



Научно-практический журнал

ОТКРЫТОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
№ 3 (110) 2015

Учредитель: МЭСИ

Главный редактор

Тихомиров Владимир Павлович

Зам. главного редактора

Бойченко Александр Викторович

Журнал издается с 1996 года.

Свидетельство о регистрации СМИ:
ПИ №77-13926 от 11 ноября 2002 г.
ISSN 1818-4243

Все права на материалы,
опубликованные в номере,
принадлежат журналу
«Открытое образование».

Перепечатка материалов,
опубликованных в журнале,
без разрешения редакции запрещена.
При цитировании материалов ссылка
на журнал «Открытое образование»
обязательна.

Мнение редакции может не совпадать
с мнением авторов

Журнал включен ВАКом в перечень
периодических научных изданий.

Статьи журнала рецензируются.

Тираж журнала
«Открытое образование»
1500 экз.

Адрес редакции:
119435, г. Москва,
Большой Саввинский пер., 14
Тел. (499) 248-36-68
e-mail: joe@e-joe.ru
Адрес сайта: www.e-joe.ru

Подписной индекс журнала
в каталоге «РОСПЕЧАТЬ»:
47209
в каталоге «Пресса России»:
10574

Издательство журнала:
Директор Пузаков А.В.
Худ. ред. Аникеева Е.И.
Корректор Соколова Н.А.
Корректор англ. текстов
Апальков В.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- А.А. Майоров, В.П. Седакин*
Об общей и теоретической информатике 4
- Э.В. Миндзаева, С.А. Бешенков*
Современный общеобразовательный курс информатики в школе и
вузе: методические подходы к развитию содержания 8
- Т.П. Пушкарева, В.И. Темных*
Методические особенности применения ИКТ при обучении
математике педагогов-бакалавров 19
- С.Ф. Сергеев*
Методологические проблемы e-Learning дидактики 28

УЧЕБНЫЕ РЕСУРСЫ

- Е.П. Богомолова, В.Ф. Очков, Хейнлоо Мати*
Решатели или Великолепная семерка Mathcad 37
- Г.П. Карабаев*
Моделирование режимов трёхфазной цепи с поперечной
несимметрией 51

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- В.В. Бабенко, Ю.В. Гольчевский, С.Т. Гуляева*
Программные средства оптимизации бизнес-процесса «приемная
кампания вуза» 57
- А.Н. Алехин, Г.В. Иванов, А.И. Худяков*
Программные системы для симуляции профессиональных
ситуаций: обзор и развитие 63
- Ю.А. Кравченко*
Управление знаниями как одно из направлений развития
технологий открытого образования 71
- Б.К. Лебедев, О.Б. Лебедев*
Роевой алгоритм синтеза учебных пособий на основе
онтологического подхода 77

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА

- Е.З. Зиндер*
Базовые требования к информационно-образовательным
пространствам, основанные на их фундаментальных свойствах 83
- О.И. Христодуло*
Научно-образовательный геопортал как инструмент интеграции
результатов научных исследований Республики Башкортостан
большим числом пользователей 95

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

- Н.М. Андреева, Н.И. Пак*
О роли дорожных карт при электронном обучении информатике
студентов классических университетов 101
- А.В. Баранов, Е.Н. Волохович, К.А. Медведева, Д.В. Степин*
Учебный компьютерный имитационный эксперимент
«Визуализация в реальном времени квантовой интерференции
одиночных молекул» 110



Scientific and practical journal

OPEN EDUCATION
№ 3 (110) 2015

Founder: MESI

Editor in chief

Vladimir P. Tikhomirov

Deputy editor

Boichenko Aleksandr Viktorovich

Journal issues since 1996.

Mass media registration certificate:
№77-13926 on November 11, 2002
ISSN 1818-4243

All rights for materials published in the
issue belong to the journal
«Open Education».

Reprinting of articles published in the
journal, without the permission of the
publisher is prohibited.

When citing a reference to the journal
«Open Education» is obligatory.

Editorial opinion may be different from
the views of the authors

The journal is included in the list of VAK
periodic scientific publications.
Journal articles are reviewed.
The circulation of the journal
«Open Education» – 1,500 copies.

Editorial office:
119435, Moscow,

Bolshoy Savvinskiy Pereulok, 14
Tel. (499) 248-36-68
E-mail: joe@e-joe.ru
Web: www.e-joe.ru

Subscription index of journal
in catalogue «ROSPECHAT»:
47209
in catalogue «Pressa Rossii»:
10574

Editorial:

Director Puzakov A.V.
Art editor Anikeeva E.I.
Proofreader Sokolova N.A.
English proofreader
Apalkov V.G.

CONTENTS

METHODICAL MAINTENANCE

- Andrey A. Mayorov, Vladimir P. Sedyakin*
About Common and Theoretical Informatics 4
- Eteri V. Mindzaeva, Sergey A. Beshenkov*
A Modern Comprehensive Course at School and University:
Approaches to the Content Development 8
- Tatyana P. Pushkaryeva, Vladimir I. Temnyh*
The Methodical Features of ICT Application for the Teachers Bachelors
Training in Mathematics 19
- Sergey F. Sergeev*
Methodological Problems of E-Learning Didactics 28

EDUCATIONAL RESOURCES

- Elena P. Bogomolova, Valeriy F. Ochkov, Mati Heinloo*
Solvers or The Magnificent Seven of Mathcad..... 37
- Gennadiy P. Karabashev*
Modelling of Modes of a Three-Phase Chain with Cross-Section
Asymmetry..... 51

NEW TECHNOLOGIES

- Victor V. Babenko, Yury V. Golchevskiy, Yury V. Golchevskiy*
Software Optimization of Business Process “University Admission
Campaign” 57
- Anatoliy N. Alechin, Georgii V. Ivanov, Andrey I. Hudiakov*
Software Systems for Simulation of Professional Tasks:
Review and Development 63
- Yury A. Kravchenko*
Knowledge Management as One of Open Education Technologies’
Development Directions 71
- Boris K. Lebedev, Oleg B. Lebedev*
Swarm Algorithm of Synthesis Tutorials Based on Ontological
Approach..... 77

EDUCATIONAL ENVIRONMENT

- Evgeny Z. Zinder*
Basic Requirements for Information-Educational Spaces Based on
Their Fundamental Attributes 83
- Olga I. Hristodulo*
Scientific and Educational Geoportal as Instrument of Integration of
Results of Scientific Researches of the Republic of Bashkortostan by
the Large Number of Users..... 95

DOMESTIC AND FOREIGN EXPERIENCE

- Nadezhda M. Andreeva, Nikolai I. Pak*
About the Role of Road Maps in the Electronic Training Technology to
Computer Science Students of Classical University..... 101
- Alexander V. Baranov, Evgeny N. Volochovich, Kseniya A. Medvedeva,
Danil V. Stepin*
Educational Computer Simulation Experiment «Real-Time Single-
Molecule Imaging of Quantum Interference»..... 110

СОСТАВ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА журнала «Открытое образование»

Тихомирова Н.В., д.э.н., проф., академик, председатель редсовета, ректор МЭСИ

Тихомиров В.П., д.э.н., проф., академик, главный редактор, научный руководитель МЭСИ, президент Международного консорциума «Электронный университет»

Батоврин В.К., д.т.н., проф., заведующий кафедрой информационных систем Московского института радиоэлектроники и автоматики

Бершадский А.М., д.т.н., проф., научный руководитель Пензенского регионального ЦДО

Васильев В.Н., д.т.н., проф., ректор Санкт-Петербургского государственного института точной механики и оптики (технического университета)

Голосов О.В., д.э.н., проф., главный ученый секретарь Финансовой академии при правительстве Российской Федерации

Гридина Е.Г., д.т.н., проф., заместитель директора Государственного НИИ информационных технологий и телекоммуникаций

Домрачев В.Г., д.т.н., профессор

Иванников А.Д., д.т.н., проф., первый заместитель директора Государственного НИИ информационных технологий и телекоммуникаций

Карпенко М.П., д.т.н., проф., президент Современного гуманитарного университета

Колин К.К., д.т.н., проф., главный научный сотрудник Института проблем информатики Российской академии наук (ИПИ РАН)

Курейчик В.М., д.т.н., проф., заместитель руководителя по научной и инновационной деятельности Технологического института Южного федерального университета

Малышев Н.Г., д.т.н., проф., чл.-корр. РАН, академик, президент Всемирного технологического университета

Осипов Г.С., д.ф.-м.н., проф., зам. директора по научной работе Института системного анализа Российской академии наук

Позднеев Б.М., д.т.н., проф., проректор по информатизации МГТУ «Станкин», председатель ТК461 «Информационно-коммуникационные технологии в образовании»

Приходько О.В., к.э.н., проректор МЭСИ по региональному развитию и непрерывному образованию

Тельнов Ю.Ф., д.э.н., проф., заведующий кафедрой Прикладной информатики в экономике МЭСИ

Тихонов А.Н., д.т.н., проф., директор Государственного научно-исследовательского института информационных технологий и телекоммуникаций

Усков В.Л., к.т.н., проф., содиректор НИИ по образовательным интернет-технологиям университета Бредли, США

Щенников С.А., д. пед. н., проф., ректор Международного института менеджмента «Линк»

THE EDITORIAL BOARD Of the journal «Open Education»

Tikhomirova N.V., Doctorate of Economics, Professor, Academician, Rector of MESI

Tikhomirov V.P., Doctorate of Economics, Professor, Academician, Scientific Director of MESI, the President of the International consortium «Electronic university»

Batovrin V.K., Doctorate of Engineering Science, Professor, Head of the Department of Information Systems, Moscow Institute of Radio Electronics and Automatics

Bershadskij A.M., Doctorate of Engineering Science, Professor, Scientific Director of Penza regional CRE

Vasiliev V.N., Doctorate of Engineering Science, Professor, Rector of Saint-Petersburg State Institute of Exact Mechanics and Optics (Technical University)

Golosov O.V., Doctorate of Economics, Professor, Chief Scientific Secretary of «Financial academy under the Government of the Russian federation»

Gridina E.G., Doctorate of Engineering Science, Professor, Deputy Director of the State Scientific Research Institute of Information Technologies and Telecommunications

Domrachev V.G., Doctorate of Engineering Science, Professor

Ivannikov A.D., Doctorate of Engineering Science, Professor, First Deputy Director of the State Scientific Research Institute of Information Technologies and Telecommunications

Karpenko M.P., Doctorate of Engineering Science, Professor, President of Modern University of Humanities, Moscow

Kolin K.K., Doctorate of Engineering Science, Professor, Chief Researcher of The Institute of Informatics Problems of The Russian Academy of Sciences

Kureychik V.M., Doctorate of Engineering Science, Professor, Deputy Head for Research and Innovation, Institute of Technology, Southern Federal University

Malishev N.G., Doctorate of Engineering Science, Professor, Corresponding member of RAS, Academician, President of Worldwide University of Technologies, Moscow

Osipov G.S., Doctorate of Physics and Mathematics, Professor, Deputy Director for Scientific Work, Institute for Systems Analysis, Russian Academy of Sciences

Pozdneev B.M., Doctorate of Engineering Science, Professor, Vice President for informatization at MSTU «Stankin», Chairman of TK461 «Information and communication technologies in education»

Prikhodko O.V., PhD in Economics, Vice President for Regional Development and Continuing Education, MESI

Telnov Yu.F., Doctorate of Economics, Professor, Head of the Department of Applied Informatics in Economics, MESI

Tikhonov A.N., Doctorate of Engineering Science, Professor, Director of the State Scientific Research Institute of Information Technologies and Telecommunications

Uskov V.L., PhD in Engineering, Professor, co-director of the InterLabs Research Institute of Bradley University, USA

Schennikov S.A., Doctorate of Pedagogic Sciences, Professor, Rector of International Institute of Management «Link»

Об общей и теоретической информатике

В статье рассматривается интегрирующее значение информационных технологий, охватывающих естественные и гуманитарные науки. Научные основания разнообразных информационных направлений, включая физическую информатику, биоинформатику и техническую и социальную информатику, весьма различаются. Построение единой общей теоретической основы для этих направлений проблематично. Методологически важная задача классификации различных информатик входит в содержание общей информатики, пример которого рассматривается.

Ключевые слова: классификация, информатика, информационные технологии, биоинформатика, общая и теоретическая информатика.

ABOUT COMMON AND THEORETICAL INFORMATICS

In this article are considered the integrant importance of informatics and informational technologys includes the sciences and the humanities. There are a differences between scientific grounds of the various information orientations, which include physical informatics, bioinformatics, technical and social informatics. Creation of a united theoretical base for these orientations is very problematical. The metodologically important issue of classification different informatics is a part of the general informatics, the example of which are considered here.

Keywords: classification, informatic, information technologies, bioinformatic, common and theoretical informatic.

По существу, многие дисциплины, претендующие на роль специальной информационной науки, являются «науками» об цифровых информационных технологиях, применяемых в разных отраслях науки, техники и экономики. Предметом у этих дисциплин является информация, используемая в конкретной отрасли, а объектом являются методы материнских наук, реализуемые с помощью компьютерных вычислений и цифровых преобразований, в основе которых лежат вычислительная математика и программирование. Т.е. собственного объекта у этих дисциплин, по существу, нет. Следовательно, эти дисциплины могут претендовать только на роль некоего знания. А поскольку насыщенность разнообразными цифровыми технологиями в разных отраслях науки, техники очень велика, и они становятся все более сложными и эффективными, то роль этого знания в на-

учно-образовательной сфере очень велика и постоянно повышается. За счет ассимиляции части методов материнских наук в цифровые технологии они также приобретают роль общенаучного знания и интегрирующей общеобразовательной дисциплины. Примером ассимиляции могут быть геоинформационные системы (ГИС), которые были порождены потребностями картографии и представляют собой многослойные цифровые карты (т.е. базы данных, размещаемыми на компьютерах). ГИС из области материнской науки геодезии и картографии сначала были использованы в экономической географии, потом в демографии и пр. Таким образом, они были ассимилированы через цифровые информационные технологии из материнской в другие науки.

Особое место в отечественной информатике занимает «прикладная информатика (по отраслям)».

Это самое широко распространенное образовательное направление в высшем профессиональном образовании. Оно охватывает информационные технологии, применяемые в самых разных отраслях экономики, производства и социальной сфере. Наиболее важное и сложное направление, которое рассматривается в прикладной информатике, это проектирование информационных систем, используемых в разных отраслях экономики. В этом направлении набор используемых «информационных операций» максимально широкий – от операций сбора, обработки, поиска, хранения информации до предъявления и передачи информации. В этом существенное отличие экономических информационных систем от информационных систем, используемых в других предметных областях технической и социальной сфер, в которых набор используемых ин-



Андрей Александрович Майоров,
д.т.н., ректор
Тел.: (499) 261-31-52
Эл. почта: rector@miigaik.ru
Московский государственный
университет геодезии и картографии
(МИИГАиК)
<http://www.miigaik.ru/>

Andrey A. Mayorov,
Doctor of Engineering Science, rector
Tel.: (499) 261-31-52
E-mail: rector@miigaik.ru



Владимир Павлович Седякин,
к.т.н., профессор кафедры
прикладной информатики
Тел.: (499) 262-04-23
Эл. почта: svp134@mail.ru
Московский государственный
университет геодезии и картографии
(МИИГАиК)
<http://www.miigaik.ru/>

Vladimir P. Sedyakin,
Candidate of Engineering Science,
Professor of applied informatics
department
Tel.: (499) 262-04-23
E-mail: svp134@mail.ru

формационных операций существенно меньше (фрагментарнее).

В проектировании экономических информационных систем используется самый широкий набор теорий по сравнению с любыми другими информационными жанрами, как в отдельных научных направлениях, так и в технологиях. Он включает в себя логику (классификационная теория), семиотику, и реляционную алгебру. Последняя теория заимствована из математики и используется как для анализа предметной области, так и для разработки баз данных. Особенностью этой теории является абстрагирование от рассматриваемых информационных объектов – «сущностей» (entities)». Насущные требования практики проектирования экономических информационных систем заставили отвлечься от затрудняющих решение конкретных задач вопросов философии и семантики информации, абстрагироваться от них. Реляционная алгебра, восходящая в своих основаниях к средневековой схоластике, это позволяет и поэтому была успешно развита еще в 1970-годы американскими математиками. Сами технологии проектирования экономических информационных систем изначально не были ориентированы на использование цифровых информационных технологий. В 1970-годы на начальном этапе развития (в СССР – период внедрения АСУ) применялась только «ручной» метод проектирования, когда обследование предметной области производилось социологическими методами, а программирование велось на языках низкого уровня. В силу большой трудоемкости уже в 1980-е годы пытались перейти на автоматизированные методы проектирования, в первую очередь, переходя на языки объектно-ориентированные языки программирования высокого уровня.

Здесь важно отметить, что важнейшим этапом проектирования экономических информационных систем является т.н. «инфологическое моделирование» Оно сводится к построению инфологической модели предметной области. Метод инфологического

моделирования единственный для современной информатики, который не заимствован у других наук как семиотический, классификационный или реляционный. Он родился в документоведении на основе изучения схем документооборота.

Впоследствии, уже в 1990 годы в США началась разработка стандартов серии IDEEF, на основе которых были созданы методы автоматизированного визуального проектирования экономических информационных систем. В настоящее время используются сотни разных пакетов автоматизированного визуального проектирования на основе стандартов IDEEF, реализующих метод автоматизированного визуального проектирования – т.н. CASE – проектирования.

В данном докладе не ставилась задача полного обзора содержания всех информационных технологий в экономической сфере в силу их обширности. Была кратко рассмотрена задача анализа используемых теоретических оснований для них.

В других сферах пока используются не столь разнообразные теоретические основания. В технической сфере широко используется математическая теория связи К. Шеннона и математические теории. Мало известна теория информационных операций А. С. Бондаревского [1], которая развивает взгляды Л. Бриллюэна и пока не нашла широкого использования.

В физической информатике используется теория К. Шеннона, квантово-механические представления и математические теории. В биоинформатике в силу использования собственного эволюционно-биологического определения информации сложились собственные теоретические основания, которые за исключением теории К. Шеннона уникальны. В социальной сфере известны документоведческие теории, включая теории социальной коммуникации и информационных потребностей А.В. Соколова.

Все вышеперечисленные теоретические основания используются в отдельных информацион-

ных науках и технологиях и, как правило, не претендуют общность для смежных направлений. Кроме общепризнанной теории трех миров К. Поппера, известна средовая концепция, которая развивает теорию К. Поппера и которая выдвинута К.К.Колиным [2] и еще две отечественные теории, претендующие на более широкое значение. Это «теоретическая информатика» Зверева Г.Н. [3] и «релятивная теория информации» Колычева П.М. [4]. Теория К. Поппера носит характер сугубо описательный, определяющий глобальную связь трех миров (онтологий)

– природного, ментального и искусственного. Две отечественные теории не столь широко известны. Первая из них является, по существу, расширенной семиотической теорией, а вторая рассматривает только одну важную сторону информационных явлений – их относительность. Одна из теорем Л. Флориди [5] ставит вопрос о возможности создания общей широкой теории информации. Методологическая важность решения этой проблемы в свою очередь ставит вопрос о возможности общих для всех информационных наук теоретических оснований.

Пока говорить о них представляется преждевременным. Однако с методологической точки зрения изучать разнообразные теории, которые используются в разных информатиках, необходимо. Необходимо их анализировать хотя бы с классификационной точки зрения: как эти теоретические основания соотносятся с теми определениями и пониманиями информации, которые рассматриваются в конкретной информационной наукой. Без этого содержание курса «Теоретической информатики» становится эклектичным и методологически не

Приложение

Таблица 1.

№ п/п	Название раздела	Краткое содержание раздела
1.	История, методология и философия информатики	Рассматриваются разные подходы к методологии информатики – эмпирический и логический. Рассматривается отношение информационных технологий и информатики, вкл. ассимиляцию информационных технологий и материнских наук, традиционных и цифровых технологий. Определяется проблема терминологической основы информатики, рассматривается философия информатики и информационного подхода. Рассмотрены перспективы развития информационных наук.
2.	Классификация информатики	Рассматриваются известные эклектический, исторический, и два новых подхода к классификации информатики «средовой» и «комплексный». Рассмотрены проблемы классификации и особое значение современной информатики, как межпредметной интегрирующей дисциплины.
3.	Теория информационных потребностей	На базе современной классификации выделены функционально-кибернетические направления современной информатики, для которых имеют значение информационные потребности, и рассмотрены их классификации. Показаны их значение для оценки перспектив развития новых информационно-когнитивных технологий.
4.	Теория информационных революций	В связи с теорией информационных потребностей рассмотрена эволюция развития материальной и нематериальной культуры с точки зрения материальных носителей информации. Описывается теория трех миров К. Поппера. Рассмотрены этапы информационных революций.
5.	Информационные революции и информационные технологии	В связи с теорией информационных революций рассмотрена зависимость информационных технологий обучения от базовых информационных технологий, как технической основы их.
6.	Информационное общество – мифологии и реальность	Разделены беллетристическое и методологически обоснованное рассмотрение проблемы информационного общества. Рассмотрена паранаучная сущность «информационной» мифологии, связанной с информационной проблематикой и информационным обществом в частности.
7.	Теории информации и теоремы Флориди	Рассмотрены основные методологические проблемы современных информационных наук, определенные Л. Флориди в виде теорем. Выделена 6-я теорема о возможности построения общей теории информации и показана невозможность ее решения. Рассмотрены значения конкретно-научных теорий информации.
8.	Объединяющие и межвидовые теории информации	Рассмотрены теория трех миров К. Поппера, как первая концепция информационного единства, а также концепция К.К. Колина. Рассмотрены логические возможности связи между функционально-кибернетическими и атрибутивными концепциями информации. Рассмотрены теории Г.Н. Зверева и П.М. Колычева.
9.	Теории информации в технической информатике, в биологии, в социальной информатике	Рассмотрены теории, которые относят собственно к информационным теориям – мат. теорию связи К. Шеннона и др., вкл. теорию А.С. Бондаревского об информационных операциях; документоведческие теории, вкл. метатеорию социальной коммуникации А.В. Соколова, а также теорию В.И. Корогодина о связи генетической, поведенческой и логической информации в биологии. Предложено соотнесение этих теорий к видам субъектно-объектных отношений и системному уровню сложности.
10.	Теоретические основания в информационных науках, заимствованные из др. наук	Рассмотрены теоретические основы информатик, заимствованные из других наук – классификационные и др. операции из логики, семиотику, реляционную алгебру и др. Рассмотрено соотношение собственно информационных теорий и заимствованных теоретических основ из других наук.

обоснованным. Это и подтверждается многочисленными примерами учебных программ по «Теоретической информатике», в одних из которых объявляется, что это – «Theoretical Computer Science», полезный для программистов

(д.ф-м.н. Разборов А.Н.), в других – излагаются основы вычислительной математики для инженеров, в-третьих – углубленные математические разделы из общеобразовательного курса информатики (и это в лучшем случае!).

В прилагаемой к статье таблице 1 представляется план-проспект экспериментального курса «Общей и теоретической информатики» который введен в этом учебном году на кафедре «Прикладной информатики» МИИГАиК.

Литература

1. *Бондаревский А.С.* Аксиоматика точности информационных операций // *Фундаментальные исследования. Физико-математические науки.* – М., 2008. – № 6. – С. 11–25.
2. *К.К. Колин.* Доклад на 8-й Всемирной конференции по информатике. М. 2013 г.
3. *Зверев Г.Н.* Теоретическая информатика и ее основания / М / ФИЗМАТЛИТ, 2007 г.
4. *Колычев П.М.* Релятивная теория информации. Учебное пособие / Спб.: Спб ИТМО, 2008г.
5. *Г.В. Хлебников.* Философия информатики Лучано Флориди // *Теория и практика общественно-научной информатики.* – М., 2013, вып. 21, с. 15–59.

Современный общеобразовательный курс информатики в школе и вузе: методические подходы к развитию содержания¹

В статье рассмотрена проблема развития современного учебного курса информатики, отражающего современные парадигмы науки информатики и новые образовательные тенденции, в котором значительное место отводится формированию у обучаемых способности и готовности к самообразованию (метапредметные результаты образования). Предложен подход, который предполагает системное формирование метапредметного компонента учебного курса информатики, нацеленного на овладения учащимися методов извлечения знаний и интеграцию на его основе эмпирически сложившихся направлений развития курса информатики: технико-технологического, естественнонаучного и гуманитарного.

Ключевые слова: информатика, данные, информация, знания, метапредметные результаты образования, интеграция.

A MODERN COMPREHENSIVE COURSE AT SCHOOL AND UNIVERSITY: APPROACHES TO THE CONTENT DEVELOPMENT

The article considers the problem of the development of modern computer science curriculum that reflects the modern paradigm of science informatics and new educational trends, where a significant place is given to the formation of the trainees have the ability and willingness to self-education (metasubject educational outcomes). The approach, which involves the formation of a system component metasubject informatics curriculum aimed at students mastering the methods of treatment and integration of knowledge based on it empirically established areas of computer science course: technical and technological, the natural sciences and humanities.

Keywords: computer, data, information, knowledge, metasubject educational outcomes, integration.

Введение

Общеобразовательный курс информатики существует в отечественной школе более 30 лет. За это время в нем сложились относительно самостоятельные содержательные направления, которые условно можно охарактеризовать как: технико-технологическое, естественнонаучное, гуманитарное и метапредметное. Одновременно, многочисленные примеры изменений в структуре общества,

производства, науки, образования свидетельствуют о накоплении противоречий между запросами практики и возможностями имеющейся теории и сложившейся структуры содержания общеобразовательного курса информатики. Интенсивное развитие информационных, компьютерных, когнитивных, социальных, коммуникационных, конвергентных и др. технологий, свидетелями которого мы являемся, побуждает к созданию новой концепции общеобразовательного

курса информатики. Отличительной чертой этого курса будет:

– интеграция названных выше направлений в единый современный общеобразовательный курс информатики;

– появление принципиально нового, методологического, компонента содержания курса, нацеленного на преодоление высокой смысловой энтропийности информационного социума и формирование умения извлекать знания из окружающей информационной среды.

¹ Статья публикуется при поддержке гранта Российского гуманитарного научного фонда, проект № 14-06-00138 «Интегрированные профильные курсы (на базе общеобразовательного курса информатики) как средство формирования информационной, исследовательской, экологической культуры учащихся».



Этери Викторовна Миндзаева,

к.п.н., ст.н.с.

Тел.: (495) 522-4139

Эл. почта: mindzaeva.eteri@mail.ru

Центр информационно-математического образования
ФГБОУ «Институт содержания и методов обучения РАО»

Eteri V. Mindzaeva,

PhD in Pedagogy, Senior Researcher,
Center for Information and Mathematics
Education «Institute of content and
teaching methods of RAE»

Тел.: (495) 522-4139

E-mail: mindzaeva.eteri@mail.ru



Сергей Александрович Бешенков,

д.п.н., проф., вед.н.с.

Тел.: (495) 475-4435

Эл. почта: srg57@mail.ru,

кафедра ИКТ ГБОУ ВПО «Академия
социального управления»,
Центр информационно-математического образования ФГБОУ
«Институт содержания и методов
обучения РАО»

Sergey A. Beshenkov,

Doctorate of Pedagogy, Professor,
Leading Researcher, Department of ICT,
«Academy of Social Management»,
Center for Information and Mathematics
Education «Institute of content and
teaching methods of RAE»

Тел.: (495) 475-4435

E-mail: srg57@mail.ru

В статье показано, что методологической основой курса информатики, обладающего названными качествами, может стать *полный цикл информационной деятельности*: «данные» → «информация» → «знание». Этот цикл и можно рассматривать как *модель процесса приобретения знаний* в условиях современного информационного социума. На основе этой модели можно осуществить интеграцию всех сложившихся на данный момент направлений развития общеобразовательного курса информатики.

1

Сложившийся опыт преподавания учебных курсов информатики в школах и вузах позволяет говорить об относительно самостоятельных содержательных направлениях, которые в той или иной степени в целом составляют содержание данной дисциплины, а именно: технико-технологическое, естественнонаучное, гуманитарное и общенаучное или «метапредметное» (в терминах Федерального государственного образовательного стандарта). Краткий анализ этих направлений позволяет выделить существенные черты каждого из них.

Технико-технологическое направление. Как известно, непосредственным толчком к появлению информатики как обязательно-школьного предмета был выход в 1984 г. Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР 1984 г. «Об обеспечении компьютерной грамотности молодежи». Основным идеологом школьной информатики в этот период стал академик А.П. Ершов (1931-1988), личность и идеи которого оказали существенное влияние на последующее развитие данного школьного предмета. Итог этого влияния невозможно оценить однозначно. С одной стороны, информатика получила мощный импульс развития для обучения всех учащихся. С другой стороны, ее ориентация только на алгоритмизацию, программирование, освоение компьютера лишь частично отвечала целям общего образования. В оценке

алгоритмизации, как компонента образования, и шире, человеческой деятельности, можно выделить две полярно противоположные точки зрения. Согласно первой, «жизнь не подчинена никакой логике; она противоположна алгоритму» [25, с. 329], согласно второй - развитие цивилизации определяется количеством созданных алгоритмов [28]. На наш взгляд, изучение алгоритмов и программирования в школьном курсе информатики целесообразно осуществлять, основываясь на «золотой середине» между этими крайними точками зрения.

Постепенно компьютерная грамотность стала ассоциироваться с *информационными технологиями*, которые большинству людей и представляются сутью информатики.

Отметим, что именно технологии сыграли фундаментальную роль в становлении науки. Например, математика очень долго существовала как набор рецептов для решения конкретных задач земледелия, строительства, орошения (Египет, Индия), и только после накопления большого фактического материала были сформулированы системные аксиомы (например, Евклидовы аксиомы геометрии). Аналогично обстояло дело с физикой. Как наука, физика существует более 2000 лет, но только в 1687 г., после выхода в свет «Математических принципов натуральной философии» И. Ньютона, физика приобрела системность. Информатика движется тем же путем, только гораздо быстрее.

