

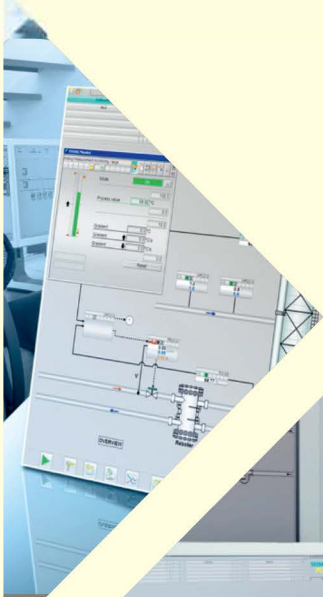
ISSN online 2658-6436

№ 1 (7)
2020

Научно-технический журнал

Автоматизация и моделирование

в проектировании и управлении



АВТОМАТИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ



В проектировании и управлении

Издается с 2018 года

№ 1(07), 2020

Сетевое издание

Выходит 1 раз в квартал

Учредитель издания – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Брянский государственный технический университет» (БГТУ)

Председатель редакционного совета - **Сигов А.С.**, д-р. физ.-мат. наук, проф., академик РАН

Заместитель председателя редакционного совета – **Аверченков А.В.**, д-р. техн. наук, доц.

Заместитель председателя редакционного совета – **Федонин О.Н.**, д-р. техн. наук, проф.

Бобырь М.В., д-р. техн. наук, проф. (Курск)

Бочкарев П.Ю., д-р. техн. наук, проф. (Саратов)

Долгов Ю.А., д-р. техн. наук, проф. (Тирасполь)

Еременко В.Т., д-р. техн. наук, проф. (Орел)

Иващук О.А., д-р. техн. наук, проф. (Белгород)

Карпенко А.П., д-р. физ.-мат. наук, проф. (Москва)

Квятковская И.Ю., д-р. техн. наук, проф. (Астрахань)

Кравец А.Г., д-р. техн. наук, проф. (Волгоград)

Курейчик В.В., д-р. техн. наук, проф. (Таганрог)

Ланцов В.Н., д-р. техн. наук, проф. (Владимир)

Носков С.И., д-р. техн. наук, проф. (Иркутск)

Пестер А., д-р. техн. наук, проф. (Австрия)

Петрешин Д.И., д-р. техн. наук, проф. (Брянск)

Подвесовский А.Г., канд. техн. наук, доц. (Брянск)

Пылькин А.Н., д-р. техн. наук, проф. (Рязань)

Скрыпников А.В., д-р. техн. наук, проф. (Воронеж)

Соснин П.И., д-р. техн. наук, проф. (Ульяновск)

Феофанов А.Н., д-р. техн. наук, проф. (Москва)

Хейфец М.Л., д-р. техн. наук, проф. (Белорусь)

Чепчуров М.С., д-р. техн. наук, проф. (Белгород)

Шептунов С.А., д-р. техн. наук, проф. (Москва)

Ярушкина Н.Г., д-р. техн. наук, проф. (Ульяновск)

Редколлегия

Главный редактор – **Аверченков В.И.** д-р. техн. наук, проф.

Зам. главного редактора – **Захарова А.А.** д-р. техн. наук, доц.

Зам. главного редактора – **Подвесовский А.Г.** канд. техн. наук, доц.

Ответственный секретарь – **Кузьменко А.А.** канд. биол. наук

Корректор – **Андросов К.Ю.**

Адрес редакции:

241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7

тел.: (4832) 56-49-90

Адрес размещения: <https://aimpu.ru>

E-mail: aim-pu@mail.ru

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77-73848 от 05 октября 2018 года

ISSN online: 2658-6436

Журнал включен в специализированный референтный библиографический сервис Crossref

Журнал публикует основные результаты научных исследований по специальностям:

05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами
05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

05.13.12 – Системы автоматизации проектирования
05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале «Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении», допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции

AUTOMATION AND MODELING

SCIENTIFIC TECHNICAL
JOURNAL



in design and management

Issued since 2018

№ 1(07), 2020

Online edition

Published once a quarter

The founder of the publication – the Federal state budgetary
educational institution of higher education
«Bryansk State Technical University» (BSTU)

Chairman of Editorial Board – **Sigov A.S.**, D. Phys.-Mat., Professor, Academician of RAS

Deputy Chairman of Editorial Board – **Averchenkov A.V.**, D. Eng., Associate professor

Deputy Chairman of the editorial Board – **Fedonin O.N.**, D. Eng., Professor

M.Yu. Bobyr, D. Eng., Prof., (Kursk)

P.Yu. Bochkaryov, D. Eng., Prof., (Saratov)

Yu.A. Dolgov, D. Eng., Prof., (Tiraspol)

V.T. Yeremenko, D. Eng., Prof., (Orel)

O.A. Ivashchuk, D. Eng., Prof., (Belgorod)

A.P. Karpenko, D. Phys.-Mat., Prof., (Moscow)

I.Yu. Kvyatkovskaya, D. Eng., Prof., (Astrakhan)

A.G. Kravets, D. Eng., Prof., (Volgograd)

V.V. Kureichik, D. Eng., Prof., (Taganrog)

V.N. Lantsov, D. Eng., Prof., (Vladimir)

S.Yu. Noskov, D. Eng., Prof., (Irkutsk)

A. Pester, D. Eng., Prof., (Austria)

D.I. Petreshin, D. Eng., Prof., (Bryansk)

A.G. Podvesovskiy, Can. Eng., Assoc. Prof. (Bryansk)

A.N. Pylkin, D. Eng., Prof., (Bryansk)

A.V. Skrypnikov, D. Eng., Prof., (Voronezh)

P.I. Sosnin, D. Eng., Prof., (Ulyanovsk)

A.N. Feofanov, D. Eng., Prof., (Moscow)

M.L. Kheifets, D. Eng., Prof., (Minsk, Belarus)

M.S. Chepchurov, D. Eng., Prof., (Belgorod)

S.A. Sheptunov, D. Eng., Prof., (Moscow)

N.G. Yarushkina, D. Eng., Prof., (Ulyanovsk)

Editorial board

Editor-in-Chief – **Averchenkov V.I.** D. Eng., Prof.,

Deputy Editor-in Chief – **Zaharova A.A.** D. Eng., Assoc. Prof.

Deputy Editor-in Chief – **Podvesovskiy A.G.** Can. Eng., Assoc. Prof.

Executive Secretary – **Kuzmenko A.A.** Can. Biol. Sc.

Corrector – **Maliukina A.Yu.**

Address of edition 7, 50 Years of October Avenue,
Bryansk, Russia, 241035

Tel.: (4832) 56-49-90

Accommodation address: <https://aimpu.ru>

E-mail: aim-pu@mail.ru

The Journal is registered by the Federal
Service for Supervision in the Sphere of Telecom,
Information Technologies and Mass Communications
of Russian Federation (ROSKOMNADZOR). Registration
certificate Эл № ФС77-73848 of October 05, 2018

ISSN online: 2658-6436

Journal is included in a specialized consultant bibliographical service Crossref

Reprinting, all kinds of material copying and reproduction of materials published in the journal “Automation and modeling in design and management” is allowed only with the Editorial Board’s permission and a reference to the source of information

© Bryansk State Technical University, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Завьялов Д.А. Усовершенствованная система проектно-ориентированного управления разработкой месторождений углеводородов 4
Конопацкий Е.В. Геометрическая теория многомерной интерполяции 9
Двилянский А.А., Мосин Ю.В. Обоснование подхода к постановке задачи на разработку математического метода моделирования параметров экранирующей конструкции, обеспечивающей функциональную устойчивость компонентов объектов критической информационной инфраструктуры при воздействии электромагнитных импульсов 17

Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, системы автоматизации проектирования

Архангельский А.Н. Моделирование движения автомобиля в транспортном потоке на ЭВМ 26

Управление в социальных и экономических системах

Аверченкова Е.Э., Аверченков А.В., Горбунов А.Н., Гончаров Д.И. Современные научные подходы в управлении региональными социально-экономическими системами в условиях влияния внешней среды 32
Чиглякова И.В., Лозбинец Ф.Ю. Цифровая модель в сфере общего образования Брянской области как способ формирования кадров для цифровой экономики 39

CONTENTS

Mathematical modeling, numerical methods and program complexes

Zavyalov D.A. Improved system of project-oriented management of the development of hydrocarbon reservoirs 4
Konopatskiy E.V. Geometric theory of multidimensional interpolation 9
Dviljanskiy A.A., Mosin Yu.V. Approach substantiation to problem statement on working out mathematical method of modelling of parameters of the shielding the design providing functional stability components of objects of a critical information infrastructure at influence of electromagnetic impulses 17

Automation and control of technological processes and production, automated design systems

Arkhangelsky A.N. Modeling the car motion in a transport flow on a computer 26

Management in social and economic systems

Averchenkova E. E., Averchenkov A.V., Gorbunov A.N., Goncharov D.I. Modern scientific approaches in the management of regional socio-economic systems under the influence of the external environment 32
Chiglyakova I.V., Lozbinev F.Y. Digital model in the field of general education Bryansk region as a way of forming personnel for the digital economy 39

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

УДК: 553.98

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-1-4-8

Д.А. Завьялов

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКОЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Управление разработкой месторождения углеводородов связано с непрерывным выполнением множества проектов и носит проектно-ориентированный характер. Многие положения существующей системы управления разработкой месторождений углеводородов регламентированы, однако существует противоречие между необходимостью в комплексе учитывать все аспекты управления и отсутствием такой возможности в существующей системе управления. В работе представлена усовершенствованная системы проектно-ориентированного управления разработкой месторождений углеводородов, а также результаты ее тестирования на реальных данных в сравнении с существующей системой управления.

Ключевые слова: *месторождение углеводородов, управление разработкой, проект разработки, проектно-ориентированное управление.*

D.A. Zavyalov

IMPROVED SYSTEM OF PROJECT-ORIENTED MANAGEMENT OF THE DEVELOPMENT OF HYDROCARBON RESERVOIRS

Management of hydrocarbon reservoir development is associated with the continuous implementation of many projects and it is project-oriented management. Many provisions of the existing hydrocarbon reservoir development management system are regulated, however, there is a contradiction between the need to take into account all aspects of management in a complex and the lack of such an opportunity in the existing management system. The work presents an improved system of project-oriented management of hydrocarbon reservoir development, as well as the results of its testing on real data in comparison with the existing management system.

Keywords: *hydrocarbon reservoir, production management, development project, project-oriented management.*

Введение

Управление разработкой месторождения углеводородов (УВ) связано с непрерывным выполнением множества проектов для оценки объемов запасов (подсчет запасов УВ) и планирования добычи УВ (прогноз разработки) с целью эффективного распределения и рационального использования ресурсов недропользователя, такая деятельность носит характер проектно-ориентированного управления [1].

Многие положения системы управления разработкой месторождений углеводородов регламентированы, однако она многостадийна и многовариантна, кроме того существует большое число факторов как в самой системе, так и внешних, которые влияют на эффективность работы системы. Поэтому существует противоречие между необходимостью в комплексе учитывать все аспекты проектно-ориентированного управления разработкой месторождения, в том числе человеческий фактор, и отсутствием такой возможности в существующей системе управления.

В работах многих российских и зарубежных ученых, таких как Каневской Р.Д., Ямпольского В.З., Пергамент А.Х., Саттаров Б.М., Крылов А.П., Батулин Ю.Е., Settari A., Leverett M.C. и др. [2, 3], посвящены созданию и развитию методов моделирования месторождений УВ – они рассматривают математические, физические аспекты моделирования гидродинамических процессов и процессов фильтрации жидкостей в пласте, однако управление разработкой месторождений УВ как проектно-ориентированная деятельность в их работах не затрагивается.

Перечисленные особенности определяют важное научное и народнохозяйственное значение задачи повышения эффективности проектно-ориентированного управления разработкой месторождения УВ и точности получаемых проектных решений.

Усовершенствованная система проектно-ориентированного управления

Существующая система проектно-ориентированного управления разработкой месторождения углеводородов представлена на рис. 1. Выделяется 2 типа проектов: подсчет запасов и проектный технологический документ (прогноз разработки). Главным недостатком данной системы является необходимость возврата к предыдущим стадиям управления (пунктирные стрелки отображают взаимосвязь стадий – корректировку предыдущей стадии) при получении на некоторых стадиях неудовлетворительного результата. Однако в большинстве случаев (использование утвержденной ранее модели, выполнение работ различными институтами или специалистами и др.) возможность возврата (обратная связь) отсутствует. Кроме того, некоторые операции в данном процессе не формализованы, в частности процесс поиска недостающих данных для моделирования на ранних стадиях жизненного цикла месторождений выполняется экспертом лишь на основе собственного опыта. Также имеет место несогласованность работы вовлеченных в процесс специалистов (ЛПП) и низкая степень достоверности (адекватности) моделей пластов. В проектно-ориентированной деятельности при разработке месторождения углеводородов отсутствует комплексный подход, а система управления такой деятельностью нуждается в усовершенствовании.

Для повышения эффективности управления разработкой месторождений УВ и обоснованности принятия решений была усовершенствована существующая система проектно-ориентированного управления, она приведена на рис. 2.

Для формализации процедуры поиска аналогов и повышения достоверности моделей пластов разработаны новые метод поиска аналогий и метод верификации исходных данных на основе трехмерных визуальных моделей данных [4].

Комплексный подход к моделированию пластов месторождений [5, 6] реализован в виде комплексной модели пласта, которая предполагает объединение стадий геологического и гидродинамического моделирования [7], а также экономическую экспресс-оценку на этапе прогноза разработки.

Оценку влияния такой модернизации на процесс управления разработкой месторождения в целом можно выполнить по критерию времени. Тестирование усовершенствованной системы проектно-ориентированного управления осуществлялось на данных по 23 проектам по месторождениям Томской области, из которых 14 подсчетов запасов и 9 проектов прогноза разработки.

Для упрощения оценки общего времени процесс рассматривался укрупненно, без учета обратных переходов между стадиями. Была рассмотрена следующая цепочка стадий управления:

- работа с исходными данными:
 - сбор и анализ,
 - верификация;
- геологическое моделирование:

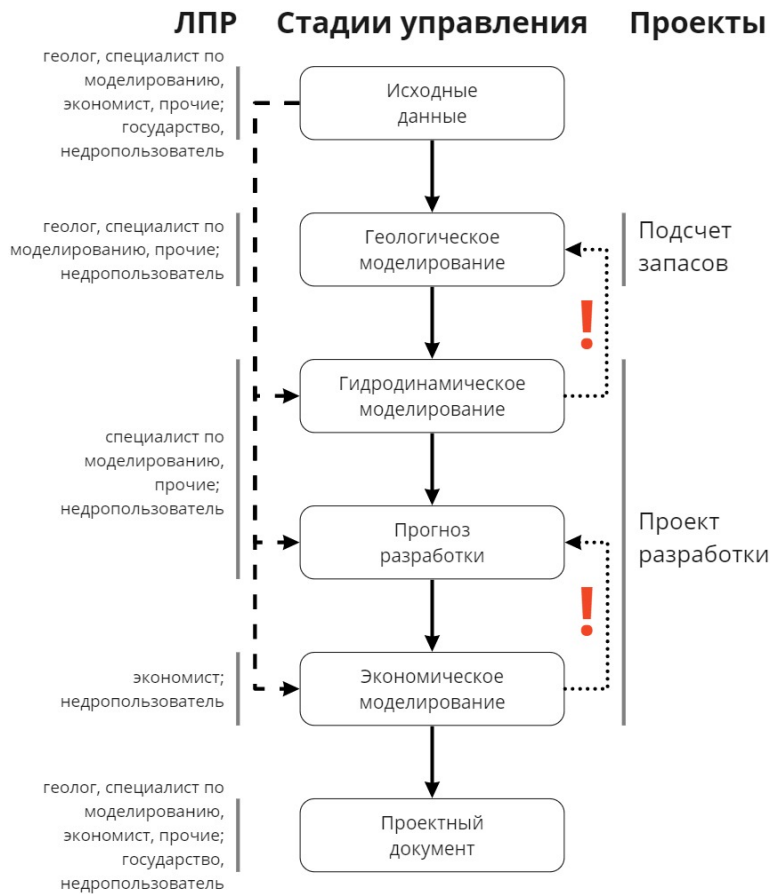


Рис. 1. Существующая система проектно-ориентированного управления разработкой месторождений УВ

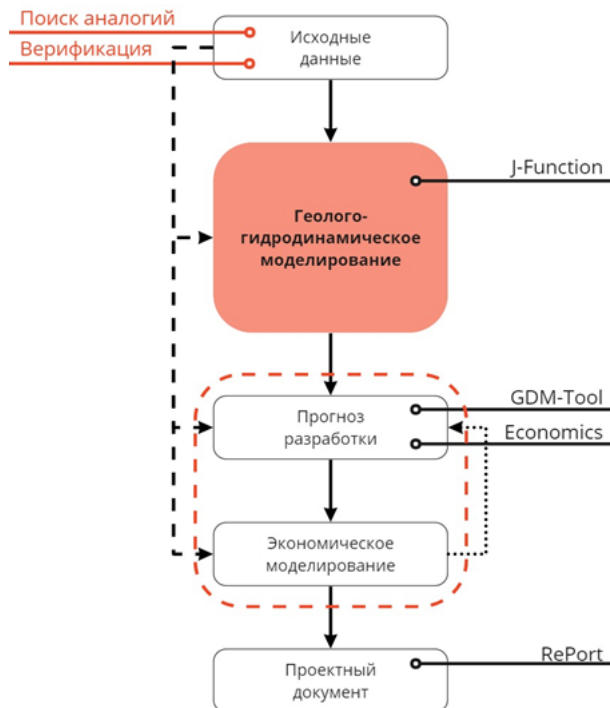


Рис. 2. Усовершенствованная система проектно-ориентированного управления разработкой месторождений УВ

- поиск аналогий,
- поиск функции распределения водонасыщенности,
- построение модели пласта;

- гидродинамическое моделирование:
 - построение гидродинамической модели пласта,
 - адаптация модели;
- прогноз разработки:
 - формирование системы размещения проектных скважин,
 - расчет прогнозного варианта разработки;
- экономическое моделирование;
- формирование отчетной документации.

Результаты тестирования представлены в табл. 1 и на рис. 3.

Табл. 1. Результаты тестирования усовершенствованной системы управления

Тип проекта	Набор тестовых данных	Время выполнения, час.		Эффект, %
		Существующая система	Усовершенствованная система	
Подсчет запасов	1	5,4	4,8	11,8
	2	4,7	4,2	10,4
	3	5,4	5,0	7,7
	4	5,8	5,0	13,4
	5	5,2	4,7	9,5
	6	5,3	4,7	11,6
	7	5,6	4,9	12,1
	8	4,8	4,3	10,8
	9	5,3	4,8	10,1
	10	5,0	4,7	7,3
	11	5,8	5,2	10,5
	12	4,9	4,6	7,4
	13	5,3	5,0	5,1
	14	5,4	5,1	5,9
Прогноз разработки	1	36,6	32,6	11,0
	2	43,4	39,2	9,6
	3	37,4	33,4	10,7
	4	38,8	35,7	8,0
	5	42,1	37,0	12,1
	6	47,7	42,7	10,3
	7	34,8	32,6	6,6
	8	37,2	34,2	8,1
	9	40,2	33,9	15,8



а)



б)

Рис. 3. Общее время создания проекта при подсчете запасов (а) и прогнозе разработки (б)

Заключение

В работе представлена усовершенствованная система проектно-ориентированного управления разработкой месторождений углеводородов применение которой позволяет сократить общее время, затрачиваемое на выполнение проектов подсчета запасов на 9,5 %, проектов прогноза разработки – на 10,2 %. Такое повышение эффективности управления разработкой достигается за счет исключения необходимости корректировки и обратного перехода к геологическому моделированию, а также за счет сокращения количества итераций настройки прогнозных вариантов разработки месторождения.

