной техники,
ЗАО «ЦеСИС НИКИРЭТ» (г. Пенза)
E-mail: kb@cesis.ru

Semenov Dmitry Yuryevich

master, engineer-designer of department
of driving and special equipment,
Closed Joint-stock company
«Center of special engineering constructions
of research and design Institute
of radio electronic technology»

УДК 624.071.22:531.011

Тарасов, Д. А.

Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния гибких нитей с учетом физической нелинейности / Д. А. Тарасов, Д. Ю. Семенов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 175–185.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА
МОДИФИЦИРОВАННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА
НИТРАТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

О. Т. Шипина, В. К. Мингазова, Я. А. Фомин

**THE USE OF MATHEMATICAL APPARATUS
OF MODIFIED PETRI NETS FOR MODELING
THE PRODUCTION OF CELLULOSE NITRATES**

O. T. Shipina, V. K. Mingazova, Ya. A. Fomin

Аннотация. *Актуальность и цели.* Работа посвящена проблеме подготовки специалистов химической отрасли с применением электронного образовательного ресурса. Моделирование процессов производства химических веществ является полезным и современным средством обучения. Цель работы – используя принципы моделирования техпроцессов с помощью сетей Петри, создать наглядные модели аппаратов для производства нитратов целлюлозы (НЦ), разработать программное обеспечение и смоделировать процесс производства НЦ. *Материалы и методы.* Реализация задач была достигнута за счет использования математического аппарата сетей Петри. *Результаты.* В работе приведены результаты работы программы в графическом виде. Разработана программная реализация модели производства. *Выводы.* Внедрение и использование программного комплекса дает возможность модернизировать и улучшить качество образовательных услуг, использовать все современные технологии в обучающем процессе и соответствовать стратегии развития обучающего процесса в вузе.

Ключевые слова: моделирование технологических процессов, программное обеспечение, сети Петри, производство нитратов целлюлозы.

Abstract. *Background.* Work is devoted to a problem of training of specialists of chemical branch with application of an electronic educational resource. Simulation of processes of production of chemicals is the useful and modern tutorial. The purpose of this study is using the principles of modeling of technological processes via the Petri nets in order to create visual models of apparatuses for production of cellulose nitrates, develop software and simulate the production process of cellulose nitrates. *Materials and methods.* The implementation of the research objective was achieved by the use of mathematical apparatus of Petri nets. *Results.* The article presents the results of the program in graphical form. The program of the introduction of a model of production is developed. *Conclusions.* The introduction and use of the software package will allow to modernize and improve the quality of educational services, to use all modern technologies in the learning process and to correspond to the strategy of development of the teaching process in the higher educational institution.

Key words: modeling of technological processes, software, Petri nets, production of nitrates of cellulose.

Введение

Российское инженерное и естественнонаучное образование традиционно по праву считается одним из лучших в мире. Но в XXI в. сохранить преимущество нашей образовательной системы можно только при условии применения достижений в области информационных технологий. Это не просто обеспечение вузов компьютерами и подключение их к Интернету. Приобретение технических средств и овладение ими студентами и преподавателями – самый первый и самый простой шаг к использованию информационных технологий в образовании. Следующий шаг – изучение преподавателями новейших достижений в области инженерных технологий (ИТ), создание образовательных ресурсов (учебников, лекционных курсов, программ, пособий) и обеспечение доступа к ним.

Наряду с этим в настоящее время актуальна проблема подготовки специалистов с применением электронного образовательного ресурса, которые смогут работать, в частности, на производстве нитратов целлюлозы (НЦ).

Для процесса обучения будут полезны средства, позволяющие моделировать процессы производства химических веществ. Современное химическое производство представляет собой сложную химико-технологическую систему (ХТС), состоящую из большого количества аппаратов и технологических связей между ними. Следовательно, разработка и эксплуатация производства требует знания как общего подхода к проблеме, так и большого количества вопросов, непосредственно связанных с ХТС.