Что касается информационных технологий, то здесь требуется определенное пояснение. Дело в том, что «информационные технологии», которые присутствуют в большинстве учебников и учебных пособий, вовсе не являются технологиями в собственном смысле слова, т.е. *последовательностями операций, которые должны привести их исполнителей к заданному результату*. В действительности речь идет в основном об изучении программных средств информатизации.

Естественнонаучное направление. Развитие данного направления учебного курса информатики

(приблизительно с середины 90-х годов прошлого века) было обусловлено двумя группами причин:

1) развитием самой дисциплины «Информатика», главным вектором которого стала «фундаментализация» содержания;

2) необходимостью реализации дидактического системного принципа академика В.С. Леднева, лежащего в основе утверждения о том, что содержание общеобразовательного предмета определяется совокупной структурой предмета обучения и структурой обобщенной (инвариантной) деятельности человека.

Иными словами необходимо было вернуть информатику к тем общеобразовательным традициям, которые были заложены В.С. Ледневым еще в 60-70 гг. прошлого века.

Точка зрения на учебный курс информатики в рамках этого направления такова. Информатика является фундаментальной естественнонаучной дисциплиной, которая изучает закономерности протекания информационных процессов в системах различной природы, а также методы и средства автоматизации этих процессов. Соотнесение информатики с *естественнонаучной дисциплиной* привносит в нее логику, свойственную именно такой дисциплине – отражение основных компонентов познания:

- предмет познания (феномен);
- инструмент познания (как правило, это модель);
- область применения (где используются результаты познания).

В исследованиях С.А. Бешенкова, Е.А. Ракитиной и др. было показано, что основным феноменом, отражающим информационный компонент реальности, являются информационные процессы;

основным инструментом познания – информационные модели; областями применения, которые целесообразно рассмотреть в рамках общеобразовательной школы, являются сферы управления, технологий, социума. Для основной школы (5-11 классы) такой подход представляется существенным, поскольку именно в этот период формируются начала естественнонаучного мировоззрения на основе фундаментальных представлений о веществе, энергии, информации. Именно этот подход был заложен в Образовательном стандарте 2004 г. и положен в основу методики преподавания информатики в школе.

Гуманитарное направление.

В гуманитарном направлении можно выделить две основные линии, основанные на различных пониманиях «гуманитарности» в отношении информатики.

Первая линия основывается на осознании обобщающего характера информатики как научной дисциплины всего коммуникационного цикла, изучающей не только научно-техническую информацию, но и все другие виды социальной информации и социальной коммуникации (А.И. Михайлов, Р.В. Гиляревский, А.В. Соколов и др.). В рамках этого направления были осмыслены многие существенные аспекты информатики: понятие информационного ресурса, инвариантное (не зависящее от компьютерной реализации) понятие информационных технологий и др. Некоторые из данных категорий нашли отражение в современных учебниках информатики (например, авторов И.Г. Семакина, Н.Д. Угриновича, Н.В. Макаровой и др.).

Вторая линия понимает «гуманитарность» в русле классических образовательных традиций, как си-

лоним «универсальности» (как известно, в XIX веке универсальное, гуманитарное образование противопоставлялось узкоспециальному, техническому образованию). Такое понимание гуманитарности предполагает максимально полное представление различных вопросов информатики в рамках одного учебного курса. Впервые это было отражено в «Систематическом курсе» информатики С.А. Бешенкова, Е.А. Ракитиной [6]. Однако, общие установки этого курса, в целом, укладывались в естественнонаучное направление. В большей степени гуманитарные возможности информатики были раскрыты в учебном пособии С.А. Бешенкова, А.Г. Гейна, С.Г. Григорьева [2]. В нем рассматривались особенности системно-информационного языка, основы формализации, информационное моделирование, основные парадигмы программирования и др.

Метапредметное направление.

Данное направление за прошедшие годы оказалось наименее разработанным, хотя о метапредметных возможностях информатики говорили многие исследователи (например, В.К. Белашапка, К.К. Колин, А.С. Лесневский, С.А. Бешенков и др.).

Существенный импульс в развитии этого направления внесло понятие «*информационной модели*», возникшее в рамках естественнонаучного и, отчасти, других направлений. Было выявлено, что в решении практически любой задачи содержатся действия, так или иначе связанные с информационным моделированием. К таким действиям можно отнести следующие: анализ исходных данных, определение их структуры, выбор формы представления информации, запись в



Леднев Вадим Семенович (1932-2004), педагог, академик РАО (с 1992), чл.-корр. АПН АН СССР (с 1990), д.п.н. (1981), проф. (1982). Окончил Московский институт инженеров сельскохозяйственного производства в 1955 г. Преподавал в школе-лаборатории при МГПИ (1961–1965), с 1965 г. работал в учреждениях АПН. В 1988–1992 гг. – директор ШОТСО, в 1992–95 гг. – директор Института общеобразовательной школы. В 1992–1993 гг. – академик-организатор Отделения общего среднего образования РАО. В начале 1960-х гг. обосновал возможность включения в общее образование курса основ кибернетики, разработал концепцию и содержание курса. Исследования по проблемам содержания образования, дидактике. Соч.: Об изучении элементов кибернетики и автоматике в средней школе. – М., 1962; Начала кибернетики. – М., 1967; Классификация наук. – М., 1971; Содержание общего среднего образования. – М., 1980; Содержание образования. – М., 1989; Структура педагогической науки. – М., 1991; Содержание образования сущность, структура, перспективы. – М., 1992; Структура научного знания. – М., 1995 и др.

этой форме, выбор метода решения задачи, подбор или построение математической, схематической, табличной или др. модели, определение возможности её перевода в компьютерную модель, запись данных и действий в формальном виде (свойственном для программного средства, выбранного для решения задачи), получение и анализ результатов и др. Многими учёными было подчеркнuto, что понятие модели является ключевым для всего процесса познания и человеческого бытия в целом. Так, например, в школьном курсе физики рассматривается много разнообразных уравнений, которые, по сути, представляют собой информационные модели изучаемых явлений или процессов. Даже в областях, казалось бы, далеких от физики, химии, информатики, понятие информационной модели играет принципиально важную роль. Например, такой литературный жанр, как басня или притча имеет непосредственное отношение к понятию информационной модели, поскольку смысл этого жанра состоит в переносе реальных отношений между людьми на отношения между животными, между вымышленными людьми и пр. Более того, всякое литературное произведение может рассматриваться как информационная модель, ибо она фокусирует внимание читателя на определенных сторонах человеческой жизни и т.д.

Важным этапом в осознании значимости метапредметного направления стало исследование С.А. Бешенкова, Е.А. Ракитиной, М.И. Шутиковой, посвященное выделению общих информационных принципов [5, 27]. К числу таких принципов авторы отнесли следующие: принцип системности, принцип симметрии (и, связанные с ним, законы сохранения), принцип неопределенности (и, связанный с ним, принцип дополнительности), принцип неполноты формальной системы, принцип «нелинейности» (учет внутрисистемных взаимодействий) и др. Авторы подчеркивают, что одним из важнейших назначений общенаучных принципов является расширение горизонта познания мира за преде-

лы непосредственного восприятия или, говоря языком информатики, к получению максимально полной информации о внешнем мире.

К сожалению, в сознании многих педагогов и авторов учебников названные направления идейно отделены друг от друга, а в иных случаях видятся конкурирующими. Такое положение дел не позволяет построить курс информатики, который отвечает современной научной тенденции синтеза названных направлений.

Практика преподавания и исследования возможностей метапредметного потенциала информатики [3, 16, 17] показывает, что в рамках только одного из выделенных направлений невозможно сформировать умение самостоятельного получения знаний, что в свете новых образовательных стандартов видится одной из основных задач всего общего образования и общеобразовательного курса информатики в частности. Более того, в рамках отдельного направления невозможно полностью осмыслить особенности современного информационного социума, в том числе такие, которые оказывают серьезное влияние на процесс формирования способности самостоятельного получения знаний.

Существенным препятствием к объединению названных направлений в целостный курс информатики служит явная или неявная опора на «классические» концепции понятия «информации»: «по Шеннону» (как снятой неопределенности), «по Эшби» (как меры структурного разнообразия), «по Бриллюэну» (как понятию, противоположному понятию энтропии) и аналогичные подходы.

С нашей точки зрения, для осуществления требуемого синтеза целесообразно в учебных курсах информатики перейти к *семиотической концепции информации*, которая учитывает ее ценность и смысл, что в частности, предполагает наличие воспринимающего информацию субъекта. Это в гораздо большей степени соответствует современным образовательным задачам. Данный подход не отвергает «классические» подходы, од-

нако позволяет включить в сферу информатики вопросы, связанные с человеческой психикой, познанием, понятиями смысла и ценности, а также с теми реалиями современного общества, которые принято называть *социальной коммуникацией, информатизацией, виртуализацией и др.* Идея, в которой утверждается, что «информация» многоплановое и многослойное понятие, в том или ином виде присутствуют в работах А.Д. Урсула, Р.В. Гиляревского, А.В. Соколова, И.В. Соловьева, К.К. Колина, А.Б. Соломоника, И.М. Зацмана, Ю.Ю. Чёрного, Р.М. Юсупова и мн. др.

2

Семиотическая концепция информации фиксирует «информацию» как *единство семантики, синтаксиса, прагматики*.

Центральное место в этой системе занимает понятие «*informatio*» – «*помещение в форму, формирование*». (Традиционно употребляется «перевод» с латинского «информирование» в значении «сообщение»). Этот сущностный признак связан с процессом формообразования, независимо от природы изучаемых объектов.

Этот подход позволяет развить и дополнить классическую схему «треугольника Фреге». Заключается это в следующем. Знак отображает или зашифровывает что-то и одновременно отражает образ некоторого объекта в нашем сознании, после чего происходит объективизация знака в социально значимой форме. Другими словами, процесс семиозиса (означивания), не завершается на индивидуальном уровне, то есть на уровне одного человека – он активно продолжается в сторону его социализации [20]. В рамках такого подхода целесообразно расширить семантическое поле понятия «информация». Это понятие может быть представлено в форме трёх компонентов: «данные», собственно «информация» и «знание», которые соответствуют трем компонентам семиозиса: «синтаксису», «семантике», «прагматике».

Процесс *«in-formatio»* – «*помещение в форму, формирование*» может иметь отношение и к данным, и к информации, и к знаниям.

Поэтому, необходимо различать два аспекта этого понятия:

– информация как процесс (*«in-formatio»*) формирования данных, информации, знания;

– информация как *продукт фиксации*, единство формы и содержания, синтаксиса и семантики и в дальнейшем может использоваться в разных целях (прагматика).

В этом случае данные, информация, знания трактуются следующим образом:

– *данные – уровень и продукт первоначальной фиксации сигналов, знаков, символов в некоторой форме средствами некоторой допустимой знаковой системы;*

– *информация – более высокий (по отношению к данным) уровень фиксации и продукт, который в обязательном порядке содержит семантическое наполнение (интерпретацию) и предполагает выбор соответствующей знаковой системы, которая отражает необходимую форму, необходимое смысловое наполнение и в дальнейшем может использоваться в разных целях;*

– *знания – наиболее высокий уровень фиксации (по отношению к данным и информации), который предполагает выбор определённой знаковой системы, высокой степени формализации, систематизации информации с целью получения адекватной информационно модели, отражающей окружающую действительность, что и является «продуктом».*

В дидактическом и методическом плане «данные» понимаются как факты и идеи, представленные в символической форме, позволяющей проводить их передачу, обработку и интерпретацию. В понятии «информация» внимание акцентируется на семантической, смысловой составляющей, в то время как остальные свойства информации остаются на втором плане. При этом такой смысл может существовать как в «природе вещей», так и быть присвоенным данным на основании

известных правил представления фактов и идей. Структурированная (связанная причинно-следственными связями и иными отношениями) информация, образующая систему, составляет «знания».

Необходимо отметить, что в педагогике уже давно было осознано существенное различие понятий «знание» и «информация». Например, согласно А.С. Конражевскому, знания отличаются от информации по следующим характеристикам: глубина, обобщенность, конкретность, систематичность, мобильность, осознанность, свернутость, развернутость, системность, гибкость, полнота, прочность и т.п.

Важность триады: «данные», «информация», «знание» для общеобразовательного курса информатики и обучения в целом заключается в том, что в ней «кластеризуются» все виды универсальных учебных действий в соответствии с процессом приобретения знаний в условиях современного информационного социума. В широком значении термин «универсальные учебные действия» означает умение учиться, то есть способность субъекта к саморазвитию и самосовершенствованию путем сознательного и активного присвоения нового социального опыта. В более узком (психологическом) значении этот термин можно определить как совокупность способов действия учащегося (а также связанных с ними навыков учебной работы), обеспечивающих самостоятельное усвоение новых знаний, формирование умений, включая организацию этого процесса. Как гласит известная притча, можно поймать рыбу и накормить голодного, а можно поступить иначе: научить его ловить рыбу; человек, научившийся рыбной ловле, уже никогда не останется голодным. В новых Федеральных образовательных стандартах универсальные учебные действия (УУД) сгруппированы в четыре основных блока: *личностные; регулятивные; познавательные; коммуникативные.*

Конкретно, эта выглядит следующим образом. Процесс познания или практической деятельности, особенно в IT-сфере, как правило,

начинается с анализа предметной области и, при необходимости, именовании входящих в нее объектов. При этом сама проблема присваивания объекту имени специально не обсуждается, поскольку видится частной и несложной задачей. Однако при этом надо иметь в виду, что одно из величайших достижений человеческой мысли – позиционная система счисления – относится именно к области именовании. Имена объектов, с точки зрения информатики – это данные, а сама деятельность именовании тесно связана с формализацией и информационным моделированием. Выявление в массивах данных смысловой составляющей, т.е. получение на основе данных определенной информации, в значительной степени зависит от присвоения правильного имени, а также ряда других факторов, например, от способов обработки этих данных. Полученные «смыслы», т.е. «информация», позволяют субъекту осуществлять разнообразную деятельность, поскольку именно смысл определяет ее цель и результат. Однако эта деятельность может оказаться не результативной если:

– смысл, присвоенный объекту, имеет лишь косвенное отношение к его сути;

– множество смыслов не образуют систему, в результате чего отдельные действия могут противоречить друг другу.

Для обеспечения результативности деятельности имеющуюся информацию необходимо привести в систему, т.е. сделать знанием.

Отметим также, что семиотическая концепция «информации» – единство «данных», «информации», «знаний» – имеет не только теоретическое и методическое, но и большое практическое значение. В последнее время многими представителями IT-индустрии высказывались мысли о существенном изменении характера профессиональной деятельности в этой сфере, которая традиционно ассоциируется с программированием, т.е. деятельности преимущественно на уровне «данных» (по известному выражению Э. Дейкстры «программа = данные + алгоритм»).

В настоящее время существенно более востребованы специалисты, умеющие осуществлять деятельность на уровне смысловой составляющей «информации» и далее – на уровне «знаний» (когнитивистика, инженерия знаний и т.п.). В качестве примера можно привести проект создания многоязыковой мультиплатформы, анонсированный фирмой АBBY. При этом сами представители этой фирмы говорят о крайне низкой подготовке специалистов именно в названных видах деятельности.

3

Сформулированную выше триаду «данные», «информация», «знание» целесообразно положить в основу содержания современного общеобразовательного курса информатики.

Системообразующим компонентом такого курса является метапредметное направление, о котором говорилось выше. Основы этого направления уже присутствуют и осознаются как универсальные составляющие, которые раскрывают системный характер информационной деятельности в разных средах. Развитие метапредметного направления нам видится в раскрытии, расширении семантики триады «данные», «информация», «знание», в выявлении закономерностей и принципов, определяющих и структурирующих деятельность по преобразованию друг в друга компонентов данной триады, а также качественных «внутренних» преобразований в рамках отдельных компонентов.

На основе этой триады может быть раскрыт смысл всех эмпирически сложившихся направлений общеобразовательного курса информатики: технико-технологического, естественнонаучного, гуманитарного. Все они становятся компонентами современного общеобразовательного курса информатики.

Прежде чем перейти к детальному рассмотрению всей структуры названного курса, рассмотрим суть самого понятия «метапредметность». По мнению ряда ис-

следователей (В.И. Постовалова, Э.Г. Юдин, А. Геронимус и др.) в разные периоды интеллектуально-духовной и практической деятельности людей на первый план выдвигались различные базисные категории, в значительной мере определяющие стиль мышления этого периода. Именно с выделением таких базисных категорий связана приставка «мета-» как показатель выхода мыслительной деятельности человека на рефлексивный уровень. В древнегреческом языке предлог «мета» (μετά) означает «вслед», «за», «после», «через». В первой части сложных слов «мета» означает «следование за чем-либо», «переход к чему-либо другому», «перемену состояния», «превращение». Можно сказать, что когда деятельность в целом становится объектом другой деятельности, «к имени первой деятельности прибавляется приставка «мета» (А. Геронимус). По уточняющему замечанию известного математика и логика С.К. Клини, «некоторые авторы пользуются приставкой «мета» для обозначения языка или теории, в которой другой язык или теория делаются предметом изучения» [11, с. 62]. В современной терминологии элемент «мета» используется преимущественно для обозначения систем, которые, в свою очередь, служат для исследования или описания других систем. Такие системы и называются «метасистемами». Существует множество примеров самых различных метасистем: «метаязык», «метаданные», «метаматематика», «метафизика», «металогика» и пр. Как нам представляется, именно в этом контексте целесообразно осмыслить суть метапредметного компонента современного общеобразовательного курса информатики.

Понятие «метапредметные результаты образования» появилось в документах Федерального государственного образовательного стандарта. Содержание метапредметного компонента образования нацелено, прежде всего, на сформированность у школьников умений самостоятельного получения знаний. Соответственно, фундаментальным понятием этого ком-

понента становится само «знание». Причем речь идет не сформированном знании, которое передается учащимся в законченной форме, а о процессе извлечения «знаний» из учебных «данных», учебной «информации». Фундаментальной особенностью и необходимым условием этого процесса является наличие у учащихся «метазнаний» – знаний о знании и о возможностях работы со знанием – поскольку система знаний не может быть сформирована за счет своих внутренних ресурсов (принцип неполноты).

В дидактике достаточно давно идет поиск оснований для построения теории универсальных оснований обучения и развития, по словам академика И.И. Логвинова – выявления тех элементов научного знания, которые, обладая свойствами метазнания, должны способствовать получению действительно фундаментального образования [15].

Из всего вышесказанного следует, что именно информатика может сыграть роль основы для создания такой теории. Как уже подчеркивалось выше, системообразующим компонентом современного общеобразовательного курса информатики является метапредметный компонент, структура которого представлена на рис. 1.

Кратко прокомментируем полученную таким образом «проекцию» основной триады: «данные», «информация», «знание».

«Данные». Как известно, ряд авторов (А.Я. Фридланд, С.В. Си-

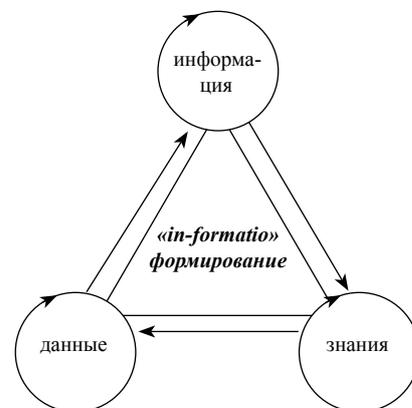


Рис. 1. Структура метапредметного компонента современного общеобразовательного курса информатики. Модель полного цикла информационной деятельности

манович, И.Г. Семакин и др.) уже давно подчеркивали принципиальное различие в информатике понятий «данных» и «информации», хотя мотивы для введения такого различия часто не совпадали. В качестве примера сравним подходы к решению этой проблемы, высказанные С.В. Симановичем и А.Я. Фридландом. С точки зрения С.В. Симановича информация – это данные плюс методы их обработки, при этом данные несут в себе информацию о внешнем мире, которую надо «извлечь» с помощью определенных методов. Такое понимание данных близко к их естественнонаучной трактовке, когда исследователю предлагается для анализа некоторый набор «данных», полученных в результате измерения, наблюдения. Характерный признак «данных» в этом случае – отсутствие видимых закономерностей. Однако существование таких закономерностей предполагается, и задача исследователя заключается в том, чтобы эти закономерности найти.

Иная трактовка «данных» осуществлена А.Я. Фридландом. Он отличает «информацию» от «данных» по наличию у информации смыслового компонента, который присваивается человеком. Этот компонент у «данных» отсутствует. Такой подход существенно ближе к информатике, поскольку исходит из того, что автоматическое устройство принципиально не может работать на смысловом уровне. Наш подход расширяет и углубляет идеи А.Я. Фридланда. В нашей схеме «данные» ассоциируются, прежде всего, с синтаксисом. В этом плане деятельность по схеме: «данные» → «данные» соответствуют преобразованию данного конечного набора букв в другой конечный набор букв по вполне определенным правилам. В математическом плане, например, это соответствует схеме нормального «алгорифма» А.А. Маркова.

Также необходимо отметить, что деятельность, осуществляемая по схеме: «информация» → «данные», «знание» → «данные», существенно опирается на смысловой и системный аспекты понятий

«информации» и «знаний» соответственно. Иными словами, предполагается, что рассматриваемый конечный набор букв – это запись, отражающая сущность некоего природного или интеллектуального феномена, в том числе и системы знаний, в которую «встроен» этого феномен. Эта сущность должна отражаться исключительно в синтаксических конструкциях (разумеется, насколько это возможно), что является крайне непростой задачей, в том числе и математической. Создание таких конструкций с последующим переводом их на язык программирования является в настоящее время одной из ключевых задач IT-индустрии, при этом собственно программирование является наиболее простым и отработанным компонентом решения этой задачи. Названная задача тесно связана с математическими аспектами информатики. В частности, конечные синтаксические конструкции можно сравнивать между собой по сложности минимального двоичного описания (сложность по Колмогорову).

Компонент содержания современного общеобразовательного курса информатики, раскрывающий смысл понятия «данных», можно охарактеризовать как технико-технологический, поскольку информационные технологии, согласно основополагающим работам Ю.И. Журавлева, А.Л. Семенова, А.А. Самарского, М.П. Лапчика и др., можно описать как определенное родо «вычисления», производимые над различными синтаксическими структурами («информационными объектами» в традиционной терминологии). Эти вычисления, могут быть реализованы с помощью технических устройств. Именно в рамках технико-технологического компонента наиболее ярко проявляются межпредметные связи математики и информатики, что подчеркивали Ю.И. Журавлев, А.Л. Семенов и др. Однако, как видно из приведенных выше положений, технико-технологический компонент не является замкнутым и его необходимо рассматривать в контексте других компонентов, связанных с «инфор-

мацией» и «знанием». Иначе «за рамками» остаётся существенные направления и элементы информационной деятельности.

«Информация». В рамках технико-технологического компонента рассматривалась одна сторона отношения «данные» – «информация», а именно, отражение смыслового компонента информации в структуре данных. Однако с точки зрения задачи самостоятельного получения знаний, нас интересует обратная деятельность: выявление смысловой составляющей в наборе данных. Характер этой деятельности в значительной степени зависит от принятой концепции происхождения этой составляющей (или, в более привычной форме, от принятого взгляда на суть понятия «информация»).

Как известно, существуют три основных подхода к происхождению смысловой составляющей данных: атрибутивный, утверждающий, что смысл присущ самим вещам («информация как семантическое свойство материи» – К.К. Колин и др.), функциональный – смысл присущ только живой природе (Н. Винер и др.), антропоцентристский, утверждающий относительность смысловой составляющей, поскольку смысл данным присваивает сам человек (А.Я. Фридланд и др.). Каждый из этих подходов имеет свои сильные и слабые стороны, при этом в самой дисциплине информатике не сформировалось какой-либо единой позиции в отношении сути смыслового компонента информации. В этом плане деятельность по извлечению информации из данных должна строиться с учётом всех трёх названных подходов. Стоит подчеркнуть, что сама задача такого извлечения чрезвычайно сложна и представляет собой одну из фундаментальных философских проблем, уходящую корнями в «Критику чистого разума» И. Канта и «Наукоучение» Г. Фихте. Именно на этом пути возникают понятия «метазнаний» («априорных форм») без которых невозможно извлечь смысл из эмпирических данных (если таковой имеется). Обсуждение философской пробле-

матики в рамках общеобразовательного курса информатики (на определенном уровне) продиктовано вполне прагматическими причинами: наличие в обществе огромного массива неупорядоченных данных во много раз превосходит совокупные пропускные возможности всех информационных каналов человека. Это часто делает его беспомощным в профессиональном и личностном плане, и, в конечном итоге, перерастает в серьезнейшую социальную проблему, которую очень часто формулирую так: «много данных – мало информации». Не случайно ряд современных учебников информатики (Л.Л. Босовой, Н.В. Макаровой и др.) в той или иной мере включают в себя обсуждение проблемы «данных» и «информации».

Исключительное значение имеет рассмотрение в современном общеобразовательном курсе информатики отношения «информация – знание», которое имеет непосредственное отношение к особенностям современного информационного социума и его влияние на личность человека и процесс обучения.

Дело в том, что концепция постиндустриального общества, как «общества знаний», разработанная Д. Беллом, Дж. Гелбрейтом, И. Масудой, О. Тоффлером и др. еще в 70-х годах XX века, оказалась не в состоянии в целом объяснить ряд принципиальных особенностей современного информационного социума, на которые обращают внимание многие современные исследователи (К.К. Колин, С.Л. Катречко, И.Е. Левин, Д.В. Иванов, Т. Фридман и др.). В частности, в современном социуме знание, как правило, отождествляется с информированностью, а информированность определяется числом коммуникаций, в которых участвует данный субъект. Этот факт находит свое объяснение в именно принципиальном различии «информации» и «знаний». Смысл, как таковой, присущий информации, еще не означает системности, которая является главной характеристикой знания. В современном социуме информация является не столько

знанием, сколько мотивом к осуществлению какого-либо действия. Это еще раз подчеркивает принципиальную важность метазнаний как необходимого элемента перехода от «информации» к «знаниям».

В целом, рассматриваемое выше содержание целесообразно отнести к естественнонаучному компоненту, поскольку основные этапы познания окружающего мира: феномен → модель → область применения отражены в схеме деятельности по преобразованию данных в информацию, информации – в знание и использование знания при организации данных информации. При этом основным компонентом этой последовательности является «информация», полученная на основе анализа данных о внешнем мире.

«Знание». Как уже подчеркивалось, характерной особенностью знания является системность. При этом общий деятельностный подход, принятый в современном образовании, распространяется и на концепцию знаний. В частности, в рамках информатики нас интересует, прежде всего, организация знаний. Для этой организации важно использование и развитие давно известных, укрепившихся методов, а также поиск новых подходов к пониманию механизма формирования знаний, пониманию внутренней структуры знаний, взаимосвязи данных, фактов, гипотез и теорий. Структурирование знаний с использованием этих методов составляет суть деятельности по преобразованию знаний.

Традиция структурирования знаний восходит к Г.В. Лейбницу, который подчеркивал, что мы можем нечто понять «только в той степени, в какой можно понять другую вещь и так далее. Таким образом, мы можем сказать, что мы что-то поняли только тогда, когда сумеем разложить это что-то на части, которые понятны себе по себе» [Цит. по Анна Вежбицка «Общий язык всех людей – врожденный язык мыслей». Проспект лекции, прочитанной при вручении Международной Добрушенской премии. М.ИППИ РАН, 2011, стр. 2]. По сути, здесь сформулирован фун-

даментальный элемент метазнания – принцип редукционизма.

За последние десятилетия методы анализа и структурирования знаний существенно расширились. В частности, стали активно использоваться многозначные логики (Д.А. Бочвар и др.), нечеткие логики (Л. Заде и др.), существенное развитие получила теория формализованного представления текста (Н.Хомский, С.Ю. Маслов и др.). В последнее время эти направления получили новый импульс благодаря использованию достижений когнитивной психологии. Так, например, А.Н. Гладкова, развивая идеи Лейбница, предложила «алфавит человеческих мыслей» (в русской и английской версиях) с помощью которого с определенной точностью и полнотой можно формализовать разнообразные тексты [8].

Эффективным способом обработки и компоновки информации является ее «сжатие», т.е. представление в компактном, удобном для использования виде. Разработкой моделей представления знаний в «сжатом» виде занимается специальная отрасль информационной технологии – инженерия знаний. Дидактическая адаптация концепции инженерии знаний основана на том, что, «во-первых, создатели интеллектуальных систем опираются на механизмы обработки и применения знаний человеком, используя при этом аналогии нейронных систем головного мозга человека. Во-вторых, пользователем интеллектуальных систем выступает человек, что предполагает кодирование и декодирование информации средствами, удобными пользователю, т.е. как при построении, так и при применении интеллектуальных систем учитываются механизмы обучения человека». К основам сжатия учебной информации можно отнести также теорию содержательного обобщения В.В. Давыдова, теорию укрупнения дидактических единиц П.М. Эрдниева. Под «сжатием» информации понимается, прежде всего, ее обобщение, укрупнение, систематизация, генерализация. П.М. Эрдиев утверждает, «что наибольшая прочность освоения программного

материала достигается при подаче учебной информации одновременно на четырех кодах: рисуночном, числовом, символическом, словесном. Следует также учесть, что способность преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму является профессиональным качеством многих специалистов. Следовательно, в процессе обучения должны формироваться элементы профессионального мышления: систематизация, концентрация, выделение главного в содержании. Методологический фундамент рассматриваемой технологии составляют следующие принципы ее построения: принцип системного квантования и принцип когнитивной визуализации. Результаты этих исследований находят все большее применение в автоматизации информационных процессов и построении информационных систем различных типов, которые рассматриваются как средство переработки данных и знаний.