Список литературы:

1. Математические основы управления проектами / Под ред. В. Н. Буркова. – М.: Высшая школа, 2005.
2. Каневская, Р.Д. Математическое моделирование разработки месторождений нефти и газа с применением гидравлического разрыва пласта [Текст] / Р.Д. Каневская. – М.: Недра-Бизнесцентр, 1999. 212 с.
3. Костюченко С.В., Ямпольский В.З. Мониторинг и моделирование нефтяных месторождений [Текст] / С.В. Костюченко, В.З. Ямпольский. – Томск: НТЛ, 2000. – 246 с.
4. Zakharova A., Vekhter E., Shklyar A., Zavyalov D. (2017) Visual Detection of Internal Patterns in the Empirical Data. In: Kravets A., Shcherbakov M., Kultsova M., Groumpos P. (eds) Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. CIT&DS 2017. Communications in Computer and Information Science, vol 754. Springer, Cham.
5. Yang, L., Hyde, D., Grujic, O., Scheidt, C., Caers, J. Assessing and visualizing uncertainty of 3D geological surfaces using level sets with stochastic motion // (2019) Computers and Geosciences, 122, pp. 54-67.
6. Yang, Y., Zhang, M., Bie, A., Cui, Z., Xia, Z. An integrated approach to uncertainty assessment for coalbed methane model // (2019) Springer Series in Geomechanics and Geoengineering, (216039), pp. 1560-1567.
7. Zavyalov, D.A. Improving the accuracy of hydrocarbon reserves estimation based on an integrated approach // CEUR Workshop Proceedings (2019), 2485, pp. 164-167.

Сведения об авторах

Завьялов Дмитрий Алексеевич
Инженер лаб. 3D моделирования и промышленного дизайна
E-mail: zda@tpu.ru

References:

1. Matematicheskie osnovy upravleniya proektami / V. N. Burkov. – M.: Vysshaya shkola, 2005.
2. Kanevskaya R.D. Matematicheskoe modelirovanie razrabotki mestorozhdenij nefi i gaza s primeneniem gidravlicheskogo razryva plasta [Tekst] / R.D. Kanevskaya. – M.: Nedra-Biznescentr, 1999. P. 212.
3. Kostyuchenko S.V., YAmol'skij V.Z. Monitoring i modelirovanie neftyanyh mestorozhdenij [Tekst] /. Kostyuchenko S.V., YAmol'skij V.Z. – Tomsk: NTL, 2000. – p. 246.
4. Zakharova A., Vekhter E., Shklyar A., Zavyalov D. (2017) Visual Detection of Internal Patterns in the Empirical Data. In: Kravets A., Shcherbakov M., Kultsova M., Groumpos P. (eds) Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. CIT&DS 2017. Communications in Computer and Information Science, vol 754. Springer, Cham.
5. Yang, L., Hyde, D., Grujic, O., Scheidt, C., Caers, J. Assessing and visualizing uncertainty of 3D geological surfaces using level sets with stochastic motion // (2019) Computers and Geosciences, 122, pp. 54-67.
6. Yang, Y., Zhang, M., Bie, A., Cui, Z., Xia, Z. An integrated approach to uncertainty assessment for coalbed methane model // (2019) Springer Series in Geomechanics and Geoengineering, (216039), pp. 1560-1567.
7. Zavyalov, D.A. Improving the accuracy of hydrocarbon reserves estimation based on an integrated approach // CEUR Workshop Proceedings (2019), 2485, pp. 164-167.

Статья поступила в редколлегию 15.01.2020.

*Рецензент: канд. техн. наук, доцент,
Брянский государственный технический университет
Подвесовский А.Г.*

Статья принята к публикации 24.01.2020.

Information about authors:

Zavyalov Dmitry Alekseevich
Engineer of lab. of 3D Modeling and Industrial Design
E-mail: zda@tpu.ru

УДК: 519.65
DOI: 10.30987/2658-6436-2020-1-9-16

Е.В. Конопацкий

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ МНОГОМЕРНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ

В работе изложена геометрическая теория многомерной интерполяции, основанная на инвариантах аффинной геометрии. Аналитическое описание геометрических интерполянтов выполнено в рамках математического аппарата БН-исчисление с помощью алгебраических кривых, проходящих через наперёд заданные точки. Представлена геометрическая интерпретация взаимодействия параметров, факторов и функции отклика, которая позволяет выполнить обобщение геометрической теории многомерной интерполяции в сторону увеличения размерности пространства. Изложены концептуальные принципы формирования дерева модели геометрического интерполанта как геометрической основы моделирования многофакторных процессов и явлений.

Ключевые слова: геометрическая теория, многомерная интерполяция, функция отклика, фактор влияния, текущий параметр, геометрический интерполант.

E.V. Konopatskiy

GEOMETRIC THEORY OF MULTIDIMENSIONAL INTERPOLATION

The paper presents a geometric theory of multidimensional interpolation based on invariants of affine geometry. The analytical description of geometric interpolants is performed within the framework of the mathematical apparatus BN-calculation using algebraic curves that pass through pre-set points. A geometric interpretation of the interaction of parameters, factors, and the response function is presented, which makes it possible to generalize the geometric theory of multidimensional interpolation in the direction of increasing the dimension of space. The conceptual principles of forming the tree of the geometric interpolant model as a geometric basis for modeling multi-factor processes and phenomena are described.

Keywords: geometric theory, multidimensional interpolation, response function, influence factor, parameter, geometric interpolant.

Введение

Краеугольным камнем любых компьютерных моделей, методов их оптимизации и автоматизации процессов проектирования и управления на их основе, является аналитическое описание, имеющее под собой четкую логическую последовательность, основанную на математических операциях. Одним из ключевых инструментов компьютерного моделирования является интерполяция, которая, наряду с аппроксимацией, нашла широчайшее применение в современной науке и технике. При этом отдельного внимания заслуживает многомерная интерполяция, которая с одной стороны является универсальным инструментом моделирования многофакторных процессов и явлений, полученных на основе экспериментально-статистической информации, а с другой стороны – ставит сложную задачу обобщения существующих методов на многомерное пространство, что, учитывая сложность зрительного восприятия последнего, не всегда возможно.

Многомерная интерполяция не является чем-то новым. Её важность подчёркивается в работе [1] применительно к использованию для моделирования многомерных таблиц в физике и технике. Примером такой двумерной таблицы могут служить таблицы термодинамических функций газов, где независимыми переменными обычно являются температура и плотность. В вычислительной химии и физике, производятся расчеты сложных структур с получением многомерных таблиц практически любой размерности (программа квантово-механических расчетов GAUSSIAN). Например, в работе [2] приведен

пример обработки четырехмерной таблицы, полученной при расчете энергии молекулярной структуры на предмет получение ее конформационного поля. В настоящее время ведутся работы по обработке пяти- и шестимерных таблиц результатов. Следует отметить, что с появлением современных высокопроизводительных вычислительных машин, способных оперировать большими объемами информации, использование таких таблиц, а вместе с ними и многомерной интерполяции, вышла на качественно новый уровень. Вместе с тем возникла потребность в разработке эффективных и высокоскоростных методов многомерной интерполяции, способных оперировать огромным количеством экспериментально-статистических данных.

Научных подходов к решению задач многомерной интерполяции встречается достаточно много. Например, в работе [3] приводится сравнение различных способов многомерной интерполяции, которые включают: интерполяцию многочленом Лагранжа, полиномиальную рекурсивную интерполяцию и рациональную интерполяцию. В работе [4] рассматривается интерполяция периодической функции многих переменных, заданной в узлах обобщенной параллелепипедной сетки целочисленной решетки. Задача интерполяции функции, заданной на регулярной сетке, для случая большого числа переменных приводится в работе [5]. Решению задач многомерной сплайн-интерполяции посвящена работа [6], в которой М. Flanagan разработал огромную математическую библиотеку в том числе и многомерной сплайн-интерполяции, реализованную на языке программирования Java и находящуюся в свободном доступе. Как видно из приведенных примеров, большая часть существующих методов многомерной интерполяции используют полиномиальные или кусочно-полиномиальные функции на регулярной сети точек. А в том случае, когда исходные данные представлены нерегулярной сетью точек, возникает необходимость выполнения дополнительной операции – перехода от нерегулярной сети точек к регулярной. В этом отношении геометрические интерполянты являются универсальным инструментом, который можно использовать как на регулярной, так и на нерегулярной сети точек без необходимости проведения каких-либо преобразований.

Геометрическая интерпретация взаимодействия параметров, факторов и функции отклика

Термин «Геометрический интерполянт» впервые упоминается в работе [7]. Вместе с тем его геометрический смысл и примеры эффективного использования были получены в более ранних работах, например, в [8]. Под геометрическим интерполянтом в общем случае понимается геометрический объект многомерного аффинного пространства, проходящий через наперед заданные точки, координаты которых соответствуют исходной экспериментально-статистической информации. Для координации геометрического интерполянта в пространстве используется декартова система координат. Хотя все полученные зависимости справедливы и для аффинной системы координат, декартова система координат используется как наиболее известная и получившая в математике и в инженерной практике наибольшее распространение.

Любой исследуемый многофакторный процесс (или явление) представляет взаимодействие функции отклика и факторов, влияющих на неё и потому получивших название факторы влияния. При этом задача моделирования многофакторного процесса сводится к установлению функциональной зависимости между функцией отклика и факторами влияния. Для определения такой зависимости в декартовой системе координат каждой отдельной оси ставится в соответствие свой отдельный фактор и непосредственно функция отклика. Таким образом, за счёт функции отклика количество осей декартовой системы координат всегда на одну больше, чем факторов.

Для аналитического описания геометрических интерполянтов в декартовой системе координат используется математический аппарат БН-исчисление (точечное исчисление

Балюбы-Найдыша [9]), основанный на инвариантах аффинной геометрии. Результатом такого описания является точечное уравнение или вычислительный алгоритм, который представляет собой упорядоченную последовательность точечных уравнений. Точечные уравнения по своей сути являются символьной записью с использованием точек и параметров. Параметры позволяют установить взаимосвязь между факторами влияния и функцией отклика. Геометрической интерпретацией такого взаимодействия является процесс проецирования моделируемого геометрического объекта на оси декартовой системы координат.

Рассмотрим в качестве примера, покоординатный расчёт отрезка прямой в 3-мерном пространстве, как одного из наиболее простых геометрических объектов:

$$M = (B - A)t + A \leftrightarrow \begin{cases} x = (x_B - x_A)t + x_A, \\ y = (y_B - y_A)t + y_A, \\ z = (z_B - z_A)t + z_A. \end{cases}$$

Т.е. с помощью параметра t описываются факторы x и y влияющие на функцию отклика z . Геометрическая интерпретация такого взаимодействия представлена на рис. 1.

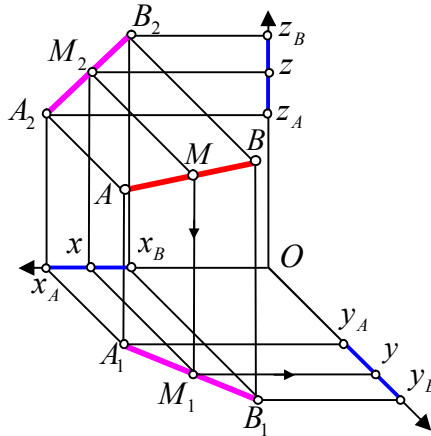


Рис. 1. Геометрическая интерпретация взаимосвязи факторов влияния, функции отклика и параметров точечных уравнений

Таким образом, параметр точечного уравнения, как это принято в математике, представляется вспомогательной переменной, не входящей в изначальное условие задачи, но удобной для её решения. Для обеспечения возможности обобщения на многомерное пространство, параметр точечного уравнения должен обладать инвариантными свойствами по отношению к размерности декартовой системы координат. Чаще всего это простое отношение трёх точек прямой, пример использования которого представлен выше.

Аналогичным образом любое точечное уравнение можно представить в виде совокупности проекций на оси декартовой системы координат, аналитическим эквивалентом которой является система параметрических уравнений.

Принципы формирования дерева модели геометрического интерполянта

Для моделирования многофакторных процессов и явлений с помощью геометрического интерполянта достаточно разработать геометрическую схему графического построения геометрического интерполянта и аналитически описать её с помощью математического аппарата БН-исчисления. Процесс построения геометрической схемы является задачей индивидуальной и напрямую определяется исходными данными для моделирования. Тем не

менее можно выделить два концептуальных принципа формирования таких геометрических схем, которые получили название дерева геометрической модели [8].

1 принцип. От простого к сложному. Любой, даже самый сложный геометрический интерполянт можно представить в виде совокупности более простых интерполянтов, объединенных между собой с помощью образующей линии. Например, геометрический интерполянт 2-мерного пространства, который представляет собой отсек поверхности отклика, можно представить в виде совокупности 1-мерных геометрических интерполянтов (опорных линий, проходящих через наперёд заданные точки), объединённых друг с другом с помощью образующей линии. Таким образом формируется дерево модели геометрического интерполянта, которая по своей сути является геометрической схемой его построения. И чем более многофакторный процесс моделируется, тем сложнее структура дерева геометрической модели и вычислительный алгоритм его построения, однако всё равно он состоит из более простых, но взаимосвязанных между собой элементов.

2 принцип. Принадлежности одного геометрического объекта другому. В основу моделирования многофакторных процессов и явлений с помощью геометрических интерполянтов положен простейший принцип принадлежности одного геометрического объекта к другому из начертательной геометрии. Например, прямая линия принадлежит плоскости, если две точки этой прямой принадлежат плоскости. В свою очередь, точка принадлежит плоскости, если она принадлежит прямой, лежащей в этой плоскости. Рассматривая прямую линию, как частный случай кривой, а плоскость – как частный случай поверхности, получим, что для того чтобы исходные точки принадлежали поверхности, необходимо организовать их в виде опорных (в начертательной геометрии используется термин направляющих) линий, объединив их впоследствии с помощью образующей. Тогда все точки, принадлежащие опорным линиям, будут принадлежать искомой поверхности, которая, в свою очередь, принадлежит 3-мерному пространству. Причём, образующая также является кривой линией, только проходящей через текущие точки опорных линий искомой поверхности. Обобщая этот подход на многомерное пространство, получим следующее утверждение.

Для того чтобы трехпараметрический геометрический интерполянт в виде гиперповерхности 4-мерного аффинного пространства был носителем наперёд заданных точек, координаты которых соответствуют исходной экспериментально-статистической информации, необходимо чтобы исходные её точки принадлежали семейству поверхностей, объединенных в гиперповерхность образующей линией, проходящей через текущие точки семейства поверхностей.

Пример дерева геометрической модели трёхфакторного процесса можно представить в следующем виде (рис. 2).

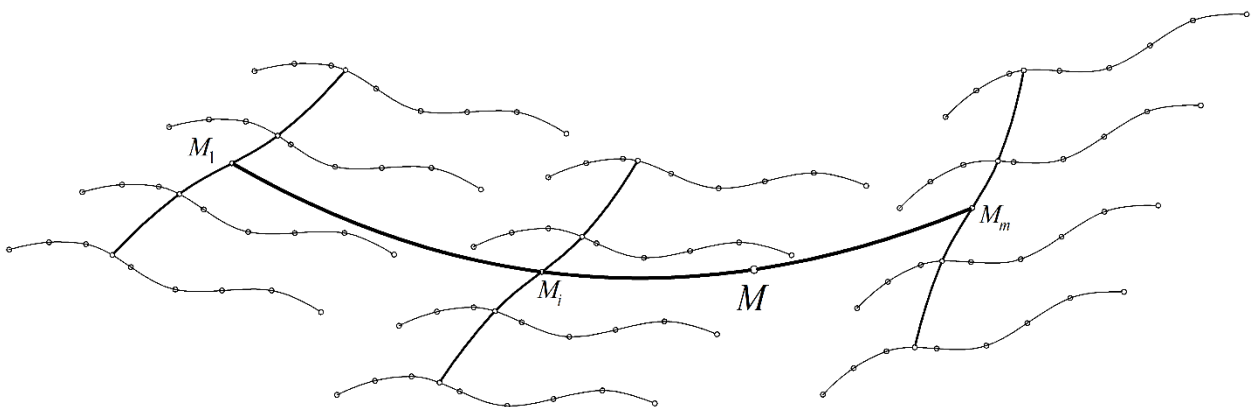


Рис. 2. Дерево геометрической модели трёхфакторного процесса

Аналитическое описание такого отсека гиперповерхности, а, следовательно, и модели трёхфакторного процесса, можно представить в виде следующей последовательности точечных уравнений:

$$\left[\begin{array}{l} M_{ij} = \sum_{k=1}^l M_{ijk} p_{ijk}(u) \\ \dots\dots\dots \\ M_i = \sum_{j=1}^n M_{ij} q_{ij}(v) \quad , \\ \dots\dots\dots \\ M = \sum_{i=1}^m M_i r_i(w) \end{array} \right.$$

где M – текущая точка отсека гиперповерхности, проходящей через наперёд заданные точки в количестве $m \times n \times l$;

M_i – текущая точка образующей i -го отсека поверхности, проходящая через наперёд заданные точки, которая является опорной для построения гиперповерхности;

M_{ij} – текущая точка j -й опорной дуги кривой, проходящей через наперёд заданные точки;

M_{ijk} – исходные точки, через которые должен проходить искомый отсек гиперповерхности. Координаты этих точек соответствуют исходным экспериментально-статистическим данным;

$p_{ijk}(u)$ – функции от параметра u , определяющие вид опорных линий;

$q_{ij}(v)$ – функции от параметра v , определяющие вид образующих линий отсеков поверхностей;

$r_i(w)$ – функции от параметра w , определяющие вид образующей линии отсека гиперповерхности;

l – количество исходных точек в каждой опорной линии;

n – количество опорных линий для построения опорных поверхностей;

m – количество опорных поверхностей для построения гиперповерхности;

i – порядковый номер опорной поверхности;

j – порядковый номер опорной линии;

k – порядковый номер исходной точки в каждой опорной линии;

u, v и w – текущие параметры, которые изменяются от 0 до 1.

Выполнив покоординатный расчёт, получим проекции гиперповерхности на оси глобальной системы координат, для которой оси Ox , Oy и Oz будут соответствовать факторам влияния, а Ot – искомой функции отклика.

Тогда задача сводится к определению кривых линий, проходящих через наперёд заданные точки, только таких линий становится больше. Таким образом, формируется дерево модели процесса, которое можно представить в виде некоторой геометрической схемы, по которой впоследствии будет построен и аналитически описан геометрический объект. Аналогичным образом можно построить геометрическую модель процесса, принадлежащую пространству любой размерности.