При разработке новой химико-технологической системы или модернизации существующей основная задача заключается в создании высокоэффективного химического производства, т.е. такого объекта химической промышленности, который позволит получать продукцию заданного качества в требуемом объеме наиболее экономически целесообразным путем. При эксплуатации существующей ХТС необходимо таким образом управлять производством, чтобы при высокой производительности и низких капитальных затратах и текущих расходах обеспечить получение продукта требуемого качества.

С использованием принципов моделирования техпроцессов с помощью сетей Петри созданы наглядные модели аппаратов для производства нитратов целлюлозы [1–5]. Разработано программное обеспечение для моделирования производств нитратов целлюлозы. Исследован и смоделирован процесс производства нитратов целлюлозы.

Объектом исследования в данной работе является химико-технологическая система производства НЦ, ее материальные и информационные потоки [6]. Предмет исследования – методы и алгоритмы моделирования и оптимизации полунепрерывных производственных систем.

Модель производства нитратов целлюлозы на сетях Петри

Производство НЦ может быть отнесено к классу дискретно-непрерывных (ДН) химико-технологических систем.

Согласно принципу селективности нами рассматривается техпроцесс лишь по одному продукту – нитрату целлюлозы, без учета вспомогательного оборудования, производства регенерации кислот, очистных сооружений и т.д.

Считается, что время обработки промежуточных продуктов не зависит от качества сырья, внешних условий и влияния внешней среды.

Для количественной оценки системы вводится понятие «состояние». Под состоянием ДНХТС НЦ понимается состояние всех аппаратов-элементов ДНХТС: аппарат загружается, реализует техпроцесс или разгружается. Входными параметрами в модели являются дискретные потоки исходного сырья (целлюлозы), выходными – порции готового продукта – нитрат целлюлозы.

Конечная цель создания математических моделей – установление функциональных зависимостей между переменными. Функциональная зависимость для каждой конкретной модели может принимать строго определенный вид. Создание математической модели требует знания присутствующих в системе элементов и их взаимосвязей.

Производство НЦ состоит из совокупности аппаратов, поэтому модель его будет составной моделью. Модель ДНХТС производства синтезируется из моделей элементов – аппаратов, образующих данное производство.

Все системы существуют во времени и в пространстве. Математически это значит, что время и пространственные переменные могут рассматриваться в качестве независимых переменных. Но учет всех независимых переменных приводит к усложнению модели. Поэтому в качестве независимых переменных берем одну или две переменные. Примерами такого подхода относительно непрерывных динамических систем могут служить системы, моделью которых является система дифференциальных уравнений с независимой переменной t .

Для формирования СП-модели цеха производства НЦ построены СП-модели основных аппаратов данного производства. Общая СП-модель цеха получена подстановкой СП-моделей отдельных аппаратов в структурную схему цеха и генерацией соответствующей системы приоритетов и схемы взаимодействия данных аппаратов как в пределах отдельных стадий, так и на межстадийном уровне.

Рассмотрим схему на примере процесса дозирования олеума (рис. 1,а) в смеситель. Переход t_1 – вход смесителя. Полагаем, что в хранилище свежих кислот они всегда есть. Маркировка $M(p_1)$ определяет количество свежей кислоты, которое необходимо загрузить в смеситель, моделируемый позицией p_{10} согласно заданию. $M(p_9)$ определяет вместимость мерника. Если $M(p_1) > M(p_9)$ – задание на загрузку больше вместимости мерника, то дозирование реализуется в несколько этапов, соответственно, и переход t_1 срабатывает многократно. Так как $M(p_2) \neq 0$, посредством ингибиторной дуги блокируется срабатывание перехода t_4 (вход смесителя). По окончании загрузки смесителя срабатывание перехода t_3 обнуляет позицию p_2 , тем самым снимает блокировку на линиях.

Позиции p_2, p_6 – сигнальные, информирующие о занятости мерника одним из смесителей. Позиции p_1, p_5 – информационные, в них формируется задание на смешение согласно плану. Позиция p_3 моделирует мерник в ожидании загрузки, а p_4 – мерник в ожидании разгрузки. Переход t_3 – выход мерника, его срабатывание интерпретируется как разгрузка мерника в смеситель.