Необходимо ещё раз отметить такую особенность «информации» и «знаний», как их социальный контекст, который выражается в следующих особенностях (К.К. Колин и др.):

– превращение информации в важнейшую экономическую категорию, быстрое развитие информационной экономики, информационного рынка и бизнеса;

– все большая «цифровизация» техносферы общества, распространение цифровой техники и цифровых технологий далеко за пределы информационной сферы;

– глобализация информационной среды мирового сообщества на основе развития сетей связи, телевидения и информационно – телекоммуникационных компьютерных сетей;

– беспрецедентные возможности усиления интеллектуальных и творческих способностей человека на основе использования средств информатики и новых информационных технологий;

– формирование нового, информационного миропонимания и мировоззрения, которые существенным образом изменяют современную вещественно-энергетическую

картину мира, научную парадигму и методологию научных исследований;

– возникновение нового комплекса проблем информационной безопасности человека и общества, а также всей биосферы нашей планеты, о которых человечество ранее не имело ни малейшего представления.

По словам К.К. Колина, отставание общественного сознания от современных темпов развития цивилизации представляет собой вполне закономерный, но еще не воспринимаемый обществом новый социально-психологический феномен, который имеет глобальный характер [12]. Этот стратегически важный по своим последствиям факт, заслуживает самого пристального внимания. Как нам представляется, современный общеобразовательный курс информатики способен внести решающий вклад в преодоление названного отставания.

Содержание, о котором было сказано в данном пункте, можно отнести к гуманитарному направлению современного общеобразовательного курса информатики. Обоснование это строится на обобщающем характере информатики как научной дисциплины всего коммуникационного цикла, изучающей не только научно-техническую информацию, но и все другие виды социальной информации и социальной коммуникации.

Сегодня есть все основания полагать, что совокупность тех гуманитарных процессов, которые происходят в современном обществе, следует квалифицировать как новую гуманитарную революцию (К.К. Колин и др.). Ожидается, что ее результатом станет не только формирование цивилизации принципиально нового типа – глобального информационного общества, но также и формирование нового типа личности («личности on-line») с неоднозначно оцениваемыми характеристиками.

Таким образом, метапредметный компонент современного общеобразовательного курса информатики, представленный схемой, изображенной на рисунке 1, дей-

ствительно является системообразующим, позволяющим на основе своей внутренней логики объединить в одно целое эмпирически сложившиеся направления: технико-технологическое, естественнонаучное, гуманитарное.

4

Как уже подчеркивалось, полный цикл информационной деятельности – от «данных» к «информации» и от «информации» к «знаниям» – можно рассматривать как модель формирования знаний, характерную для современного информационного социума. Содержание метапредметного компонента общеобразовательного курса информатики нацелено, прежде всего, на освоение этой модели.

Особенность названного социума состоит, в частности, в том, что человек «видит» протекающие в нем информационные процессы, преимущественно, как процессы преобразования и передачи «данных» т.е. набора знаков, не имеющих строго очерченного содержания. Информация и сами информационные процессы, с точки зрения упомянутого выше антропоцентрического подхода, возникают тогда, когда эти знаки интерпретируются в рамках данного языка, т.е. появляется «информационная модель».

Этот подход несет в себе определенную философскую и методическую проблему.

В рамках естественнонаучного компонента общеобразовательного курса информатики информационные процессы рассматриваются как объективная реальность, что соответствует названному выше атрибутивному подходу. В рамках же метапредметного компонента эта «реальность» релятивизируется языком: информационные процессы становятся таковыми только в рамках языка, что соответствует антропоцентристскому подходу.

Подобная проблема была осознана еще в 20-х годах XX века, когда в трудах Л. Витгенштейна, прежде всего, в его «Логико-философском трактате», оформилась «лингвистическая философия».

Одним из главных тезисов этой философии было утверждение, что «границы мира совпадают с границами языка». Естественным развитием этой идеи является возможность создания собственного мира на основе манипуляции с языковыми конструкциями. Как известно, эта возможность была реализована (и продолжает реализовываться) с помощью компьютерных технологий. Более того, именно создание таких псевдомиров («виртуальной реальности») является «сверхзадачей» современной IT-индустрии.

В противоположность этому можно сказать, что, несмотря на то, что окружающая человека реальность дается ему, прежде всего в виде набора знаков и их соединений в виде «текста», за этими знаками стоит вполне определенная объективная реальность, которая и является объектом познания. Язык же с той или иной полнотой эту реальность раскрывает. Заметим, что соединение атрибутистского и антропоцентристского походов уже вылилось в реальную методическую проблему при создании «эталонной» примерной программы по информатике для основной школы.

Таким образом, с одной стороны, можно констатировать, что

диалектика «данных» и «информации», во многом совпадает с диалектикой «языка» и «модели» как основного инструмента отражения реальности.

С другой стороны, переход от «информации» к «знаниям» можно трактовать как переход от индивидуальной модели к системе моделей, поскольку владение всей такой системой является существенной стороной знания. Коротко, такой переход можно обозначить как переход от «модели» к «системе моделей».

Это значит, что в методическом плане триаду: «данные», «информацию», «знание» целесообразно трактовать как триаду: «язык», «модель», «система моделей». Именно последнюю названную триаду целесообразно положить в основу содержания «метапредметного» компонента современного общеобразовательного курса информатики.

Заключение

Современный общеобразовательный курс информатики, построенный на принципах интеграции метапредметного, технико-технологического, естественнонаучного и гуманитарного компонентов, а

также наделенный методологическим инструментарием по формированию способности к извлечению знаний из окружающей человека информационной среды, обладает несравнимо большими возможностями, чем традиционный предметный курс. В частности, он позволяет лучше подготовить школьников и студентов к будущей практической деятельности, поскольку современная IT-индустрия, промышленность, образование ориентированы, прежде всего, на «инженерию знаний». Он позволяет внести определяющий вклад в социализацию учащихся, поскольку именно диалектика «данных, «информации» и «знания» является ключом к объяснению ряда негативных феноменов информационного социума, что позволяет выработать эффективные средства противодействия этому влиянию.

Каким образом возможно осуществить интеграцию направлений курса информатики на основе системы метапредметного понятийного аппарата, который в «укрупнённом» виде (система «метазнаний») спроецирован на существующие содержательные линии, авторы намерены представить в одной из следующих публикаций.

Литература

1. Арнольд В.И. Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Наука, 1978. – 304 с.
2. Бешенков С.А., Гейн А.Г., Григорьев С.Г. Информатика и информационные технологии: Учеб. пособие для гуманитар. факультетов педвузов/ Урал. гос. пед. ун-т. – Екатеринбург, 1995. – 144 с.
3. Бешенков С.А., Миндзаева Э.В. Образовательные стандарты второго поколения. Примерная программа по информатике для основной школы в рамках стандартов второго поколения / Материалы циклов всероссийских телемостов по вопросам федеральных государственных образовательных стандартов второго поколения. Естественнонаучные дисциплины. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 77 с.
4. Бешенков С.А., Ракитина Е.А., Матвеева Н.В., Милохина Л.В. Непрерывный курс информатики. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 143 с.
5. Бешенков С.А., Ракитина Е.А., Шутикова М.И. Гуманитарная информатика: от моделей и технологий к информационным принципам // Информатика и образование. – 2008 – №2 – С.3–8.
6. Бешенкова С.А. Информатика. Систематический курс. Учебник для 10 класса / С. А. Бешенков, Е. А. Ракитина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.
7. Гиляревский Р.С. Понятие информации в информатике // Информатика как наука об информации: Информационный, документальный, технологический, экономический, социальный и организационный аспекты / Р.С. Гиляревский, И.И. Родионов, Г.З. Залаев, В.А. Цветкова, О.В. Барышева, А.А. Калинин; под ред. Р.С. Гиляревского; авт.-сост. В.А. Цветкова. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2006. – 592 с.
8. Гладкова А.Н. Русская культурная семантика: эмоции, ценности, жизненные установки. М.: Языки славянской культуры, 2010.
9. Журавлев Ю.И. Фундаментально-математический и общекультурный аспекты школьной информатики // Вопросы образования. 2005. №3. С. 200.
10. Зацман И.М. Концептуальный поиск и качество информации. — М.: Наука, 2003.
11. Клини С.К. Введение в метаматематику. М., 1957.

12. *Коллин К.К.* Философские проблемы информатики. М.БИНОМ. Лаборатория знаний. 2010. 263 с.
13. *Коллин К.К.* Становление информатики как фундаментальной науки и комплексной научной проблемы, Системы и средства информ., 2006, спецвыпуск, 7–58.
14. *Леднев В.С.* Содержание образования: сущность, структура, перспективы. – М.: Высш. шк., 1991. – 224 с.
15. *Логвинов И.И.* Дидактика: история и современные проблемы. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 205 с.
16. *Миндзаева Э.В.* Развитие общеобразовательного курса информатики в контексте становления «общества знания» [Текст] / Э.В.Миндзаева // Информатика и образование. – 2013 – № 10.
17. *Миндзаева Э.В.* Курс информатики как метапредмет [Текст]/ Э.В. Миндзаева//Метафизика. – 2013. – № 4(10).
18. *Моисеев Н.Н.* Универсум. Информация. Общество. – М.: Устойчивый мир, 2001 г. – 200 с.
19. *Ницше Ф.* Так говорил Заратустра. Соч. в 2-х томах. Т. 2. – М: Мысль, 1990. – 412 с.
20. Позитивная семиотика (о знаках, знаковых системах и семиотической деятельности) / А. Соломоник; Ред. Г. Крейдлин // Образование: исследовано в мире: Международный научный педагогический Интернет-журнал с библиотекой-депозитарием [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oim.ru/reader@pomer=354.asp>
21. Примерные программы по информатике для основной и старшей школы. Под ред. Бешенкова С.А. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 176 с.
22. *Ракитина Е.А.* Построение общеобразовательного курса информатики на деятельностной основе автореф. дис. ... докт. пед. Наук: 13.00.02 – М., 2002. – 48 с.
23. *Руднев В.П.* Словарь культуры XX века. – М.: Аграф, 1999. – С. 384.
24. Стратегия развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014–2020 годы и на перспективу до 2025 года. (утв. распоряжением Правительства РФ от 1 ноября 2013 г. № 2036-р). Раздел 12 «Повышение грамотности населения в области информационных технологий».
25. *Тростников В.Н.* Мысли перед рассветом. – Москва, 1997. – С. 360.
26. Химера информации / И.М. Докучаев // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://artevik.narod.ru/publ/himera_informatio.html
27. *Шутикова М.И.* Информационное моделирование – основа построения курсов информатики экономического профиля // Информатика и образование. – 2005. – № 7.
28. *Whitehead A.N.* Science and modern world. – An Anthology. N. Y., 1953, p. 456.

Методические особенности применения ИКТ при обучении математике педагогов-бакалавров

Предложена методика обучения математике будущих педагогов естественнонаучного профиля на основе непрерывного использования информационных технологий. Обоснована необходимость применения их для создания образов абстрактных математических понятий, повышения уровня запоминания схем вычислений, структурирования математической информации, осуществления математических расчетов.

Ключевые слова: обучение математике, естественнонаучное направление, информационные технологии, визуализация, мультимедиа средства, ментальные карты.

THE METHODOLOGICAL FEATURES OF ICT APPLICATION FOR THE TEACHERS BACHELORS TRAINING IN MATHEMATICS

The technique of training in mathematics for the students of natural-science profile of pedagogical university on the basis of continuous using of new information and communication technologies is presented. The need of application not only mathematical software packages, but also the computer means for creation of abstract mathematical concepts images, increasing of storing level of calculations schemes, structuring mathematical information is proved.

Keywords: training in mathematics, natural-science profile, information technologies, visualization, multimedia tools.

1. Введение

В структуре общего школьного и большинства направлений профессионального образования математика является одной из важнейших дисциплин. Значимость математической подготовки студентов естественнонаучного профиля (ЕНП) в педвузе возрастает с каждым годом в связи с усилением профилизации школьного образования, внедрением математики практически во все сферы жизнедеятельности человека, необходимостью интеллектуального развития личности средствами математики.

Однако анализ работ, посвященных проблемам обучения математике будущих учителей, в том числе ЕНП, (М.И. Башмакова, В.Г. Болтынского, Н.Я. Виленкина, А.Г. Гейна, Г.Д. Глейзера, Т.А. Долматовой, Г.В. Дорофеева, И.А. Иванова, Е.Л. Макаровой, А.Г. Мордко-

вича, М.И. Рагулиной, Н.Х. Розова, Е.И. Смирнова и др.) показал, что многие выпускники педвуза недостаточно владеют той частью математического содержания, которая обеспечивает уверенность в решении нестандартных задач профильной области и обучении школьников поиску подходов к решению таких задач; не способны продуктивно работать в условиях освоения новых информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

Основная причина заключается в абстрактности математических понятий, выраженных в основном символами и словами. Из-за отсутствия образа математического понятия, позволяющего его «материализовать», в сознании обучаемых знаки часто доминируют над их содержанием. В результате математический язык оказывается недоступным для понимания студентам нематематических специальностей,

в силу их психофизиологических особенностей восприятия информации и типа мышления.

В условиях глобальной информатизации математическая подготовка будущего учителя естественнонаучного профиля представляется многослойной: кроме предметного обучения и освоения навыков математической деятельности, она включает в себя развитие качеств мышления, формирование навыков самостоятельного поиска и освоения новой информации, умений моделировать процессы и решать задачи с помощью информационно-коммуникационных технологий.

При этом в учебных программах и методиках обучения математике педагогов-бакалавров ЕНП продолжают доминировать факторы, порождающие формализм математических знаний обучаемых, заключающиеся в чрезмер-



Татьяна Павловна Пушкарева,
д. пед. наук, профессор
Тел.: (904) 895-67-98
Эл. почта: a_tatianka@mail.ru
Сибирский федеральный университет

Tatyana P. Pushkaryeva,
Doctorate of Pedagogy, Professor
Tel.: (904) 895-67-98
E-mail: a_tatianka@mail.ru
Siberian Federal University



Владимир Иванович Темных,
к.т.н. зав. кафедрой
Тел.: (902) 940-56-92
Эл. почта: vtemnyh@sfu-kras.ru
Сибирский федеральный университет

Vladimir I. Temnyh,
PhD in Technical Science, Head of the
Department
Tel.: (902) 940-56-92
E-mail: vtemnyh@sfu-kras.ru
Siberian Federal University

ной интенсивности, недостаточной структурированности учебного математического материала, неразвитости функциональных и операционных механизмов восприятия и переработки математической информации, слабой востребованности средств ИКТ, недостатках методического обеспечения математической деятельности.

Применение ИКТ в обучении математике будущих учителей естественнонаучных дисциплин не только позволяет повысить скорость усвоения и глубину восприятия абстрактного математического материала, оно открывает для преподавателей математики уникальные возможности активизации процессов познания, реализации новых дидактических подходов, актуализирующих исследовательскую математическую деятельность и развивающих полезные практические навыки студента в условиях информационного общества.

Таким образом, решение обозначенных проблем видится в необходимости включения ИКТ как неотъемлемой части, компонента содержания и структуры математической деятельности будущего педагога ЕНП.

2. Теоретические основы применения ИКТ в обучении математике студентов ЕНП педагогического вуза

Особенности применения ИКТ в учебной математической деятельности бакалавров-педагогов ЕНП должны определяться особенностями обучения их математике.

Превращение мира в единое информационное пространство, постоянное увеличение и обновление информации, представленной в разнообразных формах, дают основание рассмотреть процесс обучения вообще и математике в частности, как информационный процесс, в основе которого лежат восприятие информации, ее хранение и обработка.

Поэтому организация процесса обучения математике будущих учителей естественнонаучных дисциплин требует учета их личностных

психофизиологических особенностей восприятия, запоминания и извлечения (мышления) абстрактной математической информации.

Построение и анализ информационных моделей восприятия, памяти и мышления [1], определение информационных дидактических принципов обучения педагогов-бакалавров ЕНП [2] привели к следующим выводам.

Результатом восприятия математической информации являются образы математических понятий. При формировании понятийного образа человек связывает модельный образ, т.е. реально существующий объект, со словом. Но для большинства математических абстрактных понятий в реальной жизни не существует соответствующих им модельных образов, кроме быть может, геометрических объектов. Поэтому большинство студентов ЕНП, не обладающее математическим стилем мышления, не способны создать образ, они запоминают символ, обозначающий математический объект, а не его содержание. Для повышения уровня восприятия абстрактных математических понятий необходима их визуализация, реализовать которую позволяют средства ИКТ.

Несомненно, что качество обучения напрямую зависит от степени запоминания представленной учебной информации. И.М. Сеченов в своих исследованиях показал, что главный закон запоминания заключается в его непосредственной связи с работой мышц, с различного рода движениями, которые несут в себе многостороннюю информацию о воспринимаемом объекте. Это обуславливает необходимость применения динамической визуализации учебной математической информации для запоминания схем вычислений. Применение видео роликов, созданных с помощью средств ИКТ, и электронных таблиц обеспечивают решение этой проблемы.

С позиций информационного подхода к обучению математическое мышление представляет собой процесс извлечения математической информации из памяти человека, заключающийся в последовательной

активации цепочек математических образов. Запись информации в виде ментальных карт соответствует естественной работе мозга по восприятию и передаче математической информации. Построение ментальных карт с помощью средств ИКТ позволяет объединять зрительные и чувственные ассоциации в виде взаимосвязанных идей, с первого взгляда увидеть картину целиком и установить необходимые мысленные связи, которые помогают воспринимать и запоминать учебный материал по математике.

Таким образом, в качестве одного из направлений применения средств ИКТ при обучении математике студентов педвуза ЕНП целесообразно выделить статическую и динамическую визуализацию математической информации и знаний, что неизменно приводит к активизации процессов познания.

В современных условиях обучение методу компьютерного моделирования становится жизненной потребностью. В связи с этим второе направление применения ИКТ при обучении математике будущих учителей естественнонаучных дисциплин связано с изучением математических пакетов прикладных программ. Учитывая, что математика для них – это, прежде всего, необходимый инструмент для решения профильных задач, не менее важно изучение интегрированных математико-профильных программ, позволяющих выполнять достаточно сложные математические расчеты и строить необходимые диаграммы в области профессиональной деятельности.

3. Методика обучения математике на основе средств ИКТ

В соответствии с учебной программой процесс обучения математике педагогов-бакалавров ЕНП предполагает проведение лекций, семинаров, лабораторных работ и внеаудиторную самостоятельную работу. Весь процесс обучения построен на непрерывном использовании средств ИКТ.

Лекции. При проведении лекции главную роль в обеспечении

необходимого уровня восприятия, воображения и запоминания учебного материала играет внимание.

Внимание – это направленность психики на определенные объекты или явления, соответствующие потребностям субъекта, целям и задачам его деятельности.

Из основных свойств внимания выделим его *устойчивость, концентрацию и объем*.

Устойчивость внимания – это длительность сосредоточенности сознания. Внимание можно удерживать, только постоянно раскрывая в объекте внимания новое содержание.

Концентрация внимания означает то, насколько интенсивно человек способен сосредоточиться и отвлечься от всего, что не входит в поле внимания.

Объем – это количество несвязанных объектов, которые могут восприниматься одновременно, ясно и отчетливо. Анализ литературы по психологии показал, что у взрослого объем зрительного внимания составляет 3–5 (редко 6) объектов. Объем слухового внимания обычно на единицу меньше. Объем внимания зависит от знакомства с материалом, заинтересованности.

Внимание привлекают сильные раздражители: громкие звуки, яркий свет и краски.

Большую роль играет непосредственный *интерес*. То, что ин-

тересно, занимательно, эмоционально насыщено, увлекательно, вызывает длительное интенсивное сосредоточение.

Для обеспечения отмеченных характеристик внимания и визуализации представляемого материала все лекции по линейной алгебре оформлены в виде презентаций. При создании слайдов были учтены психофизиологические особенности восприятия информации. Особого внимания в презентации заслуживает подбор цветов. Согласно рекомендациям специалистов-психологов использованы пары взаимодополняющих цветов: красный – зеленый, желтый – фиолетовый, синий – оранжевый. При этом основные понятия выделены красным цветом, их свойства – синим, а применение – зеленым.

Более того, для облегчения создания образа математических понятий на лекциях активно используются видеоролики, созданные в программе Macromedia Flash и прикрепленные в виде гиперссылок к понятиям на слайдах.

Как установлено психологами, удерживать внимание можно не более 15 минут, затем нужен перерыв. В связи с этим после показа и комментирования презентации в течение 15 минут студенты составляют ментальную карту, отражающую представленный за это время материал. Такая форма

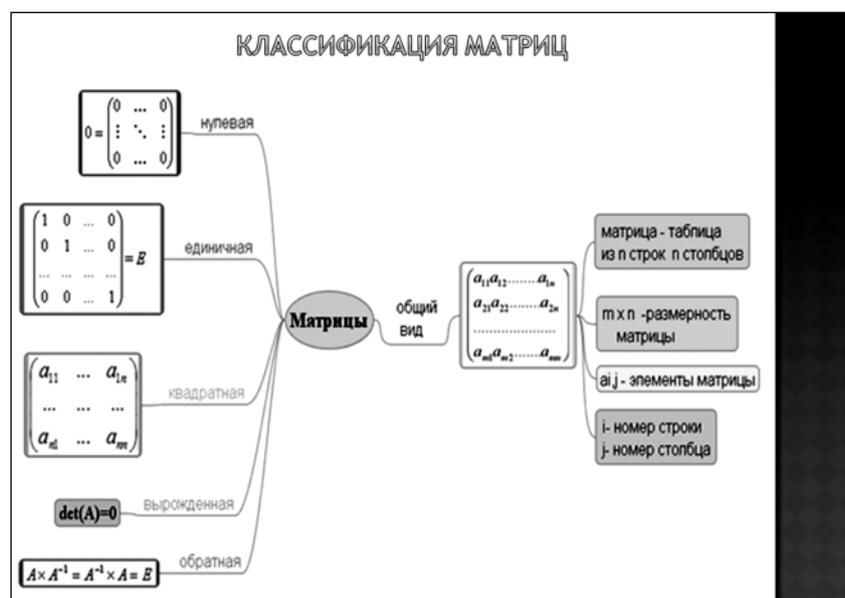


Рис. 1. Слайд-презентация лекции по линейной алгебре



Рис. 2. Слайд из презентации-лекции №1

проведения лекции позволяет привлечь и удержать внимание, учесть особенности личностных характеристик каждого обучаемого по восприятию информации, продемонстрировать связь математических понятий друг с другом и с профильными (рис. 1).

На первой лекции предлагается обсудить нахождение решения одной из задач профильного направления с целью объяснить важность и необходимость математических методов, в том числе метода математического моделирования, при решении таких задач (рис. 2).

Затем представляется ментальная карта, отображающая поэтапно математические разделы, знание которых необходимо для решения поставленной задачи. Это обеспечивает мотивацию изучения математики и целостность восприятия математического курса.

Все последующие лекции нацелены на усвоение математического материала, необходимого для решения представленной на первой лекции задачи – выявление особенностей протекания химических реакций. Для исследования всех возможных режимов протекания реакции необходимы практически все разделы математического курса в соответствии с учебной программой:

1 этап – построение математической модели химического процесса, определение числа стационарных состояний (ст.с.). Ст.с. определяются как решения системы алгебраических уравнений, получающейся из исходной системы дифференциальных уравнений путем приравнивания к нулю ее правых частей. На этом этапе требуются знания способов решения систем алгебраических уравнений, а, следовательно, и понятий «мат-

рица» и «определитель». На этом же этапе строятся зависимости ст.с. от различных параметров модели.

2 этап – определение типа ст.с. – требует умения вычислять производные заданных функций (правых частей математической модели). Производные и их свойства используются и для построения графиков функций при проведении аналитического исследования этих функций.

3 этап – построение временных зависимостей. На данном этапе необходимы умения и владение методами решения дифференциальных уравнений и вычисления интегралов.

Для повышения уровня понимания математического материала в качестве элементов ментальной карты используются картинки и компьютерные анимации, созданные в программе Macromedia Flash [4]. Они обеспечивают визуализацию абстрактных математических понятий, что способствует формированию их образов (рис. 3).

Семинары. Цель семинарских занятий – выявить суть представленных задач, наметить пути решения, обсудить возможные методы решения, провести вручную не сложные вычисления. Основной формой проведения семинарских занятий является работа в группах, а именно индивидуально-групповая работа. Практика показывает, что вместе учиться не только легче и интереснее, но и значительно эффективнее. Причем важно, что эта эффективность касается не только академических успехов студентов, их интеллектуального развития, но и нравственного. Главная идея обучения в сотрудничестве – учиться вместе, а не просто что-то выполнять вместе.

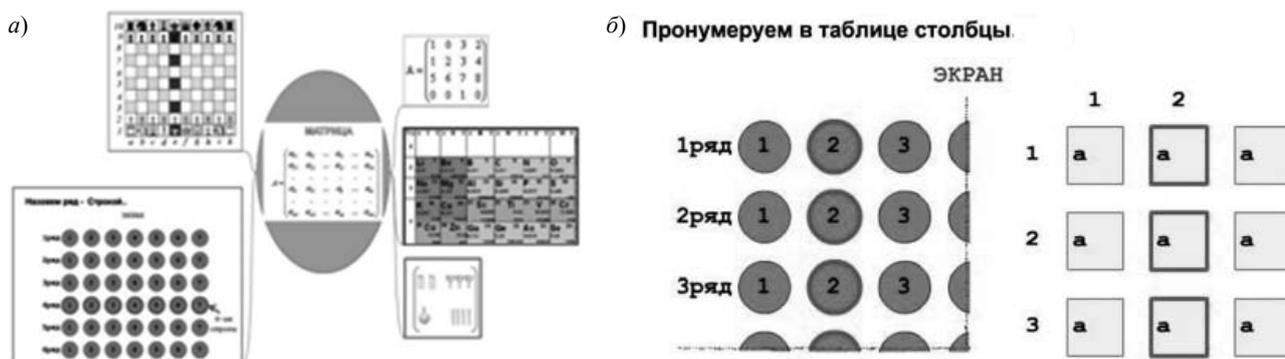


Рис. 3. Визуализация понятия «матрица»: а) примеры из жизни; б) фрагмент видеоролика

Для проведения семинаров предлагается следующая схема. Студенты разбиваются на две-три группы по уровню знаний на основе результатов проведенного тестирования. Каждой группе предлагается список задач соответствующего уровня для решения. В связи с этим построена база проблемных задач профильного направления, решение которых требует знания определенных разделов математики. Одну часть семинара каждый решает задачи самостоятельно. Далее студенты объединяются в группы и обсуждают решения. Решивший задачу объясняет ее решение тем, кто не справился с ней. За правильное решение задачи студенту ставится один балл, за объяснение студентам своей группы – 2. В конце изучения каждой темы баллы суммируются и происходят передвижки из одной группы в другую (либо в более сильную, либо в слабую). Итоговая сумма баллов влияет на получение зачета или экзаменационной оценки по математике. Основным стимулом здесь является получение определенной суммы баллов, на основании которой студент автоматически получает зачет, либо, в зависимости от суммы, соответствующую оценку за экзамен.

Ниже приведены примеры задач, решаемых на семинарах.

Пример 1. Вычислить определитель матрицы третьего порядка:

$$A = \begin{pmatrix} 5 & -6 & -3 \\ -4 & 2 & 1 \\ 2 & -1 & -4 \end{pmatrix}$$

1)
$$|A| = \begin{vmatrix} 5 & -6 & -3 \\ -4 & 2 & 1 \\ 2 & -1 & -4 \end{vmatrix} = (-40 + (-12) + (-12)) - (12 + (-5) + (-96)) = -64 - (-113) = 49$$

2)
$$|A| = 5 \cdot \begin{vmatrix} 2 & 1 \\ -1 & -4 \end{vmatrix} - 6 \cdot \begin{vmatrix} -4 & 1 \\ 2 & -4 \end{vmatrix} + (-3) \cdot \begin{vmatrix} -4 & 2 \\ 2 & -1 \end{vmatrix} = 5 \cdot (2 \cdot (-4) - 1 \cdot (-1)) - 6 \cdot ((-4) \cdot (-4) - 1 \cdot 2) + (-3) \cdot ((-4) \cdot (-1) - 2 \cdot 2) = 5 \cdot (-7) - 6 \cdot 14 + (-3) \cdot 0 = -35 + 84 = 49.$$

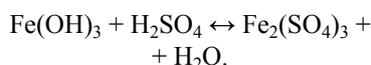
3)
$$|A| = \begin{vmatrix} 5 & -6 & -3 \\ -4 & 2 & 1 \\ 2 & -1 & -4 \end{vmatrix} = +[5x2x(-4) + (-6)x1x2 + (-3)x(-4)x(-4)] - [5x(-1)x1 + (-4)x(-6)x(-4) + (-3)x2x2] = 49$$

Студенты в группах производят вычисления, затем представляют друг другу свой способ решения, проверяют правильность полученного ответа, обсуждают способы вычисления и выявляют наиболее эффективный. Процедуру вычисления определителей матриц четвертого и более порядка следует показать для примера и предложить выполнить эти действия с помощью электронных таблиц на лабораторных занятиях.

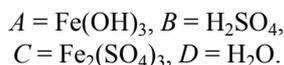
На рисунке 4 продемонстрированы представленные студентами способы вычисления (первый способ – вычисление по правилу диагоналей, второй – с помощью разложения по элементам первой строки, третий – использовано правило треугольников):

Проведенное обсуждение способов вычисления данного определителя выявило, что наиболее эффективным является первый, т.к. он легче запоминается и требует менее сложных вычислений.

Пример 2. Построить математическую модель реакции образования сульфата железа (III):



На первом шаге студенты вводят обозначения:



и переписывают схему реакции в новых обозначениях:



Далее анализируют, как изменяются концентрации веществ A ,

B и C . Вещество A расходуется в прямой стадии (поэтому перед константой скорости прямой стадии ставится «минус») вместе с веществом B (поэтому записывается произведение концентраций веществ). В обратной стадии образуется вещество A из молекул вещества C и D (поэтому пишется со знаком плюс произведение концентраций веществ C и D).

Для концентрации вещества C процесс изменения заключается в образовании вещества C в прямой стадии из веществ A и B (поэтому в уравнении перед константой скорости прямой стадии пишется знак плюс и произведение концентраций веществ A и B) и расходе вещества C в обратной стадии вместе с веществом D (перед константой скорости обратной стадии пишется знак минус и произведение концентраций вещества C и D).