Основные инструменты аналитического описания геометрических интерполянтов

Геометрической интерпретацией полиномиальных функций, которые нашли широкое применение среди существующих методов многомерной интерполяции, являются алгебраические кривые, среди которых можно выделить особый вид – алгебраические

кривые, проходящие через наперёд заданные точки [10], использование которых позволяет получить аналитическое описание геометрических интерполянтов многомерного аффинного пространства любой степени сложности. Особенность таких кривых заключается в том, что они при любых условиях будут проходить через наперёд заданные точки, вне зависимости от координат исходных точек, что позволяет использовать их уравнения не только для аналитического описания опорных линий, но и образующих линий при построении геометрических интерполянтов.

Используя предложенный в работе [10] метод, получены дуги кривых 2-10 порядка, проходящие соответственно через 3-11 точек. Например:

1. Точечное уравнение дуги кривой 2-го порядка, проходящей через 3 наперёд заданные точки:

$$M = M_1\bar{t}(1-2t) + 4\bar{t}tM_2 + M_3t(2t-1).$$

2. Точечное уравнение дуги кривой 3-го порядка, проходящей через 4 наперёд заданные точки:

$$M = M_1(\bar{t}^3 - 2,5\bar{t}^2t + \bar{t}t^2) + M_2(9\bar{t}^2t - 4,5\bar{t}t^2) + M_3(-4,5\bar{t}^2t + 9\bar{t}t^2) + M_4(\bar{t}^2t - 2,5\bar{t}t^2 + t^3).$$

3. Точечное уравнение дуги кривой 4-го порядка, проходящей через 5 наперёд заданных точек:

$$M = M_1\left(\bar{t}^4 - \frac{13}{3}\bar{t}^3t + \frac{13}{3}\bar{t}^2t^2 - \bar{t}t^3\right) + M_2\left(16\bar{t}^3t - \frac{64}{3}\bar{t}^2t^2 + \frac{16}{3}\bar{t}t^3\right) + M_3\left(-12\bar{t}^3t + 40\bar{t}^2t^2 - 12\bar{t}t^3\right) + M_4\left(\frac{16}{3}\bar{t}^3t - \frac{64}{3}\bar{t}^2t^2 + 16\bar{t}t^3\right) + M_5\left(-\bar{t}^3t + \frac{13}{3}\bar{t}^2t^2 - \frac{13}{3}\bar{t}t^3 + t^4\right).$$

Следует отметить очень важную отличительную особенность полученного уравнения. Для точечных уравнений принадлежность геометрического объекта к пространству конкретной размерности определяется суммой функций от параметра t , которая обязательно должна быть равна 1. Поскольку функции от параметра t определяются биномом Ньютона, который раскладывается для параметра t и его дополнения до 1, то условие принадлежности дуги кривой конкретному пространству будет выполняться вне зависимости от размерности пространства. Иными словами, полученные параметрические уравнения дуги кривой могут быть использованы для пространства любой размерности.

Другим важным свойством полученной дуги кривой является равномерное распределение параметра, изначально заложенное в методику определения дуги кривой, проходящей через наперёд заданные точки. При этом для каждой конкретной координатной оси, имеющей равномерное распределение координат исходных точек, справедлива линейная зависимость между натуральным значением фактора, принадлежащего i -й оси проекций и текущим параметром:

$$x_i = nl_i t + b_i,$$

где x_i – i -я ось проекций глобальной системы координат;

n – порядок дуги кривой;

b_i – начальное значение фактора влияния, соответствующее i -й оси проекций;

l_i – шаг равномерного распределения проекции исходных точек на i -ю ось.

Это свойство алгебраических кривых, проходящих через наперёд заданные точки, в значительной мере сокращает объём необходимых вычислений при моделировании

многофакторных процессов и явлений с помощью геометрических интерполянтов, позволяя рассматривать их как на регулярной, так и на нерегулярной сети точек.

Выводы

Разработанная геометрическая теория многомерной интерполяции и её аналитическое описание с помощью дуг алгебраических кривых, проходящих через наперёд заданные точки, позволяет представить любой геометрический объект в виде упорядоченного многопараметрического множества точек и являются основой моделирования многофакторных процессов с учётом всех функциональных, конструктивных, технологических, экономических и других требований, эффективность которой подтверждается приведенными в работе геометрическими многопараметрическими моделями физико-механических свойств строительных материалов, приведенными в работах [7-8, 10]. При этом разработанная геометрическая теория многомерной интерполяции включает принципы формирования дерева геометрической модели процесса и вычислительный алгоритм аналитического её описания с помощью последовательности точечных уравнений. Описанный в работе подход к формированию геометрических интерполянтов также эффективно используется для аппроксимации геометрических объектов многомерного аффинного пространства и для численного решения дифференциальных уравнений в частных производных.

Список литературы:

1. Калиткин, Н.Н. Численные методы [Текст] / Н.Н. Калиткин. – М.: Наука, 1978. – 512 с.
2. Popov E.V. et al, Visualization and Analysis of Molecular Potential Energy Surface (Pes) and Its Minima. IADIS International Conference Interfaces and Human Computer Interaction 2019 (part of MCCSIS 2019). –pp. 411-415.
3. Пахнутов, И.А. Многомерная интерполяция [Электронный ресурс] / И.А. Пахнутов; Интерактивная наука. – 2017. – №15. – Точка доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogomernaya-interpolyatsiya> (дата обращения: 26.08.2018).
4. Добровольский, Н.М. Многомерная теоретико-числовая Фурье интерполяция [Текст] / Н.М. Добровольский, А.Р. Есаян, О.В. Андреева, Н.В. Зайцева. – Чебышевский сборник, 2004. – Т.5. – Вып. 1. – С.122-143.
5. Шустов, В.В. Многомерная интерполяция сеточной вектор-функции [Текст] / В.В. Шустов.- Чита.- 2010. – Т.1. – С.17-20.
6. Michael Thomas Flanagan's Java Scientific Library. Точка доступа: <https://www.ee.ucl.ac.uk/~mflanaga/java/> (дата обращения: 23.07.2019).
7. Конопацкий, Е.В. Общий подход к полилинейным интерполяции и аппроксимации на основе линейчатых многообразий [Текст]/ Е.В. Конопацкий, С.И. Ротков, А.А. Крысько // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь: ФГАОУ ВО «KFU им. В.И. Вернадского», 2019. – № 15(67). – С.159-168.
8. Конопацкий, Е.В. Подход к построению геометрических моделей многофакторных процессов

References:

1. Kalitkin N.N. Numerical methods [Tekst] / N.N. Kalitkin. – Moscow: Nauka, 1978. – 512 p.
2. Popov E.V. et al, Visualization and Analysis of Molecular Potential Energy Surface (Pes) and Its Minima. IADIS International Conference Interfaces and Human Computer Interaction 2019 (part of MCCSIS 2019). –pp. 411-415.
3. Pahnutov, I.A. Mnogomernaya interpolyaciya [Elektronnyj resurs] / I.A. Pahnutov; Interaktivnaya nauka. – 2017. – №15. – Tochka dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogomernaya-interpolyatsiya> (data obrashcheniya: 26.08.2018).
4. Dobrovolskij, N.M. Mnogomernaya teoretiko-chislovaya Fur'e interpolyaciya [Tekst] / N.M. Dobrovolskij, A.R. Esayan, O.V. Andreeva, N.V. Zajceva. – SHebyshevskij sbornik, 2004. – T.5. – Vyp. 1. – S.122-143.
5. SHustov, V.V. Mnogomernaya interpolyaciya setochnoj vektor-funkcii [Tekst] / V.V. SHustov.-CHita.- 2010. – T.1. – S.17-20.
6. Michael Thomas Flanagan's Java Scientific Library. Tochkadostupa: <https://www.ee.ucl.ac.uk/~mflanaga/java/> (data obrashcheniya: 23.07.2019).
7. Konopackij, E.V. Obshchij podhod k polilinejnym interpolyacii i approksimacii na osnove linejchatyh mnogoobrazij [Tekst] / E.V. Konopackij, S.I. Rotkov, A.A. Krys'ko // Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'. – Simferopol':FGAOU VO «KFU im. V.I. Vernadskogo», 2019. – № 15(67). – S.159-168.
8. Konopackij, E.V. Podhod k postroeniyu geometricheskikh modelej mnogofaktornyh processov

многомерной интерполяции [Текст] / Е.В. Конопацкий // Программная инженерия. – М.: 2019. – Т.10. – № 2. – С. 77-86.

9. Балюба И.Г. Точечное исчисление: учебное пособие [Текст] / И.Г. Балюба, В.М. Найдыш.- Мелитополь: МГПУ им. Б. Хмельницкого, 2015. – 236 с.

10. Конопацкий, Е.В. Моделирование дуг кривых, проходящих через наперед заданные точки / Е.В. Конопацкий // Вестник компьютерных и информационных технологий. – М.: 2019. – № 2. – С. 30-36. – DOI:10.14489/vkit.2019.02.pp.030-036.

mnogomernoj interpoljacii [Tekst] / E.V. Konopackij // Programmная inzheneriya. – М.: 2019. – Т.10. – № 2. – С. 77-86.

9. Balyuba I.G. Tochechnoe ischislenie: uchebnoe posobie [Tekst] / I.G. Balyuba, V.M. Najdysh.- Melitopol': MGPU im. B. Hmel'nickogo, 2015. – 236 s.

10. Konopackij, E.V. Modelirovanie dug krivyh, prohodyashchih cherez napered zadannye tochki / E.V. Konopackij // Vestnik komp'yuternyh i informacionnyh tekhnologij. – М.: 2019. – № 2. – С. 30-36. – DOI:10.14489/vkit.2019.02.pp.030-036..

Статья поступила в редколлегию 30.01.2020.

*Рецензент: д-р. техн. наук, доцент,
Брянский государственный технический университет
Захарова А.А.*

Статья принята к публикации 07.02.2020.

Сведения об авторах:

Конопацкий Евгений Викторович

канд. техн. наук, доцент кафедры
специализированных информационных технологий
и систем ГОУ ВПО «Донбасская национальная
академия строительства и архитектуры»,
E-mail: e.v.konopatskiy@mail.ru

Information about authors:

Konopatskiy Evgeniy Viktorovich

candidate of technical Sciences, docent of the
Department of specialized information technologies
and systems of the Donbas National Academy of Civil
Engineering and Architecture
E-mail: e.v.konopatskiy@mail.ru

УДК: 621.37:537.8:519.7

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-1-17-25

А.А. Двилянский, Ю.В. Мосин

**ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДА К ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ НА
РАЗРАБОТКУ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ
ПАРАМЕТРОВ ЭКРАНИРУЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ,
ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ
КОМПОНЕНТОВ ОБЪЕКТОВ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
ИМПУЛЬСОВ**

В статье рассмотрен подход к постановке задачи на разработку математического метода моделирования параметров экранирующей конструкции, основанный на синтезе поверхностного импеданса как обратной задачи дифракции, предусматривающей построение физически реализуемой конструкции с описанием внешнего воздействия, граничных условий с использованием градиентного метода, предусматривающего нахождение функционала.

Ключевые слова: экранирующая конструкция, синтез импедансного покрытия, внешнее воздействие, граничные условия.

A.A. Dviljanskiy, Yu.V. Mosin

**APPROACH SUBSTANTIATION TO PROBLEM STATEMENT ON
WORKING OUT MATHEMATICAL METHOD OF MODELLING OF
PARAMETRES OF THE SHIELDING THE DESIGN PROVIDING
FUNCTIONAL STABILITY COMPONENTS OF OBJECTS OF A CRITICAL
INFORMATION INFRASTRUCTURE AT INFLUENCE OF
ELECTROMAGNETIC IMPULSES**

In article the approach to problem statement on working out of a mathematical method of modelling of parameters of a shielding design based on synthesis of a superficial impedance as return problem of the diffraction providing constructions of physically realized design with the description of external influence, boundary conditions with use the gradient methods, providing a finding functional is considered.

Keywords: shielding design, synthesis of an impedance covering, external influence, Boundary conditions.

Введение

Проблема обеспечения функциональной устойчивости (ОФУ) объектов критической информационной структурой (ККИ) и функционирующих в них компонентов (средства вычислительной техники (СВТ), линейное и сетевое оборудование) при воздействии электромагнитных импульсов (ЭМИ) носит системный и комплексный характер, как в техническом, так и в организационном отношениях [1, 2].

При решении данной проблемы на первый план выдвигаются вопросы, которые определяют:

- анализ параметров и оценку воздействия ЭМИ на совокупность электрически связанных технических систем и инженерных коммуникаций с учетом их электромагнитных связей и взаимных влияний;
- разработку общих мер обеспечения функциональной устойчивости: экранирование и

применение местных экранов, а также перечень и порядок сбора исходных данных для оценки состояния элементов экранирующих конструкций;

– методы оценки соответствия фактической устойчивости объектов КИИ при воздействии ЭМИ предъявляемым требованиям.

Структура системы обеспечения функциональной устойчивости объектов при воздействии ЭМИ

С целью уяснения сущности проблемы ОФУ объектов КИИ при воздействии ЭМИ в рамках математического моделирования параметров экранирующих конструкций обратимся к формализованной структуре системы ОФУ, которая содержит управляющую и управляемую подсистемы [1].

Управляемыми подсистемами является совокупность технологий, объединенных единством избранной цели ОФУ.

Управляющая подсистема – совокупность технических средств управления и контроля состояния системы обеспечения функциональной устойчивости.

Систему ОФУ характеризуется следующей группой переменных (рис. 1):

– $\vec{X}_{\{x_n\}}$ – множество, обусловленное полями ЭМИ с формализованным описанием амплитудных, частотных, временных и энергетических характеристик генераторов ЭМИ, представляющих совокупность входных воздействий на систему по требованиям стандартов [2-4];

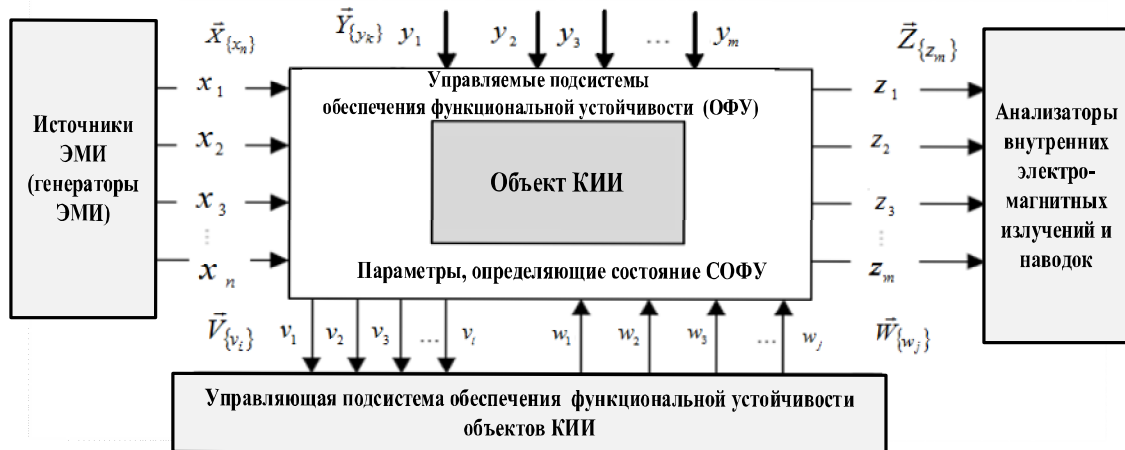


Рис. 1. Формализованная структура системы обеспечения функциональной устойчивости объектов при воздействии ЭМИ

– $\vec{Z}_{\{z_m\}}$ – множество выходных сигналов, обусловленное внутренними электромагнитными излучениями с формализованным описанием их амплитудных, частотных, временных и энергетических характеристик;

– $\vec{Y}_{\{y_k\}}$ – множество внешних возмущений (электромагнитный шум, радиоактивный фон и т.п.);

– $\vec{V}_{\{v_i\}}$ – множество признаков, характеризующих техническое состояние системы обеспечения функциональной устойчивости (СОФУ): совокупность внешних параметров, характеризующих электрофизические свойства материалов экранирующих конструкций, конструктивные особенности экрана средств СВТ и его технологические неоднородности, взаимное влияние технологических неоднородностей друг на друга, а также совокупность внутренних параметров СВТ, представляющих собой стойкость конструктивных элементов СВТ к воздействующим полям [5, 6];

– $\vec{W}_{\{w_j\}}$ – множество управляющих воздействий, формируемых оператором подсистемы ОФУ.

Исходя из проведенного анализа поражающего воздействия мощного ЭМИ установлено, что для предотвращения последствий данных воздействий компоненты объектов КИИ должны быть максимально предохранены как естественными помехозащитными свойствами материалов ограждающих конструкций, так и специально принятыми мерами и средствами ОФУ. Наличие показателя, определяющего экранирующие свойства конструкции, дает возможность получить функционал, отражающий задачу её построения, с целью обеспечения живучести и помехозащищенности функционирующих на объектах КИИ СВТ, линейного и сетевого оборудования при воздействии ЭМИ, и представляемый следующим выражением:

$$\eta_{E(H)} = f\left(\vec{X}_{\{x_n\}}; \vec{Z}_{\{z_m\}}; \vec{Y}_{\{y_k\}}; \vec{V}_{\{v_i\}}; \vec{W}_{\{w_j\}}\right) \text{ при } \eta_{E(H)} \geq \eta_{E(H)\text{крит}} - \Delta\eta, P_{\text{ФУ}_{\text{окии}}} \geq P_{\text{ФУ}_{\text{окии}}}^{\text{треб}} \cdot (1)$$

где – $\eta_{E(H)\text{крит}}$ – критериальное требование, предъявляемое к экранирующим конструкциям по качеству экранирования; $\Delta\eta$ – допустимое отклонение реального коэффициента экранирования от критериального требования по качеству экранирования; $P_{\text{ФУ}_{\text{окии}}}$ – вероятность функциональной устойчивости объектов КИИ.

Критериальные показатели коэффициента (эффективности) экранирования назначаются в зависимости от рассматриваемой области (зоны) объекта (сооружения):

- зоны слабой функциональной устойчивости (объекта, не имеющего сплошного экрана, пространство вблизи входов и вводов коммуникаций) – $\eta_{E(H)\text{крит}} \leq 20$ дБ;
- зоны средней функциональной устойчивости (центральные объемы объекта) – $\eta_{E(H)\text{крит}} \leq 90$ дБ;
- зоны высокой функциональной устойчивости (центральные помещения объема объекта) – $\eta_{E(H)\text{крит}} \geq 120$ дБ.

Допустимое отклонение реального коэффициента экранирования от критериального требования по качеству экранирования $\Delta\eta = \pm 15$ %.

При выполнении указанных критериальных показателей эффективности должно достигаться следующее требование к $P_{\text{ФУ}_{\text{окии}}}^{\text{треб}} \geq 0,95$.