Аналогично моделируется процесс дозирования в мерник купоросного масла. Граф модели мерника купоросного масла представлен на рис. 1,б.

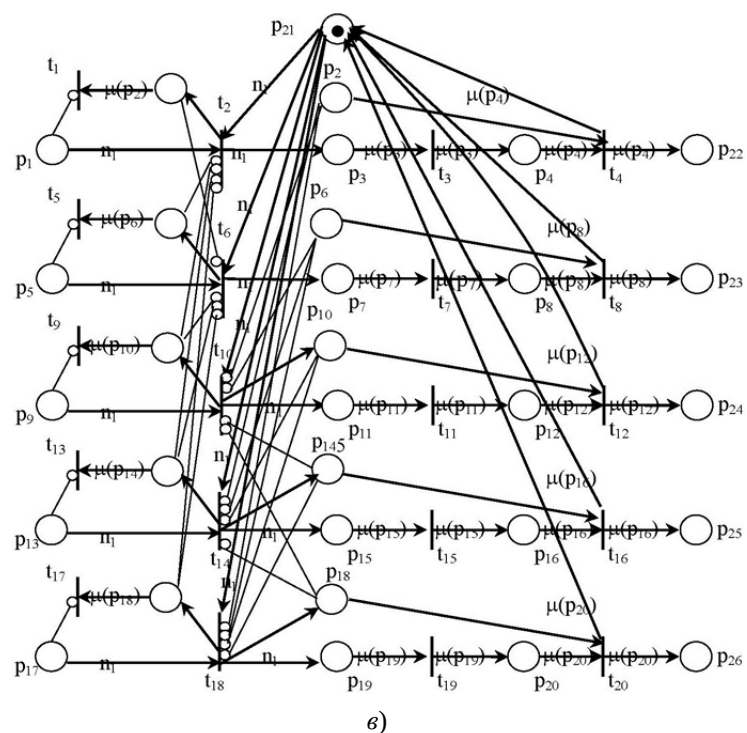
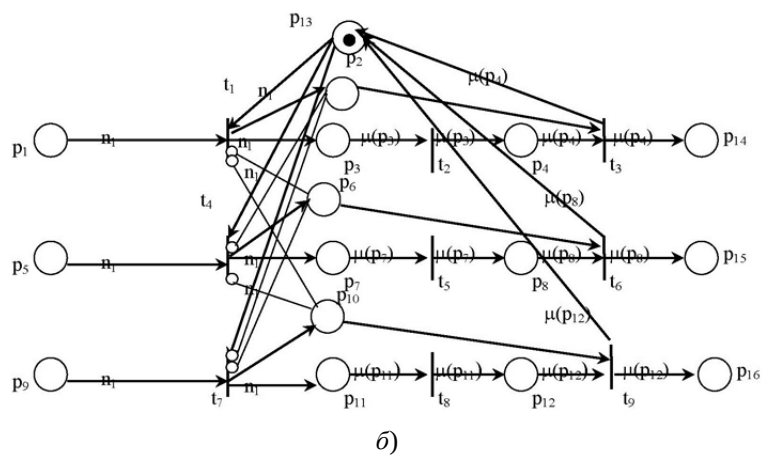
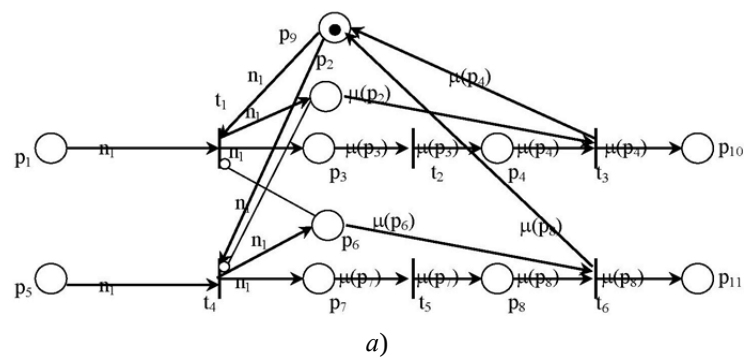