В результате соответствующая математическая модель будет иметь вид:

$$\frac{dc_A}{dt} = -k_1 \cdot c_A \cdot c_B + k_{-1} c_C c_D,$$

$$\frac{dc_C}{dt} = \frac{dc_D}{dt} k_1 \cdot c_A \cdot c_B - k_{-1} c_C c_D.$$

Концентрацию вещества B студенты определяют из закона сохранения масс:

$$c_B = \text{const} - c_A - c_C = 1 - c_A - c_C.$$

Пример 3. Провести параметрический анализ автоколебательной каталитической реакции [3]:

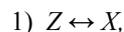


Рис. 4. Многовариантность решения задачи

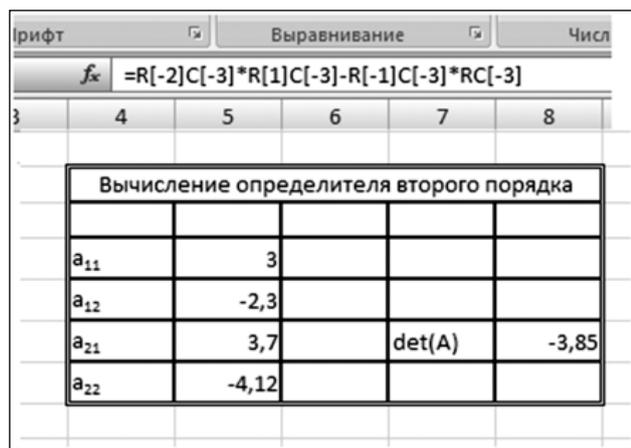


Рис. 5. Фрагмент лабораторной работы по математике

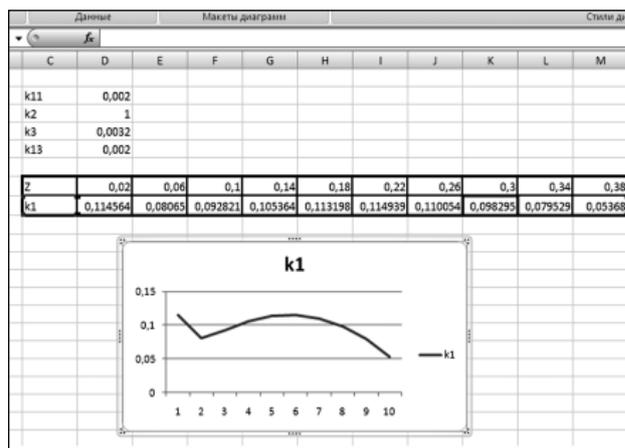


Рис. 6. Построение графика в программе Excel

$$2) X + 2Z \rightarrow 3Z,$$

$$3) 2Z \leftrightarrow 2Y.$$

Освоив ранее методы построения математических моделей, студенты без особого труда записывают модель, отвечающую данной совокупности стадий:

$$\dot{z} = k_{-1}x - k_1z + k_2xz^2 - 2k_3z^2 + 2k_{-3}y^2 = P(z, y),$$

$$\dot{y} = 2k_3z^2 - 2k_{-3}y^2 = Q(z, y),$$

где $x = 1 - y - z$, y, z – концентрации веществ X, Y, Z соответственно; $k_i > 0$ – константы скорости реакции в стадиях 1–3.

Следующий шаг – получение формул для вычисления стационарных состояний (ст.с.). Ст. с. модели определяются как решения системы двух нелинейных алгебраических уравнений $P(z, y) = Q(z, y) = 0$ [2]:

$$y = \frac{k_{-1}(1-z) - k_1z + k_2z^2(1-z)}{k_{-1} + k_2z^2} = f(z)$$

$$y = z \cdot \sqrt{k_3 / k_{-1}} = g(z),$$

Точки пересечения кривой $f(z)$ и прямой $g(z)$ и есть ст. с..

Для построения параметрических зависимостей студентам следует выделить два каких-либо параметра, например, k_1 и k_{-1} , а остальные параметры (k_2, k_3, k_{-3}) – считать фиксированными.

Выражения для $k_1(z), k_{-1}(z)$ полученные из системы выше, имеют вид:

$$k_1 = \frac{(k_{-1} + k_2z^2)(1-z) - (k_3 / k_{-3})^{1/2} (k_{-1}z + k_2z^3)}{z}$$

$$k_{-1} = \frac{k_2z^3(k_3 / k_{-3})^{1/2} + k_1z - k_2z^2(1-z)}{1-z-z \cdot (k_3 / k_{-3})^{1/2}},$$

$$0 < z < 1.$$

Действуя аналогичным образом, можно получить зависимость ст. с. от k_3 .

Таким образом, на семинарских занятиях студенты проводят несложные вычисления и выводят формулы, которые далее используются на лабораторных занятиях для построения изоклин и параметрических зависимостей с помощью компьютерных программ.

Лабораторные работы. Лабораторные работы проводятся с использованием компьютеров и программного обеспечения в зависимости от целей занятия (электронные таблицы Excel, математические и интегрированные прикладные программы MathCAD и Step, программа для построения ментальных карт FreeMind, использование электронных учебников и энциклопедии).

Электронные таблицы, как правило, используются для повышения уровня запоминания математических формул. Студенты набирают формулы, например, для вычисления определителей матриц разных порядков. Затем, подставляя конкретные значения элементов определителя, получают его значение (рис. 5).

Не менее важным является использование электронных таблиц при построении графиков функций для проверки правильности полу-

ченного аналитически с помощью производных функции графика.

Пример 4. Построить зависимость ст.с. математической модели от параметра k_1 :

$$\dot{z} = k_{-1}x - k_1z + k_2xz^2 - 2k_3z^2 + 2k_{-3}y^2 = P(z, y)$$

$$\dot{y} = 2k_3z^2 - 2k_{-3}y^2 = Q(z, y).$$

Используя полученные на семинарах формулы зависимостей студенты строят графики с помощью электронных таблиц Excel (рис. 6).

Программа MathCAD используется в тех случаях, когда математическая модель состоит более чем из двух дифференциальных уравнений.

На рис. 7 приведены примеры решения системы уравнений в программе MathCad и построения графика функции.

Среди интегрированных математико-профильных программ нами выбрана программа STEP, разработанная в Институте математики им. С.Л. Соболева СО РАН. Используемые в программе вычислительные алгоритмы учитывают возможность проявления нелинейных эффектов, которые, как правило, присутствуют в математических моделях, описывающих «нелинейные» процессы, в том числе химические и биологические (гистерезис, сильная параметрическая чувствительность, возникновение автоколебаний и т.д.).

Применение программы STEP при обучении математике студентов естественнонаучного направления позволит строить и визуализировать параметрические и

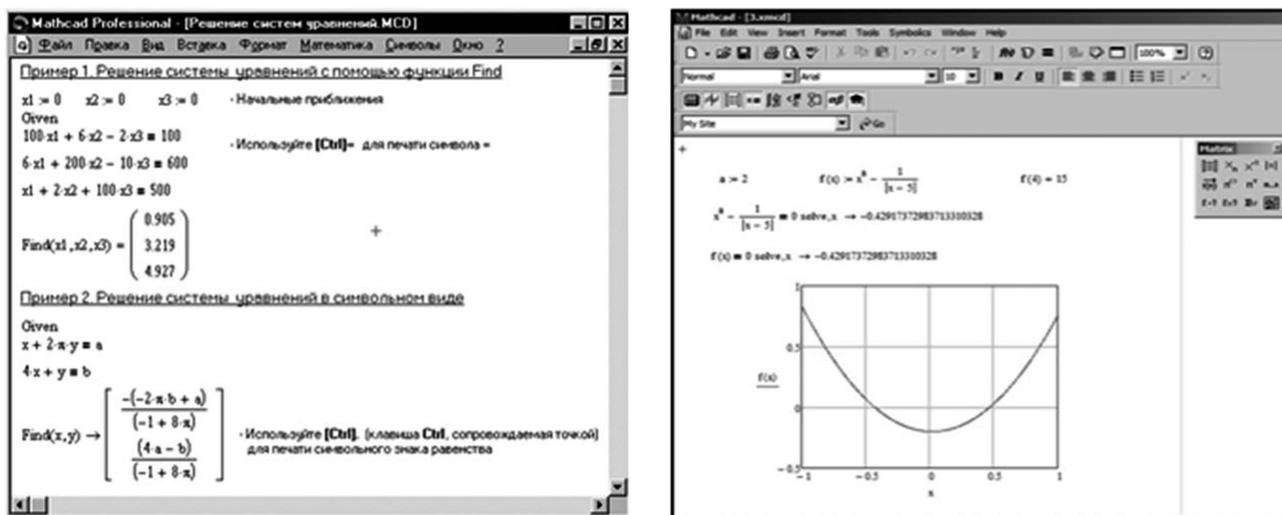


Рис.7. Пример решения системы уравнений и построения графика в программе MathCad

временные зависимости математических моделей химических и биологических процессов.

Рассмотрим пример исследования математической модели экзотермической необратимой реакции первого порядка в реакторе идеального смешения.

Имея навыки построения математических моделей простейших реакций, студенты с пониманием строят модель этой реакции, которая представляет собой систему трех обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\frac{dx_1}{d\tau} = Da \cdot \exp(\gamma(1-1/x_3))(1-x_1)(1-x_2) - x_1,$$

$$\frac{dx_2}{d\tau} = a \cdot Da \cdot \exp(\gamma(1-1/x_3))(1-x_1)(1-x_2) - x_1,$$

$$\frac{dx_3}{d\tau} = \beta \cdot Da \cdot \exp(\gamma(1-1/x_3))(1-x_1)(1-x_2) + 1 - x_3 - s(x_3 - x_3).$$

На этом этапе изучается раздел математического курса – дифференциальные уравнения. Студенты знакомятся с основными понятиями этого раздела, методами решения обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем. К этому времени уже пройдены темы дифференциальное и интегральное исчисление, имеются навыки ис-

следования математических моделей с использованием компьютерных программ.

Уравнения для построения параметрических зависимостей выводятся аналитически из уравнений системы. Задав значения параметров модели, введя уравнения в программу, студенты получают на экране графики параметрических, временных зависимостей и фазовые портреты (рис. 8).

Для повышения уровня запоминания схем вычислений студентам рекомендуется электронная энциклопедия [3]. На рис. 9 приведены фрагменты видеоролика, визуализирующие схему вычисления определителя третьего порядка.

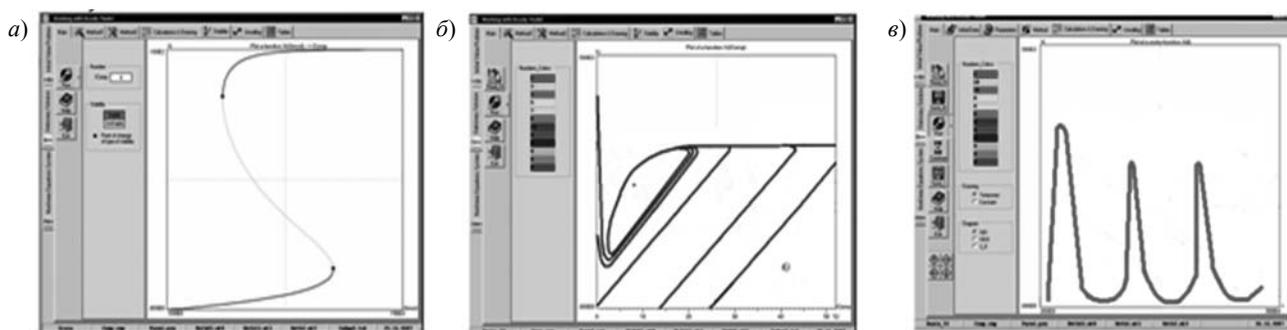


Рис. 8. Примеры полученных в программе STEP зависимостей: а) зависимость $y(Da)$, б) фазовый портрет системы, в) динамика изменения концентрации вещества y

$$\det A = |A| = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = a_{11} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix}$$

Рис. 9. Два фрагмента видеоролика энциклопедии

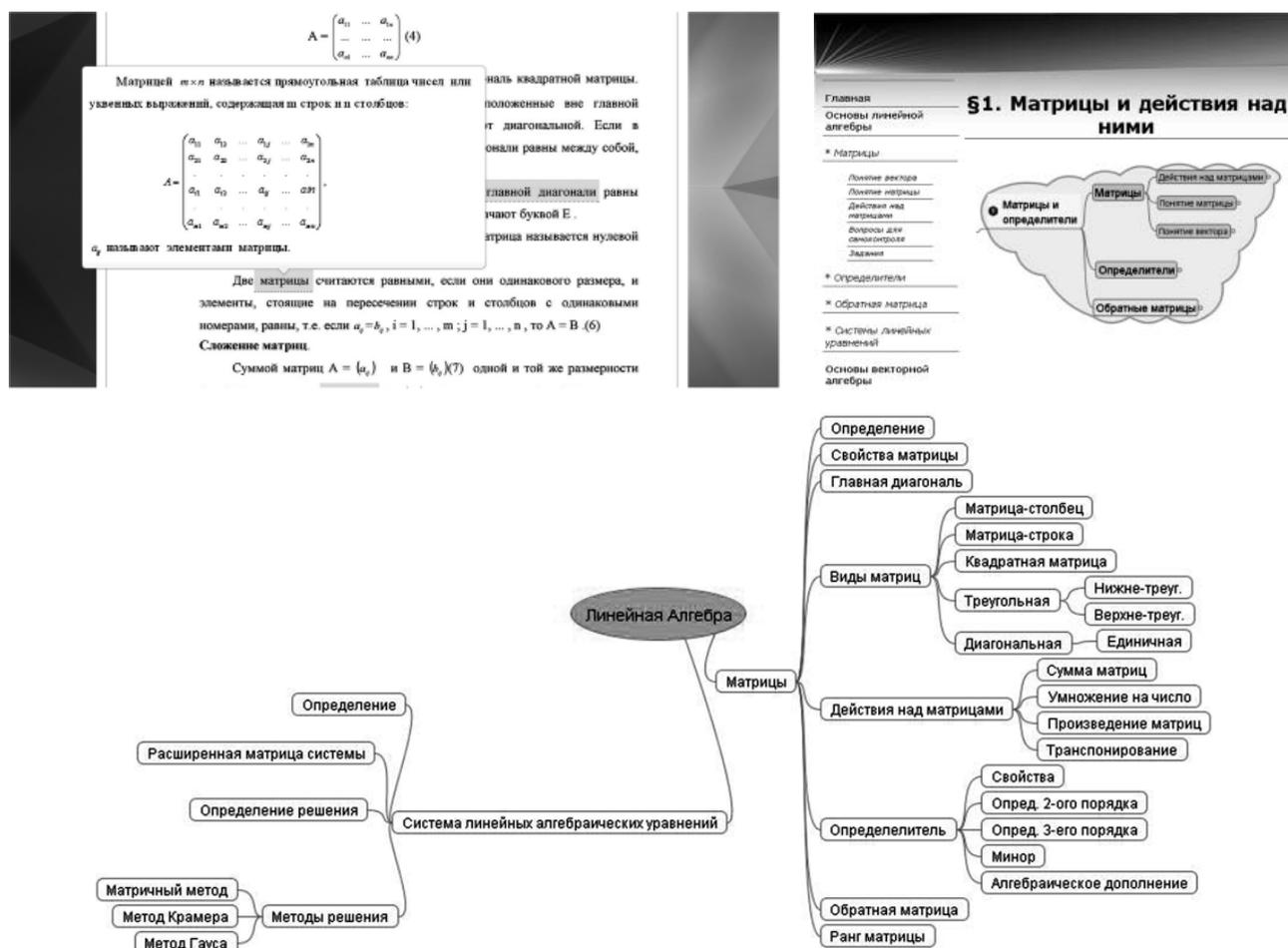


Рис. 10. Фрагменты а) учебника со всплывающими подсказками; визуализированного учебника; в) электронной энциклопедии

Построение ментальных карт с помощью программы FreeMind осуществляется в основном самостоятельно вне занятий. В начале изучения курса на лабораторных занятиях создается основа ментальной карты, которая пополняется далее студентами индивидуально по своему усмотрению [5].

Для проведения промежуточного и итогового контроля знаний по математике разработан комплекс электронных тестов. Уровень обучения математике определяется исходя из суммы баллов, полученных при прохождении тестов.

При прохождении теста студент может воспользоваться подсказками трех уровней. Подсказка первого уровня содержит определение математического понятия, на втором уровне даются свойства этого понятия, третья подсказка поясняет, как используется это понятие. Студенту стоит обращать

внимание на информацию, находящуюся в подсказках, так как это поможет наиболее полно усвоить материал.

После того как студент выполнил тест, преподаватель может посмотреть не только количество баллов, которое набрал обучающийся, но и то, какими подсказками и на каких вопросах он воспользовался.

Время для решения теста каждый преподаватель устанавливает самостоятельно, независимо от программной оболочки теста. Количество испытуемых не ограничено и зависит только от оснащённости аудитории компьютерами и выходом в Интернет.

Построенные электронные тесты используются на лабораторных занятиях и при внеаудиторной самостоятельной работе по изучению математических разделов, как в качестве тренажера, так и для проведения диа-

гностики уровня математической подготовки.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов организована на основе проектно-исследовательской методики и применении средств ИКТ. Обучаемые выполняют учебно-научные исследовательские проекты (УНИПы), представление которых в виде презентаций, буклетов и веб-сайтов осуществляется на запланированном семинаре-конференции.

Для подготовки к занятиям, во время занятий и при выполнении УНИПов студенты пользуются электронным учебником и электронной энциклопедией. Причем, учитывая, что студенты ЕНП обладают различными стилями мышления (как гуманитарным, так и математическим) им предлагается на выбор один из двух электронных учебников: визуализированный учебник на основе ментальных карт и учебник со всплывающими подсказками (рис. 10).

Вывод

Особенности применения ИКТ в учебной математической деятельности будущих педагогов-бакалавров ЕНП определяются особенностями обучения их математике. В связи с этим следует выделить два аспекта. Первый связан с высоким уровнем абстрактности математической информации, что затрудняет изучение математики студентами естественнонаучного профиля, большинство из которых имеет гуманитарный склад ума. Второй за-

ключается в том, что в условиях глобальной информатизации будущий учитель естественнонаучных дисциплин должен уметь использовать в своей профессиональной деятельности различные программные продукты, в том числе математические и интегрированные программы.

Решение первой проблемы достигается за счет применения средств ИКТ для статической и динамической визуализации математической информации и знаний.

Применение математических и интегрированных (математи-

ко-профильных) компьютерных программ, создание учебно-методических ресурсов нового поколения, учитывающих особенности когнитивных способностей обучаемых, на основе средств ИКТ обеспечивает решение второй проблемы.

Важно отметить, что используемые средства ИКТ не должны превращать студентов в пассивных наблюдателей, т.е. результат их применения должен быть итогом мыслительной деятельности обучаемых.

Литература

1. *Пушкарева Т.П.* Научно-методические основы обучения математике будущих учителей естествознания с позиций информационного подхода: монография. Красноярск: РИО КГПУ, 2013. – 265 с.
2. *Пак Н.И., Пушкарева Т.П.* Принципы математической подготовки студентов с позиций информационной модели мышления // *Открытое образование*. – 2012. – № 5(94). – С. 4–11.
3. *Пушкарева, Т.П., Перегудов А.В.* Математическое моделирование химических процессов : учеб.-метод. пособие. – Красноярск, 2011. – 116 с.
4. *Пушкарева Т.П., Калинина В.В.* Визуализация математической информации // Омский межвузовский сборник научных трудов «Математика и информатика: наука и образование». – 2010. – № 9. – С. 100–104.
5. *Пушкарева, Т.П.* Применение карт знаний для систематизации математической информации // *Мир науки, культуры, образования*. – 2011. – № 2 (27). – С. 139–144.

Методологические проблемы e-Learning дидактики

Статья посвящена обсуждению методологических проблем электронного обучения, дидактическим вопросам использования перспективных сетевых и интернет технологий для создания обучающих систем и тренажеров, основанных на методологических принципах неклассической и постнеклассической психологии и педагогики.

Ключевые слова: обучающие среды, e-дидактика, неклассическая психология и педагогика, облачные технологии, ориентирующее обучение, интернет вещей.

METHODOLOGICAL PROBLEMS OF E-LEARNING DIDACTICS

The article is devoted to the discussion of the methodological problems of e-learning, didactic issues the use of advanced networking and Internet technologies to create training systems and simulators based on the methodological principles of non-classical and post-non-classical psychology and pedagogy.

Keywords: learning environment, e-didactics, non-classical psychology and pedagogy, cloud computing, orienting, training, Internet of Things.

1. Введение

Современные компьютерные технологии моделирования, обработки и передачи информации позволяют реализовать практически любые дидактические идеи, возникающие и используемые в традиционном обучении. Это привлекает в сферу электронного образования широкий круг специалистов и энтузиастов, искренне верящих в возможность появления и реализации принципиально новых, эффективных методов обучения. Вера инженеров в силу технологии служит катализатором создания новых классов обучающих систем и машин. Считается, что в перспективе они смогут заменить труд преподавателей во всех существенных отношениях, включая педагогическую коммуникацию. Однако эта точка зрения не подтверждена практикой. Имеются свидетельства о довольно низкой эффективности существующих компьютерных обучающих систем и тренажеров. Поговаривают даже о существовании перманентного кризиса e-обучения, который связывают с

проблемами электронной дидактики (e-дидактики), понимаемой как совокупность принципов, методов и закономерностей обучения с применением технических средств обучения и коммуникации [1].

Существующие варианты обучающих программ и тренажеров воспроизводят механистические, построенные на бихевиоризме, модели обучения, которые плохо работают в системах высшего и специального образования, в массовой профессиональной подготовке. Несмотря на это, в последнее десятилетие наблюдается ренессанс методологии и технологий программированного обучения, пик популярности которого, пришелся на 70-е годы прошлого века. Не менее популярно в среде современных педагогов и обучение с помощью компьютеров используемых как источники мультимедийного контента. Корни этого интереса на наш взгляд лежат в идеологической близости e-дидактики с технологиями программирования. Их объединяют формально-алгоритмический подход и использование классических иерархических сис-

темных моделей на базе логических и причинно-следственных связей и отношений в среде обучения. Это привлекает массы инженеров и программистов в сферу электронного обучения. Административно-командный характер современной системы образования также способствует распространению взглядов на обучение как форму и технологию программирования учеников, что сближает позиции педагогов, инженеров и программистов, создавая благоприятную среду для массового творчества в области обучающих компьютерных программ и технологий.

Суть программированного обучения состоит в последовательном предъявлении ученикам порций структурированной мультимодальной (главным образом аудиовизуальной) учебной информации с последующим контролем её усвоения по результатам выбора правильного варианта ответа из нескольких предложенных [2]. Выделяют два варианта данной технологии. Первый связан с линейными последовательными шагами учебного процесса (Б. Скиннер), а второй с



Сергей Федорович Сергеев,
д.псих.н., профессор
 Тел.: (911) 995-09-29
 Эл. почта: ssfpost@mail.ru
 Санкт-Петербургский
 государственный университет,
 Санкт-Петербургский
 государственный политехнический
 университет
www.spbu.ru; www.spbstu.ru

Sergey F. Sergeev,
Doctor of Psychology Science, Professor
 Tel.: (911) 995-0929
 E-mail: ssfpost@mail.ru
 Saint Petersburg State University,
 Saint Petersburg State
 Polytechnical University
www.spbu.ru; www.spbstu.ru

разветвленными программами, допускающими древовидную форму обучающей программы с ответвлениями, учитывающими трудность задач и успехи обучаемого (Н. Краудер). Всеобщая компьютерная грамотность и доступность пакетов и оболочек обучающих программ делают программированное обучение самым популярным направлением е-обучения. Однако используемые в нем методы эффективны лишь при решении ограниченного класса задач, связанных с изучением структурированной информации. При этом игнорируются свойства и механизмы действующей когнитивной организации человека, использующей механизмы ориентации и социального коммуникативного обучения [3].

Сложное и часто отрицательное отношение к обучению с помощью машин высказывали многие представители западной психологической науки, столкнувшиеся с идеей программированного обучения (И. Грин, Р. Гудмен, Г. Кельбер, Л. Куфиньяль, Л. Леин, Э. Лабэн, К. и М. Смит, С. Стамболиева, Э. Флеминг, В. Шрамм и др.). Они интуитивно понимали всю сложность данной проблемы и видели ограничения, создаваемые алгоритмическим подходом в обучении.

Общая критика программированного обучения сводилась к следующему:

- программированное обучение не использует положительных сторон группового обучения;
- оно не способствует развитию инициативы учащихся, поскольку программа как бы все время ведет его за руку;
- с помощью программированного обучения можно обучить лишь простому материалу;
- теория обучения, основанная на подкреплении, хуже, чем основанная на интеллектуальной гимнастике;
- программированное обучение не революционно, а консервативно, так как оно книжное и вербальное;
- программированное обучение игнорирует достижения психологии, изучающей структуру деятельности мозга и динамику усвоения знаний;

– программированное обучение не дает возможности получить целостную картину об изучаемом предмете и представляет собой «фрагментарное обучение» [2, С. 15].

Основные проблемы тренажеростроения и автоматизированного обучения связаны скорее с нерешенностью психолого-педагогических и методических вопросов использования сред обучения, нежели с отсутствием инженерных решений и технологий моделирования. Появившиеся в последнее десятилетие возможности создания высокоточных имитаций среды профессиональной деятельности, о чем многие годы мечтали тренажеростроители, не привели к появлению высокоэффективных тренажеров. Этому препятствует наблюдаемый в сложных обучающих средах эффект методической избыточности среды обучения, ведущий к появлению неопределенности в выборе и логике постановки учебных задач и целей. Например, моделирующая среда современного авиационного тренажера позволяет полностью моделировать все условия полета и работу систем управления самолетом, однако никому не придет в голову обучать новичков в процессе непосредственной деятельности на тренажере, так как большой объем полетной информации вызывает у них информационный шок препятствующий дальнейшему обучению. Выбор и содержательное наполнение методики обучения становится важным элементом квалификации инструктора. Именно методическая компонента обучения в искусственных средах обучения слабо разработана в научном плане. Сейчас это скорее форма искусства, нежели научно обоснованная практика.

Слабая разработанность темы е-дидактики, главными вопросами которой являются: выбор технологий и средств обучения, решение проблемы моделирования учебной коммуникации и создание обучающей среды, обусловлена сложностью и междисциплинарностью проблемы обучения человека, в которой сплетены в единое целое все формы естественнонаучного и гуманитарного знания.

В последнее время наблюдается некоторый прогресс в области создания искусственных сред обучения благодаря работам представителей средоориентированного подхода к обучению (Г.Ю. Беляев, С.Д. Дерябо, В.М. Дрофа, Н.Б. Крылова, Ю.С. Мануйлов, В.И. Панов, В.А. Ясвин, и др.). Их работы, отражающие классический инструментальный подход, в котором среда является независимой от наблюдателя конструируемой сущностью, стали основой популярной в начальном школьном обучении и тренажеростроении ветвью е-дидактики. Последовавшая критика со стороны практиков (Г.Л. Коротеев, В.Н. Соколов), связанная с умозрительным и искусственным характером возникающих когнитивных моделей обучения послужила в дальнейшем появлению и развитию неклассических моделей средоориентированного подхода (С.Ф. Сергеев).

Следует отметить, что традиционные взгляды на обучающую среду как специально организованную часть предметного и социального мира (среда обучающей системы) не конструктивны при обучении специалистов высокого класса, где особую роль играют качество и эффективность формируемого профессионального опыта.

Вместе с тем новые информационные технологии имеют значительный потенциал для реализации методологии обучающих иммерсивных сред [4], что позволяет создавать средоориентированные тренажеры операторов сложных эргатических систем [5]. Теоретико-методологическому обоснованию возможности внедрения новых информационных технологий в практику проектирования обучающих систем содержательно и методически реализованных на базе положений постнеклассической педагогики и инженерной психологии посвящена настоящая статья.

2. Классическая е-дидактика: теоретическая база

Основные вопросы, рассматриваемые во всех вариантах педагогического знания, связаны с ре-

шением проблемы эффективного управления учебным процессом. При этом делается акцент на обеспечении взаимодействия между преподавателями и учениками, активными элементами обучающей среды и ее обучающим контентом, образовательной средой и личностно-мотивационной и когнитивной сферами учеников. Наблюдаются даже попытки постановки задачи полной автоматизации всех функций преподавателя [6]. Несмотря на радикальность и, в известной мере, утопический характер в постановке и решении данной задачи, поиск сущности феномена обучения в деятельности преподавателя, несомненно, является правильным направлением е-дидактики. Решение возникающего при этом комплекса вопросов оказывает стимулирующее влияние на выбор технологий, методов и средств обучения, в том числе использующих компьютерные технологии.

Дидактическое содержание определяет внешнюю предметно-активную часть процесса обучения и ассоциируется для нас с информационно-материальными ресурсами, реализующими педагогические воздействия. Внутренняя часть, определяемая индивидуально-психологическими и личностными качествами ученика, отражает субъектно-активную часть обучающей среды [7]. Эффективное объединение данных ресурсов в рамках единой среды обучения, формирующей индивидуальные обучающие среды учеников, и является главной задачей педагогической науки и е-обучения в частности.