Постановка задачи на математическое моделирование физически реализуемой конструкции

При разработке математических моделей, позволяющих в последующем получить физически реализуемую конструкцию, целесообразно применение методов моделирования, применяемых для решения вычислительных задач в электродинамике. Модель в общем понимании представляет собой объект (материальный, математическая зависимость, программа для ПЭВМ и т.п.), находящийся в отношении подобия к предмету исследования, а процесс моделирования, в свою очередь, предусматривает определение критериев данного подобия при протекании электромагнитных процессов на объектах с различными электромагнитными характеристиками (электрофизическими свойствами, ЭФС) в предположении, что электромагнитные процессы на модели и предмете исследования описываются уравнениями Максвелла. В связи с данными положениями, процесс моделирования будет сводиться к определению критериев подобия протекания электромагнитных процессов на объектах с различными ЭФС.

Этапность математического моделирования параметров экранирующей конструкции (ЭК) может быть представлена в виде блок-схемы, изображенной на рис. 2.

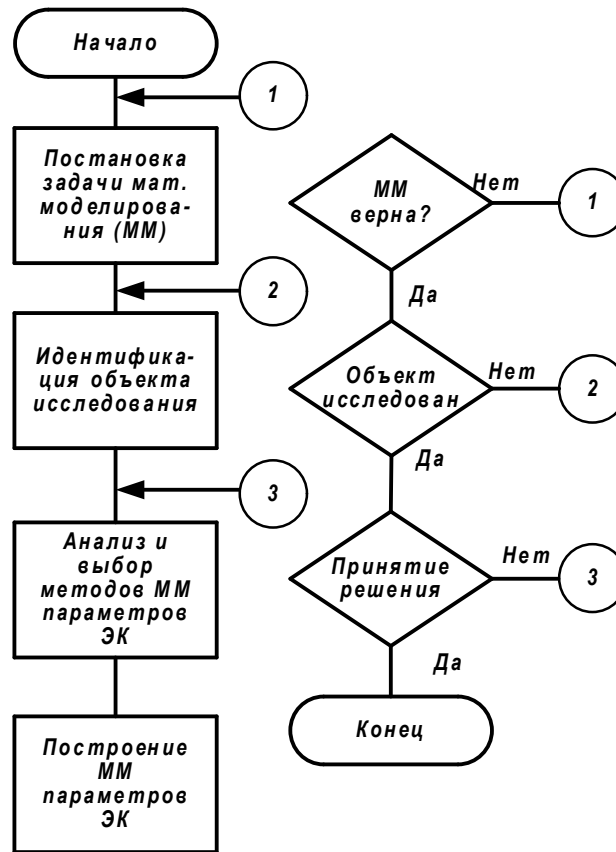


Рис. 2. Блок-схема, отображающая этапность математического моделирования параметров экранирующей конструкции

С учетом наличия показателя, а также практики расчета и построения экранирующих конструкций, для адекватного математического моделирования её параметров наиболее целесообразно использовать подход, ориентированный на использование математических моделей обратных задач дифракции, которые эффективны при синтезе импедансного покрытия, связанных с направленным изменением характеристик рассеяния в волновой зоне по сравнению с идеально проводящим телом и заключающийся в выборе физически реализуемой конструкции, которая в пределах заданной точности моделирует электромагнитное поле (ЭМП) с требуемыми характеристиками.

Данный метод моделирования снимает проблему единственности решения, присущую задачам идентификации, где необходимо определить реальный объект, создающий наблюдаемое ЭМП.

В данном аспекте, который предусматривает впоследствии физически реализуемую конструкцию, решение задачи дифракции будет предусматривать синтез импедансного покрытия тела вращения с целью минимизации обратного поперечника, расположенного в полупространстве с потерями в компактном классе тел. Предлагаемый метод удобен с точки зрения управления энергетическими характеристиками в волновой зоне с целью направленного изменения характеристик рассеяния в данной зоне по сравнению с идеально проводящим телом, что предусматривает вариационную постановку и быстрые алгоритмы решения прямых дифракционных задач линейно поляризованной плоской волны, распространяющейся вдоль оси симметрии $\{E^0, H^0\}$ в классе импедансов, который автоматически удовлетворяет условиям физической и конструктивной реализуемости [7].

Анализ современного состояния теории и практики экранирования показал, что на настоящий момент определяющей тенденцией развития является переход от совокупности частных решений к комплексным способам. Предлагаемым решением является построение

многослойной экранирующей конструкции со слоями с различными ЭФС и технологическими неоднородностями (рис. 3).

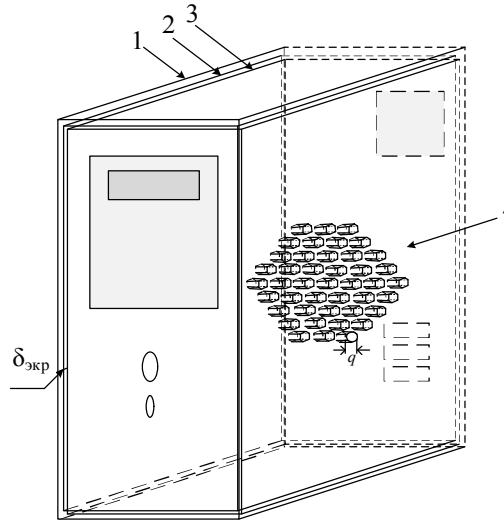


Рисунок 3 – Многослойная экранирующая конструкция с технологическими неоднородностями в экране: 1, 2, 3 – первый, второй и третий слой устройства; 4 – технологические неоднородности

Пусть внешнее воздействие обозначено $\{\mathbf{E}^0, \mathbf{H}^0\}$, тогда постановка задачи синтеза на теле предусматривает граничные условия (ГУ) Леонтовича первого рода:

$$\begin{aligned} \mathbf{rot}\mathbf{H}_j &= -i\omega\boldsymbol{\varepsilon}_j\mathbf{E}_j, \quad \mathbf{rot}\mathbf{E}_j = i\omega\boldsymbol{\mu}_j\mathbf{H}_j, \quad \text{в } D_j, \quad j = 1, 2, \dots, L, \\ \left[\nu, \mathbf{E}_j^N \right]_{\eta_l} &= \xi \left[\nu, [\nu, \mathbf{H}_j^N] \right]_{\eta_l}, \quad \eta_l \in \wp \quad \text{на } \partial D, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\left[\left\{ \sqrt{\varepsilon_L}\mathbf{E}_L; \sqrt{\mu_L}\mathbf{H}_L \right\}, R/R \right] + \left\{ \sqrt{\mu_L}\mathbf{H}_L; -\sqrt{\varepsilon_L}\mathbf{E}_L \right\} = \mathbf{O}(R^{-1}), \quad R \rightarrow \infty$$

где $\mathbf{E}_j, \mathbf{H}_j$ – вектора напряженности ЭМП; $\nu = \{\beta; 0; -\alpha\}$ – в цилиндрической системе координат, $\beta \neq \pm \sqrt{2}$; $\{\eta_l\}_{l=1}^L$ – множество точек коллокации; L – размерность подпространства. Границы раздела сред с различными электрофизическими (электродинамическими) $\{\varepsilon_L, \mu_L\}_{j=1}^L$ представляют собой односвязные поверхности вращения $\{\partial D_j\}_{j=0}^{L-1} \in A^{(2,\alpha)}$. При $\text{Im}\varepsilon_L \geq 0, \quad \text{Im}\mu_L \geq 0, \quad \text{Im}\varepsilon_L + \text{Im}\mu_L > 0, \quad j = 1, 2, \dots, L-1, \quad \text{Im}\{\varepsilon_L; \mu_L\} = 0$ характеристики $\{\varepsilon_L, \mu_L\}_{j=1}^L$ принимают постоянные значения в областях D_j . Приближенное решение задачи (2) находится с учетом следующего представления внешнего воздействия [7]:

$$\begin{aligned} \mathbf{E}_j^N &= \mathbf{E}_j^{N+} + (1 - \delta_{jL})\mathbf{E}_j^{N-}, \quad \mathbf{H}_j^N = \mathbf{H}_j^{N+} + (1 - \delta_{jL})\mathbf{H}_j^{N-} \\ \mathbf{E}_j^{N\pm} &= \sum_{n=1}^{N_j} p_{nj}^{e\pm} \mathbf{rotrot}(\psi_{nj}^{\pm} \mathbf{e}_x) + p_n^{h\pm} i\omega\boldsymbol{\mu}_j \mathbf{rot}(\psi_{nj}^{\pm} \mathbf{e}_y), \\ \mathbf{H}_j^{N\pm} &= \sum_{n=1}^{N_j} -p_{nj}^{e\pm} i\omega\boldsymbol{\varepsilon}_j \mathbf{rot}(\psi_{nj}^{\pm} \mathbf{e}_x) + p_{nj}^{h\pm} \mathbf{rotrot}(\psi_{nj}^{\pm} \mathbf{e}_y), \\ \psi_{nj}^{\pm} &= h_0^{(1,2)} \left(k_j R_{\eta_{zn}^j} \right), \quad R_{\eta_{zn}^j}^2 = \rho^2 + (z - z_n^j)^2, \quad k_j^2 = \omega^2 \boldsymbol{\varepsilon}_j \boldsymbol{\mu}_j, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\{z_n^j\}_{n=1}^{N_j} = \omega_0^j$ – множества вспомогательных источников; $\{p_{nj}^{e\pm}, p_{nj}^{h\pm}\}$ – коэффициенты разложения приближенного решения (2), которые определяются из граничного условия

$\min_{p^{e,h}} \left\| \left[v, \mathbf{E}_j^N + \mathbf{E}^0 \right] \right\|_{L(\varphi)}$ лишь на образующей поверхности вращения \wp , т.е. осуществлен

переход от поверхностной аппроксимации поля $\left[v, \mathbf{E}^0 \right]$ к решению задачи одномерной аппроксимации и имеет вид конечной линейной комбинации элементарных функций; δ_{jL} – символ Кронеккера; ψ_{nj}^\pm – функция, означающая представление поля в виде суперпозиции «приходящих» и «уходящих» волн внутри каждого слоя.

На рисунке 4 представлены графики распределения плотности вероятности электрической и магнитной составляющей ЭМП в соответствии с ТТХ ЭМИ, соответственно.

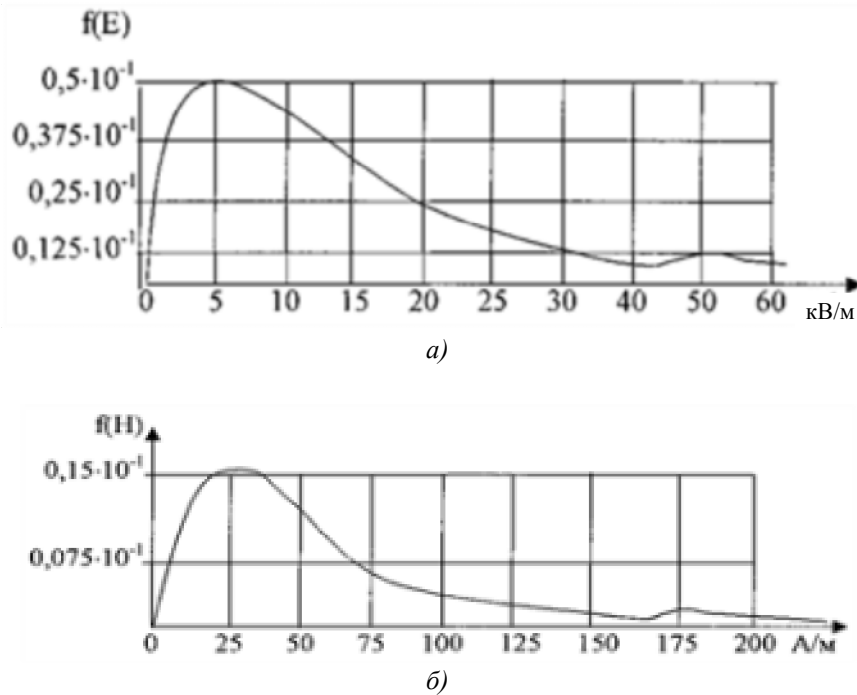


Рис. 4. Распределение плотности вероятности электрической и магнитной составляющей ЭМП ЭМИ в соответствии с характеристиками ЭМИ

В качестве наблюдаемых величин рассматриваются компоненты диаграммы направленности рассеянного поля, представленной формулой Шулейкина-Ван-дер Поля:

$$E_e(M) = \frac{e^{-ik_e R}}{R} \mathbf{F}(\theta, \varphi) + \mathbf{O}(R^{-1}), R \rightarrow \infty, \quad (4)$$

где (R, θ, φ) – сферические координаты точки M , $(\theta, \varphi) \in \Omega$; $\mathbf{F}(\theta, \varphi)$ – диаграмма направленности рассеянного поля, определяемая с помощью выражения:

$$\mathbf{F}(\theta, \varphi) = H(\xi) \mathbf{J}(\xi) \text{ на } \Omega, \quad (5)$$

где $H(\xi)$ – интегрофункциональный оператор, действующий из ∂D на Ω , линейно зависящий от поверхностного импеданса ξ , задающий область локализации поверхностного импеданса, что обеспечивает условие конструктивной реализуемости (УКР); \mathbf{J} представляет собой

аналитическую функцию параметра ξ в области значений $\text{Re } \xi \geq 0$, в силу чего $\mathbf{F}(\theta, \varphi)$ также будет аналитической функцией параметра ξ при $\text{Re } \xi \geq 0$, что также обеспечивает УКР. При этом, вопросы, связанные с возможностью аппроксимации $\mathbf{F}(\theta, \varphi)$ выбором ξ при фиксированных значениях $\omega, \partial D, \{\mathbf{E}^0, \mathbf{H}^0\}$, до сих пор еще не получили строгого математического обоснования. При этом в стороне остается вопрос о величине достигнутого максимума. Следовательно, граничная задача с учетом доказательства теоремы единственности определения ξ (2) имеет единственное решение [7].

С учётом того, что в работе предстоит решать задачи по построению физически реализуемой конструкции, представляющей собой в общем случае периодическую структуру необходимо сформировать на границах раздела сред периодические ГУ [8]. Основное их предназначение состоит в том, что с их помощью анализ бесконечной решетки сводится к анализу одного периода, в связи с чем появляется возможность численного решения задачи, поскольку область, в которой теперь ищется поле ограничена в плоскости XOY :

$$\begin{aligned} \vec{E}_{\bar{A}'} &= \vec{E}_{\bar{A}} \cdot \exp(-i\Phi_y), & \vec{H}_{\bar{A}'} &= \vec{H}_{\bar{A}} \cdot \exp(-i\Phi_y), \\ \vec{E}_{\bar{B}'} &= \vec{E}_{\bar{B}} \cdot \exp(-i\Phi_x), & \vec{H}_{\bar{B}'} &= \vec{H}_{\bar{B}} \cdot \exp(-i\Phi_x). \end{aligned} \quad (6)$$

где $\Phi_{x,y}$ – постоянные, определяющие фазовые сдвиги между элементами периодической решетки; $\vec{E}_{\bar{A},\bar{B}}$ и $\vec{E}_{\bar{A}',\bar{B}'}$ – напряженности полей между стенками A и B волновода, соответственно. А граничные условия волновода в свою очередь представляются следующим образом [8]:

$$\begin{aligned} E_y = 0, \quad E_z = 0 & \quad \text{при} \quad x = 0, \quad x = A; \\ E_y = 0, \quad E_z = 0 & \quad \text{при} \quad y = 0, \quad y = B; \\ A_y^3 = 0, & \quad \text{при} \quad x = 0, \quad x = A; \\ \partial A_y^3 / \partial y = 0, & \quad \text{при} \quad y = 0, \quad y = B. \end{aligned} \quad (7)$$

Задача синтеза поверхностного импеданса в соответствии с [7] представляется следующим образом:

$$\min_{\xi \in Z_S} \sigma(\omega, \xi) \quad \text{при } \omega = \text{const}, \quad (8)$$

где $\sigma(\omega, \xi)$ – обратный поперечник рассеяния; Z_S – допустимые значений импеданса:

$$Z_S = \left\{ \xi = \sum_{l=1}^L \xi_l g_l(\varphi), \text{Re } \xi_l \geq 0 \right\}, \quad (9)$$

где ξ_l – комплексные константы, подлежащие определению, а $g_l(\varphi)$ – базис на области локализации поверхностного импеданса.

Для решения задачи минимизации (8) можно использовать градиентные методы, предусматривающие нахождение функционала:

$$\sigma(\omega, \xi) = 4 |F(\mathbf{E}, \mathbf{H})|^2, \quad (10)$$

соответствующий решению задачи (3) с учетом линейности граничных условий по ξ .

Вывод

В представленном материале выполнена постановка задачи математического моделирования параметров экранирующей конструкции на основе применения математического метода решения задачи синтеза поверхностного импеданса (обратная задача дифракции), предусматривающая получение физически реализуемой конструкции с достижением требуемого коэффициента экранирования на основании нахождения минимума функционала $\sigma(\omega, \xi) = 4|F(E, H)|^2$. В дальнейшем данный подход к постановке задачи синтеза импедансного покрытия будет учтен для поиска минимума функционала энергии (потенциала) ЭМП, проникающей во внутренний объем экранирующей конструкции при внешнем воздействии ЭМИ и внешнее пространство, при возникновении внутренних паразитных электромагнитных излучений [9].