Рис. 1. СП-модели мерников кислот:
а – олеума; *б* – купоросного масла; *в* – азотной кислоты

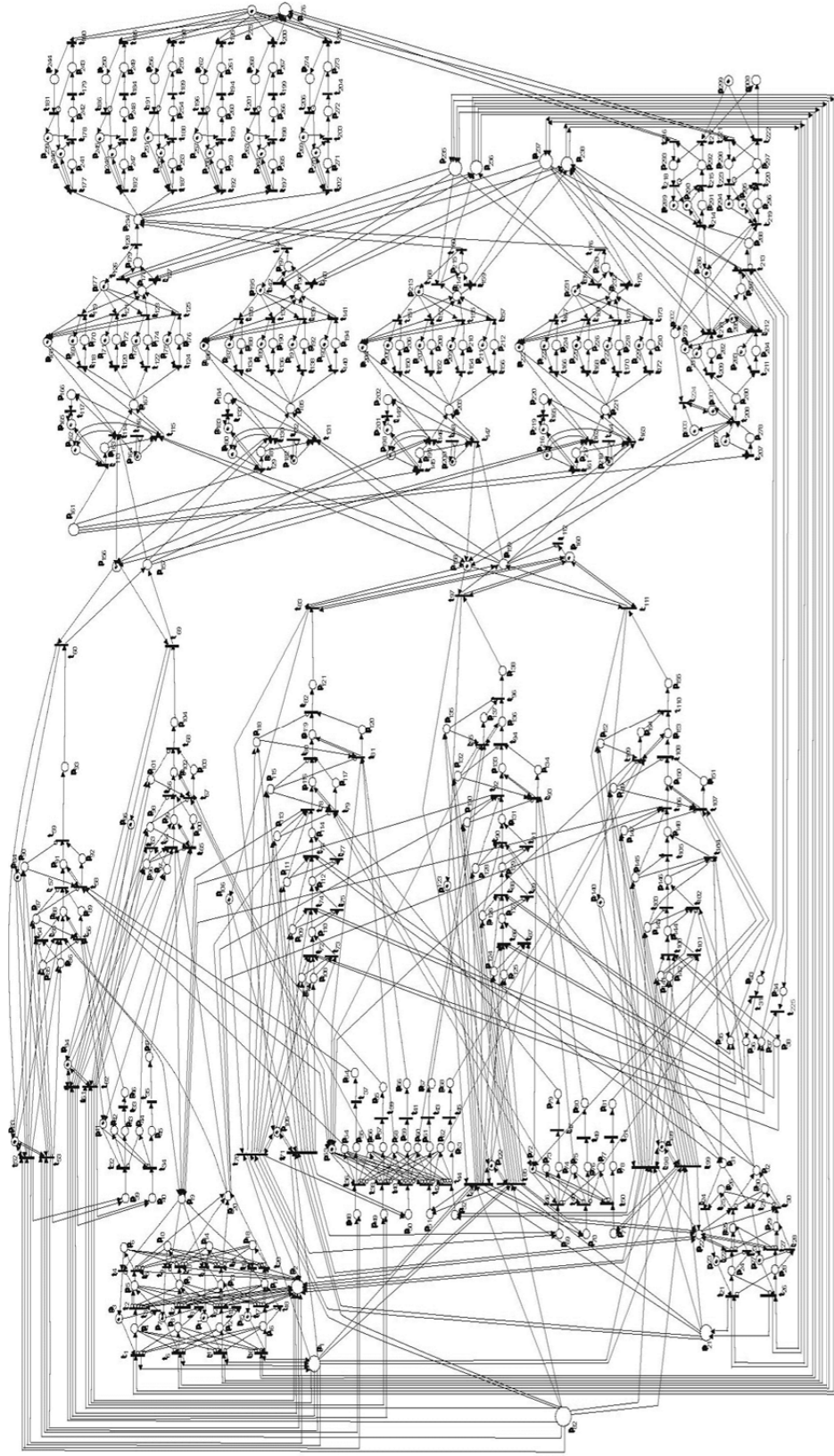


Рис. 2. СП-модель стадии этерификации и рекуперации

Интерпретация модели мерника купоросного масла аналогична модели мерника олеума. Отличия заключаются в том, что мерник дозирует купоросное масло в один из трех смесителей НКС № 2, соответственно, и в модели выделены три схемы дозирования: $\{t_2, t_3, t_4\} \cup \{p_3, p_4, p_{14}\}$ – для смесителя p_{14} , $\{t_6, t_7, t_8\} \cup \{p_7, p_8, p_{15}\}$ – для смесителя p_{15} , $\{t_{10}, t_{11}, t_{12}\} \cup \{p_{11}, p_{12}, p_{16}\}$ – для смесителя p_{16} .

Граф модели мерника азотной кислоты также представлен на рис. 1,в. Интерпретация модели мерника азотной кислоты аналогична модели мерника олеума. Отличия в том, что мерник дозирует азотную кислоту в один из пяти смесителей. Соответственно, в модели мерника выделены 5 схем дозирования: $\{t_1, t_2, t_3, t_4\} \cup \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_{22}\}$ – для смесителя 1, $\{t_5, t_6, t_7, t_8\} \cup \{p_5, p_6, p_7, p_8, p_{23}\}$ – для смесителя 2, $\{t_9, t_{10}, t_{11}, t_{12}\} \cup \{p_9, p_{10}, p_{11}, p_{12}, p_{24}\}$ – для смесителя 3, $\{t_{13}, t_{14}, t_{15}, t_{16}\} \cup \{p_{13}, p_{14}, p_{15}, p_{16}, p_{25}\}$ – для смесителя 4, $\{t_{17}, t_{18}, t_{19}, t_{20}\} \cup \{p_{17}, p_{18}, p_{19}, p_{20}, p_{25}\}$ – для смесителя 5.