Классические модели обучения в виде дидактического треугольника, включающего ученика, учителя и учебное содержание, отражают ряд широко используемых в педагогике дидактических принципов, которые рассматривают в качестве главного активного элемента среды обучения преподавателя, реализующего методику обучения. Ученик в известной мере пассивен и является субъектом педагогического воздействия. Именно отношения педагога и ученика определяют качество педагогического процесса. Следовательно, по мнению проек-

тировщиков электронных систем обучения и тренажеров, для того, чтобы создать эффективную систему е-обучения достаточно с помощью технологии смоделировать рабочую среду, функции и логику действий педагога. Это во многом спорное с точки зрения психологии и педагогической психологии предположение широко тиражируется в инженерно-педагогической среде и является основой е-дидактики – комплексной дисциплины о методах обучения в новой педагогической реальности века технологий. М.А. Чошанов определяет е-дидактику как «науку, искусство и инженерию обучения» [8, С. 692]. Им вводится понятие дидактической инженерии, которая «концентрируется на детальном конструировании учебных процессов и содержит шаги по анализу, разработке и конструированию обучающих продуктов и их использованию в образовательном процессе» [8, С. 694]. Однако основная проблема такого подхода заключается в том, что он отражает в рамках классической рациональности инженерное понимание обучения как управляемого извне информационного процесса, связанного с передачей знаний рассматриваемых в виде порций структурированной информации. Это противоречит современным научным данным из области обучения человека, в соответствии с которыми процесс научения носит коммуникационную, ориентирующую ученика в зоне учебного содержания, природу [9]. При этом категории «знание» и «обучение» отражают процессы самоорганизации когнитивной системы человека в обучающей среде [10], а используемые в е-дидактике классические определения знаний излишне механистичны, метафизичны и метафоричны.

Психологическим базисом программированного обучения является бихевиоризм (Д. Локк, Б. Скиннер, Э. Торндайк, Д. Уотсон) являющийся поведенческой концепцией реализующей формулу научения «стимул – реакция – подкрепление». В данной теории игнорируется роль человеческого сознания в процессе обучения. Процедура обучения

превращается в многократное повторение изучаемого материала разделенного на мелкие порции информации, подлежащие механическому усвоению.

Дидактику машинного обучения в советской психологии и педагогике связывают с идеями Л. Н. Ланды, который в отличие от классических поведенческих схем в обучении (бихевиоризм) рассматривает алгоритмическое управление не только внешними, но и внутренними (умственными процессами) [11]. В 1976 году Ланда переехал в США, где его подход был назван ландаматикой. Целью данной дисциплины являлось формирование у учащихся «мыслительных процессов с заданными свойствами». По мнению Ланды алгоритмизация обучения ведет к созданию умственных алгоритмов, «правильному мышлению», что полезно при обучении детей с дефектами мышления и умственно отсталых. Ландаматика, несмотря на важность многих поднятых в ней проблем обучения, все же не ушла от представлений об обучении как алгоритмическом процессе, протекающем на всех уровнях психической и физической организации человека.

Среди классиков отечественной психологии обучения и дидактики программированного обучения следует отметить Н.Ф. Талызину и П.Я. Гальперина, работы которых связаны с теорией поэтапного формирования умственных действий [12]. В данной теории развиваются идеи о принципиальной общности внутренней психической и внешней физической деятельности человека. Умственное развитие человека и усвоение знаний и умений, по мнению авторов, происходят путем интериоризации, переходом внешней деятельности во внутренний умственный план. Декларируется этапность усвоения учебного опыта от ознакомления с действием, ориентировкой, мотивацией до этапа автоматизированного действия. Основной проблемой данного подхода является попытка управления обучением на основе формальной теоретической схемы, которую трудно применить в конкретных условиях е-обучения.

Идеи Талызиной и Гальперина на новом научно-методологическом базисе могут быть развиты на основе исследований А. Клерманса (А. Cleeremans), который, обосновывая выдвинутый им тезис «радикальной пластичности», пришел к выводу, что сознательное и бессознательное познания коренятся в одном и том же наборе взаимодействующих механизмов репрезентативных систем [13], а следовательно могут формироваться похожими методами в том числе и без привлечения ресурсов сознания. Однако определить скрытое знание не представляется возможным по методическим причинам. Ставится проблема эксплицитного и имплицитного знания. Эксплицитное знание относится к сознательному опыту субъекта и может быть выражено им в терминах сознательного опыта с использованием терминов: «видеть», «помнить», «понимать». Имплицитное знание, напротив, обнаруживается при выполнении заданий без всякого осознания факта его применения. Оно проявляется без участия внимания и обнаруживается в опосредованной косвенной форме. Термины «эксплицитный» и «имплицитный» довольно близки по значению с терминами «сознательный» и «бессознательный», и в силу этого две эти пары терминов могут быть взаимозаменяемы. Принятие положений рассматриваемой концепции добавляет к концепции поэтапного формирования умственных действий стадии формирования имплицитного знания.

В исследовании А.Н. Печникова с соавторами [6] сделана попытка уйти от проблем, порождаемых классическим подходом к компьютерным системам обучения. Правда, сделано это было с использованием именно классических представлений об обучении как процессе реализующем управление обучением. Вместе с тем авторы попытались ввести в свои рассуждения элементы новизны, что выразилось в привлечении понятий активной и пассивной обучающих систем. Процессы самоорганизации в таких системах были очерчены схематично. Ска-

залось настороженное внимание педагогов, воспитанных в рамках классических методологических схем, к системам, обладающим большой долей неопределенности и управляемых лишь частично. Тем не менее, в результате работы были сделаны вполне ожидаемые выводы. Показано, что существующие компьютерные обучающие системы способны реализовать только весьма ограниченный перечень функций обучения. Необходима разработка новой методологии проектирования процессов электронного обучения и компьютерных технологий обучения. Отмечена «насушенная потребность в автоматизации функций преподавателя по управлению учебной деятельностью обучающихся» [6, С. 443].

Модные в настоящее время течения классической дидактики, реализующие концепции адаптивного обучения (Л.В. Зайцева, С.В. Тархов, Ю.А. Павличенко, Н.Д. Хатьков, В.А. Разыграева, А.В. Лямин, В.Н. Соколов, Г.Л. Коротеев и др.) сталкиваются с неразработанностью вопросов связи измеряемых свойств организма человека с эффективностью обучения. Возникает вариант не имеющей по настоящее время решения проблемы психофизиологического параллелизма. Психофизиологические методы и индикаторы состояния ученика довольно слабо связаны с эффективностью обучения. Однако это не останавливает разработчиков адаптивных систем обучения. Так в одном исследовании утверждается, что наиболее информативными параметрами для оценки влияния обучающего воздействия могут служить показатели вариабельности сердечного ритма: частота сердечных сокращений, индекс напряжения, индекс вагосимпатического взаимодействия, индекс централизации. Предполагается, что это позволяет оценить влияние обучающего воздействия на организм студента. Это в значительной мере упрощенная и механистическая точка зрения на обучение, которое является феноменом, отражающим изменения в сложной системе, действующей в рамках своего опыта.

Переход к компьютеризированному обучению в настоящее время обусловлен спецификой массового обучения в информационном мире. Скорость появления актуальных знаний опережает возможности систем образования по их ассимиляции. Возникают проблемы подготовки и переподготовки квалифицированных педагогических кадров, которые после окончания высшего учебного заведения становятся носителями уже устаревшего знания. И замена педагога как «носителя устаревающего знания» посредством машины на первый взгляд кажется вполне логичной.

Наблюдаемая в эволюции глобальной техногенной среды тенденция к тотальному охвату всепроникающими компьютерными технологиями всех сфер жизнедеятельности человека, в том числе и сферы образования, требует адекватных ответов со стороны создателей систем обучения и тренажеров. Необходим переход от моделей локального информирующего обучения к сетевому диалоговому обучению. Это возможно только при использовании представлений об обучающей системе как сложной коммуникационной системе порождающей обучающую среду.

3. Е-дидактика на основе теории иммерсивных обучающих сред

Эволюция взглядов на человека как на активную когнитивно-деятельностную систему, осуществляющую познание и освоение мира путем конструирования полезной для выживания модели физической и социальной реальности, стало следствием философской и естественнонаучной рефлексии второй половины XX века. Ее источниками стали успехи в области развития неклассических системных представлений о самоорганизующихся системах. К ним относятся системы аутопоэтического типа (У. Матурана, Ф. Варела), кибернетика второго порядка (Х. Фёрстер) и синергетические взгляды на функционирование систем организованной сложнос-

ти (В.И. Аршинов, В.Г. Буданов, Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий, И.Р. Пригожин, Г. Хакен и др.). Добавим к этому успехи в области эпистемологии, ставшей философским обоснованием методологии конструктивизма (Д. Вико, Э. Глазерсфельд, В.А. Лекторский, С.А. Цоколов), послужившей основой неклассической и постнеклассической когнитивной педагогики [14,15].

Базовым понятием в постклассических представлениях педагогики и педагогической психологии служит понятие иммерсивной обучающей среды, под которой понимается системный самоорганизующийся конструкт, проявляющийся в виде динамического процесса в субъекте обучения вовлекающего в свою структуру самые разнообразные элементы внешнего и/или внутреннего окружения с целью обеспечения аутопоэзиса организма, стабильности личности, непрерывности её истории. Основные свойства иммерсивной обучающей среды отражены в понятиях: избыточность, наблюдаемость, доступность когнитивному опыту (конструируемость), насыщенность, пластичность, внесубъектная пространственная локализация, автономность существования, синхронизируемость, векторность, целостность, мотивогенность, иммерсивность, присутствие, интерактивность [16]. Научение в иммерсивных средах можно рассматривать как изменение через опыт в среде способа поддержания циклической организации организма обучающегося, что ведёт к изменению его области взаимодействий. Обучение в среде связано с логикой развития и деятельностью организма как аутопоэтической системы, реализующей конструирование, сохранение и историческое развитие личности и биологической структуры организма, обеспечивающей его жизнедеятельность в среде опыта.

Отметим, что в тренажеростроении и компьютерных обучающих системах массовой подготовки в настоящее время начинают доминировать конструктивистские представления о сложности и сложных системах в обучении, пришедшие

на смену логическим, теоретико-информационным и алгоритмическим концепциям классического системного подхода в педагогике. Можно говорить о переходе е-обучения к моделям «сложного обучения». Однако существующих дидактических методов и средств, реализующих такое обучение явно не достаточно.

Категории «сложность» и «сложные системы» давно являются объектами внимания философии, науки и технологии [17]. Их понятийный состав отражен в исследованиях ведущих отечественных и зарубежных ученых, работающих в рамках концептуальных представлений радикального и эпистемологического конструктивизма [18,19].

Подход к тренажерам как сложным системам требует от проектировщиков нового понимания, что среда и система являются взаимодополняющими понятиями, и рассмотрение сложных систем вне среды их существования невозможно. Среда является, в сущности, внешней частью системы и во многом определяет ее поведение. Можно говорить о наличии исчезающего контроля в континууме «среда-система». Чем сложнее среда и выделенная в ней система, тем неопределеннее прогноз их взаимного сосуществования. Это ведет к априорной неопределенности поведения сложной системы, что естественно не нравится ее создателям, желающим контролировать все ее функции.

Основные проблемы, возникающие при проектировании сложных эргатических систем, связаны с так называемым процессом выделения системы из среды, которая является в сущности одним из полюсов континуума простота-сложность [20]. Среда представляет собой множество неоднородностей, выделение которых из среды позволяет интерпретировать их как систему. Система возникает в результате проведения операции различения, обозначения ее границ и описания свойств среды, существующей в рамках выделенной границы. Эти операции выполняются когнитивным аппаратом

человеческого мозга и принципиально содержат ряд ограничений связанных с его работой.

Неклассические и постнеклассические представления, положенные в основание методологии проектирования тренажеров сложных эргатических систем и сред, основаны на синергетических и конструктивистских моделях обучения, рассматривающих процессы самоорганизации и развития сложных систем и сред.

Методологической основой обучения в сложных средах является когнитивная педагогика. В ней, по аналогии с классической педагогикой, человек рассматривается как познающая мир система, но в неклассических представлениях это система самоорганизующаяся в пределах своего опыта, а в постнеклассических – саморазвивающаяся, историческая система аутопоэтического типа, испытывающая ориентирующее влияние со стороны учебной коммуникации, возникающей в обучающей среде.

Тренажер, в соответствии с излагаемой концепцией, создает среду обучения, которая взаимодействуя с психофизиологической системой ученика, создает в последнем особую форму психической реальности – *обучающую среду*. Именно в ней и происходит консолидация и приобретение нового опыта (обучение). Необходимо отличать среду обучения от обучающей среды. Последняя категория является индивидуальным конструктом, отражающим свойства психофизиологической системы человека в процессе обучения. Свойства обучающей среды являются определяющими для получения обучающего эффекта [4]. На свойства обучающей среды влияет множество личностных и ситуативных факторов связанных с особенностями участников учебной коммуникации и среды и ситуации обучения. Это, например, стили обучения [21], когнитивные стили и интеллект [22], особенности личности и ее мотивационной сферы. Однако практическое использование в проектировании обучающих систем знаний психодиагностики сталкивается с научной отсталос-

тью используемых концептуальных и измерительных средств. Следует признать, что существующие технологии использования психологического знания в процессах автоматизации учебного процесса малоэффективны.

Это связано с тем, что большинство современных компьютерных обучающих систем и тренажеров используют технологии обучения в искусственных средах, создаваемых моделирующими системами. При этом методическое обеспечение, определяющее формы взаимодействия участников учебного процесса, базируется на моделях информационного обмена между участниками процесса обучения. Однако это довольно грубые представления, не учитывающие ориентирующую и конструктивную сущность обучения человека. Более адекватные средоориентированные модели, довольно редко используются в классическом компьютеризированном обучении. Рассмотрим их основные черты и свойства для оценки перспектив применения в е-обучении.

4. Обучающая коммуникация

Роль общения в педагогике известна давно и является общим местом во многих педагогических теориях. Общение в силу этимологии этого слова предполагает создание некоторой общности (системы) между общающимися, в которой происходит их взаимообогащение и развитие. А.А. Леонтьев определяет педагогическое общение как «профессиональное общение преподавателя с учащимися на уроке и вне его (в процессе обучения и воспитания), имеющее определенные педагогические функции и направленное (если оно полноценное и оптимальное) на создание благоприятного психологического климата, а также на другого рода психологическую оптимизацию учебной деятельности и отношений между педагогом и учащимся внутри ученического коллектива» [23, С. 3]. Общение, по мнению Леонтьева, это «процесс или процессы, осуществляющиеся внутри

определенной социальной общности – группы, коллектива, общества в целом, процессы, по своей сущности не межиндивидуальные, а социальные. Они возникают в силу общественной потребности, общественной необходимости» [23].

Е.Н. Князева раскрывает с позиции эпистемологической эпистемологии в рамках понятия коммуникационная сложность следующие свойства коммуникации как сложной самоорганизующейся системы:

- эволюционное происхождение;
- гибкость, флексибельность;
- связанность с действием, творящим мир;
- сложность познания, выраженная в различных формах самоорганизации, кооперативного и когерентного поведения;
- это феномен, характерный для сложных адаптивных систем;
- это феномен взаимной знаковой деятельности, в которой происходит полагание и творение друг друга;
- интересубъектность в процессе коммуникации: энантивизм, партиципационное производство смыслов;
- ее распределенная телесность;
- эмпатийность [24].

Рассматриваемый феномен педагогического общения, несмотря на его достаточно широкий, в известной мере, философский характер, в современной «компьютерной» педагогике интерпретируется в большинстве случаев как некоторый локальный, коммуникационный феномен, заключающийся в обмене информацией и знаниями ученика с управляемым программой контентом обучающей системы. Это достаточно примитивный взгляд, резко снижающий возможности е-обучения. Но зато он технологичен, понятен и близок инженерным кругам проектировщиков обучающих систем. В силу этого в е-дидактике популярны именно информационные модели общения, отражаемые более узким по значению термином «коммуникация». Однако следует помнить об их ограниченном характере, скрывающем истинную сложность механизмов научения.

5. Концепция ориентирующей кооперации

Для объяснения процессов обучения в сложных операционально-замкнутых самоорганизующихся системах, к которым относится человек, предложена обобщенная модель ориентирующей кооперации, в соответствии с которой коммуникационная ориентация является основным механизмом научения в живой системе [3]. При этом коммуникация рассматривается как социальная аутопоэтическая система, включающая в состав своих элементов участников коммуникации, которые начинают играть свои роли в соответствии с формируемыми в данной системе смыслами. Коммуникация является автореферентной системой. Это означает, что смыслы порождаются самой системой и не могут быть привнесены в нее извне без потери ее автономного статуса. Основные положения концепции ориентирующей кооперации могут быть изложены в следующих тезисах:

Мозг является физической системой аутопоэтического типа способной вместе с сенсомоторными системами человека создавать и поддерживать целостность генерируемого в нем психического содержания в форме субъективного мира с действующим в нем субъектом, получающим сознательный опыт в процессе создания цепей ориентирующих отношений в рекурсивных циклах самовоспроизводства и коммуникации.

Человек посредством ориентирующей коммуникации непрерывно ассимилирует в структуры своего конструирующего опыта оцениваемые им как позитивные аспекты интерактивных контактов перцептивных систем с миром, дающие субъекту потенциал для самосохранения и продолжения биологической и социальной эволюции.

В процессе обучения возникают связанные друг с другом циклы обработки информации и циклы формирования инструментов для обработки информации. Идет непрерывный на всех временных уровнях процесс поиска и создания

эффективных когнитивных инструментов позволяющих познавать мир в русле создания личной истории человека.

Обучение есть вмешательство в процессы порождения опыта и когнитивных инструментов посредством коммуникационной ориентации субъекта и внедрения соответствующей информации.

Самообучение человека строится на основе рефлексивной самоориентации, протекающей в форме процесса внутренней коммуникации субъекта с самим собой и своим внутренним миром. Сознание при этом является инструментом социальной и эго коммуникации, вовлекающим человека в процессы аутопоэзиса своего Я.

Знание как результат педагогического процесса формируется на психологическом и нейробиологическом уровнях и является системным, неотделимым от человека свойством его психобиологической организации, воплощенным в нее.

Субъект работает со своим субъективным миром посредством обмена и интерпретации циркулирующей в нем информации, а мозг работает с физическим миром посредством фиксации изменений, возникающих на входах перцептивных систем [3].

В соответствии с концепцией ориентирующей кооперации обучающие системы являются системами, организующими и поддерживающими информационную среду в виде динамической системы, в которой проходят процессы коммуникации ориентирующие когнитивные и личностные механизмы ученика в зоне учебного содержания направленного на порождение (конструирование) учебного результата. В процессе ориентирующей педагогической коммуникации возникает метасистема, обеспечивающая направленные изменения в когнитивной и личностной сферах ученика. Отметим, что такие метасистемы возникают на время течения любой коммуникации.

Спецификой обучающей коммуникационной метасистемы является ее направленность на получение педагогического результата. Роль преподавателя заключается

в поддержании вектора обучающей коммуникации в направлении обеспечения обучающего эффекта. Заметим при этом, что педагог создает условия для возникновения обучающей коммуникации и в этом он самостоятелен. Однако при реализации коммуникации его свобода и активность ограничены свойствами и механизмами самоорганизации, возникающими и действующими в конкретной учебной ситуации.

6. Перспективные технологии ориентирующего обучения

Реализация рассмотренных выше методологических аспектов неклассической е-дидактики в средоориентированном подходе возможна (хотя и частично) при использовании современных информационных технологий. К числу перспективных для электронного обучения можно отнести сетевые и облачные технологии, позволяющие создать гибкие информационные иммерсивные среды.

Термин «облачные вычисления» (Cloud Computing) обозначает сервисы, поддерживающие приложения, размещенные на удаленных серверах. Поскольку обучение есть рекурсивная коммуникационная ориентация ученика в учебном контексте, а облачные технологии позволяют осуществлять эту ориентацию независимо от природы информации, местоположения и времени участников информационного взаимодействия, то очевидно, что облачные сервисы могут расширить возможности тренажеров и обучающих систем. Среда обучения должна обеспечить существование дискурсного пространства для свободного обмена знаниями.

По мнению И.Н. Голицыной и А.Н. Афзаловой облачные технологии в Интернете могут обеспечить оптимальную на сегодня инфраструктуру образовательного пространства, так как они позволяют представить образование как информационную услугу, создаваемую путем кооперации множества разработчиков, теоретиков и практиков образования [25].

Облачные сервисы позволяют организовать сетевое обучение в рамках единой виртуальной среды, предоставляющей образовательные услуги широкому кругу распределенных территориально пользователей.

Облачные технологии в ближайшем будущем могут стать основным технологическим элементом систем образования и профессионального обучения. Это альтернатива традиционному обучению, создающая возможности для персонального обучения, накопления и использования педагогического и учебного опыта. Сетевое облако предоставляет возможности для всех участников образовательного процесса вести совместную работу и вступать в обучающую ориентированную коммуникацию широкому кругу пользователей, независимо от их местоположения.

Следующая технология позволяющая создать обучающие системы организованной сложности, связана с понятием «интернет-вещей» (Internet of Things – IoT). Оно отражает в своем первоначальном значении вычислительную сеть объектов (вещей), оснащенных устройствами и технологиями для связи и взаимодействия между собой [26]. В дальнейшем после появления в 2003 году протокола IPv6, позволяющего присвоить адреса 10^{39} объектов, данная технология получила новое развитие, давая возможность создания компьютерных сетей связывающих в

виртуальной цифровой реальности все объекты мира между собой, обеспечивая глобальное позиционирование и сбор информации о свойствах и истории каждого из них. Этими объектами могут быть, в том числе, и конкретные люди.

Возникающий поток информации позволяет создавать исторические описания каждого предмета, а в отношении человека – фиксировать весь его опыт взаимодействий с материальным миром. Интернет вещей не ограничен только связью с вещами, снабженными метками радиочастотной идентификации (RFID), а рассматривается в контексте объединения с такими технологиями будущего, как всепроникающие компьютерные системы и интеллектуальная окружающая среда (Pervasive Computing, Ubiquitous Computing, Ambient Intelligence). Возникающие в результате такого объединения возможности по направленному влиянию на человека чрезвычайно велики и позволяют проводить тотальный контроль и управление его жизненным миром. Технологии IoT позволяют формировать непрерывный поток данных о человеке и среде его деятельности в реальном времени, на основании которого можно создавать индивидуальные обучающие среды-тренажеры, вовлекающие в свою организацию и функционирование только полезные в учебном контексте объекты мира и их виртуальные двойники. В зависимости от протекающих в

обучающих сетях процессов возможно оперативное реконфигурирование обучающей сети для придания ей тех или иных свойств. Интересным вариантом обучающих сред может стать управляемая среда жизнедеятельности, вовлекающая в жизненный опыт человека те фрагменты отношений с реальными объектами/субъектами мира, которые ведут к приобретению нового опыта.

7. Выводы

Создание современных эффективных компьютерных обучающих систем сдерживается ограничениями, вызываемыми классическими взглядами на обучение, формирующими дидактику е-обучения.

Перспективно использование в е-дидактике методов использующих закономерности имплицитного обучения и прайм-эффектов, отражающих формы отношений сознательного и бессознательного опыта.

Развитие неклассической методологии средоориентированного обучения и появление сетевых глобальных технологий и методов сетевой интеграции разнородных данных позволяет реализовать перспективные технологии обучения, учитывающие процессы самоорганизации в психике человека и социальной коммуникации в условиях тотальной информационной интеграции виртуального и физического миров.

Литература

1. Печников А.Н. Е-дидактика: кому, зачем и в каком виде она нужна // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). – 2013. – Т. 16. – № 3. – С. 326–343. – URL: <http://elibrary.ru/download/91807992.pdf> (дата обращения: 12.01.2015).
2. Сергеев С.Ф. Инженерно-психологические и педагогические проблемы и перспективы тренажеростроения // Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики / Под ред. А.А. Обознова, А.Л. Журавлева. Вып. 5. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. – С. 13–38.
3. Сергеев С.Ф. Обучающая коммуникация и интерфейс в компьютерных образовательных системах и средах / С.Ф. Сергеев, А.С. Сергеева // Открытое образование. – 2014. – № 5 (106). – С. 41–48.
4. Сергеев С.Ф. Обучающие и профессиональные иммерсивные среды. – М: Народное образование, 2008. – 434 с.
5. Сергеев С.Ф. Инженерно-психологическое проектирование сложных эрготехнических сред: методология и технологии // Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики / Под ред. В. А. Бодрова, А. Л. Журавлева. Вып.1. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2009. – С. 429–449.
6. Печников А.Н., Аванесова Т.П., Шиков А.Н. Альтернативные подходы к проектированию и внедрению компьютерных технологий обучения // Международный электронный журнал «Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)», 2013, том 16, №2, С. 433–446. – URL: http://ifets.ieee.org/russian/depository/v16_i2/pdf/8.pdf (дата обращения: 12.01.2015).

7. *Сергеев С.Ф.* Методологические основы проектирования обучающих сред // *Авиакосмическое приборостроение.* – 2006. – № 2. – 2006. – С. 50–56.
8. *Чошанов М.А.* Е-дидактика: Новый взгляд на теорию обучения в эпоху цифровых технологий // *Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society).* – 2013. – Т.16. – № 3. – С. 684–696. – URL: <http://elibrary.ru/download/91807992.pdf>.
9. *Сергеев С.Ф.* Коммуникационный базис механизмов обучения // *Народное образование.* – 2014. – № 8. – С. 137–145.
10. *Сергеев С.Ф.* Конструктивизм: концепт «знание» // *Философия образования.* – 2008. – № 1(22). – С. 286–294.
11. *Ланда Л.Н.* Алгоритмизация в обучении. – М.: Просвещение, 1966. – 522 с.
12. *Талызина Н.Ф.* Теоретические проблемы программированного обучения. – М.: Изд-во МГУ, 1969. – 132 с.
13. *Клерманс А.* ИмPLICITное научение / Клерманс, А. Дестребекс, М. Бойер // *Когнитивная психология: история и современность: хрестоматия; пер. с англ. / под ред. М. Фаликман и В. Спиридонова.* – М.: Ломоносовъ, 2011. – С. 156–166.
14. *Сергеев С.Ф.* Образовательные среды в постнеклассических представлениях когнитивной педагогики // *Открытое образование.* – 2012. – № 1(90). – С. 90–100.
15. *Сергеев С.Ф.* Постклассическая когнитивная педагогика в сетях аутопоззиса // *Пятая международная конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов: В 2 Т. Калининград, 18–24 июня 2012 г.* – Калининград, 2012. Т. 2. – С. 619–620.
16. *Сергеев С.Ф.* Эргономика иммерсивных сред: методология, теория, практика: автореф. дис. ... д-ра психол. наук: 19.00.03: защищена 7.04.10; утв. 28.01.11/ Сергеев Сергей Фёдорович. – СПб., 2010. – 42 с.
17. *Сергеев С.Ф.* Проблема сложности в эргатических системах // *Материалы конференции «Управление в технических, эргатических, организационных и сетевых системах» (УТЭОСС-2012).* – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2012. – С. 802–805.
18. *Матурана У., Варела Ф.* Древо познания. Биологические корни человеческого понимания. – М.: Прогресс-Традиция, 2001. – 224 с.
19. *Князева Е.Н.* Темпоральная архитектура сложности // *Синергетическая парадигма. «Синергетика инновационной сложности».* – М.: Прогресс-Традиция, 2011. – С. 66–86.
20. *Сергеев С.Ф.* Роль механизма редукции в обучении и образовании // *Философия образования.* – 2013. – № 1(46). – С. 198–205.
21. *Сергеев С.Ф.* Инструменты обучающей среды: стили обучения // *Школьные технологии.* – 2010. – № 5. – С. 19–27.
22. *Сергеев С.Ф.* Инструменты обучающей среды: интеллект и когнитивные стили // *Школьные технологии.* – 2010. – № 4. – С. 43–51.
23. *Леонтьев А.А.* Педагогическое общение / Под ред. М.К. Кабардова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.; Нальчик, 1996. – 367 с.
24. *Князева Е.Н.* Коммуникативная сложность // *Вестник ТГПУ (TSPU Bulletin).* – 2013. – № 5(133). – С. 110–118.
25. *Голицына И.Н.* Использование облачных вычислений в образовательном процессе / И.Н. Голицына, А.Н. Афзалова // *Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society).* – 2014. – Т. 17. – № 2. – С. 450–459. URL: http://ifets.ieee.org/russian/periodical/V_172_2014EE.html (дата обращения: 12.01.2015).
26. *Бородин В.А.* Интернет вещей – следующий этап цифровой революции // *Образовательные ресурсы и технологии.* – 2014. – № 2 (5). – С. 178–181. – URL: http://www.muiv.ru/vestnik/pdf/pp/ot_2014_2_178-182.pdf (дата обращения: 8.01.2015).

Решатели или Великолепная семерка Mathcad

В статье рассмотрены основные математические инструменты Mathcad, позволяющие решать уравнения и их системы аналитическими, численными и графическими методами

Ключевые слова: Mathcad, уравнение, система уравнений, алгебраическое уравнение, дифференциальное уравнение.

SOLVERS OR THE MAGNIFICENT SEVEN OF MATHCAD

This article describes the basic mathematical tools of Mathcad that allow solving equations and systems of equations by analytical, numerical and graphical methods.

Keywords: Mathcad, an equation, system of equations, algebraic equations, differential equation.

Многие задачи по математике, физике, химии, механике, термодинамике и другим школьным и вузовским дисциплинам сводятся к решению уравнений и систем уравнений. Поэтому полезно будет узнать, какие инструменты для решения такого рода задач есть у пакета Mathcad, очень популярного у школьников, студентов инженеров и ученых. Эти инструменты объединены в группу «Решение уравнений» встроенных функций Mathcad, которые используют различные *численные методы*. В среде Mathcad 15 названия этих методов можно узнать, если на имени некоторых функций, их реализующих, нажать правую кнопку мыши.

В группе «Решение уравнений» традиционно находятся *семь* функций (см. второе название статьи).

Примечание ко второму названию статьи. Есть такой классический вестерн «Великолепная семерка», голливудская адаптация философской драмы Акиры Куросавы «Семь самураев». В американском фильме «главным» в семерке ковбоев, защищавших крестьян от бандитов, был Крис

Адамс, которого сыграл Юл Бриннер. Семерка – это некое сакральное число не только в культуре и истории (семь древних мудрецов, семь чудес света, семь дней недели, семь нот в гамме и т.д.), но и в естествознании – семь цветов радуги, семь базовых единиц измерения международной системы СИ и т.д.