Список литературы:

References:

1. Полежаев, А. П. Оптимизация объектовой системы защиты информации об изделиях двойного назначения [Текст] / А. П. Полежаев, В. И. Василец // Специальная техника, № 5. – Москва: Электrozavod, 1996. – С. 1–5.
2. ГОСТ Р 51318.16.1.4-2008. Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Ч.1–4. Аппаратура для измерения параметров радиопомех и помехоустойчивости. Устройства для измерения излучаемых радиопомех и испытаний на устойчивость к излучаемым радиопомехам. – М.: Стандартинформ, 2009.
3. Терехов, В. А. Влияние сверхкоротких импульсов электромагнитного излучения на параметры структур металл–диэлектрик–полупроводник [Текст] / В. А. Терехов, А. Н. Ман'ко, Е. Н. Бормонтов, В. Н. Левченко, С. Ю. Требунских, Е. А. Тутов, Э. П. Домашевская // Физика и техника полупроводников, 2004, Т.38 – вып. 14.
4. Вернигоров, Н. С. Экспериментальные исследования воздействия импульсного СВЧ излучения на материалы [Текст] / Н. С. Вернигоров, А. П. Саркисян, А. С. Сулакшин, Ю. П. Шаркеев // Журнал «Радиоэлектроника и телекоммуникации». № 6 (24), 2004.
5. Двилянсий, А. А. Методология оценки комплексной защищенности объектов инфокоммуникационных систем от воздействия деструктивных электромагнитных излучений : монография [Текст] / А. А. Двилянсий, В. А. Иванов. – Орёл: Академия ФСО России, 2018. – 235 с.
6. Двилянсий, А. А. Синтез систем обнаружения аномального состояния в условиях недостаточной информации для формирования признакового пространства [Текст] / А. А. Двилянсий, В. Б. Ивкин, А. А. Селин // Промышленные АСУ и контроллеры: Научтехлитиздат. – № 7, 2015. – С. 13–17.
7. Ерёмин, Ю. А. Метод дискретных источников в задачах электромагнитной дифракции [Текст] / Ю. А. Ерёмин, А. Г. Свешников. – М: Издательство МГУ, 1992. – 182 с.
8. Банков, С. Е. Электродинамика и техника СВЧ для
1. Polezhaev, A. P. Optimizaciya ob'ektovoj sistemy zashchity informacii ob izdeliyah dvojnogo naznacheniya [Tekst] / A. P. Polezhaev, V. I. Vasilec // Special'naya tekhnika, № 5. – Moskva: Elektrozavod, 1996. – S. 1–5.
2. GOST R 51318.16.1.4-2008. Sovmestimost' tekhnicheskikh sredstv elektromagnitnaya. Trebovaniya k apparature dlya izmereniya parametrov radiopomekh i pomexoustojchivosti i metody izmerenij. CH.1–4. Apparatura dlya izmereniya parametrov radiopomekh i pomexoustojchivosti. Ustrojstva dlya izmereniya izluchaemyh radiopomekh i ispytanij na ustojchivost' k izluchaemym radiopomekham. – M.: Standartinform, 2009.
3. Terekhov, V. A. Vliyanie sverhkorotkih impul'sov elektromagnitnogo izlucheniya na parametry struktur metall–dielektrik–poluprovodnik [Tekst] / V. A. Terekhov, A. N. Man'ko, E. N. Bormontov, V. N. Levchenko, S. YU. Trebunskih, E. A. Tutov, E. P. Domashevskaya // Fizika i tekhnika poluprovodnikov, 2004, T.38 – vyp. 14.
4. Vernigorov, N. S. Eksperimental'nye issledovaniya vozdejstviya impul'snogo SVCH izlucheniya na materialy [Tekst] / N. S. Vernigorov, A. P. Sarkis'yan, A. S. Sulakshin, YU. P. SHarkeev // ZHurnal «Radioelektronika i telekommunikacii». № 6 (24), 2004.
5. Dvilyanskij, A. A. Metodologiya ocenki kompleksnoj zashchishchennosti ob"ektov infokommunikacionnyh system ot vozdejstviya destruktivnyh elektromagnitnyh izluchenij : monografiya [Tekst] / A. A. Dvilyanskij, V. A. Ivanov. – Oryol: Akademiya FSO Rossii, 2018. – 235 s.
6. Dvilyanskij, A. A. Sintez system obnaruzheniya anomal'nogo sostoyaniya v usloviyah nedostatochnoj informacii dlya formirovaniya priznakovogo prostranstva [Tekst] / A. A. Dvilyanskij, V. B. Ivkin, A. A. Selin // Promyshlennye ASU i ikontrollery: Nauchtekhlitizdat. – № 7, 2015. – S. 13–17.
7. Eryomin, YU. A. Metod diskretnyh istochnikov v zadachah elektromagnitnoj difrakcii [Tekst] / YU. A. Eryomin, A. G. Sveshnikov. – M: Izdatel'stvo MGU, 1992. – 182 s.
8. Bankov, S. E. Elektrodinamika i tekhnika SVCH dlya

пользователей САПР [Текст] / С. Е. Банков, А. А. Курушин. – М: Солон-Пресс. 2008. –276 с.

9. Двилянский А.А. Математический метод моделирования, позволяющий получать параметры экранирующей конструкции, обеспечивающей функциональную устойчивость компонентов объектов критической информационной инфраструктуры при воздействии электромагнитных импульсов [Текст] / А. А. Двилянский // Промышленные АСУ и контроллеры: Научтехлитиздат. – № 1, 2020. – С. 18–27.

pol'zovatelej SAPR [Tekst] / S. E. Bankov, A. A. Kurushin. – M: Solon-Press. 2008. –276 s.

9. Dvilyanskij A.A. Matematicheskij metod modelirovaniya, pozvolyayushchij poluchat' parametry ekraniruyushchej konstrukcii, obespechivayushchej funkcional'nyuyu ustojchivost' komponentov ob'ektov kriticheskoj informacionnoj infrastruktury pri vozdeystvii elektromagnitnyh impul'sov [Tekst] / A. A. Dvilyanskij // Promyshlennye ASU i kontrollery: Naughtekhlitizdat. – № 1, 2020. – S. 18–27.

Статья поступила в редколлегию 02.02.2020.

Рецензент:

д-р. техн. наук, доцент,

Брянский государственный технический университет

Захарова А.А.

Статья принята к публикации 10.02.2020.

Сведения об авторах:

Двилянский Алексей Аркадьевич

канд. техн. наук, доц.

сотрудник ФГКБОУ ВО Академия Федеральной службы охраны России

E-mail: advil@mail.ru

Мосин Юрий Викторович

канд. физ.-мат. наук доц.

ФГКБОУ ВО Академия Федеральной службы охраны России

E-mail: yamosin@mail.ru

Information about authors:

Dviljanskiy Alexey Arkadevich

Cand. Tech. Sci.,

the employee of FSSEIHVT Academy of Federal Agency of protection of Russia,

E-mail: advil@mail.ru

Mosin Yuri Viktorovich

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,

Associate Professor FSSEIHVT Academy of Federal Agency of protection of Russia

E-mail: yamosin@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ В ТРАНСПОРТНОМ ПОТОКЕ НА ЭВМ

В статье выполнен анализ ряда недостатков модели «разумного водителя» и предложено изменить структуру математической модели и ввести в неё дополнительные функции, связывающие ускорение автомобиля с его динамическими параметрами и условиями движения при разгоне и торможении.

Ключевые слова: автомобиль, ускорение, замедление, математическая модель, транспортный поток, условия движения.

A.N. Arkhangelsky

MODELING THE CAR MOTION IN A TRANSPORT FLOW ON A COMPUTER

In this work, a critical analysis of the mathematical model of the Traiber is performed and a new model is developed, based on the concept of "following the leader" and which allows you to take into account the dynamic characteristics of a particular car, its load, road and climatic conditions of operation, as well as more realistic modeling of acceleration processes. braking and stopping the vehicle.

Keywords: car, acceleration, deceleration, mathematical model, traffic flow, traffic conditions.

Введение

В последние годы в России в сфере автомобильного транспорта произошли очень серьёзные изменения: существенно изменилась структура парка; резко увеличилось количество автотранспортных средств, прежде всего, личного пользования. Транспортные проблемы проявились во всей их масштабности и сложности решения. Наличие в них мощной стохастической составляющей, требует применения для их решения адекватных современных инструментов и методов имитационного моделирования (ИМ) на ЭВМ.

Один из видов имитационного моделирования – микромоделирование, позволяет оценить динамику движения каждого отдельного автомобиля, задержки на перекрестках, динамику формирования и расформирования очередей автомобилей и другие показатели транспортного потока и также оценивать эффективность управленческих решений, направленных на улучшение организации движения автотранспортных средств.

Основной концепцией в моделировании является концепция следования за лидером с безопасной дистанцией. Модели следования за лидером позволяют исследовать общую картину состояния транспортных потоков, учитывая индивидуальное поведение транспортных средств и его вероятностный характер. Общепринятой моделью для решения таких задач в настоящее время считается психофизиологическая модель восприятия Видемана [1].

Идея модели Видемана состоит в том, что водитель автотранспортного средства ориентируется на поведение впереди движущего автомобиля и стремится двигаться за ним на расстоянии не менее безопасного для конкретных условий движения. Модель была представлена Видеманом в 1974 году [1].

Для описания процесса движения автомобиля используется общая микроскопическая модель «разумного водителя» Трайбера (*Intelligent Driver Model (IDM)*) [3, 6]. Примерами использования этой модели являются такие известные программные продукты как RTVisionVISSIM, COS.SIM [5].

Расчетные зависимости этой модели представлены ниже.

$$a(t) = a_{авт} \left[1 - \left(\frac{V_a(t)}{V_{жс}} \right)^\delta - \left(\frac{d_{\min} + t_p \cdot V_a(t) - \frac{V_a(t)(V_l(t) - V_a(t))}{2\sqrt{a_{авт}b_{авт}}}}{X_l(t) - X_a(t)} \right)^2 \right];$$

$$V_a(t + \Delta t) = V_a(t) + a(t) \cdot \Delta t;$$

$$V_l(t + \Delta t) = V_l(t) + a_l(t) \cdot \Delta t;$$

$$X_a(t + \Delta t) = X_a(t) + \frac{V_a(t) + V_a(t + \Delta t)}{2} \Delta t + \frac{a(t) \cdot \Delta t^2}{2};$$

$$X_l(t + \Delta t) = X_l(t) + \frac{V_l(t) + V_l(t + \Delta t)}{2} \Delta t + \frac{a_l(t) \cdot \Delta t^2}{2},$$

где $a(t)$ – ускорение автомобиля в момент времени t , м/с²;

$a_{авт}$ – постоянное «комфортное» ускорение, м/с²;

$V_a(t)$ – скорость автомобиля в момент времени t , м/с

$V_{жс}$ – желаемая (комфортная) скорость автомобиля;

δ – показатель динамичности разгона («агрессивность» вождения);

d_{\min} – минимальное расстояние между автомобилями в очереди, м;

t_p – время реакции водителя, с;

$b_{авт}$ – величина «комфортного» замедления при торможении автомобиля, м/с²;

$X_a(t)$ – линейная координата положения автомобиля в момент времени t , м;

$X_l(t)$ – линейная координата положения лидера в момент времени t , м;

Зависимость для расчета текущего значения ускорения автомобиля состоит из двух частей:

$$a_{авт} \left[1 - \left(\frac{V_a(t)}{V_{жс}} \right)^\delta \right] - \text{часть, отвечающая за ускорение движения автомобиля};$$

$$a_{авт} \left[\left(\frac{d_{\min} + t_p \cdot V_a(t) - \frac{V_a(t)(V_l(t) - V_a(t))}{2\sqrt{a_{авт}b_{авт}}}}{X_l(t) - X_a(t)} \right)^2 \right] - \text{часть, отвечающая за замедление}$$

движения автомобиля.

Как отмечают многие исследователи, например [4], этой модели присущи ряд недостатков, которые требуют их устранения.

Первый недостаток при использовании модели – это член в формуле $1 - \left(\frac{V_a(t)}{V_{жс}} \right)^\delta$.

Степень изменения динамики зависит от величины коэффициента δ , вариация значений которого теоретически должна имитировать многообразие возможных траекторий управления автомобилем, но не имеет физического обоснования. Поэтому, при применении модели «следования за лидером» использование этого члена является излишним, так как именно «лидер» обеспечивает ограничение по максимальной скорости.

Второй недостаток модели – это назначение величины $a_{авт}$.

Во многих литературных источниках (например в [3]) предлагается назначать эту величину постоянной в диапазоне $2...4 \text{ м/с}^2$. Такая рекомендация полностью противоречит положениям теории эксплуатационных свойств автомобиля [2], в соответствии с которой динамика автомобиля, определяемая реализуемым его ускорением, зависит от параметров двигателя, параметров трансмиссии, массы автомобиля, дорожных условий и других факторов. Поэтому, рекомендации по назначению величины должны быть связаны с реальными параметрами конкретного автомобиля, или хотя бы группы подобных по динамическим характеристикам автомобилей.

Для оценки динамики движения автомобиля используем его одномассовую модель, описываемую уравнением

$$m_a \cdot \delta_{ep(i)} \frac{dV}{dt} = A(i) \cdot V^2 + B(i) \cdot V + C(i)$$

$$\text{Откуда } a(i) = \frac{A(i) \cdot V^2 + B(i) \cdot V + C(i)}{m_a \cdot \delta_{ep(i)}}$$

Для определения коэффициентов $A(i)$, $B(i)$, $C(i)$, входящих в уравнение используются следующие выражения:

$$A(i) = \left[\frac{1000 \cdot N_{e_{max}} \cdot K_p \cdot \eta_{TP(I)} \cdot r_k \cdot c}{V_{N(i)}^3 \cdot r_\partial} + k_B \cdot F + k_f \cdot G_a \cdot \cos \alpha \right];$$

$$B(i) = \frac{1000 \cdot N_{e_{max}} \cdot K_p \cdot \eta_{TP(I)} \cdot r_k \cdot b}{V_{N(i)}^2 \cdot r_\partial};$$

$$C(i) = \frac{1000 \cdot N_{e_{max}} \cdot K_p \cdot \eta_{TP(I)} \cdot r_k \cdot a}{V_{N(i)} \cdot r_\partial} - G_a (f_0 + \sin \alpha);$$

$$V_{(N)} = 0.105 \frac{n_N \cdot r_k}{U_{T(i)}}; k_B = 0.5 \cdot c_x \cdot \rho_B; \eta_{TP} = \eta_K \cdot \eta_{кар} \cdot \eta_{ГП};$$

$$N_e = N_{e_{max}} \cdot \left[a \frac{n}{n_N} + b \cdot \left(\frac{n}{n_N} \right)^2 - c \left(\frac{n}{n_N} \right)^3 \right].$$

Использование приведенных выше формул позволяет рассчитать величины ускорения автомобиля на разных передачах. Пример графиков построенных по результатам таких расчетов для автобуса ЛиАЗ-429260 приведены на рис.1. При выполнении расчетов использовались исходные данные, приведенные в таблице 1.

Для преодоления сложности связанной с многозначностью режимов управления при моделировании движения автомобиля предлагается использовать регрессионную зависимость ускорения от скорости. Параметры этой зависимости получают, используя значения ускорений на спадающей ветви графика ускорений на каждой передаче коробки перемены передач. Примеры таких зависимостей приведены на рис.2.

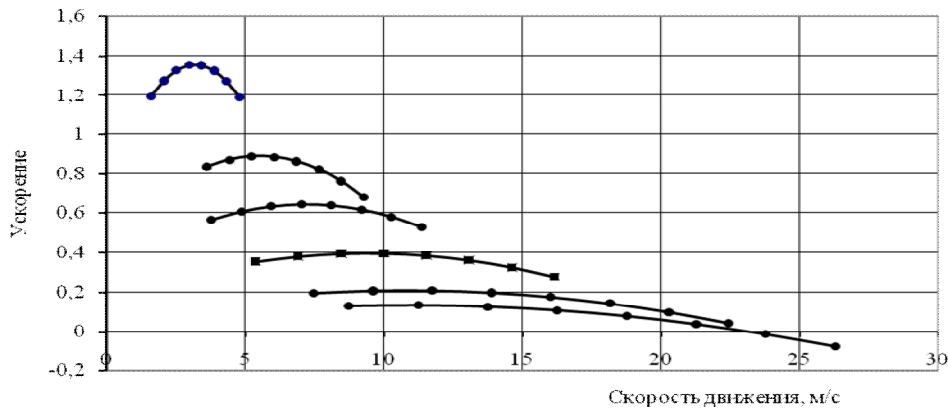


Рис. 1. Графики зависимости ускорения автобуса ЛиАЗ-429260 (загрузка 50 %) от скорости на различных передачах

Таблица 1. Исходные данные для расчета ускорения автобуса ЛиАЗ

N _{emax} =154	K _p =0,8	КПД=0,9	R _k =0,42	A=0,6879
R _d =0,405	K _v =0,5	F=6,891	K _f =0,000007	B=1,7478
G _a =117700	f ₀ =0,02	nN=2300	уклон=0	C=1,4357
n _{min} =700	n _{max} =2600	M _{kmax} =780/(1400)	U _{гл} =5.73	U ₁ =3,364
U ₂ =1,909	U ₃ =1,421	U ₄ =1.0	U ₅ =0.652	U ₆ =0.615

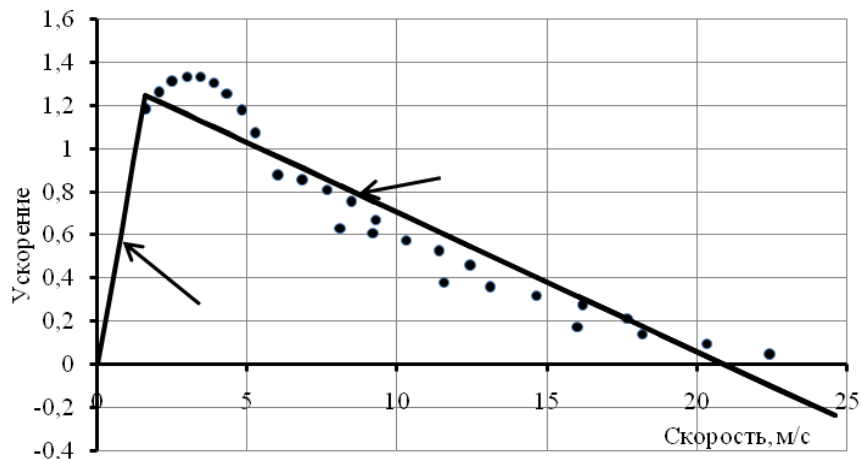


Рис. 2. Пример полученных регрессионных зависимостей для автобуса ЛиАЗ-429260 (загрузка 50 %)

При проведении численных экспериментов было установлено, что для многих автотранспортных средств без существенной потери точности можно использовать линейную форму регрессионных зависимостей: для начального участка скоростей вида $a = k * Va$; основного диапазона изменения скорости вида $a = m + n * Va$.

Анализ зависимостей ускорения, как функции скорости, показал значимость учета для конкретного автомобиля его мощности, степени загрузки и дорожного сопротивления. В табл.2 приведены параметры регрессионных зависимостей величины ускорения автобуса ЛиАЗ-426290 для шести загрузочных состояний. Все остальные параметры модели автобуса оставались неизменяемыми.

Третий недостаток при использовании модели – это составляющая в общей формуле

$$\frac{V_a(t)(V_{л}(t) - V_a(t))}{2\sqrt{a_{авт}b_{авт}}}$$

Этой составляющей трудно дать физическое обоснование. Кроме того, исходная модель при моделировании остановки автомобиля дает некорректные результаты. Для

иллюстрации этой некорректности на рис.4 приведены результаты моделирования остановки автомобиля для двух случаев: величины ускорения и замедления равны 1 м/с^2 ; величины ускорения и замедления равна 2 м/с^2 .

Таблица 2. Параметры регрессионных зависимостей ускорения от скорости автобуса

Загрузка, %	m	n	k	Rav
0	1,8250	-0,0841	1,0290	0,924
25	1,5721	-0,0737	0,9082	0,924
50	1,3770	-0,0658	0,7940	0,924
53	1,3543	-0,0648	0,7811	0,924
75	1,2221	-0,0594	0,7037	0,924
1,0	1,0961	-0,0543	0,6304	0,936

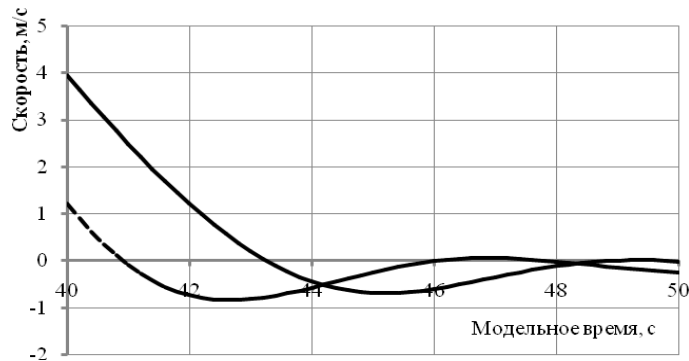


Рис. 3. Результаты моделирования движения автобуса перед его остановкой за «лидером» (модель «разумного водителя»)

С физической точки зрения при появлении необходимости применения торможения, необходимо руководствоваться требованиями обеспечения безопасности. Интервал безопасности между автомобилями складывается из: минимального расстояние между автомобилями в очереди; расстояния проезда автомобиля при известной скорости за время реакции водителя; величины тормозного пути для снижения скорости до необходимого уровня.