Полный граф сети Петри для всего производства формируется путем подстановки моделей в структурную схему цеха и генерации соответствующей системы приоритетов и схем межстадийного взаимодействия. На рис. 2 представлена модель сети Петри для стадии этерификации и рекуперации.

Java – платформа программного обеспечения

Программа «Моделирование производства НЦ» позволяет осуществлять моделирование производственных линий производства НЦ. В программе имеется набор моделей аппаратов, позволяющих составлять различные технологические нити. Каждый аппарат имеет свойства, которые пользователь может изменять в зависимости от поставленной задачи.

Программный продукт обладает рядом свойств:

- имеет удобный интерфейс, который не вызывает негативной реакции у пользователей;
- позволяет выполнять все работы, заложенные в программе, быстро и удобно;
- облегчается усвоение учебного материала;
- восполняется нехватка учебных материалов;
- экономится время, затрачиваемое на изучение материала;
- есть возможность использования приложения на любой платформе;
- отсутствуют проблемы с лицензированием программного обеспечения;
- существует возможность модернизации; при этом студенты смогут без труда работать с программным комплексом, имея минимальные навыки работы с ПК.

Рабочее окно программы представлено на рис. 3 (результат работы).

Рабочее окно программы имеет следующие основные составные части:

I. Главное меню (содержит пункты меню «Файл» и «Справка»).

1. Меню «Файл» включает пункты:

- «Запуск САМ» – служит для запуска модуля САМ;
- «Сохранить» – позволяет сохранить результаты работы в файл;
- «Загрузить» – позволяет загрузить ранее сохраненную работу.