Есть еще в среде Mathcad и оператор **solve** для символьного (аналитического) решения задач. Описание этих инструментов будет сделано на несложных школьных «водных» примерах.

Задача 1. Моторная лодка прошла по реке в одну сторону (**L** = 10 км), а потом вернулась в исходную точку, затратив на этот «круиз» 1 час 45 минут (**t**). Спрашивается, какова скорость течения воды в реке (неизвестная **x**), если собственная скорость лодки (**v** – скорость в стоячей воде) равна 12 км/ч (**kph** – мы, следуя современному тренду, будем использовать международное написание единиц измерения).

Раньше подобные «школьные» задачи решались в несколько действий. Но не всякая задача может быть решена пошагово. Поэто-

му-то люди и придумали алгебру. В древние времена, например, пока не была выведена формула корней квадратного уравнения, не каждое такое уравнение можно было решить пошагово, причем решения были очень хитроумными. Кстати, нашу задачу о моторной лодке тоже сходу нельзя решить пошагово. Читатель, найди, если сможешь, пошаговое решение этой задачи и сравни найденное решение с тем, какое приведено ниже. Первый шаг такого решения может быть таким: $2 * 10 \text{ km} / 12 \text{ kph} = 1 \text{ hr} + 40 \text{ min}$: движение в текучей, а не в стоячей воде увеличило время пути на 5 минут. Многие студенты, подлаживаясь под несколько устаревшие требования преподавателей, проводят пошаговые вычисления на компьютере в среде того же пакета Mathcad, и переписывают ответ в расчетную записку, имитируя ручной счет.

Сейчас в связи с широким использованием компьютеров в образовательной сфере принято составлять, а затем решать уравнения, выбирая их подходящие корни. Пойдем и мы по этому пути, но, соста-



Елена Петровна Богомолова,
к.т.н., доцент
Тел.: (495) 362-73-92
Эл. почта: epbogomolova@yandex.ru
Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»
<http://www.mpei.ru>

Elena P. Bogomolova,
Ph.D., Associate Professor
Тел.: (495) 362-73-92
E-mail: epbogomolova@yandex.ru
National Research University "Moscow Power Engineering Institute".
<http://www.mpei.ru>



Валерий Федорович Очков,
д.т.н., профессор
Тел.: (495) 362-71-71
Эл. почта: ochkov@twi.mpei.ac.ru
Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»
<http://www.mpei.ru>

Valeriy F. Ochkov,
Doctorate of Technical Sciences,
Professor
Тел.: (495) 362-71-71
E-mail: ochkov@twi.mpei.ac.ru
National Research University "Moscow Power Engineering Institute".
<http://www.mpei.ru>

вив уравнение, попробуем решить его не на бумаге, а на компьютере в среде математической программы Mathcad.

В нашей задаче о моторной лодке время в пути t – это суммарное время, затраченное на поездку в одну сторону $L / (v + x)$ (условно будем считать, что это движение по течению реки), и в обратную сторону (против течения) $L / (v - x)$. Поэтому наше уравнение будет иметь вид:

$$\frac{L}{v + x} + \frac{L}{v - x} = t$$

0. solve

Начнем с решения полученного уравнения средствами *символьной математики* Mathcad. Формальное, более правильное и более длинное название символьной математики – *компьютерные аналитические преобразования*, но у нас прижилась калька с английского – *symbolic math*. Это название мы и будем использовать далее.

Если *численная математика* (которая, повторяем, тоже есть в среде Mathcad и составляет его основу) оперирует числами, хранящимися в переменных, то *символьная математика* работает с самими переменными-символами.

На рисунке 1 показано решение уравнения движения моторной лодки по реке с помощью команды **solve** *символьной математики* Mathcad (на этом и некоторых других рисунках будут показаны позиции меню и панели инструментов Mathcad Prime и Mathcad 15 для решения описываемых задач).

Из полученного общего аналитического решения (из вектора с двумя элементами-формулами – см. рис. 1) можно скопировать один элемент, подставить в него исходные значения переменных L , t и v (см. рис. 2) и получить численный ответ – скорость течения воды в реке. Ответ будет выдан в метрах, деленных на секунду (Mathcad

The screenshot shows the Mathcad interface. At the top, the equation $\frac{L}{v+x} + \frac{L}{v-x} = t$ is entered, followed by the command `solve, x`. The result is a vector containing two symbolic expressions: $\frac{\sqrt{t \cdot v \cdot (t \cdot v - 2L)}}{t}$ and $-\frac{\sqrt{t \cdot v \cdot (t \cdot v - 2L)}}{t}$. Below the equation, the 'solve' command is highlighted in the 'Symbolic Operations' menu. A tooltip for 'solve' is visible, stating 'Решить уравнение аналитически.' and 'Чтобы открыть справку, нажмите клавишу F1.' The 'Symbolic' panel at the bottom shows the 'solve' button and the text 'Решить для переменной'.

Рис. 1. Аналитическое решение задачи о движении моторной лодки



Хейнлоо Мати,

д.ф.-м.н., профессор

Тел. +372-55-10-512

Эл. почта: Mati.Heinloo@emu.ee

Эстонский университет

естественных наук

Mati Heinloo,

Doctorate of Physical and Mathematical

Sciences, Professor

Tel. +372-55-10-512,

E-mail: Mati.Heinloo@emu.ee

Estonian University of Life Sciences

по умолчанию ориентирован на СИ – на международную систему исчислений), и подправлен на более уместные тут километры в час (**kph**). Mathcad – это не просто математический, а физико-математический пакет [1]: переменные Mathcad хранят не числа, а физические величины (длину, время, силу, массу и т.д.), что очень полезно при расчетах в задачах с физическим смыслом. Это существенно ускоряет и упрощает расчеты, позволяет избежать ошибок в них, а также автоматизирует соответствующие преобразования единиц измерения.

$$L := 10 \text{ km} \quad t := 1 \text{ hr} + 45 \text{ min} \quad v := 12 \text{ kph}$$

$$\frac{\sqrt{t \cdot v \cdot (t \cdot v - 2 L)}}{t} = 2.619 \text{ kph}$$

Рис. 2. Решение задачи о моторной лодке по найденной на рис. 1 формуле

Спрашивается, для чего же тогда в пакете Mathcad есть и численная математика, если задачу просто и красиво можно решить с помощью символьной математики? Дело в том, что символьная математика, нацеленная на выдачу всех решений в виде формул (абсолютная точность!), часто не справляется с более-менее сложной задачей, и это показано на рис. 3 и 4.

$$\frac{L}{v+x} + \frac{L}{v-x^2} = t \quad \text{solve, } x \quad ?$$

Полученный результат этой символьной операции слишком длинный для отображения, но он может использоваться в последующих расчетах, если будет присвоен функции или переменной.

Рис. 3. Поиск корня уравнения: очень объемный скрытый ответ

На рисунке 3 в уравнении движения моторной лодки один из иксов был возведен в квадрат. Физический смысл уравнения пропал (складывается скорость с квадратом скорости).

Примечание.

Таковыми «нефизическими» формулами заполнены все современные учебники и задачки по математике. И это не очень хорошо, вернее, совсем плохо. Хорошо тогда, когда за формулой скрывается какая-нибудь физическая реальность. Такое направление ма-

тематики условно называют «натуральная математика». Проблема размерностей исчезнет сразу же, как только мы вспомним, что еще во времена Франсуа Виета господствовал принцип однородности, который требовал в подобных случаях умножать икс на некую единицу, получая везде квадраты скорости. Но, как водится, у современных математиков, умножение на единицу не производится, а размерности игнорируются. Вот типичная задача, часто предлагаемая школьникам и студентам для решения в рамках курса математического анализа. Дана функция, определить значения ее аргумента, при которых первая производная функции больше самой функции. Здесь делается упор на технику взятия производной и решения неравенств, но не принимается во внимание тот факт, что сравнение функции и ее первой производной – это равносильно некорректному сравнению пути (длины) и скорости – разных физических величин.

Но сейчас главное не физический смысл уравнения, показанного на рис. 3. Важно то, что пакет Mathcad, решив это чуть усложненное уравнение, не смог вывести на дисплей ответ – настолько тот оказался громоздким. Но это еще победы. Настоящая «беда» показана на рис. 4 для еще более усложненного уравнения. Если, например, один икс возвести в квадрат, а другой в куб, то символьная математика Mathcad «поднимет руки вверх» и скажет: «Сдаюсь!».

$$\frac{L}{v+x^2} + \frac{L}{v-x^3} = t \quad \text{solve, } x \quad ?$$

Решение не было найдено.

Рис. 4. Поиск корня уравнения: решение не найдено

Если в константы этого «нефизического» уравнения подставить безразмерные численные значения известных величин, то хотя бы один действительный корень у этого уравнения зафиксировать удастся – см. рис. 5, где данная задача решена графически.

$$L := 10000 \quad t := 6300 \quad v := \frac{10}{3}$$

$$y(x) := \frac{L}{v+x^2} + \frac{L}{v-x^3} - t$$

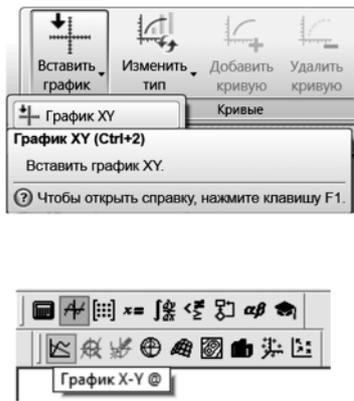
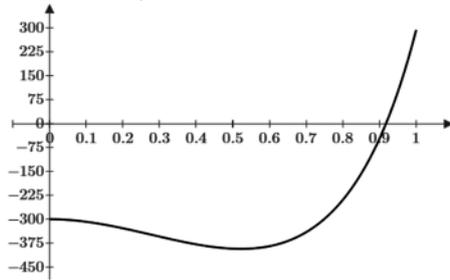


Рис. 5. Графический поиск нуля функции

1. root+root

Из рисунка 5 видно, что у нашего уравнения, превращенного в функцию пользователя переносом переменной t в левую часть, есть как минимум один действительный корень в районе числа 0.9. Уточнить численное значение этого корня поможет встроенная в Mathcad функция **root** – см. рис. 6 и 7.

На рисунке 6 показан вызов функции **root** с четырьмя аргументами, а на рис. 7 с двумя. В обоих

случаях ответ выведен с тремя знаками после десятичной точки. Но можно вывести и большее число знаков – до 15. В первом случае (рис. 6) нуль функции $y(x)$ ищется методом деления пополам на интервале, заданном третьим и четвертым аргументами функции **root** (см. авторскую анимацию этого метода на сайте <http://communities.ptc.com/videos/1468>). Во втором случае (рис. 7) нуль функции рассчитывается методом секущих с опорой на первое предположение $x := 1$ (ани-

$$\text{root}(y(x), x, 0.9, 1) = 0.918$$

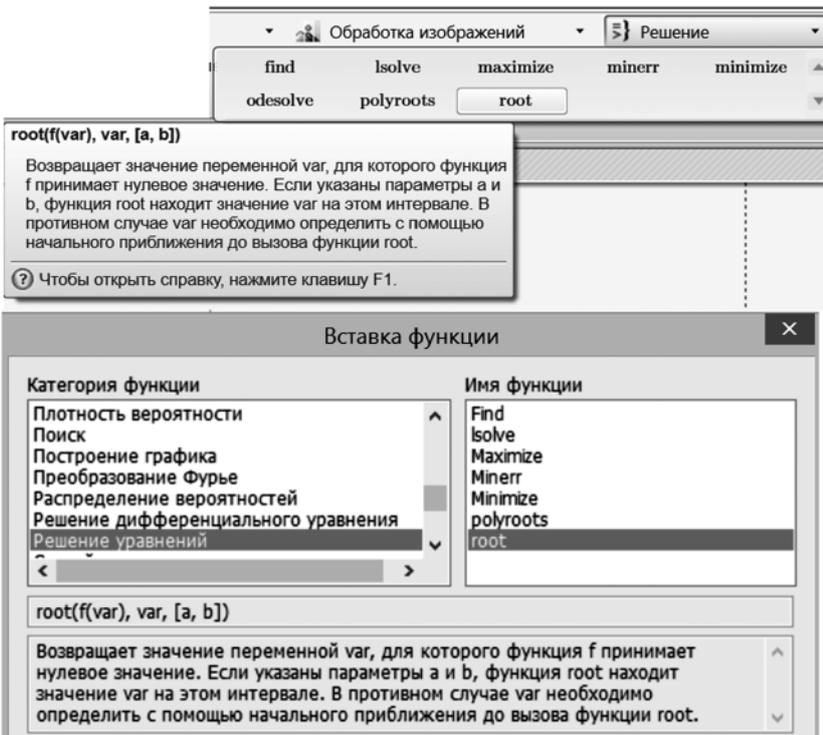


Рис. 6. Работа в среде Mathcad встроенной функции root с четырьмя аргументами

мация – <http://communities.ptc.com/videos/1466>). В среде Mathcad для вычисления нуля функции пользователя фактически есть две одинаковые по имени, но разные по своей сути встроенные функции **root**.

$$x := 1 \quad \text{root}(y(x), x) = 0.918$$

Рис. 7. Работа в среде Mathcad встроенной функции root с двумя аргументами

На рисунке 8 показана работа функции **root** на довольно простом примере – с функцией пользователя $\sin(x)/x$, которая имеет бесконечное число нулей. На отрезке $[2, 7]$ функция $y(x)$ имеет два нуля (π и 2π), но четырехаргументная функция **root** ответа не выдала, так как функция $y(x)$ имеет одинаковые знаки на концах этого отрезка и функция **root** считает, что там не может быть корней уравнения. На отрезке $[1, 17]$ нулей уже пять, один из которых (9.425) найден четырехаргументной функцией **root**. На концах отрезка $[1, 17]$ функция $y(x)$ имеет разные знаки. При первом приближении, равном 0.01, двухаргументная функция **root** выдала не ближайший нуль (3.14), а «очень-очень дальний»: 298.451. Понять эти особенности применения функции **root** можно только после детального рассмотрения численных методов, заложенных в эту функцию – метода деления отрезка пополам и метода секций.

Ранее мы отметили, что символьная математика Mathcad оперирует не числами, а символами – самими переменными, хранящими или не хранящими числа. Но это не совсем так.

Если какая-либо переменная выражения хранит численное значение, то символьная математика будет работать не с самой переменной (с символом), а с числом, хранящимся в этой переменной. На рисунке 3 была показана осечка символьной математики Mathcad при решении довольно простого уравнения. Но если всем переменным этого уравнения, кроме переменной x , задать численные значения, то символьный оператор **solve** успешно справится с задачей – см. рис. 9.

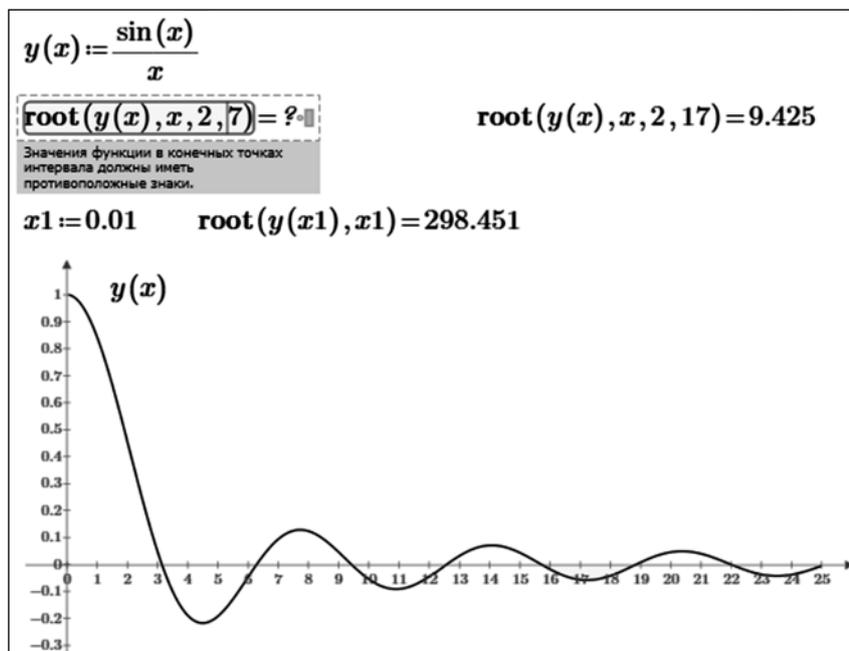


Рис. 8. Особенности работы функции root

$$\frac{L}{v+x^2} + \frac{L}{v-x^3} = t \xrightarrow{\text{solve}, x} \begin{bmatrix} 0.91753907432064754652 \\ -0.10072745491075931273 - 0.504473077723681i \\ -0.10072745491075931273 + 0.50447307772368065275i \\ -0.35804208224956446053 - 1.43206766221807i \\ -0.35804208224956446053 + 1.4320676622180746717i \end{bmatrix}$$

Рис. 9. Численный ответ символического оператора

На рисунке 9 показано, что «символьный» оператор **solve** в отличие от «численной» функции **root** выдал все пять корней уравнения (один действительный и четыре с мнимой частью) без установки интервала (рис. 6) или первого предположения (рис. 7). Кроме того, если численная математика при выводе ответа «на печать», как мы уже отметили, по умолчанию ограничивается тремя знаками после десятичной точки, то символический оператор **solve** в этом случае выдал численные решения с двадцатью знаками после запятой. При «численном» ответе количество значащих цифр можно увеличить до 15, а при символическом до 250.

Примечание. Лишить переменную ее численного значения для последующих аналитических преобразований можно операторами: **clear_{sym}(a)** (Mathcad Prime) или **a := a** (Mathcad 15).

Если наше уравнение с численными константами (см. рис. 9) и дальше усложнять, то на каком-то этапе оператор **solve** не сможет найти корни. Функция же **root** по-

прежнему будет выдавать корень, правда, лишь один из многих и с опорой на заданный интервал поиска (рис. 6) или на первое приближение (рис. 7). При этом задавать интервал поиска придется, исходя из уверенности, что корень на этом интервале имеется. Метод секущих же при неправильном первом приближении вообще не выдаст нужного результата. Это такой своеобразный компромисс. Отсюда общее правило: поставленную математическую задачу нужно стараться сначала решить аналитически в общем виде, не придавая переменным конкретных численных значений (рис. 1) или придавая отдельным или всем переменным численные значения (рис. 9). Если же ответа найти не получается, то придется переходить к поиску частных решений численными методами, дополняя их анализом графиков.

На рисунке 10 показано использование графика и функции **root** в двух ее вариантах для решения нашей задачи о моторной лодке. Интересный факт. Двухаргументная функция **root** при первом при-

ближении, равном нулю, выдала не ожидаемый положительный, а отрицательный корень. Этот нюанс можно понять, если опять же учесть особенности метода секущих при поиске нулей функции и после построения графика не на отрезке от -3 до 3 км/ч, а на отрезке -13 до 13 км/ч, охватывающем точки разрыва, что мы сделаем ниже. Дело в том, что функция **root** с двумя аргументами работает так. Пользователь задает одну опорную точку поиска (первое предположение, но это далеко не всегда первое приближение – см. пример на рисунке 8). Далее пакет Mathcad правее этой точки на расстоянии **STOL** (по умолчанию это 0.001 в нашем случае метров, т.е. один миллиметр) фиксирует вторую точку и проводит через две эти точки секущую, почти касательную). Эта секущая где-то пересекает ось X – это будет третьей, очередной точкой итерационного поиска корня. Далее реализуется классический метод секущих. Правая точка разрыва нашей анализируемой функции «перекидывает» поиск в область отрицательных значений. Можно сказать, что в функцию **root** с двумя аргументами заложен гибридный метод Ньютона (касательных) и метода секущих. На авторском сайте <http://communities.ptc.com/videos/1411> можно видеть анимацию метода Ньютона для одиночного уравнения, а на сайте <http://communities.ptc.com/videos/1472> для системы двух уравнений.

Примечание. Для повышения точности поиска нуля функции с помощью встроенной в Mathcad функции **root** можно не уменьшать значение системной переменной **STOL** (см. список левее графика на рис 10), а перемножить анализируемую функцию на 10^3 , 10^4 и т.д. Выбор точности вычислений – это отдельная задача. С одной стороны, повышенная точность никогда не будет лишней, а с другой стороны, она приводит к замедлению расчетов и срыву их в ряде случаев. Во всем нужна мера!

Уравнение движения моторной лодки, показанное на рис. 1, можно преобразовать в квадратное. К такому приему обычно прибегают

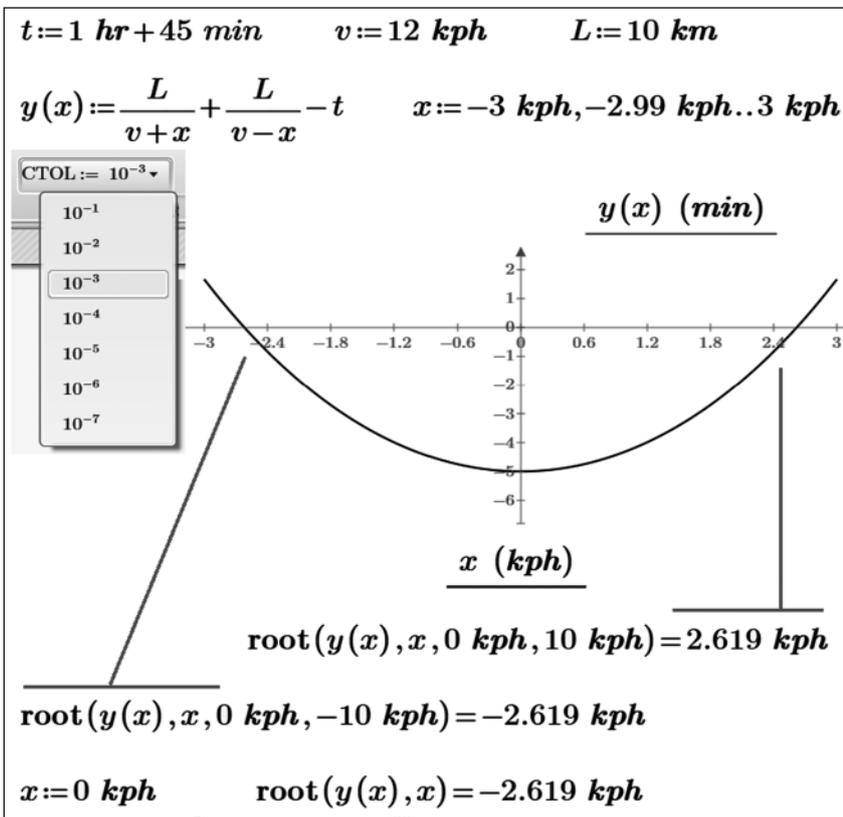


Рис. 10. Графическое и численное (через функцию root) решение задачи о моторной лодке

$$\frac{L}{v+x} + \frac{L}{v-x} = t \xrightarrow{\text{simplify}} \frac{2 \cdot L \cdot v}{v^2 - x^2} = t$$

$$2 \cdot L \cdot v - t \cdot (v^2 - x^2) \xrightarrow{\text{coeffs}, x} \begin{bmatrix} 2 \cdot L \cdot v - t \cdot v^2 \\ 0 \\ t \end{bmatrix}$$

$$t \cdot x^2 + 0 \cdot x + (2 \cdot L \cdot v - t \cdot v^2) = 0 \quad a \cdot x^2 + b \cdot x + c = 0$$

Рис. 11. Определение коэффициентов полинома

в школах, т.к. школьников, как правило, учат решать аналитически только квадратные уравнения. Как такое преобразование можно сделать в среде Mathcad, показано на рис. 11.

Оператор символьной математики **simplify** (упростить) приводит левую часть исходного выражения к общему знаменателю, умножает обе части уравнения на полученный знаменатель и переносит все слагаемые в левую часть уравнения (рис. 11). Таким способом выделяется функция, которая приравнена к нулю. Оператор **coeffs** находит коэффициенты этой функции-полинома (в данном случае квадратного). Это квадратное уравнение можно решить оператором **solve**, но... см. ниже.

Примечание. Квадратичная функция, полученная после преобразования исходного уравнения движения моторной лодки, не эквивалентна исходной функции, а только имеет с ней два одинаковых корня. В этом можно убедиться, взглянув на графики, показанные на рис. 12. Наше исходное уравнение движения моторной лодки имеет разрывы при x , равном 12 и минус 12 **kph**. В этих точках лодка не будет перемещаться относительно берега при движения в одну из сторон. Квадратичная же функция таких разрывов, естественно не имеет

2. polyroots

Если выражение представляет собой полином (квадратный, например, см. выше), то можно найти все его нули, используя еще одну функцию из «великолепной семерки Mathcad» – функцию **polyroots**. Она имеет в качестве аргумента вектор коэффициентов полинома и возвращает его нули (вектор, который на один элемент короче вектора-аргумента), т.е. решение нашей задачи – см. рис. 13.

В нашей задаче о движении моторной лодки полином оказался квадратным и его корни, повторяем, можно было найти через оператор символьной математики **solve** (см. рис. 1). Но в случае полиномов высокой степени оператор **solve**

не работает. Тут и пригодится численная встроенная функция **polyroots**.

3. Find

Показать работу еще одной функции из «великолепной семерки Mathcad» – функции **Find** – поможет нам еще одна дополнительная моторная лодка.

Задача 2. От двух пристаней на прямолинейном участке реки навстречу друг другу одновременно отходят две моторные лодки. Они встречаются в точке, делящей этот участок реки в золотом соотношении. Найти скорость второй лодки V_2 и скорость течения воды в реке V , если известна скорость первой лодки V_1 , расстояние между пристанями L и время t движения лодок до встречи. (Шуточный вариант задачи: от двух станций по однопутной дороге вышли навстречу друг другу два поезда. И не столкнулись! Почему? Ответ: не судьба!).

Мы в задаче имеем в виду знаменитое «Золотое сечение», т.е. такое деление отрезка на две неравные части, при котором длина меньшей части отрезка так относится к длине большей части, как длина большей части относится к длине всего отрезка (см. рис. 14). Это свойство золотого сечения помнят многие, чего не скажешь о формуле золотого сечения. На сайте <http://communities.ptc.com/videos/1521> показана авторская анимация метода золотого сечения при численном поиске на заданном отрезке минимума функции одного аргумента.

Золотое соотношение (сечение) в задаче вставлено неслучайно. Можно поискать в своей памяти или в справочниках (бумажных или интернетовских) формулу золотого сечения. Но можно поступить иначе [2]: написать в среде Mathcad само уравнение золотого сечения применительно к нашей задаче о моторных лодках и решить его аналитически, получив нужную формулу – см. рис. 14.