С учетом всего сказанного выше и для устранения этого недостатка была разработана новая математическая модель движения автотранспортного средства с двигателем внутреннего сгорания полностью удовлетворяющая как положениям теории эксплуатационных свойств автомобиля при его разгоне, так и условиям обеспечения безопасности при торможении.

Некоторые результаты машинных экспериментов с использованием разработанной модели приведены на рис. 4 - 5.

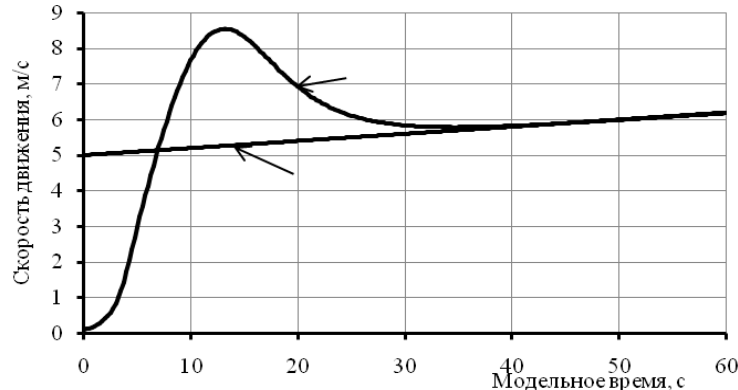


Рис. 4. Результаты моделирования скорости движения автобуса, догоняющего ускоренно двигающийся впереди автомобиль

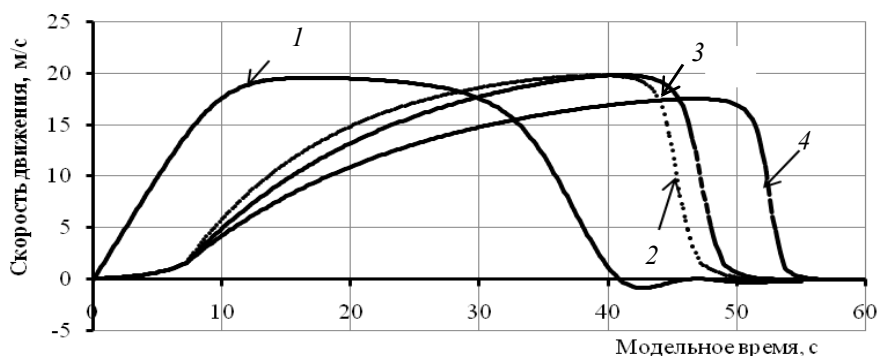


Рис. 5. Графики скорости движения автобуса ЛиАЗ между остановками с ограничением максимальной скорости 20 м/с (1 – модель Трайбера; 2, 3, 4 – предлагаемая модель загрузки соответственно 0, 50, 100 %)

В заключении следует отметить, что разработанная модель имеет неоспоримые преимущества по сравнению с моделью Трайбера так как позволяет учесть при моделировании динамические характеристики конкретного автомобиля, его загрузку, дорожные и климатические условия эксплуатации, а также более реалистично моделировать процессы разгона, торможения и остановки автотранспортного средства. Предлагаемая модель является основой для разработки модели «интеллектуального агента» с широкими возможностями моделирования транспортных процессов.

Список литературы:

References:

1. Treiber, M. Christian Thiemann Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation / M. Treiber, A. Kesting. – London :Springer, 2012. P. 221–222.
2. Литвинов, А.С., Литвинов, А.С., Фаробин, Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств: учебник для вузов [Текст] / А.С.Литвинов, А.С.Литвинов, Я.Е. Фаробин. - М: Машиностроение, 1989. 240 с.
3. Кравченко, П.С., Омарова, Г.А. Моделирование и сравнение различных транспортных микромоделей [Текст] / П.С.Кравченко, Г.А. Омарова. - Проблемы информатики. 2017. № 3. С.5-15.
4. Курц, В.В., Ануфриев, И.Е. Новые микроскопические модели автомобильного трафика [Текст] / В.В. Курц, И.Е. Ануфриев. - Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. 2014. №4. С.50-56.
5. Панасюк, Я.С. Агентное моделирование автотранспортных потоков [Текст] / Я.С. Панасюк, В.А Мальных, В.А. Мануйлов, И.К. Дудинов, Г.М. Черняк // Труды 53-й научной конференции МФТИ. 2010. Ч. 5. С. 130 – 131.
6. Швецов, В.И. Математическое моделирование транспортных потоков [Текст] / В.И. Швецов // Автоматика и телемеханика. – 2003. – №11. С.3-46.

1. Treiber, M. Christian Thiemann Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation / M. Treiber, A. Kesting. - London: Springer, 2012.P. 221–222.
2. Litvinov, A.S., Litvinov, A.S., Farobin, YA.E. Avtomobil': Teoriya ekspluatacionnyh svojstv: uchebnik dlya vuzov [Tekst] / A.S. Litvinov, A.S. Litvinov, YA.E. Farobin.- M:Mashinostroenie, 1989. 240 s.
3. Kravchenko, P.S., Omarova, G.A. Modelirovanie i sravnenie razlichnyh transportnyh mikromodelej [Tekst] / P.S. Kravchenko, G.A. Omarova. – Problemy informatiki. 2017. № 3. S.5-15.
4. Kurc, V.V., Anufriev, I.E. Novye mikroskopicheskie modeli avtomobil'nogo trafika [Tekst] / V.V. Kurc, I.E. Anufrie. - Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Fiziko-matematicheskie nauki. 2014. №4. S.50-56.
5. Panasyuk, YA.S. Agentnoe modelirovanie avtotransportnyh potokov [Tekst] / YA.S. Panasyuk, V.A Malyh., V.A. Manujlov, I.K. Dudinov, G.M. Chernyak // Trudy 53-j nauchnoj konferencii MFTI. 2010. CH. 5. S. 130 – 131.
6. SHvecov, V.I. Matematicheskoe modelirovanie transportnyh potokov [Tekst] / V.I. SHvecov // Avtomatika i telemekhanika. – 2003. – №11. S.3-46.

Статья поступила в редколлегию 14.01.2020.

Рецензент: д-р. техн. наук, доц., Брянский государственный технический университет Захарова А.А.

Статья принята к публикации 02.02.2020.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Архангельский Анатолий Николаевич
канд. техн. наук, доц.
УНИТ, доцент кафедры «Автомобильный транспорт»
Брянский государственный технический университет,

Arkhangelsky Anatoly Nikolaevich
candidate of technical sciences, associate professor,
UNIT, Department of Road Transport, Associate
Professor. Bryansk State Technical University

УДК: 372.851

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-1-32-38

И.В. Чиглякова, Ф.Ю. Лозбинеv

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ В СФЕРЕ ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ КАК СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ КАДРОВ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

В статье раскрыто содержание цифровой модели в сфере общего образования Брянской области в целях формирования кадров в рамках федеральной программы «Цифровая экономика». Отражены практики, реализуемые на территории Брянской области Управлением Брянской городской администрации, Департаментом образования и науки Брянской области, Управлением информационных технологий департамента экономического развития Брянской области и Российской Федерации по проведению цифровых уроков. Также выявлены основные черты цифровой модели компетенций обучающихся новой цифровой школы, в стенах которой создаются кадры будущего.

Ключевые слова: *цифровая экономика, современная школа, цифровые уроки, модель компетенций, прорывные проекты, персональные помощники, искусственный интеллект, информационные технологии.*

I.V. Chiglyakova, F.Y. Lozbinev

DIGITAL MODEL IN THE FIELD OF GENERAL EDUCATION BRYANSK REGION AS A WAY OF FORMING PERSONNEL FOR THE DIGITAL ECONOMY

The article reveals the contents of the digital model in the field of general education in the Bryansk region in order to form personnel within the federal program "Digital Economy". The practices implemented in the territory of the Bryansk Region by the Office of the Bryansk City Administration, the Department of Education and Science of the Bryansk Region, the Office of Information Technology of the Department of Economic Development of the Bryansk Region and the Russian Federation on conducting digital lessons are reflected. The main features of the digital model of competencies of students of the new digital school, within the frames of which frames of the future are created, are also identified.

Keywords: *digital economy, modern school, digital lessons, competency model, breakthrough projects, personal assistants, artificial intelligence, information technology.*

Одной из главных задач в системе образования Российской Федерации является необходимость «обеспечить способность гибкого реагирования на изменение потребностей экономики и динамично развивающегося социума». На первый план выдвигается «компетентностно-ориентированное образование – объективное явление в образовании, вызванное в жизни социально-экономическими, политико-образовательными и педагогическими предпосылками. К числу важнейших задач модернизации, в частности, общего образования следует отнести задачу разностороннего развития обучающихся, их способностей, умений и навыков самообразования, формирования у школьников готовности и способностей адаптироваться к меняющимся социально-экономическим условиям».

Цель «...современной школы – подготовить подрастающее поколение к учебе, жизни и

труду в динамично меняющемся мире, которому предстоит жить и работать в будущем. Будут ли успешны выпускники школ в дальнейшем обучении, профессиональной деятельности и саморазвитии, если будущее неочевидно, конкуренция глобальна, а рынки нестабильны?» [6].

Президент страны В.В. Путин в процессе проведения урока для подрастающего поколения сказал, что «Россия, устремленная в будущее, что «успешное развитие цифровой экономики напрямую зависит от тех, кому сегодня от 0 и до 18 лет» [6].

«Человек 21 века, который уже сейчас живет в техносфере, во многом влияющей на его развитие, должен обладать такими качествами как критическое мышление, креативность, умение общаться, умение работать в коллективе, выполнение совместной деятельности. И, конечно же, готовить такого гражданина должна школа, которая сама развивается и отвечает на вызовы времени» [6].

К настоящему времени «определены перспективные направления (прорывные проекты) развития нашей страны «Россия, устремленная в будущее» [6]:

- арктическая транспортная система «Северный морской путь»;
- универсальные атомные ледоколы нового поколения;
- технология для создания искусственного интеллекта;
- Интернет вещей на базе 5G;
- космический комплекс ракет сверхтяжелого класса;
- транспортно-энергетический модуль для освоения дальнего космоса;
- коллайдер «Наука и технологии»;
- центры аддитивных технологий;
- проекты медицины высоких технологий;
- проекты телемедицины;
- ближнемагистральные и среднемагистральные самолеты;
- железнодорожная магистраль «Москва-Казань».

Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации в образовательных учебных заведениях системы среднего образования проводятся «нестандартные» занятия по программе «Урок Цифры» для формирования у школьников компетенций в сфере цифровой экономики, а также их ранней профориентации в указанной сфере.

В рамках указанного мероприятия проводится цикл уроков информатики, каждый из которых посвящен определенной теме: большие данные, сети и облачные технологии, безопасность будущего, персональные помощники, искусственный интеллект.

Управлением информационных технологий департамента экономического развития Брянской области при поддержке департамента образования и науки Брянской области, управления образования Брянской городской администрации в декабре 2019 г. в ряде городских школ, лицеев, гимназий проводились «Уроки Цифры» по теме «Сети и облачные технологии». Школьникам 9–11 классов в доступной форме сотрудники управления информационных технологий департамента экономического развития Брянской области рассказывали о понятии «большие данные», применении больших данных в повседневной жизни, рассказали о значимости сетевых и облачных технологий в настоящее время, также ребята узнали о мероприятиях, реализуемых в Брянской области в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». До конца учебного года в школах будут проведены следующие «Уроки Цифры»: «Персональные помощники», «Безопасность будущего», «Искусственный интеллект и машинное обучение».

Февральский урок всероссийского образовательного проекта «Урок цифры», который будет проводиться и в Брянской области, посвящен персональным помощникам — программам на основе технологий искусственного интеллекта, которые выполняют разнообразные действия по запросу пользователя. Интерактивное занятие проведет компания «Яндекс» — на нем школьников познакомят с возможностями персональных

помощников и расскажут про сферы их применения. Ребята также узнают, как помощники обрабатывают запросы людей и какие технологии им в этом помогают.

Как и другие уроки проекта, разработанный Яндексом «Урок цифры» будет представлен в трех вариантах: для младшей, средней и старшей школы. Детям разных возрастов предложат разные задания в тренажере. Например, одно из заданий для малышей — определить, к какому устройству должен обратиться персональный помощник для выполнения того или иного поручения пользователя: пылесос убирает комнату, лампочка освещает стол и так далее. Старшеклассникам, в свою очередь, предложат спроектировать цепочку действий, которые должны выполняться при обработке запроса: от получения помощником команды от человека до конечного результата.

«Урок цифры» проводится второй учебный год подряд. Задачи проекта — развитие у школьников цифровых компетенций и ранняя профориентация: уроки помогают детям сориентироваться в мире профессий, связанных с технологиями и программированием. В прошлом учебном году «Урок цифры» охватил больше половины российских школьников. За год дети, родители и учителя обратились к урокам, доступным на сайте проекта, больше 14 миллионов раз [3].

Фонд развития культуры и кинематографии «СТРАНА» разрабатывает проекты, которые должны мотивировать школьников к приобретению компетенций и навыков в «цифровых науках». Одним из таких инструментов является цифровой урок «Профессии будущего».

Одна из главных целей урока в увлекательной форме донести до обучающихся возможности, которые открываются с развитием цифровых технологий, мотивировать к получению компетенций в сфере цифровой экономики [4].

Цифровая экономика — уклад жизни, новая основа для развития системы государственного управления, экономики, бизнеса, социальной сферы, общества. Федеральная программа «Цифровая экономика» рассчитана до 2024 года. Документ со ссылкой на Стратегию развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы определяет цифровую экономику как «хозяйственную деятельность, ключевым фактором производства в которой являются данные в цифровой форме, которая способствует формированию информационного пространства с учетом потребностей граждан и общества в получении качественных и достоверных сведений, развитию информационной инфраструктуры Российской Федерации, созданию и применению российских информационно-телекоммуникационных технологий, а также формированию новой технологической основы для социальной и экономической сферы» [2].

Программа [1] определяет ряд базовых направлений развития цифровой экономики в России на период до 2024 года, среди них — нормативное регулирование, кадры и образование, информационная инфраструктура, информационная безопасность, цифровое государственное управление, цифровые технологии.

Основными целями [1] направления, касающегося кадров и образования, являются:

- создание ключевых условий для подготовки кадров цифровой экономики;
- совершенствование системы образования, которая должна обеспечивать цифровую экономику компетентными кадрами;
- рынок труда, который должен опираться на требования цифровой экономики;
- создание системы мотивации по освоению необходимых компетенций и участию кадров в развитии цифровой экономики России.

В проект входит обеспечение цифровой экономики высококомпетентными кадрами, поддержка талантливых школьников и студентов в области математики и информатики, содействие гражданам в освоении цифровой грамотности и компетенций цифровой экономики.

Мероприятия федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» прежде всего, направлены на реализацию ряда ключевых направлений развития системы образования:

обновление содержания, создание необходимой современной инфраструктуры, подготовка кадров для работы в системе, их переподготовка и повышение квалификации, а также создание наиболее эффективных механизмов управления отраслью [1].

Вероятнее всего, в процессе реализации основных направлений цифровой экономики должны будут принимать участие представители разных направлений: в первую очередь – специалисты в сфере государственного и муниципального управления, разработчики новых математических аспектов, организаторы разработки нового программного обеспечения, а также инвесторы и, в некоторой степени, предприниматели. В любом случае - категория участников должна обладать профессиональными знаниями на достаточно высоком уровне.

Брянская область активно включилась в реализацию национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Один из региональных проектов, принятый в соответствии с программой, - проект «Информационная инфраструктура».

Реализация данного проекта в основном направлена на обеспечение доступа к сети «Интернет» социально значимых учреждений — школ, ФАПов, сельских администраций, пожарных частей в небольших населенных пунктах, обеспечивать связью которые за счет средств операторов связи не представляется возможным в связи с нерентабельностью.

Заказчиком мероприятия выступает Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ. Исполнителем по Брянской области определено ПАО «Ростелеком».

Правительство Брянской области согласно возложенным министерством полномочиям оказывает всестороннюю поддержку оператору связи. Координацию проекта в регионе осуществляет департамент экономического развития Брянской области.

В рамках мероприятия, рассчитанного до конца 2021 года, более тысячи социально значимых учреждений будут иметь доступ в сеть.

В настоящее время завершается первый этап подключения — 215 социально значимых учреждений принимаются испытательными комиссиями, в составе которых — органы местного самоуправления, профильные департаменты и ведомства.

Проверяется соответствие установленным требованиям по скорости передачи данных, технологии подключения. Школы подключаются с обязательной фильтрацией контента.

По условиям государственного контракта до конца 2021 года услуга является бесплатной для социально значимых учреждений, трафик оплачивается из федерального бюджета. Было осуществлено тестовое подключения с демонстрацией скорости передачи данных, продемонстрированы построенные коммуникации и установленное оборудование. Комиссия смогла убедиться, что все технические требования соблюдены.

Надежный и быстрый Интернет в данных учреждениях позволит обеспечить их участие в проектах по цифровизации образования, обеспечит подключение к ведомственным информационным сетям, дает возможность оказания услуг на высоком уровне в соответствии с современными требованиями [5].

Вместе с этим высокоскоростного подключения к сети «Интернет и базовых знаний информационных технологий, и даже основных моделей их применения недостаточно для эффективной деятельности гражданина и профессионала в XXI веке.

Необходимо способствовать развитию совершенно новых компетенций: критическому и творческому мышлению, инициативности, ответственности, адаптивности, инновационности, предприимчивости, эмоциональному интеллекту. Существуют следующие блоки компетенций:

- цифровые компетенции – уверенное и эффективное использование (ИКТ) для работы, отдыха и общения.

- инициативность и предпринимательские компетенции – способности превращать идеи в действия через творчество, инновации и оценку рисков, а также способности планировать и управлять проектами.

- soft skills – личностные качества, способности выстраивать межкультурные сетевые коммуникации (социальные и профессиональные), учиться и совершенствоваться и др.».

Именно поэтому цель системы образования в настоящее время – создать условия для подготовки учащихся к нормальному функционированию в условиях сетевых технологий, цифровой экономики.

Цифровая модель компетенций в сфере общего образования включает три основных блока [8]:

– личностные качества: принятие базовых национальных ценностей, – любознательность, инициативность, настойчивость, лидерские качества, социальная и культурная включенность в общественную жизнь, осознанная ответственная деятельность;

– компетенции: критическое мышление, творческое мышление, умение общаться, умение работать в коллективе, совместная деятельность и сотрудничество;

– базовые умения и навыки: навыки чтения и письма, математическая грамотность, гуманитарные знания, естественнонаучные знания, финансовая и предпринимательская грамотность, ИКТ-грамотность, общекультурная и гражданская грамотность, цифровая грамотность [8].

Данная модель позволит создавать и непрерывно обновлять образование в процессе индивидуальной или групповой практико-ориентированной инновационной личностно-значимой деятельности.

Принимая во внимание важность развития дополнительного образования и формирования кадров для Цифровой экономики в образовательных учреждениях Брянской области в соответствии с задачами федерального проекта «Успех каждого ребенка» и федеральной программы «Цифровая экономика» с 20 января до конца учебного года в школах региона запущен образовательный проект «Шкодим 2020». Проект реализует компания «Первая Цифровая» при поддержке Департамента образования и науки Брянской области.