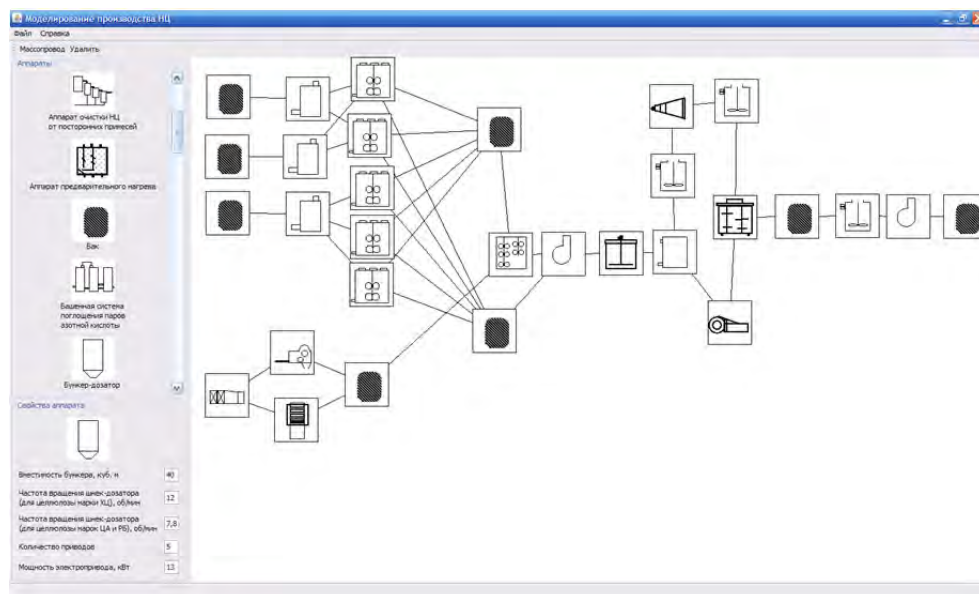


Рис. 3. Главное окно программы

2. Меню «Справка» состоит из следующих пунктов:

- «Примеры схем» – открывает окно, содержащее модели схем производства изготовления коллоксилинов по полунепрерывной технологии, производства НЦ по периодической и по полунепрерывной технологиям;
- «Пояснение» – открывает окно с текстом анализа производства НЦ, поясняющим схемы;
- «О программе» – вызывает окно с информационными данными о программном продукте.

II. Панель инструментов (содержит кнопки «Массопровод» для установки режима соединения аппаратов массопроводами и «Удалить» для установки режима удаления элементов схемы).

III. Рабочую область (служит для построения схем).

IV. Палитру компонентов «Аппараты» (отображает всю коллекцию имеющихся аппаратов) (рис. 4).

V. Панель «Свойства аппарата» (отображает свойства активного аппарата) (рис. 5).

Система автоматизированного моделирования позволяет наглядно изобразить на экране компьютера модель сети Петри, а также выполнить заданное количество шагов сети Петри.

Построение модели сети Петри осуществляется путем транспортировки мышью примитивов сети Петри в область рисования.

В режиме редактирования возможно выполнение одного или нескольких шагов сети Петри.

Шаг сети Петри – это выполнение всех разрешенных переходов в порядке возрастания их номеров.

Платформой и языком для разработки была выбрана Java. Java – объектно-ориентированный язык программирования. Приложения Java компилиру-

ются в специальный байт-код, поэтому они могут работать на любой виртуальной Java-машине (JVM) вне зависимости от компьютерной архитектуры.

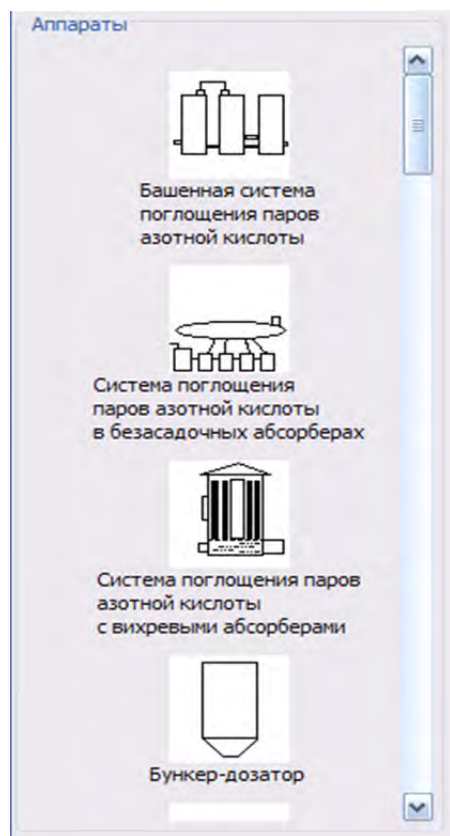


Рис. 4. Палитра компонентов «Аппараты»