На рисунке 14 оператор **solve** выдал два решения, из которых нам подходит только второе – 3.82 km. Первое же решение (26.18 km) ле-

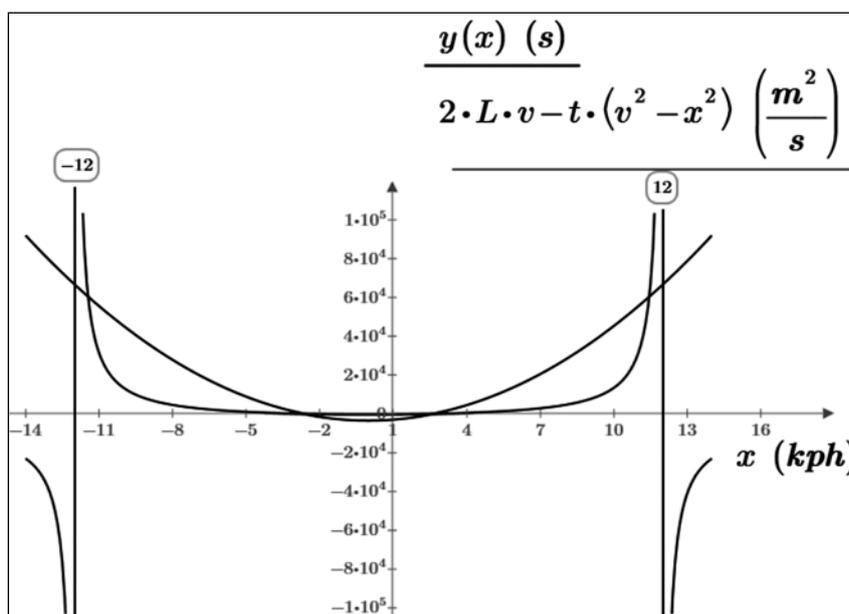


Рис. 12. Исходное и квадратное уравнение движения моторной лодки

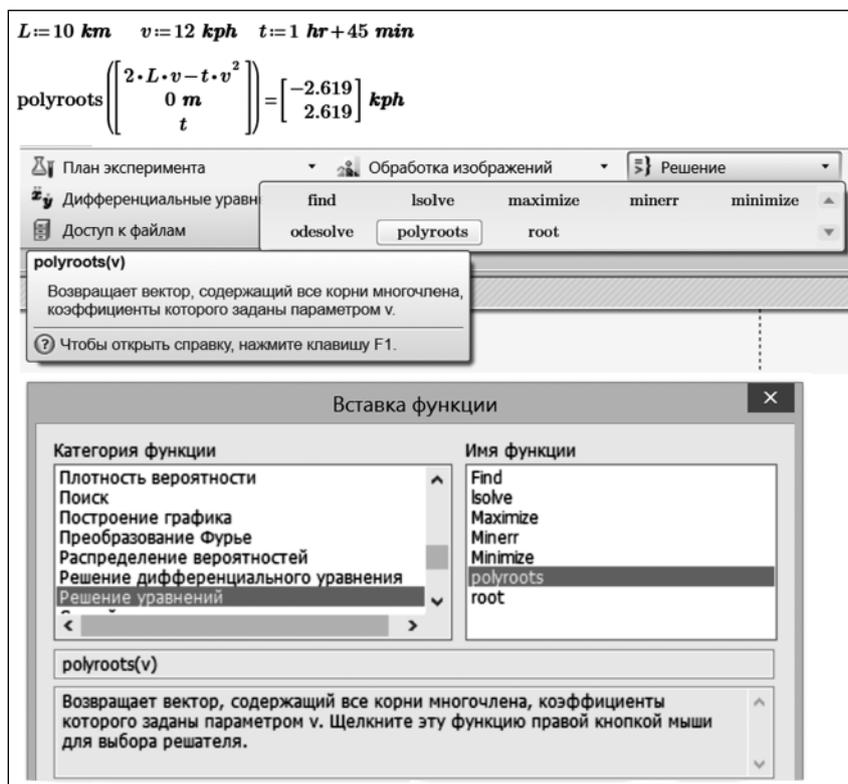


Рис. 13. Поиск нулей полинома в среде Mathcad

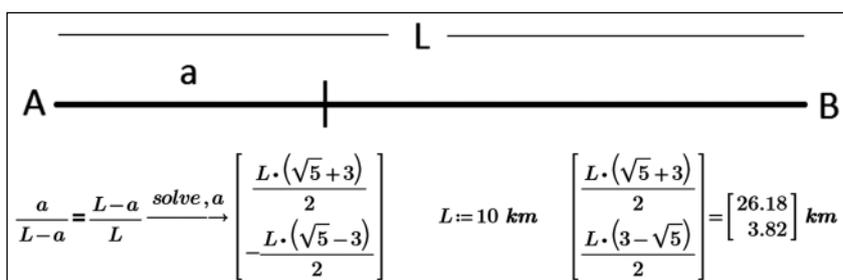


Рис. 14. Решение уравнения золотого сечения в среде Mathcad

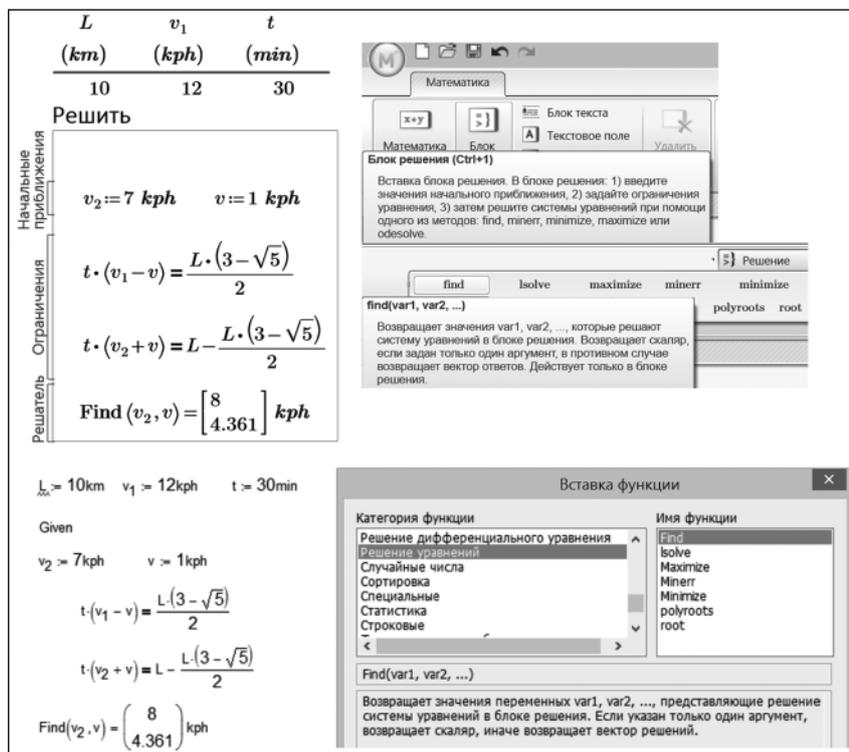


Рис. 15. Решение систем алгебраических уравнений с помощью функции Find

жит вне рассматриваемого отрезка. Символьная математика, повторяем, выдает все ответы, из которых нужно еще уметь выбрать подходящее. Или уметь заставить оператор **solve** выдать нужный ответ.

На рисунке 15 показано решение в среде Mathcad Prime и Mathcad 15 задачи о двух моторных лодках, сводящееся к решению системы двух уравнений с двумя неизвестными. Решение найдено с помощью функции **Find**, требующей начального приближения к решению.

Встроенная функция **Find** меняет значение своих аргументов, начиная от начального приближения так, чтобы уравнения системы превратились в тождества. Вернее, почти в тождества. Дело в том, что и обе функции **root** (рис. 7 и 9) и функция **Find** (рис. 7) возвращают значения, отличающиеся от точных решений на величину, не превышающую по модулю значения, хранящегося в системной переменной **CTOL**. Ведь что такое корень уравнения?! Корень – это значение переменной, при котором уравнение превращается в тождество. Но при численном (приближенном!) решении найти точный

корень не всегда удается. Подстановка приближенного значения корня в уравнение приводит к тому, что правые и левые части уравнения отличаются друг от друга на значение, хранимое в переменной **CTOL**, которое по умолчанию равно 0.001. Это значение можно менять, решая конкретную задачу. На сайте с авторской анимацией <http://communities.ptc.com/videos/1472> можно видеть особенности поиска четырех корней системы двух нелинейных уравнений: уравнения эллипса и уравнения лемнискаты Бернулли. На сайте <http://communities.ptc.com/videos/2418> можно увидеть анимацию, показывающую на то, как выбор первого приближения влияет на найденный корень. Более подробно о методах решения, заложенных в функцию **Find**, можно почитать в работе [3].

Примечание. В среде Mathcad Prime по сравнению с Mathcad 15 существенно изменилась технология решения уравнений с помощью функции **Find**. В среде Mathcad Prime не нужно больше вводить ключевое слово **Given**. Достаточно ввести область **Решить** с тремя подобластями. От ключевого слова **Given** отказались в том числе и по-

тому, что многие пользователи после этого слова нажимали клавишу пробела, превращали тем самым это ключевое слово в комментарий и... не понимали, почему Mathcad отказывается решать систему уравнений. На рис. 15 показаны для сравнения решения в обеих версиях Mathcad.

Примечание. Переменная **L**, которой на рис. 15 присваивается начальное значение 10 km (**L := 10 km**), подчеркнута волнистой чертой, указывающей на некую ненормальную расчетную ситуацию в среде Mathcad 15. Переменная **L** по умолчанию в среде Mathcad 15 хранит значение одного литра (единица вместимости) и это значение пользователь переопределяет. В среде Mathcad Prime эта недоработка (неудобство) исправлена – там можно иметь две независимые переменные **L**: единицу вместимости и отдельную пользовательскую переменную, хранящую, как в нашем случае, расстояние.

4. Isolve

Можно понять, что система двух алгебраических уравнений движения двух моторных лодок навстречу друг другу, показанная на рис. 15, *линейна*, и применить к ней еще одну функцию из «великолепной семерки Mathcad» – функцию **Isolve**, предназначенную для решения (solve) именно систем линейных (l) алгебраических уравнений (СЛАУ) – см. рис. 16.

На рисунке 16 система уравнений (показанная на рис. 15), преобразована к виду классической линейной системы: слева неизвестные **v₂** и **v** со своими коэффициентами, справа – свободные члены. Функция **Isolve** имеет два аргумента: матрицу коэффициентов при неизвестных СЛАУ (у нас это **M**) и вектор свободных членов **V**. Возвращает функция **Isolve** вектор найденных значений неизвестных. При решении СЛАУ с помощью функции **Isolve** (рис. 16) начальные приближения (см. рис. 15) вводить не надо, т.к. у этой системы решение, либо решений совсем нет, либо решений бесконечно много.

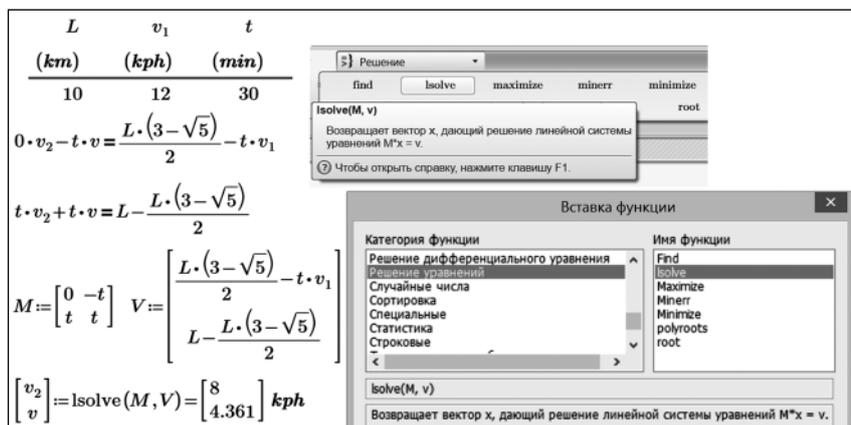


Рис. 16. Решение СЛАУ в среде Mathcad

В [2] дан графический анализ этой особенности с привлечением понятия ранга матрицы.

Примечание. Вторым аргументом функции **Isolve** может быть не только квадратная (классический случай СЛАУ), но и прямоугольная матрица, отображающая недоопределенную или переопределенную систему.

5 и 6. Minimize&Maximize

Об очередной функции «великолепной семерки» — о функции **Minimize**, будет рассказано на примере задачи оптимизации, связанной также с «водным транспортом».

Задача 3. Определить крейсерскую скорость судна – скорость при которой затраты на его эксплуатацию будут минимальны.

Задача предельно упрощена – затраты на эксплуатацию судна состоят из двух частей: почасовой зарплаты экипажа, пропорциональной времени движения судна (обратно пропорциональной скорости судна), и затрат на горючее, пропорциональных квадрату скорости судна (коэффициенты пропорциональности – **a** и **b**). Увеличивая скорость судна, мы экономим на зарплате экипажу, но при этом приходится больше тратить денег на горючее. Попробуем найти тут оптимальное решение!

На рисунке 17 показано решение этой типичной задачи оптимизации с помощью встроенной функции **Minimize** с графической иллюстрацией решения.

Функция **Minimize** меняет значение своего второго аргумента, начиная от заданного предполагаемого значения (у нас это 10 км/ч) так, чтобы значение первого аргумента (целевой функции **Удельные_затраты**) приняло минимальное значение. Если бы мы не минимизировали затраты, а максимизировали,

например, прибыль владельца судна, то нужно было бы при решении такой задачи функцию **Minimize** заменить на функцию **Maximize**. В оптимизационных задачах часто присутствуют ограничения – скорость судна, например, не может превышать максимально допустимую. В этом случае функции **Minimize** или **Maximize** нужно будет поместить в область Ограничения блока **Решить**, показанного на рис. 15.

Найти минимум нашей целевой функции **Удельные_затраты** можно и средствами символьной математики Mathcad, что показано на рис. 18.

На рисунке 18 ведется поиск нулей первой производной функции по удельным затратам на километр пути судна. Но если затраты на топливо будут зависеть от скорости судна, взятой не во второй степени, а в степени **n** (этот коэффициент, близкий к двойке, уточняют

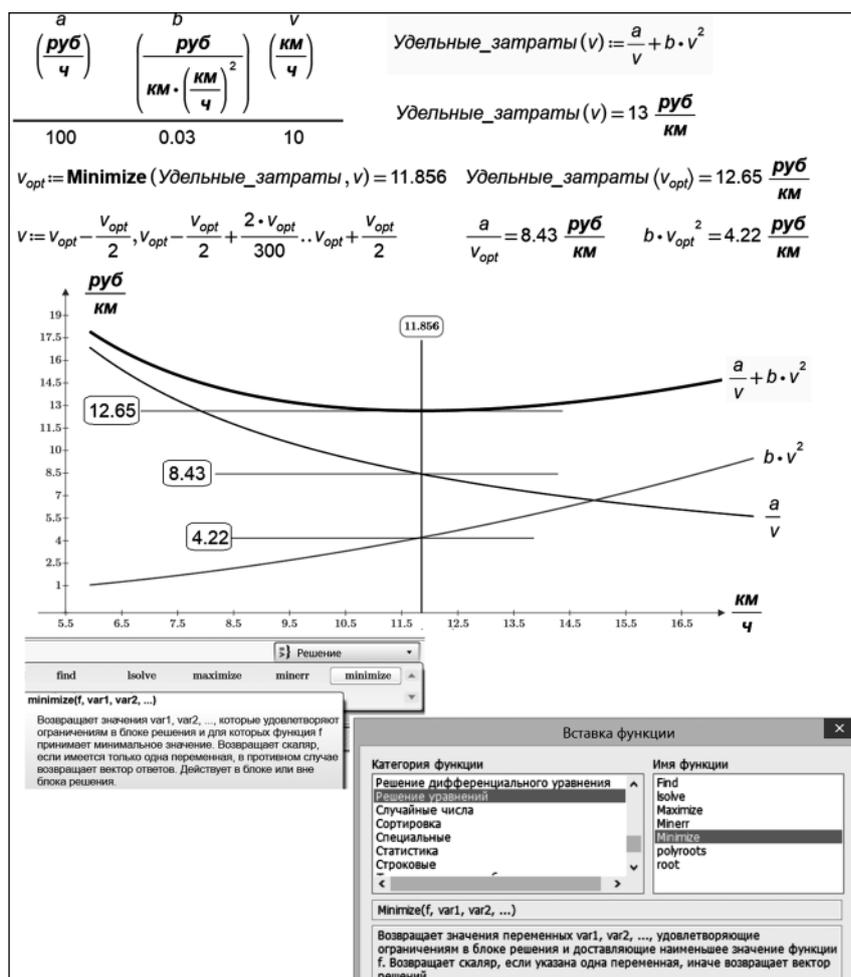


Рис. 17. Нахождение крейсерской скорости судна численной математикой Mathcad

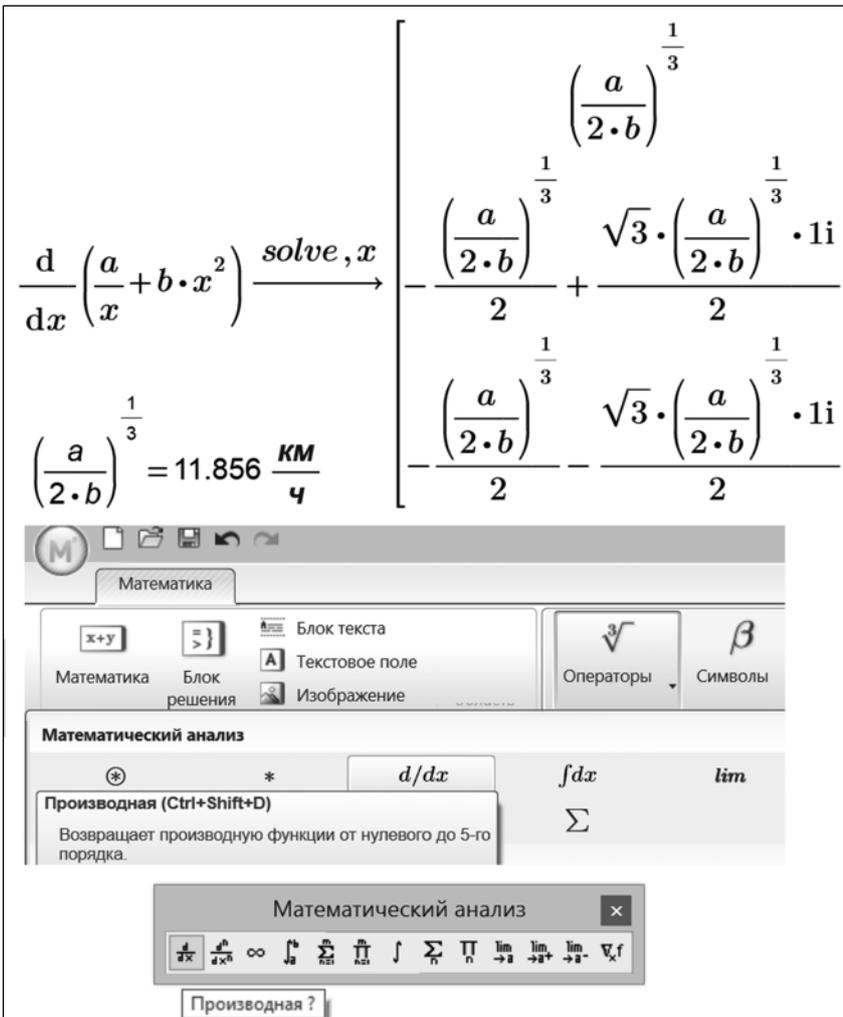


Рис. 18. Нахождение крейсерской скорости судна символьной математикой Mathcad

экспериментально) то символьная математика уже не справится с такой усложненной задачей (рис. 19), и придется вернуться к численным методам решения задач (рис. 17).

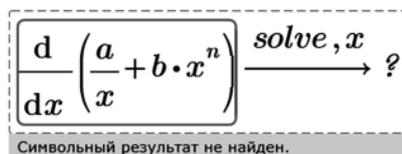


Рис. 19. Осечка при работе с символьной математикой Mathcad

7. Minerr

Последняя функция «великолепной семерки» Mathcad – это функция **Minerr** (Minimal Error – минимальная ошибка). Если функция **Find** (см. рис. 15) не находит решения системы уравнений, то она возвращает сообщение об ошибке. Функция же **Minerr** в такой ситуации возвратит не сообще-

ние об ошибке, а значения своих аргументов (невязку системы), при которых система уравнений будет максимально приближена к системе тождеств – точку последнего

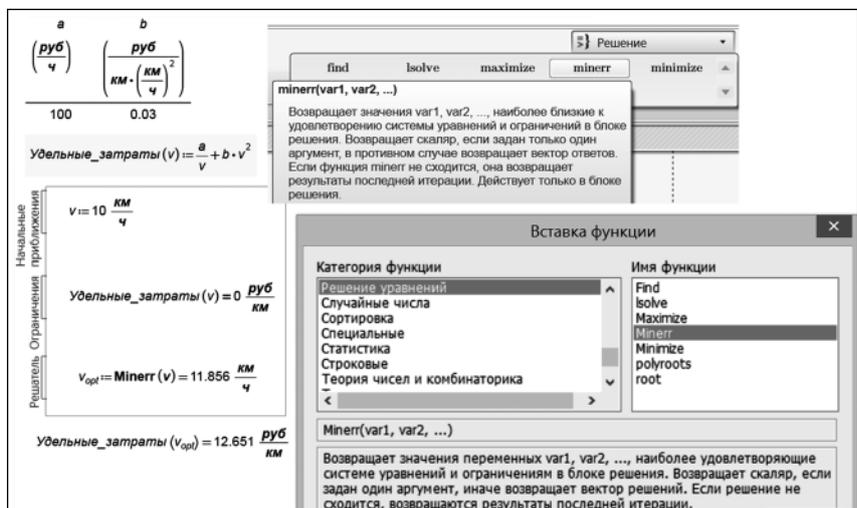


Рис. 20. Решение задачи оптимизации с помощью функции Minerr

приближения к решению. В старых версиях Mathcad не было функций **Minimize** и **Maximize**, и задачи оптимизации приходилось решать именно через функцию **Minerr**. На рисунке 20 показано, как эта функция решает задачу определения крейсерской скорости судна: при оптимальном движении затраты на эксплуатацию судна будут максимально приближены к нулю (мечта всех судовладельцев).

Функцию **Minerr** можно считать *главной* в «великолепной семерке Mathcad», т.к. ею можно заменить и функцию **Find**, и функцию **root** (в двух ее вариантах), и функцию **polyroots**, и функцию **Isolve**, и в ряде случаев функции **Minimize** и **Maximize**. При использовании функции **Minerr** надо обязательно предусматривать проверку решений. Нередки случаи, когда решения могут оказаться ошибочными, чаще всего из-за того, что из нескольких корней находится нереальный (или не представляющий интереса) корень. Дело в том, что функция **Minerr** пытается найти максимальное приближение к искомому числу путем минимизации среднеквадратической погрешности решения. Следует заранее убедиться в том, что решение существует, и как можно точнее указать начальное приближение к решению.

Компьютерная математика с универсальными и скрытыми от пользователей методами аналитических и численных решений за-

ставляет нас забывать о типах уравнений. Вспомним о них!

Типы уравнений

Для того чтобы без проблем и правильно решать уравнения и системы уравнений, нужно знать не только специфику численных методов (см. выше), но и свойства самих уравнений, что поможет решать их аналитически.

Математики уравнения с одним неизвестным относят к одному из четырех типов: *алгебраические*, *рациональные*, *иррациональные* и *трансцендентные*. Метод аналитического решения определяется типом решаемого уравнения.

Если полином n -й степени приравнять нулю, то мы получим **алгебраическое** уравнение. Основная теорема алгебры говорит о том, что такое уравнение имеет ровно n корней. Но во-первых, не все корни будут действительными и, возможно, вообще не существует ни одного действительного корня. А во-вторых, корни могут совпадать, т.е. быть кратными. Доказано, что не существует формул для корней алгебраического уравнения выше пятой степени. Но и формулы для $n = 5$ настолько громоздки, что их использование лишено какой-либо практической пользы. Mathcad может символично решать алгебраические уравнения вплоть до четвертой степени.

Если уравнение более высокой степени допускает частичное разложение на множители, то оно тоже может быть символично разрешимо. Тут уместно вспомнить школьный метод подбора целого корня и теорему Безу. Если алгебраическое уравнение имеет целые коэффициенты, и делители свободного члена известны, то можно подобрать целый корень x_0 (если такой имеется) «вручную», либо используя Mathcad. Поделив полиномиальную функцию на двучлен $(x - x_0)$, получим алгебраическое уравнение степени на единицу меньше. Если целый корень не подбирается, то такое уравнение теряет свои преимущества и становится в один ряд с другими типами уравнений.

Рассмотрим теперь рациональ-

ные уравнения. Такие уравнения содержат исключительно дроби, в числителях и в знаменателях которых находятся только многочлены. С помощью Mathcad эти уравнения легко формально преобразовать в алгебраические. Правда, при таких преобразованиях может измениться область допустимых значений преобразуемого уравнения, т.к. знаменатель какой-то дроби может оказаться в числителе. Это порождает проблему посторонних корней, а поэтому решение рационального уравнения требует обязательной проверки (подстановки полученных чисел в **исходное** уравнение). Если все дроби в рациональном уравнении «одноэтажные», то проверку можно заменить предварительным поиском области определения рациональной функции, приравняв нулю все знаменатели. Если дроби «многоэтажные», то такая процедура потребует априорных упрощений. Если хоть в одном из знаменателей находится многочлен третьей или более высокой степени, то поиск допустимых значений оборачивается поиском корней нового алгебраического уравнения. В таком случае проверка – более экономный способ отсеивания посторонних корней.

Иррациональными называют такие уравнения, которые помимо рациональных функций содержат радикалы (корни целых степеней – квадратные, кубические и т.п.), а все подкоренные выражения являются рациональными функциями. Известно, что радикалы четных степеней определены не везде в действительной области. Это обстоятельство приводит к необходимости находить область определения прежде, чем решать само уравнение. Фактически само уравнение следует сопроводить неравенствами, которые Mathcad тоже будет решать. Если этого не сделать, то уравнение по умолчанию будет решаться на области комплексных чисел, которые для большинства пользователей, исследующих реальные физические и другие явления, попросту бесполезны.

Вторая проблема, возникающая при решении уравнений с радикалами четных степеней – появление

посторонних корней. Ведь основным методом решения иррационального уравнения является метод возведения обеих частей уравнения в нужную степень, а при возведении в четную степень как числа x , так и числа $-x$, мы получим один и тот же результат. В итоге получается новое уравнение, строго говоря, не равносильное исходному. Заметим, что есть аналитические способы решения и уравнений с кубическими (и другими нечетными) радикалами, которые тоже приводят к посторонним корням. Но тут снова можно прибегнуть к проверке, т.е. подстановке полученных числовых величин в исходное уравнение. Следует помнить, что лишние корни вполне могут принадлежать области определения функции, приравниваемой нулю.

Класс **трансцендентных** уравнений обширен. В него входят показательные, логарифмические, тригонометрические уравнения, а также уравнения, содержащие различные (а не только степенные) элементарные функции и композиции элементарных функций. Помимо проблем, связанных с областью определения, в таких уравнениях при наличии тригонометрических функций могут возникнуть проблемы с периодичностью решений.

В зависимости от того, сколько неизвестных входят в систему уравнений, можно выделить два типа систем: системы с одним неизвестным и системы с несколькими неизвестными. Классификация всех систем – занятие бессмысленное, поскольку специальные эффективные (матричные) методы решения разработаны только для систем линейных алгебраических уравнений с несколькими неизвестными. Такие системы еще называют линейными алгебраическими системами. Все другие системы решаются с помощью одних и тех же общих численных методов.

Системы с одним неизвестным можно решить так: найти по отдельности решение каждого уравнения системы, а потом выбрать одинаковые для всех уравнений числа. Часто можно поступить проще: сначала решить то уравнение, которое имеет наименьшее число

корней, а потом все эти корни подставить в каждое из оставшихся уравнений системы.

Нелинейные системы с несколькими неизвестными решаются численными итерационными методами, требующими задания начального приближенного значения искомого неизвестных.

Выбор метода решения уравнения

Посмотрим, чем же стоит руководствоваться при выборе метода решения конкретного уравнения или системы.

Для вычисления всех корней алгебраического уравнения не выше пятой степени рекомендуется использовать символьные вычисления а также функцию **polyroots** (см. рис. 13), поскольку она не требует проведения процедуры локализации корней. Во всех остальных случаях придется либо локализовать корень на конкретном отрезке, либо использовать итерационные методы, имея достаточно хорошее начальное приближение и выбрав подходящую точность вычислений.

Прежде чем начать поиск корней уравнения, нужно на нескольких различных интервалах построить график функции, приравняваемой к нулю. Поведение графика даст ответ на несколько вопросов. Имеет ли функция действительный корень? Где он расположен? Сколько всего действительных корней? Отделены ли корни друг от друга, или они имеют некоторую точку скопления? Можно ли считать, что корни периодически повторяются, и чему равен период? Есть ли у функции точки разрыва, и насколько далеко от них лежат корни? Следует ли уменьшить значение системной переменной **STOL**, чтобы различить два близко расположенных корня?

Когда ответы на все вопросы получены, тогда можно определиться с методом и точностью вычислений.

Заметим, что если проигнорировать этап построения графика функции, то, например, функция **root** может сработать некорректно. Правда, по графику нельзя определить, попадет ли в процессе решения в точку локального минимума

невязки последовательность приближений. Если причина ошибки в этом, то нужно задать другое начальное приближение. Чем точнее выбрано начальное приближение корня, тем быстрее итерационный процесс будет сходиться.

Результатом решения системы будет численное или символьное значение вектора неизвестных величин. При символьном решении не надо вводить начальные значения, а при численном – надо. Если в системе всего два неизвестных, то построение трехмерных графиков функций, входящих в систему, позволит удачно подобрать начальное приближение для решения системы. В случае неудачного начального приближения появится сообщение об отсутствии сходимости последовательности итераций. Тогда придется начать все сначала, задав другое первое приближение.

Широкое использование компьютеров для аналитического или численного поиска корней уравнений привело к тому, что многие пользователи перестали чувствовать разницу между алгебраическими, рациональными, иррациональными и трансцендентными уравнениями. Более того, все эти уравнения стали называться просто алгебраическими. Так в документации Mathcad сказано, что этот пакет может численно решать и системы алгебро-дифференциальных уравнений (DAE) – системы, где присутствуют и алгебраические и дифференциальные (см. ниже) уравнения. Хотя там могут быть и другие типы

уравнений – рациональные, иррациональные и трансцендентные.

Раз мы упомянули дифференциальные уравнения, то следует сказать, что в Mathcad Prime к великолепной семерке добавилась еще одна функция – функция **Odesolve**.

7+1. Odesolve

Наша первая задача о “круизе” моторной лодки (см. рис. 1 и 2) имела существенное допущение: скорость лодки была постоянной. Но это условие выполнить практически невозможно, т.к. лодка по прибытии в один конец пути должна сбросить скорость, развернуться и пуститься в обратный путь. Можно, конечно, подправить задачу так: лодка достигает конечной точки и в этот момент эстафету принимает другая моторная лодка, движущаяся с такой же собственной скоростью, но в обратном направлении. Приблизить задачу об одной лодке к реальным условиям нам поможет еще одна встроенная функция Mathcad – функция **Odesolve**, предназначенная для решения (solve) обыкновенных (o – ordinary) дифференциальных (d) уравнений (e – equation) и их систем. Если при численном решении алгебраических уравнений мы получаем числа, подстановка которых в уравнения превращает их в тождества или в почти тождества, то при решении дифференциальных уравнений и их систем мы получаем уже не числа, а *функции*, подстановка которых

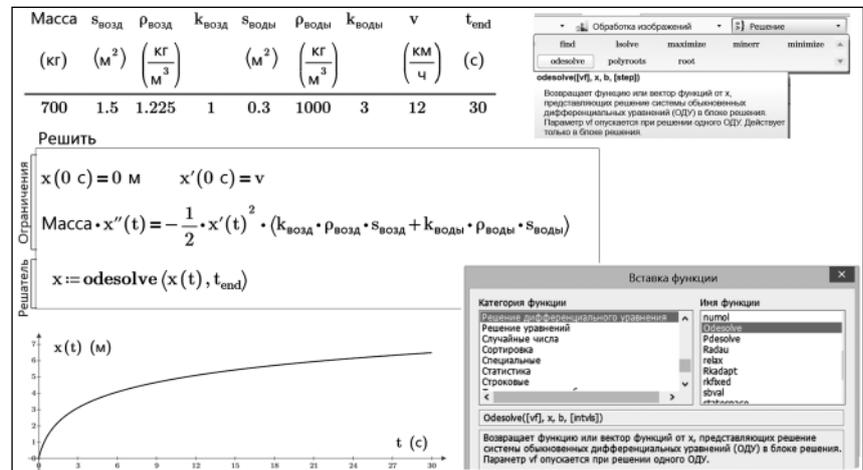


Рис. 21. Решение задачи об остановке лодки

превращает исходные дифференциальные уравнения в тождества. Заметим, что функция **Odesolve** в группе «Решение уравнений» стала восьмой (7 + 1 – см. выше) только в среде MathcadPrime. В Mathcad 15 в группе «Решение уравнений» ее не было, но она была в другой группе.