Цель проекта: реализация образовательных программ технической направленности в системе дополнительного образования, ориентированных на развитие технических и творческих способностей и умений, формированию цифровых навыков у детей младшего и среднего школьного возраста, а также повышение компетентности педагогического состава в части использования современных информационных технологий в современном образовательном процессе [3].

Образовательный проект «Шкодим 2020» предполагает реализацию нескольких образовательных мероприятий, направленных на формирование цифровых навыков у детей от 7 до 12 лет. Проект будет реализовываться в форме бесплатных курсов в рамках программы дополнительного образования на базе образовательных учреждений с использованием онлайн-платформы «Шкодим».

В рамках проекта школьники смогут познакомиться со средой программирования «Scratch», с понятием «алгоритмы», получат необходимые навыки для создания компьютерных игр, анимированных роликов и мультфильмов, реализовать собственный проект на основе полученных знаний.

В процессе обучения всем школьникам будет предоставлена возможность принять участие в заочной Олимпиаде по Scratch – программированию. Олимпиада будет проводиться в марте 2020 г.

Стоит отметить, что каждый школьник, принявший участие в образовательном проекте «Шкодим 2020», получит уникальную возможность попробовать себя в ИТ, прикоснуться к миру информационных технологий и показать себя в программировании.

Таким образом, применение цифровой модели в сфере общего образования Брянской области способствует актуализации знаний учащихся и формированию их цифровой идентичности. Благодаря взаимному обмену и созданию знаний в сетевом образовательном пространстве последует позитивное взаимодействие, рефлексия инновационной

деятельности. Общеобразовательная школа возьмёт на себя функции одного из сетевых центров развития личности, формирования кадров для Цифровой экономики, «мотивации и реализации инновационной деятельности всех участников образовательных отношений» [6]. Стоит отметить, что цифровая модель в сфере общего образования постоянно обновляется, дополняется и совершенствуется. Поэтому очень важно развивать и укреплять цифровое образовательное пространство, обеспечивать повсеместную доступность общества к знаниям о доступных коммуникациях, поддерживать продуктивное сотрудничество, персонализированное обучение, проектную и исследовательскую деятельность будущих кадров цифровой экономики Российской Федерации и ее регионов.

Список литературы:

References:

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р «Об утверждении Программы «Цифровая экономика Российской Федерации». - Официальный сайт Правительства Российской Федерации <http://government.ru/>.
2. Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы» - Официальный сайт Информационно-правового портала «Гарант.ру» <https://www.garant.ru/>.
3. Официальный сайт Департамента образования и науки Брянской области [Электронный ресурс]. Б.,2020. — Режим доступа: URL: <http://www.edu.debryansk.ru/>
4. Официальный сайт Управления образования Брянской городской администрации [Электронный ресурс]. Б.,2020. — Режим доступа: URL: <https://uobga.ru/>.
5. Официальный сайт Правительства Брянской области [Электронный ресурс]. Б.,2020. — Режим доступа: URL: <http://bryanskobl.ru/>.
6. Цифровая образовательная среда: новые компетенции педагога.: Сб. материалов участников конф. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf. 133 с.). - СПб.: Из-во «Международные образовательные проекты», 2019. – Систем. требования: Adobe Reader XI; экран 10”
7. Паршин, М.А. Переход России к шестому технологическому укладу: возможности и риски [Текст] / М.А. Паршин, Д.А. Круглов. // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 5.
8. Кондаков, А.М. Обеспечение единства образовательного пространства Российской Федерации // Институт мобильных образовательных систем, М.: Мир психологии, МПСИ, 2017. -№1, - С.219-229 ISSN: 2073-8528.
1. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 28 iyulya 2017 g. № 1632-r «Ob utverzhdenii Programmy «Cifrovaya ekonomika Rossijskoj Federacii». - Oficial'nyj sayt Pravitel'stva Rossijskoj Federacii <http://government.ru/>.
2. Ukaz Prezidenta RF ot 9 maya 2017 g. № 203 «O Strategii razvitiya informacionnogo obshchestva v Rossijskoj Federacii na 2017 - 2030 gody» - Oficial'nyj sayt Informacionno-pravovogo portala «Garant.ru» <https://www.garant.ru/>.
3. Oficial'nyj sayt Departamenta obrazovaniya i nauki Bryanskoj oblasti [Elektronnyj resurs]. B.,2020. — Rezhim dostupa: URL: <http://www.edu.debryansk.ru/>
4. Oficial'nyj sayt Upravleniya obrazovaniya Bryanskoj gorodskoj administracii [Elektronnyj resurs]. B. 2020. — Rezhim dostupa: URL: <https://uobga.ru/>.
5. Oficial'nyj sayt Pravitel'stva Bryanskoj oblasti [Elektronnyj resurs]. B. 2020. — Rezhim dostupa: URL: <http://bryanskobl.ru/>.
6. Cifrovaya obrazovatel'nay sreda: novye kompetencii pedagoga.: Sb. materialov uchastnikov konf. [Elektronnyj resurs]. – Elektron. tekstovye dan. (1 fajl pdf: 133 s.). - SPb.: Iz-vo «Mezhdunarodnye obrazovatel'nye proekty», 2019. – Sistem. trebovaniya: Adobe Reader XI; ekran 10”
7. Parshin, M.A. Perekhod Rossii k shestomu tekhnologicheskomu ukladu: vozmozhnosti i riski [Tekst] / M.A. Parshin, D.A. Kruglov. // Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii. – 2014. – № 5.
8. Kondakov, A.M. Obespechenie edinstva obrazovatel'nogo prostranstva Rossijskoj Federacii / A.M. Kondakov // Institut mobil'nyh obrazovatel'nyh sistem. - M.: Mir psihologii, MPSI, 2017. -№1, -S.219-229 ISSN: 2073-8528.

Статья поступила в редколлегию 27.01.2020.

Рецензент: канд. биол. наук, доц.,

*Брянский государственный технический университет
Кузьменко А.А.*

Статья принята к публикации 04.02.2020.

Сведения об авторах

Чиглякова Ирина Валерьевна

делопроизводитель канцелярии отдела
делопроизводства
Администрации Губернатора и Правительства
Брянской области, г. Брянск, Россия;
магистрант направления подготовки
«Государственное и муниципальное управление»
ФГБОУ ВО «Российская академия народного
хозяйства и государственной службы при Президенте
Российской Федерации», Брянский филиал, Россия.

Лозбинец Фёдор Юрьевич

доктор технических наук, профессор
кафедры «Математики и информационных
технологий» ФГБОУ ВО «Российская академия
народного хозяйства и государственной службы при
Президенте Российской Федерации», Брянский
филиал, Россия
E-mail: flozbinev@yandex.ru

Information about authors:

Chiglyakova Irina Valerevna

clerk of the office of the clerical department
Administration of the Governor and Government of the
Bryansk Region, Bryansk, Russia;
undergraduate in the training direction “State and
Municipal Administration” FSBEI of the "Russian
Academy
of National Economy and State Services under the
President of the Russian Federation ”, Bryansk branch,
Russia.

Lozbinev Fedor Yuryevich

Doctor of Technical Sciences, Professor
of the department Mathematics and Information
Technology, FSBEI of Russian Academy of National
Economy and State Services under the President of the
Russian Federation”,
Bryansk branch, Russia
E-mail: flozbinev@yandex.ru

УДК: 681.5.011

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-1-39-48

Е.Э. Аверченкова, А.В. Аверченков, А.Н. Горбунов, Д.И. Гончаров

СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ В УПРАВЛЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫМИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Показано, что понятие региональной социально-экономической системы может быть рассмотрено с позиций междисциплинарного подхода в контексте теории управления организационными системами. Обосновано, что анализ влияния внешней среды на региональную социально-экономическую систему определяется необходимостью обеспечения динамичности и объективности оценки происходящих в ней изменений. Представлены методологические подходы к управлению региональными социально-экономическими системами в условиях влияния внешней среды, в том числе с позиций теории управления.

Ключевые слова: региональная социально-экономическая система, теория управления, внешняя среда.

E. E. Averchenkova, A.V. Averchenkov, A.N. Gorbunov, D.I. Goncharov

MODERN SCIENTIFIC APPROACHES IN THE MANAGEMENT OF REGIONAL SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS UNDER THE INFLUENCE OF THE EXTERNAL ENVIRONMENT

Regions of the Russian Federation, interpreted in terms and concepts of control theory as socio-economic systems, are subject to state regulation and management. Considering the regional socio-economic system from the choice of alternatives in a situation with uncertainty the impact of the environment allowed us to propose the theory of control for the respective methodology. Previously, the methods of making management decisions at the regional level were characterized by the predominance of heuristic approaches, but the current realities of dynamic changes in the external environment, coupled with the complex of tasks set in the National projects of the Russian Federation, require regional governments to strictly justify their management actions. The condition for applying the control theory to describe the management system of a regional socio-economic system is the presence and possibility of a formalized description of cause-and-effect relationships, clearly defined elements (for example, the control object, the setting influence, the Executive element, etc.), as well as the logical structure of relationships between elements of the system. Thus, we can talk about the need to develop and implement a methodology for managing the regional socio-economic system based on the analysis of the influence of the external environment.

Keywords: regional socio-economic system, management theory, external environment.

Введение

Применение инструментария теории управления позволяет комплексно подойти к проблемам управления региональными социально-экономическими системами (РСЭС), в том числе на основе современных инструментов государственного воздействия на регионы и страну в целом - Национальных проектов. При такой постановке определяются условия эффективного развития региона РФ по достижению целевых показателей, заданных комплексом Национальных проектов, а также предполагаемые управляющие воздействия по достижению желаемого состояния РСЭС.

Кроме того, отметим, что управление РСЭС на основе понятий и принципов теории управления позволяет учесть динамичность и объективность оценки происходящих в РСЭС изменений под влиянием внешней среды, а также создать условия для оперативного принятия управленческих решений на разных уровнях вертикали власти на основе оценки влияния внешней среды.

Таким образом, возникает необходимость описания с позиций теории управления

особенностей управления РСЭС на основе регулирующего нормативно-правового воздействия Национальных проектов в условиях влияния внешней среды.

Особенности управления региональными социально-экономическими системами с позиций теории управления

Понятие региональных социально-экономических систем существует уже давно. Однако в современных условиях необходимо четко определить условия устойчивого социального и экономического развития региона, выполнение которых обеспечивает сохранение региональной социально-экономической системы и ее дальнейшее развитие.

Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А. в своей работе «Введение в теорию управления организационными системами» определяют понятие социально-экономических систем с точки зрения междисциплинарного подхода [1]. Так, определяя в качестве основания классификации направленность человеческой деятельности: «природа – общество – производство», авторы формируют организационные, экологические, социальные, экономические системы. Таким образом, Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А. определяют, что «на «стыке» этих четырех классов систем возникают следующие попарные комбинации – системы междисциплинарной природы: организационно-технические системы; социально-экономические системы; эколого-экономические системы; нормативно-ценностные системы; ноосферные системы; социально-экологические системы» [1].

Таким образом, на основании предложенного подхода, определим социально-экономические системы как некоторое пересечение социальных систем, связанных с обществом, и технических систем, ориентированных на производство (рис. 1).

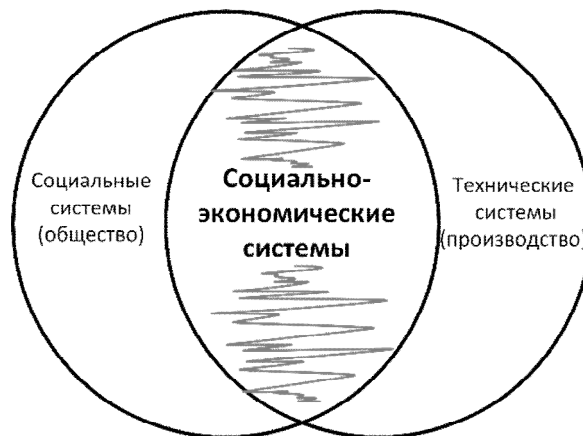


Рис.1. Социально-экономические системы как результат пересечения социальной и технических систем

Изучение организационных систем с точки зрения междисциплинарного подхода привело к созданию теории управления организационными системами, предмет которой – разработка организационных механизмов управления.

В широком смысле под социально-экономической системой понимают феномен жизни общества, определяющий «систему координат», в которой оно осуществляет свою жизнедеятельность [2]. В более узком смысле социально-экономическая система – это целостная совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих социальных и экономических субъектов и отношений между ними по поводу потребления и распределения ресурсов, а также производства, распределения, обмена и потребления товаров и услуг [2].

Существует и другое определение социально-экономической системы – это сложная вероятностная динамическая система, охватывающая процессы производства, обмена, распределения и потребления материальных и других благ [1].

Отметим, что состояние социально-экономической системы зависит как от внешних

воздействий, так и от воздействий со стороны управляющего органа (задающего воздействия). Также отличительной чертой социально-экономических систем является и то, что зачастую объект управления активен, соответственно он является субъектом, что характерно для этих систем [1].

Внешняя среда как возмущающий фактор при управлении региональными социально-экономическими системами

Важным условием изучения региональных социально-экономических систем является учет влияния внешней среды. Оценка влияния внешней среды на региональную социально-экономическую систему обосновывается необходимостью обеспечения динамичности и объективности оценки происходящих в ней изменений. Изучение особенностей влияния внешней среды как таковой на субъекты государственного регулирования изучались в работах многих отечественных ученых-регионалистов, в том числе сотрудников Института системного анализа РАН Климанова В.В., Кузнецовой О.В., Лексина В.Н., Москвитиной Н.А., Пазюк Ю.В., Порфирьева Б.Н., Семечкина А.Е., Швецова А.Н. В их работах диагностируется эффективность управления социальными и экономическими системами в условиях влияния внешнего воздействия, а также приводится ряд проблемно-аналитических исследований по проблемам ситуационного анализа социально-экономического развития российских городов и районов. Также можно отметить вклад в теорию саморазвития региональной экономики в условиях влияния внешней среды таких ученых, как Сухарев О.С. и Татаркин А.И.

Внешняя среда является обязательным и необходимым условием развития социально-экономических систем. Так, в трудах Новикова Д.А., в том числе в работе «Структура теории управления социально-экономическими системами» показано, что «результат деятельности оценивается субъектом [социально-экономической системы] по собственным (внутренним) критериям, а элементами окружающей среды (другими субъектами) – по своим (внешним по отношению к субъекту) критериям».

Волкова В.Н. и Денисов А.А. в работе «Основы теории систем и системного анализа» определяют внешнюю среду «как совокупность всех объектов/субъектов, не входящих в систему, изменение свойств и/или поведение которых влияет на изучаемую систему, а также тех объектов/субъектов, чьи свойства и/или поведение которых меняются в зависимости от поведения системы» [3]. Новиков Д.А. в своих работах придерживается этого понятия и выделяет факторы, задаваемые «внешней (по отношению к данному субъекту деятельности) средой» [2]:

- определяющие требования к функционированию социально-экономической системы, а также конечным результатам ее функционирования;
- критерии оценки соответствия результата цели;
- принятые в обществе правовые, этические, гигиенические и прочие нормы и принципы функционирования социально-экономической системы;
- различные условия функционирования (например, материально-технические, финансовые, информационные и т.п.).

Важно понимать, что в своей интерпретации внешней среды социально-экономической системы Новиков Д.А. фактически формирует задел для описания такого свойства региональной социально-экономической системы, как дуализм. Можно определить, что условия функционирования социально-экономической системы (по Новикову Д.А.) могут рассматриваться одновременно как внешний, так и внутренний элемент системы. Приведем цитату из работы Новикова Д.А. «Структура теории управления социально-экономическими системами»: «условия деятельности будут относиться и к внешней среде, и, в то же время, могут входить в состав самой деятельности, учитывая возможности активного влияния субъекта на создание условий своей деятельности»[4].

Конкретный состав условий функционирования социально-экономической системы определяется в каждом отдельно взятом случае, однако Новиков Д.А. предлагает, что под инвариантными можно рассматривать кадровые, материально-технические, научно-методические, финансовые, организационные, нормативно-правовые, информационные условия внешней среды [4].

Отметим, что влияние внешней среды может носить нецеленаправленный (например, случайный, недетерминированный, неконтролируемый управляющим органом) характер. Таким образом, в условиях внешней среды можно определить основную задачу управления социально-экономическими системами, она состоит в том, чтобы осуществить такие формы управляющего воздействия, чтобы «с учетом информации о внешних воздействиях обеспечить требуемое с его точки зрения состояние управляемой системы» [4].

Научные подходы к управлению региональными социально-экономическими системами в условиях влияния внешней среды

Систематическое изложение структуры теории управления социально-экономическими системами было дано в работах отечественных ученых Института проблем управления РАН им. Трапезникова В.А. Первоначальное представление о задачах и методах теории управления организационными системами было приведено в работах Буркова В.Н., Коргина Н.А., Новикова Д.А. [1]. Современное состояние теории управления организационными системами получило свое развитие в работах Новикова Д.А., Воронина А.А., Губко М.В., Мишина С.П.

Результаты теоретического исследования моделей и методов управления организационными системами находят свое применение при решении широкого круга практических задач в самых разных областях, например, для описания процессов эффективного управления предприятиями, корпорациями, а также регионами, например, в работах Буркова В.Н., Данева Б., Еналеева А.К., Чхартишвили А.Г..

С другой стороны, вопросы управления и обеспечения эффективного регионального хозяйствования являются важным направлением исследования ученых и практиков бизнеса. В работах Бутрина А.Г., Петровой Е.А., Солодиловой Н.З., Сухарева О.С., Татаркина А.И. регионы рассматриваются как объекты управления с учетом их экономических, политических, природных и прочих особенностей.

Управленческое решение и управленческий процесс являются важнейшими понятиями различных подходов к управлению социально-экономическими системами. Отметим, что управленческое решение, оценка его эффективности, особенности процесса принятия управленческого решения на разных уровнях менеджмента в социально-экономических системах рассматривалось в зарубежной и отечественной научно-практической литературе уже давно. Так, изучением особенностей процесса принятия управленческих решений занимались такие отечественные ученые, как О.С. Виханский, А.И. Наумов, М.А. Комарова, М.М. Максимцов, И.Н. Герчикова, Ю.А. Цыпкин, а также зарубежные ученые и практики М.Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури и др.

Большой вклад в осознание особенностей процессов принятия управленческого решения на региональном уровне внесли отечественные ученые-практики И.П. Кузьменко, Р.А. Логуа, В.Ю. Маслихина, С.Ю. Сесюнин, А.А. Урасова, Р.В. Фаттахов, А.А. Федорченко, А.П. Черников и др. Их основными выводами об аспектах формирования управленческих решений стало признание того, что основными характеристиками эффективного управленческого решения является творческий подход к процессу выработки решения, а также наличие достаточной информативной базы при выборе и оценке возможных альтернатив при принятии управленческих решений на региональном уровне менеджерам следует опираться на собственные профессиональные навыки, прошлый опыт, интуицию [5]. Информация, формируемая внешней средой и поступающая к региональной социально-

экономической системе, характеризуется повышенной сложностью, неоднородностью и противоречивостью. При сложных и нечетко сформулированных задачах опора только на интуицию увеличивает риск принятия неверного или неоптимального решения.