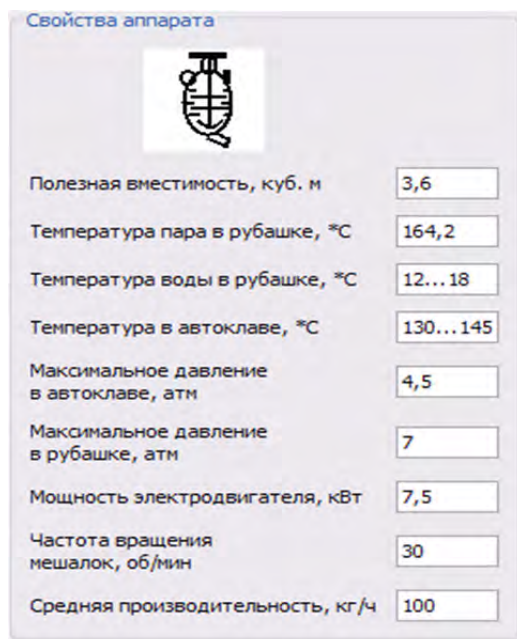


Рис. 5. Панель «Свойства аппарата»

Заключение

Разработано программное обеспечение для моделирования аппаратов и технологических схем.

Разработано подробное руководство пользователя по работе с разработанным программным обеспечением.

Построенные модели аппаратов позволяют получить достаточно полную картину производства нитратов целлюлозы.

Разработана программная реализация модели производства.

Несмотря на то, что в данной работе полностью решен рассматриваемый вопрос, возможны следующие пути развития продукта:

- применение передовых технологий в области компьютерной графики для интерактивного отображения технологического процесса;
- увеличение объема справочной информации;
- применение архитектуры «клиент-сервер» для централизованного контроля преподавателем работы студентов.

Библиографический список

1. Проектирование гибких технологических процессов получения нитратов целлюлозы (с использованием математического аппарата модифицированных сетей Петри) : учеб. пособие / А. В. Косточко, О. Т. Шипина, И. Р. Басыров, О. М. Матренина, В. А. Петров. – Казань : Казан. гос. технол. ун-т, 2006. – 84 с.
2. Сети Петри. – URL: http://www.iacp.dvo.ru/lab_11/otchet/ot2000/pn3.html
3. Википедия. – URL: <http://ru.wikipedia.org>
4. Математическое моделирование. – URL: http://mat.1september.ru/2003/14/po14_1.htm
5. Дейтел, Х. М. Технологии программирования на Java 2 : пер. с англ. // Х. М. Дейтел, П. Дж. Дейтел, С. И. Сантри. – М. : Бином-Пресс, 2003. – 1680 с.
6. Гиндич, В. И. Производство нитратов целлюлоз / В. И. Гиндич, Л. В. Забелин, Г. Н. Марченко. – М. : ЦНИИНТИ, 1984. – 360 с.

Шипина Ольга Терентьевна

доктор технических наук, профессор,
кафедра химии и технологии
высокомолекулярных соединений,
Казанский национальный
исследовательский университет
E-mail: shipina.olga@yandex.ru

Shipina Olga Terentievna

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of chemistry and technology
of macromolecular compounds,
Kazan National Research University

Мингазова Венера Каямтиновна

кандидат технических наук, доцент,
кафедра химии и технологии
высокомолекулярных соединений,
Казанский национальный
исследовательский университет
E-mail: venera-m@inbox.ru

Mingazova Venera Kayamtinovna

candidate of technical sciences,
associate professor,
sub-department of chemistry and technology
of macromolecular compounds,
Kazan National Research University

Фомин Ярослав Александрович

студент,
Казанский национальный
исследовательский университет
E-mail: shipina.olga@yandex.ru

Fomin Yaroslav Alexandrovich

student,
Kazan National Research University

УДК 519.87:66.0

Шипина, О. Т.

Использование математического аппарата модифицированных сетей Петри для моделирования производства нитратов целлюлозы / О. Т. Шипина, В. К. Мингазова, Я. А. Фомин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 186–194.