Рассмотрение РСЭС с позиции выбора альтернатив в ситуации с неопределенностью влияния внешней среды позволило применить аппарат теории управления для ее описания. Так, РСЭС рассматривается как объект управления, испытывающий на себе управляющее воздействие, формируемое под неким воздействующим влиянием. С другой стороны, информация, продуцируемая внешней средой РСЭС, характеризуется повышенной сложностью, неоднородностью и противоречивостью.

Обзор работ в области формализации процессов управления региональной социально-экономической системой выявил определенные резервы в развитии этого направления. При такой постановке определяются условия эффективного развития региона РФ по достижению целевых показателей, заданных комплексом Национальных проектов, а также предполагаемые управляющие воздействия по достижению желаемого состояния региональной социально-экономической системы.

Вопросы влияния внешнего воздействия на территориальные образования были проработаны в работах Лексина В.Н. Так, в работе «Влияние факторов самоорганизации и внешних регулирующих воздействий на процессы трансформации территориальных систем» [6] определяется, что «каждая территориальная система непрерывно трансформируется, и это происходит под воздействием ... внешних регулирующих воздействий. Внешние воздействия, в свою очередь, могут корректировать (стимулировать, уменьшать, временно, постоянно) потенциал самоорганизации, могут действовать с ним в одном направлении и/или ослаблять друг друга».

Использование теории управления для описания процессов, происходящих в различных социально-экономических системах, возможно в рамках применения общих подходов теории управления организационными системами. Развитие кибернетики, исследования операций, теории автоматического регулирования, а также интенсивное внедрение их результатов при создании новых и модернизации существующих технических систем привело к интеграции этих подходов и созданию в дальнейшем теории управления организационными системами.

Разработчики теории управления организационными системами являются передовые отечественные ученые Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. В работах Буркова В.Н., Лернера А.Я. были заложены основы теории активных систем, сформированы принципы управления активными системами. Гермейером Ю.Б. проводились исследования по созданию информационной теории иерархических систем на основе теории игр с противоположными интересами. В современный период развития теории управления организационными системами значительный вклад внес Новиков Д.А., д.т.н., проф., ныне директор Института проблем управления. Основные понятия о задачах и методах теории управления организационными системами были изложены в работе Новикова Д.А., Буркова В.Н., Коргина Н.А. «Введение в теорию управления организационными системами» [1], а также в монографии Новикова Д.А. «Теория управления организационными системами» [2].

Так, Новиков Д.А. в своей работе «Структура теории управления социально-экономическими системами» [4] определяет, что структурными компонентами теории управления социально-экономическими системами является следующий комплекс: задачи управления, схема управленческой деятельности, условия управления, типы управления, предметы управления, виды (методы) управления, формы управления, средства управления, функции управления, факторы, влияющие на эффективность управления, принципы управления, механизмы управления. Соответственно, реализация приведенных структурных компонентов теории управления социально-экономическими системами применительно к конкретным системам может рассматриваться как осуществление соответствующего управленческого процесса.

Результаты теоретического исследования моделей и методов управления

организационными системами находят свое применение при решении широкого круга практических задач в самых разных областях. Однако изучение материалов публикаций Института проблем управления позволяет сделать вывод о востребованности такого направления, как изучение задач управления в прикладном аспекте, в том числе и на примере региональных социально-экономических систем.

Рассмотрение региональной социально-экономической системы с позиции выбора альтернатив в ситуации с неопределенностью влияния внешней среды позволило предложить аппарат теории управления для формирования методов и технологий принятия управленческих решений в тех ситуациях, где ранее это осуществлялось эвристически [5].

Условием применения теории управления для описания системы управления региональной социально-экономической системой является наличие и возможность формализованного описания причинно-следственных связей, четко определяемых элементов (например, объекта управления, задающего воздействия, исполнительного элемента и проч.), а также логичной структуры взаимоотношений элементов системы.

Обобщим современные подходы к управлению региональными социально-экономическими системами в условиях влияния внешней среды, в том числе с позиций теории управления:

1. Устойчивость РСЭС (в терминологии теории управления) или «устойчивое стабильное функционирование территориальных систем» достигается за счет «факторов самоорганизации «территории», а также «за счет связей с другими территориальными системами и их ресурсов» (в интерпретации Лексина В.Н. [6]). Основным условием устойчивости РСЭС является внутренняя сбалансированность всех ее элементов.

2. РСЭС определяются как динамические системы, это предполагает с одной стороны, эффект гомеостаза, т.е. способность РСЭС возвращаться в устойчивое состояние под влиянием внешней среды, что в терминологии теории управления достигается механизмом обратной связи. Под влиянием внешней среды понимаются как разнонаправленные объективно независимые (по отношению к РСЭС) силы, так и нормативно-правовое воздействие федерального или регионального характера, которое однако можно рассматривать и как задающее воздействие (в терминах теории управления). Это означает, что каждая РСЭС является открытой, следовательно, все ее элементы и все внутрисистемные связи зависят от связей с другими РСЭС аналогичного или более высокого уровня.

3. «Территориальным развитием» (Лексин В.Н.) или возвращение в устойчивое состояние с коррекцией на ошибку (в терминологии теории управления) является результат естественных или продуцируемых региональными правительствами действий, который обеспечивает «последующую сбалансированность всех компонентов потенциала функционирования территории» [6]. Важно понимать, что трансформация РСЭС может происходить под воздействием и внутрисистемных факторов, что однако понимается в теории управления как результат внешнего задающего воздействия.

4. Регулирующие воздействия, оказываемые на региональную социально-экономическую систему, определяются как направленные на достижение «режима стабильного функционирования или поддержание ее в этом режиме» (Лексин В.Н.) [6]. Соответственно, в классической варианте теории управления регулирующее, или задающее воздействие, рассматривается как внешнее, формирующее основную задачу управления системой – достижение заданных характеристик состояния.

Методологические основания управления региональными социально-экономическими системами

Методологические вопросы управления региональными социально-экономическими системами могут быть рассмотрены с разных позиций. Так, к понятию «методология управления» можно подойти с исключительно научной точки зрения, например, определить

это понятие как «учение об организации управленческой деятельности, то есть деятельности субъектов, осуществляющих управление другими субъектами или объектами» [7]. Новиков Д.А. в своей работе «Методология» рассматривает особенности «организации управленческой деятельности» в целом, не конкретизируя эти понятия на какие-либо реальные территории. Это не позволяет использовать этот подход к реальным регионам и управленческому процессу.

С практической точки зрения можно отметить, что методология управления региональными социально-экономическими системами может быть представлена как научно обоснованный подход к разработке стратегий социально-экономического развития регионов. С одной стороны, существует определённая нормативно-правовая база, определяющая комплексное развитие территорий (например, Распоряжение Правительства РФ от 06.09.2011 N 1540-р (ред. от 26.12.2014) «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Центрального федерального округа до 2020 года»), а с другой стороны, на сегодняшний день большинство субъектов РФ уже сформировали и законодательно утвердили собственные стратегии социально-экономического развития (например, Постановление Правительства Брянской области от 26 августа 2019 г. № 398-п «Стратегия социально-экономического развития Брянской области до 2030 года»). Однако можно говорить об отсутствии единой методологии и методики разработки региональных стратегий во взаимосвязи со стратегиями национального уровня.

Практическая сторона, определяющая потребность в создании методологии управления региональными социально-экономическими системами, также может быть обоснована необходимостью ориентации регионов на целевые установки Национальных проектов РФ. Это, с одной стороны, сужает восприятие такого рода методологии управления региональными социально-экономическими системами, а с другой стороны, придает совершенно конкретный и практико-ориентированный вид подобным «учениям об организации управленческой деятельности». Действительно, комплексный подход Национальных проектов РФ, а также соглашения с регионами в области достижения заложенных целевых ориентиров – все это требует учета и соответствующей коррекции при формировании методологии.

Кроме того, формирование методологии управления региональными социально-экономическими системами, ориентированное на Национальные проекты, должно учитывать и особенности внешнего окружения регионов. Пренебрежение влиянием внешней среды на социально-экономические системы может привести к невыполнению установок задающего воздействия.

Таким образом, обзор работ в области разработки методологических оснований управления региональными социально-экономическими системами выявил определенные резервы в развитии этого направления, что, в свою очередь, позволило сформировать основные противоречия, обуславливающие актуальность исследований в этой области.

Во-первых, отсутствие методологии, позволяющей комплексно подойти к проблемам управления РСЭС, в том числе на основе современных инструментов государственного воздействия на регионы и страну в целом - Национальных проектов. При такой постановке определяются условия эффективного развития региона РФ по достижению целевых показателей, заданных комплексом Национальных проектов, а также предполагаемые управляющие воздействия по достижению желаемого состояния региональной социально-экономической системы.

Во-вторых, отсутствие методологии управления РСЭС, позволяющей обеспечить достижение целевых ориентиров Национальных проектов по РСЭС, в том числе за счет:

- а) динамичности и объективности оценки происходящих в РСЭС изменений под влиянием внешней среды;
- б) оперативного принятия управленческих решений на разных уровнях вертикали власти на основе оценки влияния внешней среды.

Следовательно, возникает необходимость создания методологии управления РСЭС, обеспечивающей направленную трансформацию РСЭС в рамках регулирующего нормативно-правового воздействия Национальных проектов в условиях влияния внешней среды. в этой связи интересна работа доктора геолого-минералогических наук, профессора Уральского государственного горного университета А.В. Давыдова «Основы теории управления» [8].

Согласно А.В. Давыдову, теория управления – это «наука, разрабатывающая и изучающая методы и средства систем управления и закономерности протекающих в них процессах». Важно отметить, что на сегодняшний день предметом теории управления являются не только процессы материального производства, так сказать исключительно технические сферы применения, но и такие сферы деятельности человека, как «организационно-административное управление, проектирование и конструирование, информационное обслуживание, здравоохранение, научные исследования, образование, и многие другие». [8].

Как научное направление теория управления сложилась в двадцатом веке, основываясь на теории автоматического регулирования, однако современная теория управления – это одна из отраслей прикладной математики, тесно связанная с вычислительной техникой. Применение теории управления в смежных дисциплинах, стало возможным в силу применимости определенных математических моделей, позволяющих описывать «динамические процессы в системах, устанавливать структуру и параметры составных частей системы для придания реальному процессу управления желаемых свойств и заданного качества» [8]. Несмотря на то, что теория управления в классическом варианте является теоретическим фундаментом для осуществления автоматизации управления и контроля технологических процессов, проектирования следящих систем и регуляторов, автоматического мониторинга производства и окружающей среды, создания автоматов и робототехнических систем, ее применение возможно и в других, нетехнических системах. Понятия и принципы теории управления логично вписываются в социальные процессы, экономические закономерности и т.д. Масштабирование теории управления на различные нетехнические системы существенно расширило ее восприятие как научного обоснования различных, в том числе и социально-экономических процессов. Однако стоит признать, что несмотря на кажущуюся простоту применения основных понятий теории управления (например, «управляющее воздействие», «внешнее воздействие») в смежных дисциплинах социально-экономической направленности, сложно встретить значимые работы с серьезным математическим аппаратом и терминологией теории управления, применяемых для описания социальных или экономических процессов в обществе. Как правило, применение терминологии теории управления сводится к общим фразам о «входе» и «выходе», наличии «объекта управления» и некой агрессивной «внешней среды». Однако формализованного описания, в том числе с учетом динамических характеристик существования или развития объекта управления, тем более в контексте общей системы управления объектом нет. Следовательно, можно говорить об определенном резерве в области расширения возможностей применения теории управления для описания социально-экономических систем, в том числе и с практической точки зрения, т.к. сама по себе теория управления имеет существенную значимость для реальных жизненных ситуаций, для которых она и разрабатывалась.

Рассмотрим, как можно применять теорию управления в контексте ее прикладного характера к региональным социально-экономическим системам. Действительно, по Давыдову А.В., «сущность всякого управления состоит в организации и реализации целенаправленного воздействия на объект управления и представляет собой процесс выработки и осуществления операции воздействия на объект в целях перевода его в новое качественное состояние или поддержания в установленном режиме» [8]. Соответственно, в контексте данного исследования можно говорить о том, что управление социально-

экономическими системами представляет собой именно целенаправленное воздействие (как будет показано далее, это задающее воздействие реализуется в виде Национальных проектов РФ). Кроме того, такой элемент управления как «выработка и осуществления операции воздействия на объект» интерпретируется в региональных социально-экономических системах как управляющее воздействие, реализуемое госслужащим, который с одной стороны является субъектом управления (т.е. тем, кто управляет), а с другой стороны – это исполнительное устройство в системе управления.

Использование теории управления для описания региональных социально-экономических систем в данном исследовании связано с:

- возможностью формализовать систему управления региональной социально-экономической системой как таковую, определить и выделить ее именно в контексте задающего воздействия Национальных проектов РФ в условиях воздействующего влияния внешней среды;

- представлением динамических характеристик региональной социально-экономической системы, что позволяет обеспечить воздействие на систему для ее развития в нужном направлении (в данном случае, в соответствии с целевыми установками Национальных проектов РФ);

- возможностью обеспечить устойчивость региональной социально-экономической системы на основе принципов управления (по ошибке и по возмущению), которые являются ключевыми понятиями теории управления;

- возможностью определить переходные характеристики разработанной системы управления, позволяющие оценить реакцию региональной социально-экономической системы на единичный скачок;

- возможностью определить эффективность системы управления региональной социально-экономической системой с позиций таких понятий, как «время принятия управленческих решений», основанное на расчете длительности переходного процесса.

Выводы

Заканчивая обзор особенностей научного подхода к управлению региональными социально-экономическими системами, можно отметить, что на современном этапе развития знаний об управлении социально-экономическими системами применение инструментария теории управления позволяет по-новому увидеть протекающие в них процессы, формализовать их и обеспечить эффективность функционирования региональной системы в целом.

Список литературы:

1. Бурков, В.Н. Введение в теорию управления организационными системами: Учебник [Текст] / В.Н. Бурков, Н.А. Коргин, Д.А.Новиков. – М.: Librokom, 2009.
2. Новиков, Д.А. Теория управления организационными системами [Текст] / Д.А.Новиков. – М.: Физматлит, 2007.
3. Волкова, В.Н. Основы теории систем и системного анализа [Текст] / В.Н.Волкова, А.А.Денисов. – СПб.: СПб.ГТУ, 1999.
4. Новиков, Д.А. Структура теории управления социально-экономическими системами [Текст] / Д.А. Новиков // Управление большими системами – вып.24 – С.216-256.
5. Аверченкова, Е.Э. Применение теории управления для описания системы управления региональной социально-экономической системой [Текст] / Е.Э. Аверченкова, А.Н. Горбунов // Известия Юго-Западного государственного университета.

References:

1. Burkov V.N., Korgin N.A., Novikov D.A. Vvedenie v teoriyu upravleniya organizacionnymi sistemami: Uchebnik [Tekst] / V.N. Burkov, N.A. Korgin, D.A. Novikov.– М.: Librokom, 2009.
2. Novikov D.A. Teoriya upravleniya organizacionnymi sistemami [Tekst] / D.A. Novikov. – М.: Fizmatlit, 2007.
3. Volkova V.N., Denisov A.A. Osnovy teorii sistem i sistemnogo analiza [Test] / V.N. Volkova, A.A. Denisov. – SPb.: SPbGTU,1999.
4. Novikov D.A. Struktura teorii upravleniya social'no-ekonomicheskimi sistemami [Tekst] / D.A. Novikov.- Upravlenie bol'shimi sistemami – vyp.24 – S.216-256.
5. Averenckova E.E., Gorbunov A.N. Primenenie teorii upravleniya dlya opisaniya sistemy upravleniya regional'noj social'no-ekonomicheskoy sistemoj [Tekst] / E.E Averenckova, A.N. Gorbunov // Izvestiya YUgo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta.

2019;23(4):105-115.

6. Лексин, В.Н. Влияние факторов самоорганизации и внешних регулирующих воздействий на процессы трансформации территориальных систем [Текст] / В.Н. Лексин // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. 2015. Т. 8. № 6. С. 8-27

7. Новиков, А.М. Методология [Тест] / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. – М.: Синтег, 2007.

8. Давыдов, А.В. Основы теории управления [Текст] / А.В. Давыдов. - Екатеринбург: УГТУ, 2008.

2019;23(4):105-115.

6. Leksin V.N. Vliyanie faktorov samoorganizacii i vneshnih reguliruyushchih vozdeystvij na processy transformacii territorial'nyh sistem [Tekst] / V.N. Leksin // Problemnjy analiz i gosudarstvenno-upravlencheskoe proektirovanie. 2015. T. 8. № 6. S. 8-27.

7. Novikov A.M. Metodologiya [Test] / A.M. Novikov, D.A. Novikov. – M.: Sinteg, 2007.

8. Davydov A.V. Osnovy teorii upravleniya [Tekst] / A.V. Davydov. - Ekaterinburg: UGGU, 2008.

Статья поступила в редколлегию 24.01.2020.

Рецензент: канд. техн. наук, доц.,

Брянский государственный технический университет

Подвесовский А.Г.

Статья принята к публикации 03.02.2020.

Сведения об авторах

Аверченкова Елена Эдуардовна

канд. техн. наук, доц.,

доцент кафедры «Экономика, организация производства и управление»

ФГБОУ ВО "Брянский государственный технический университет"

E-mail: lena_ki@inbox.ru

ORCID 0000-0003-2098-6156

Information about authors:

Averchenkova Elena Eduardovna

candidate of technical Sciences, associate Professor, associate Professor of the Department of Economics, production organization and management

Bryansk state technical University

E-mail: le-na_ki@inbox.ru

ORCID 0000-0003-2098-6156

Аверченков Андрей Владимирович

доктор технических наук, доцент, заведующий

кафедрой «Компьютерные технологии и системы»

ФГБОУ ВО "Брянский государственный технический университет"

E-mail: mahar@mail.ru

Averchenkov Andrey Vladimirovich

doctor of technical Sciences, associate Professor, head of

the Department of Computer technologies and systems

Bryansk state technical University

E-mail: mahar@mail.ru

Горбунов Александр Николаевич

канд. техн. наук, доц.,

доцент кафедры «Информатика и программное обеспечение»

ФГБОУ ВО "Брянский государственный технический университет"

E-mail: angor47@yandex.ru

Gorbunov Alexander Nikolaevich

doctor of technical Sciences, associate Professor, head of

the Department of Computer technologies and systems,

Bryansk state technical University

E-mail: angor47@yandex.ru

Гончаров Дмитрий Иванович

аспирант кафедры «Компьютерные технологии и системы» ФГБОУ ВО "Брянский государственный технический университет"

E-mail: jeriho32@yandex.ru

Goncharov Dmitry Ivanovich

post graduate student of the Department of Computer technologies and systems, Bryansk state technical University

E-mail: jeriho32@yandex.ru

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Брянский государственный технический университет"

Адрес редакции и издателя: 241035, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Телефон редакции журнала: (4832) 56-49-90. E-mail: aim-pu@mail.ru

Вёрстка А.А. Алисов. Корректор К.Ю. Андросов.

Сдано в набор 16.03.2020. Выход в свет 30.03.2020.

Объём 50 Мб. ОЗУ 512 Мб. Internet Explorer, Adobe Reader 5.0 и выше.