Итак, **задача 4**. На моторной лодке, движущейся со скоростью **V**, заглушили мотор. Спрашивается, как будут меняться во времени пройденный ею путь? Задача предельно упрощена – на лодку действует силы трения воды и воздуха, пропорциональные квадрату скорости лодки (см. рис. 17, 18, 19 и 20, где этот квадрат присутствовал). На рисунке 21 показано решение этой задачи с помощью функции **Odesolve** и его графическое отображение.

Коэффициент пропорциональности между инерцией и силой трения, записанный в уравнении на рис. 21 (масса лодки, помноженная на ускорение – на первую производную скорости по времени), состоит из двух частей, связанных с трением о воздух надводной части лодки и трением о воду ее подводной части. Эти коэффициенты пропорциональны плотности ρ среды (воздуха или воды) и площади поперечного сечения надводной и подводной частей лодки **S**. В уравнение можно добавить силу тяги мотора и моделировать также старт моторной лодки и ее последующее движение с переменной или постоянной тягой мотора. Если скорость лодки станет постоянной, то дифференциальное уравнение превратится в алгебраическое: сила тяги мотора будет уравновешиваться силой сопротивления воды и воздуха.

Задачу об остановке моторной лодки мы решили численно: функция **Odesolve** не ищет аналитического решения уравнения. Она формирует таблицу значений искомой функции с именем **x** (пройденный путь), по которой методом интерполяции создается непрерывная функция, график которой мы построили на рис. 21. На сайте <http://communities.ptc.com/videos/1471> можно просмотреть авторскую анимацию численного решения обыкновенного дифференциаль-

ного уравнения методами Эйлера и Рунге-Кутты, а на сайте <http://communities.ptc.com/videos/1699> помещена анимация похожей задачи – остановки автомобиля под действием сил трения. Другие авторские динамические модели (вращение планет со спутниками, качание маятников, спуск на парашюте, ныряние в воду, движение в туннеле, запуск ракеты с подводной лодки, скатывание с горы и др.), реализованные в среде Mathcad, можно найти здесь <http://communities.ptc.com/groups/dynamic-models-in-mathcad>.

В среде Mathcad нет средств аналитического (символьного) решения дифференциальных уравнений. Но их можно поискать и найти в Интернете. На рисунке 22 показано аналитическое решение задачи о движении моторной лодки – логарифмическая функция. Оно нашлось, поскольку исходное уравнение было достаточно простым: вторая производная функции пропорциональна квадрату ее первой производной. Но если с нашей задачей о движении лодки начать снимать ограничения, то символьного решения уже не будет, и нам придется возвращаться к численным методам – к функции **Odesolve**.

Так, например, при торможении лодки площадь поперечного сечения ее надводной части уменьшается (лодка проседает в воду), а подводной части растёт (вспомним, что самые быстроходные суда те, у которых подводная часть минимальна: глиссирующие суда, суда на подводных крыльях или на воздушной подушке). Коэффициенты **K_{возд}** и **K_{воды}** (см. блок исходных данных на рис. 21) в свою очередь зависят от скорости и характера движения лодки: они одни при ламинарном обтекании тела и другие при турбулентном движении, когда за лодкой клубятся вихри воды и воздуха. У воды и воздуха разная вязкость, что тоже нужно учитывать при математическом моделировании движения лодки. Этим занимается очень интересная наука под названием *гидрогазодинамика*...

И последнее. После нахождения корня алгебраического уравнения (или решения системы уравнений) всегда, независимо от метода, стоит сделать *проверку* – подставить найденное значение (значения) в уравнение (в систему) и убедиться, что получилось тождество. Или почти тождество, если используются численные (приближенные) методы решения. Проверка решения

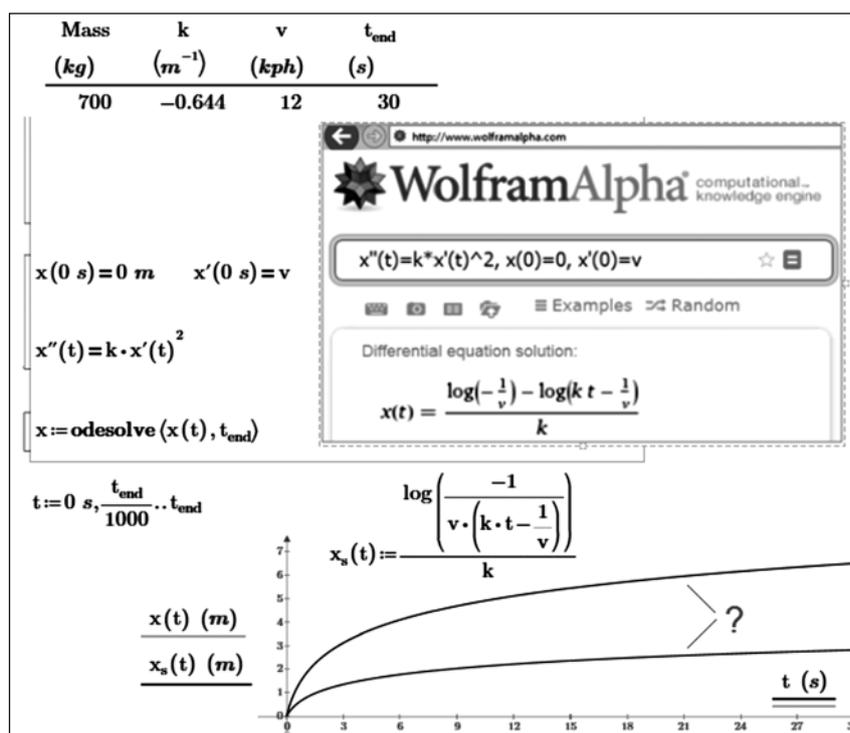


Рис. 22. Графическое сравнение аналитического и численного решения ОДУ

рассматриваемого дифференциального уравнения может заключаться в построении графика баланса сил и произведения массы на ускорение (если иметь ввиду задачу, показанную на рис. 21) в зависимости от аргумента полученной функции (t – см. рис. 21). Этот график должен совпадать с осью x . Кроме того, если есть аналитическое решение дифференциального уравнения, то его можно сравнить с численным решением. Мы это сделали в расчетном документе, показанном на рис. 22, где Mathcad-документ (численное решение задачи об остановке лодки) дополнен аналитическим решением.

Почему на рисунке 22 графики торможения моторной лодки не

совпали? Авторы долго ломали над этим головы, пока не сообразили, что в пакете Mathematica (а именно он работает на отмеченном на рис. 22 сайте) **log** – это натуральный логарифм, а в пакете Mathcad – десятичный. Этим и объясняется различный наклон логарифмических кривых. Если в формуле над кривыми функцию **log** заменить на **ln** или **log(..., e)**, то эти две кривые сольются в одну.

Дифференциальные уравнения тоже можно разбить на типы. Есть, например, линейные дифференциальные уравнения, решения которых можно свести к решению алгебраических уравнений. Но это тема для отдельной статьи.

Выводы

Каждая из рассмотренных функций «великолепной семерки Mathcad» обладает своими особенностями и ограничениями. Прежде чем приступить к решению задачи, следует продумать, какая из этих функций приведет к поставленной цели, причем наилучшим образом.

Школьнику, студенту, инженеру или ученому необходимо (а в ряде случаев и достаточно) освоить «великолепную семерку Mathcad», особенности численных, графических и аналитических методов решения задач, чтобы успешно решать на компьютере свои учебные или профессиональные задачи [4].

Литература

1. *Очков В.Ф.* Физические и экономические величины в Mathcad и Maple (Серия «Диалог с компьютером»). М.: Финансы и статистика. 2002 (http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/Units/Forword_book.htm)
2. *Очков В.Ф.* Преподавание математики и математические пакеты // Открытое образование, №2. 2013. С. 23–34 (<http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/Mathcad-15/OchkovMath-pdf.pdf>)
3. *Очков В.Ф.* Решение алгебраических уравнений и систем или Ван Гог в среде Mathcad // КомпьютерПресс. № 9. 2001. (<http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/Carpet/index.htm>)
4. Теплотехнические этюды с Excel, Mathcad и Интернет / Под общ. ред. В.Ф. Очкова. Издательство БХВ-Петербург. 2014. – 336 с. (<http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/ТТМІ>)

Моделирование режимов трёхфазной цепи с поперечной несимметрией

В статье показан процесс моделирования режимов электрических цепей в программной среде LabVIEW. Целью моделирования является разработка компьютерной программы (прибора) для иллюстрации в учебном процессе очного и заочного (дистанционного) образования электрических процессов в трёхфазной цепи при различных несимметричных режимах, и для определения параметров этих режимов в практических целях (расчёт К.З).

Ключевые слова: программная среда LabVIEW, лицевая панель, виртуальная установка, прибор, трёхфазная цепь, поперечная несимметрия, векторная диаграмма.

MODELLING OF MODES OF A THREE-PHASE CHAIN WITH CROSS-SECTION ASYMMETRY

In article process of modelling of modes of electric chains in program LabVIEW environment is shown. The modelling purpose is working out of the computer program (device) as for an illustration of electric processes in a three-phase chain at various asymmetrical modes in educational process of internal and correspondence (remote) formation, and for definition of parameters of these modes in the practical purposes (calculation K.3).

Keywords: Program LabVIEW environment, the obverse panel, virtual installation, the device, a three-phase chain, cross-section asymmetry, the vector diagramme.

Введение

В последние годы в ВУЗах страны наряду с реальными установками для научных и учебных целей применяют их виртуальные аналоги. Это значительно удешевляет затраты и расширяет области учебных исследований. Особенно это актуально и эффективно в лабораторных работах учебного процесса в ВУЗах, когда студенты могут исследовать сложные явления, имеющие место в сложных установках, во всех их проявлениях и на всём диапазоне их действия на компьютере, в том числе на домашнем. Эффект познания значительно усиливается при использовании наглядной и рациональной графической интерпретации результатов. В связи с этим применение виртуальных приборов особенно целесообразно в учебных дисциплинах, где графическая информация может быть преобладающей. Это электротехника, электроника с их волновыми, векторными, топогра-

фическими, круговыми диаграммами, частотными и другими характеристиками.

Как правило, компьютерные программы, создаются совместной работой специалистов по профилю темы и программистов. Однако значительно проще и эффективнее процесс разработки приборов происходит при простой программной среде, освоенной специалистом по профилю темы. К таким программам относится LabVIEW National Instrument.

В статье показан процесс разработки инженером-электриком, преподавателем ВУЗа компьютерной программы электротехнической установки (виртуального прибора) для исследования несимметричных режимов трёхфазных цепей в учебных целях.

Используется математическое описание трёхфазной электрической цепи при различных режимах поперечной несимметрии (одно и двухфазные короткие замыкания на землю, межфазные замыкания). Прибор

представляет собой виртуальную установку, на которой можно как и на реальном устройстве выполнять различные исследования. Описан процесс графического программирования электрических явлений, создания лицевой панели прибора и основные моменты разработки блок-диаграммы. В конце статьи приведены результаты исследования конкретных примеров возможных режимов, показаны их векторные и топографические диаграммы.

Были поставлены задачи:

- обосновать и конкретизировать математическую модель рассматриваемой трёхфазной цепи с поперечной несимметрией для всех возможных её режимов,
- определить структуру разрабатываемого прибора,
- разработать компьютерную программу,
- спроектировать лицевую панель прибора с учётом задач функционирования.

Теоретические положения режимов исследуемой цепи подроб-



Геннадий Павлович Карабашев,
 к.т.н. доцент
 Тел.: (3412) 72-35-46
 Эл. почта: Karabashev1938@mail.ru
 ФГБОУ ВПО Ижевская
 Государственная
 сельскохозяйственная академия

Gennadij P. Karabashev,
 PhD in Technical Sciences,
 Associate Professor
 Tel.: (3412) 72-35-46
 E-mail: Karabashev1938@mail.ru
 Izhevsk State Agricultural Academy

но описаны в учебниках по курсу «Теоретические основы электротехники» [1]. Обычно несимметричные режимы в трёхфазных цепях возникают в аварийных условиях. Различают два вида несимметрии – поперечную и продольную.

Поперечная несимметрия в трехфазной цепи, для исследования которой разрабатывается виртуальный прибор, возникает при несимметричной нагрузке. К ней, в частности, относятся различные виды несимметричных коротких замыканий (замыкания между фазами, замыкание одной или двух фаз на землю).

В качестве конкретного объекта применения компьютерной программы взят асинхронный электродвигатель, который относится к группе электрических устройств с так называемой «динамической» нагрузкой. В них параметры зависят от несимметрии подводимого напряжения и поэтому электрические цепи с такими нагрузками рассчитываются методом симметричных составляющих.

Схема исследования представлена на рис. 1.

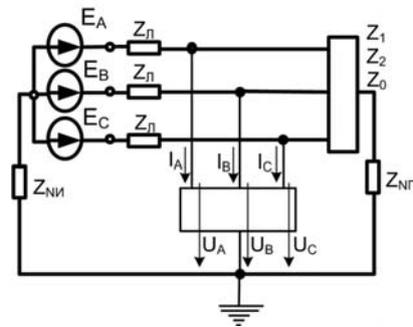


Рис. 1. Схема исследуемой цепи

Имеется симметричный источник, подводящая напряжение к электродвигателю линия в виде

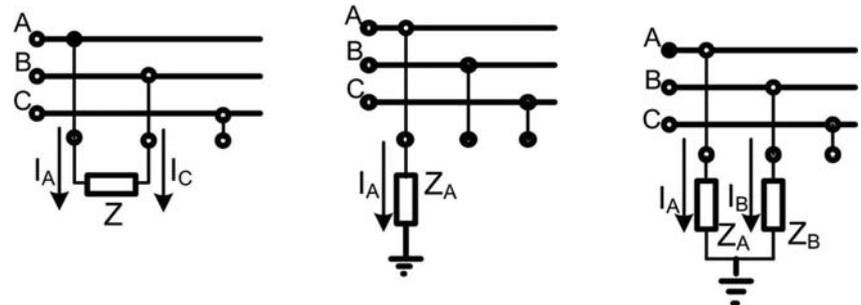


Рис. 2. Схемы несимметричных режимов

симметричной системы сопротивлений фаз и электродвигатель как симметричная нагрузка с сопротивлениями фазы токам прямой, обратной и нулевой последовательности (Z_1, Z_2, Z_0), а также несимметричный участок с поперечным включением.

Несимметричную часть цепи представляют следующими режимами (схемами) (рис. 2)

Если сопротивления в представленных схемах равны нулю, то это короткие замыкания.

Эти все несимметричные режимы цепи можно учитывать на общей схеме, где значения Z_A, Z_B, Z_C, Z_3 меняются в зависимости от вида несимметрии (рис. 3)

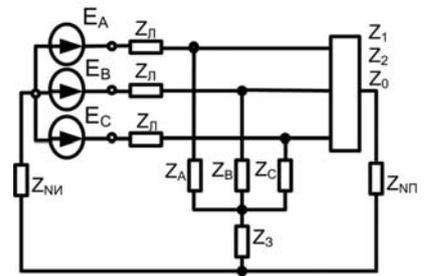


Рис. 3. Вид преобразованной схемы исследования

В соответствии с методикой расчёта несимметричный участок цепи заменяется на трёхфазный источник с несимметричной системой неизвестных напряжений U_A, U_B, U_C , которые затем разлагаются на симметричные составляющие прямой, обратной и нулевой последовательности (рис. 4). Это полная расчётная схема, в которой предусмотрены также режимы для приёмника и источника с нулевыми проводами и без них. Для полученной симметричной трёхфазной цепи расчёт ведётся для одной фазы, для которой составляются расчётные

схемы для всех трёх последовательностей (рис. 5).

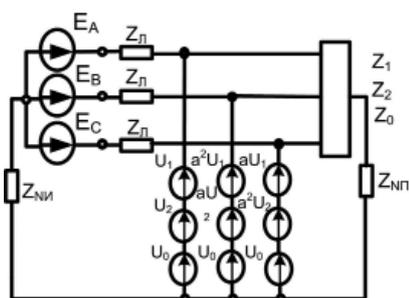


Рис. 4. Схема исследования при замене несимметричной трёхфазной ЭДС составляющими симметричных систем

Режим исходной схемы определяется путем наложения режимов этих трех схем последовательностей.

Для дальнейшего расчета целесообразно преобразовать схемы отдельных последовательностей методом эквивалентного генератора к простейшему виду (рис. 6), не затрагивая при этом ветвей с источниками неизвестных напряжений $\underline{U}_1, \underline{U}_2, \underline{U}_0$.

Уравнения по полученным схемам имеют вид

$$\begin{aligned} Z_{Э1}I_1 + U_1 &= E_{Э1}; \\ Z_{Э2}I_2 + U_2 &= 0; \\ Z_{Э0}I_0 + U_0 &= 0; \end{aligned}$$

Уравнения для участка несимметрии (рис.2)

$$\begin{aligned} U_A &= I_A Z_A + I_3 Z_3; \\ U_B &= I_B Z_B + I_3 Z_3; \\ U_C &= I_C Z_C + I_3 Z_3; \end{aligned}$$

Эти же уравнения, токи и напряжения которых выражены через их симметричные составляющие

$$I_3 = I_A + I_B + I_C = 3I_0;$$

$$\begin{aligned} U_1 + U_2 + U_0 &= \\ &= Z_A(I_1 + I_2 + I_0) + 3I_0 Z_3; \\ a^2 U_1 + a U_2 + U_0 &= \\ &= Z_B(a^2 I_1 + a I_2 + I_0) + 3I_0 Z_3; \\ a U_1 + a^2 U_2 + U_0 &= \\ &= Z_C(a I_1 + a^2 I_2 + I_0) + 3I_0 Z_3; \\ Z_{Э1}I_1 + U_1 &= E_{Э1}; \\ Z_{Э2}I_2 + U_2 &= 0; \\ Z_{Э0}I_0 + U_0 &= 0; \end{aligned}$$

В схеме для токов нулевой последовательности величина сопротивления нулевого провода утраивается, для симметричного генератора ЭДС обратной и нулевой последовательностей будут отсутствовать.

Решая эту систему уравнений при определённых значениях параметров $Z_1; Z_2; Z_0; Z_A; Z_B; Z_C; Z_3$, определяются значения электрических величин всех трёх последовательностей, а затем и реальных электрических величин.

Разработка программы начинается с лицевой панели. Компьютерная программа моделируемого устройства называется прибором. На лицевую панель помещена схема исследуемой установки, которая функционально соответствует реальной, в том числе и измерительными приборами.

Для задания различных режимов исследуемой цепи на лицевой панели помещены задачки фазного напряжения сети, сопротивлений линии и элементов узла несимметрии, сопротивлений фаз электродвигателя тока прямой и обратной и нулевой последовательности.

Программа функционирования исследуемого устройства разработа-

тывается на другой панели – блок-диаграмме, состоящей из трёх блоков.

- Решение системы уравнений и определение электрических величин всех последовательностей для одной фазы цепи;
- Определение электрических величин исследуемой цепи;
- Разработка систем изображения результатов исследования.

При задании на лицевой панели элементов контроля и измерительных приборов на блок-диаграмме появляются их терминалы с такими же обозначениями. Кроме терминалов элементов контроля (задатчиков) и индикаторов (измерительных приборов) на блок-диаграмме должны быть функциональные элементы, выполняющие определённые математические и другие действия.

В первом блоке главным элементом блок-диаграммы исследуемого прибора (рис. 7) можно считать Solve Linear Equatons (решение линейных уравнений) [2]. Для установки этого элемента на блок-диаграмму вызывается палитра функций и его находят по пути **Mathematics > Linear Algebra > Solve Linear Equatons**. С помощью этого элемента находится решение составленной системы уравнений.

На левый верхний терминал **Input Matrix** элемента **Solve Linear Equatons** подаётся исходная матрица коэффициентов исследуемой системы уравнений. Вектор заданных воздействий **Known Vector** (правая часть уравнения) подводится к левому среднему терминалу, а результирующий вектор **Solution Vector** (вектор искомых электрических величин) – снимается с правого верхнего терминала.

В разрабатываемом приборе матрица коэффициентов исследуемого уравнения подаётся на **Solve Linear Equatons** не непосредственно, а через функцию работы с массивами **Replace Array Subset**. Это связано с тем, что с помощью этого прибора потребуется моделировать различные несимметричные режимы электродвигателя, меняя параметры схемы.

На вход «array» **Replace Array Subset** подаётся структура массива

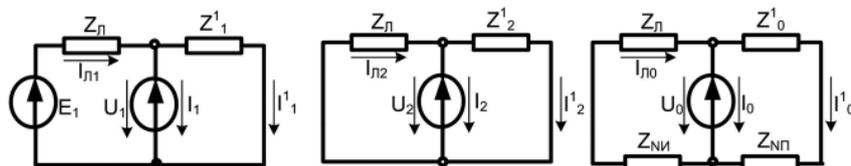


Рис. 5. Схемы замещения одной фазы

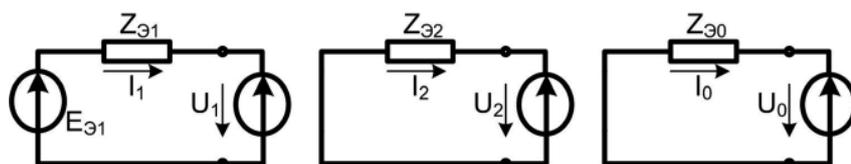


Рис. 6. Расчётные схемы замещения всех последовательностей одной фазы

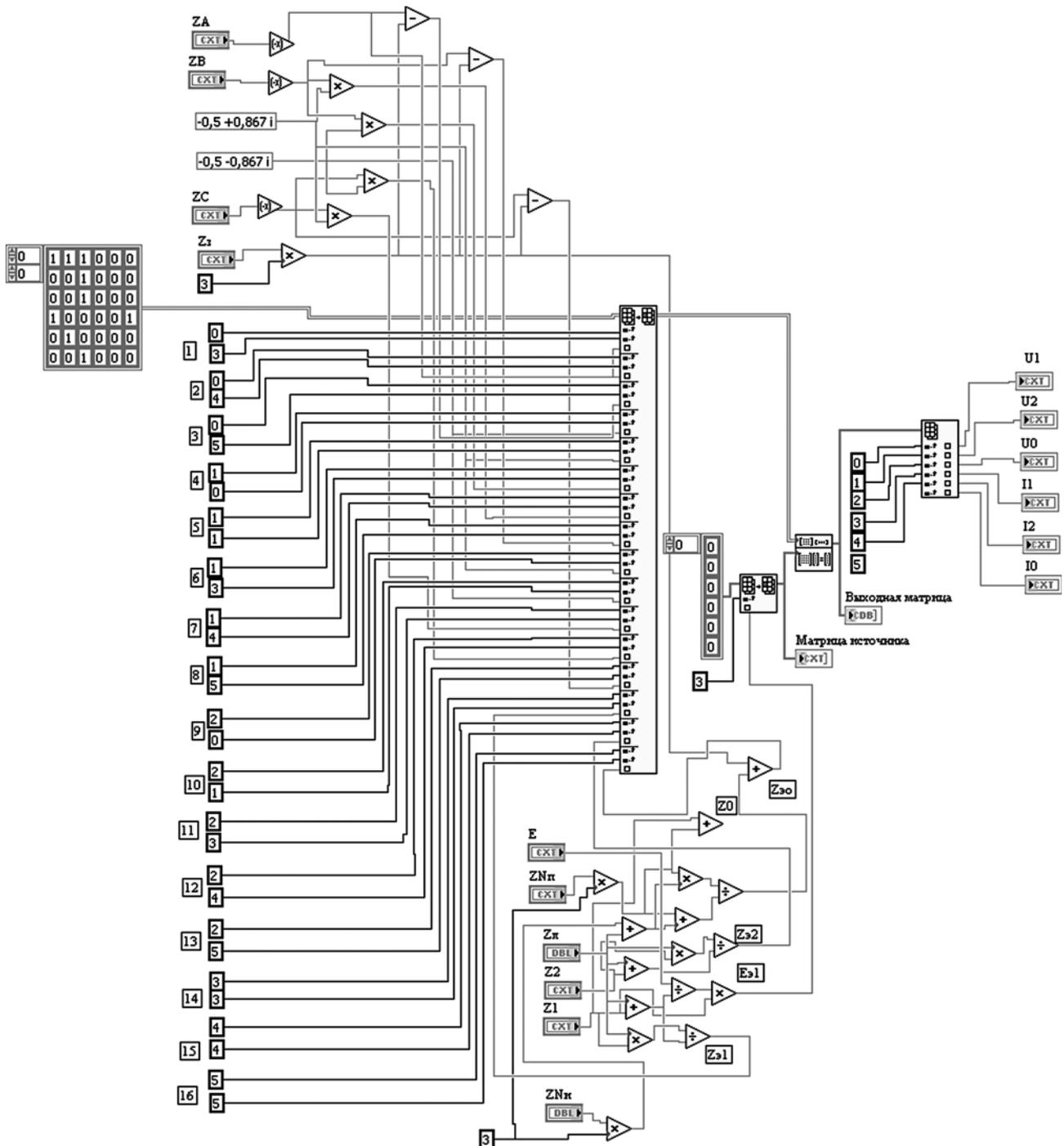


Рис. 7. Блок – диаграмма решения системы уравнений электродвигателя

исследуемой системы уравнений. Члены массива как члены уравнений системы, не содержащие параметров цепи, остаются неизменными при изменении режимов. Изменяются члены массива, в которых в качестве сомножителей присутствуют параметры $Z_1; Z_2; Z_0; Z_A; Z_B; Z_C; Z_3$. Они являются параметрами, задающими режим нагрузки, и вводятся в уравнения каждый раз когда задаётся новый режим.

Система уравнений исследуемой цепи в матричном виде

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & -Z_A & -Z_A & -Z_A & -3Z_3 \\ a^2 & a & 1 & -a^2Z_B & -aZ_B & -Z_B & -3Z_3 \\ a & a^2 & 1 & -aZ_C & -a^2Z_C & -Z_C & -3Z_3 \\ 1 & 0 & 0 & Z_{\pi 1} & 0 & 0 & \\ 0 & 1 & 0 & 0 & Z_{\pi 2} & 0 & \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & Z_{\pi 0} & \end{vmatrix} \begin{matrix} U_1 \\ U_2 \\ U_0 \\ I_1 \\ I_2 \\ I_0 \end{matrix} = \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ E_1 \\ 0 \\ 0 \end{matrix}$$

Для вывода результатов расчёта используется функция **Index Array**. Функция выводит нужные для дальнейшего использования

результаты решения системы уравнений, напряжения и токи всех последовательностей для одной фазы (фазы A) (рис. 7).

Определение электрических величин, оценивающих основные факторы режимов исследуемой цепи можно провести следующим образом.

Напряжения на фазах электродвигателя

$$\begin{aligned} U_A &= U_1 + U_2 + U_0; \\ U_B &= a^2U_1 + aU_2 + U_0; \end{aligned}$$

$$U_C = aU_1 + a^2U_2 + U_0;$$

По найденным токам прямой, обратной и нулевой последовательностей одной фазы определяются токи несимметричного участка цепи

$$\begin{aligned} I_A &= I_1 + I_2 + I_0; \\ I_B &= a^2I_1 + aI_2 + I_0; \\ I_C &= aI_1 + a^2I_2 + I_0; \end{aligned}$$

Эти же токи для проверки методики рассчитаем и так

$$\begin{aligned} I_A &= U_A / (Z_A + Z_3); \\ I_B &= U_B / (Z_B + Z_3); \\ I_C &= U_C / (Z_C + Z_3). \end{aligned}$$

Токи прямой, обратной и нулевой последовательностей нагрузки (электродвигателя)

$$\begin{aligned} I_1^1 &= U_1 / Z_1; \\ I_2^1 &= U_2 / Z_2; \\ I_0^1 &= U_0 / Z_0; \end{aligned}$$

Фазные токи нагрузки (электродвигателя)

$$\begin{aligned} I_{АН} &= I_1^1 + I_2^1 + I_0^1 \\ I_{ВН} &= a^2I_1^1 + aI_2^1 + I_0^1 \\ I_{СН} &= aI_1^1 + a^2I_2^1 + I_0^1 \end{aligned}$$

Токи, потребляемые всей цепью от источника

$$\begin{aligned} I_{АН} &= I_A + I_{АН} \\ I_{ВН} &= I_B + I_{ВН} \\ I_{СН} &= I_C + I_{СН}. \end{aligned}$$

Для создания наглядности полученных результатов исследования целесообразно использовать векторные и топографические диаграммы, которые вместе с другими элементами устройства представлены на лицевой панели прибора (Рис. 8).

На лицевой панели прибора расположена схема исследуемой установки, задатчики параметров цепи, индикаторы электрических величин, оценивающих режимы цепи, и экраны для векторных диаграмм.

На верхнем экране иллюстрируются векторные диаграммы токов и напряжений на приёмнике, на нижнем – диаграммы токов и их составляющих прямой, обратной и нулевой последовательностей на участке несимметрии. Для оценки диаграмм даются обозначение векторов, а также их значения в комплексной форме.

Работоспособность и адекватность функционирования прибора определяется заданием и оценкой результатов наиболее известных и легких для контроля режимов.

На лицевой панели прибора (рис. 8) показан режим короткого замыкания между фазами А и В. На верхнем экране показаны векторы фазных напряжений и токов симметричного приёмника (электродвигателя). Особенно ярко режим этого короткого замыкания между фазами иллюстрируется на нижнем экране. Показаны векторы токов трёхфазных систем прямой и обратной последовательности, сумма которых образует два равных и противоположных по направлению тока замкнутых между собою фаз А и В.

На рисунках 9 и 10 иллюстрируются векторные диаграммы токов и напряжений в исследуемой цепи коротком замыкании фазы А на землю.

Прибор можно выполнить таким образом, чтобы индикаторы электрических величин были заме-

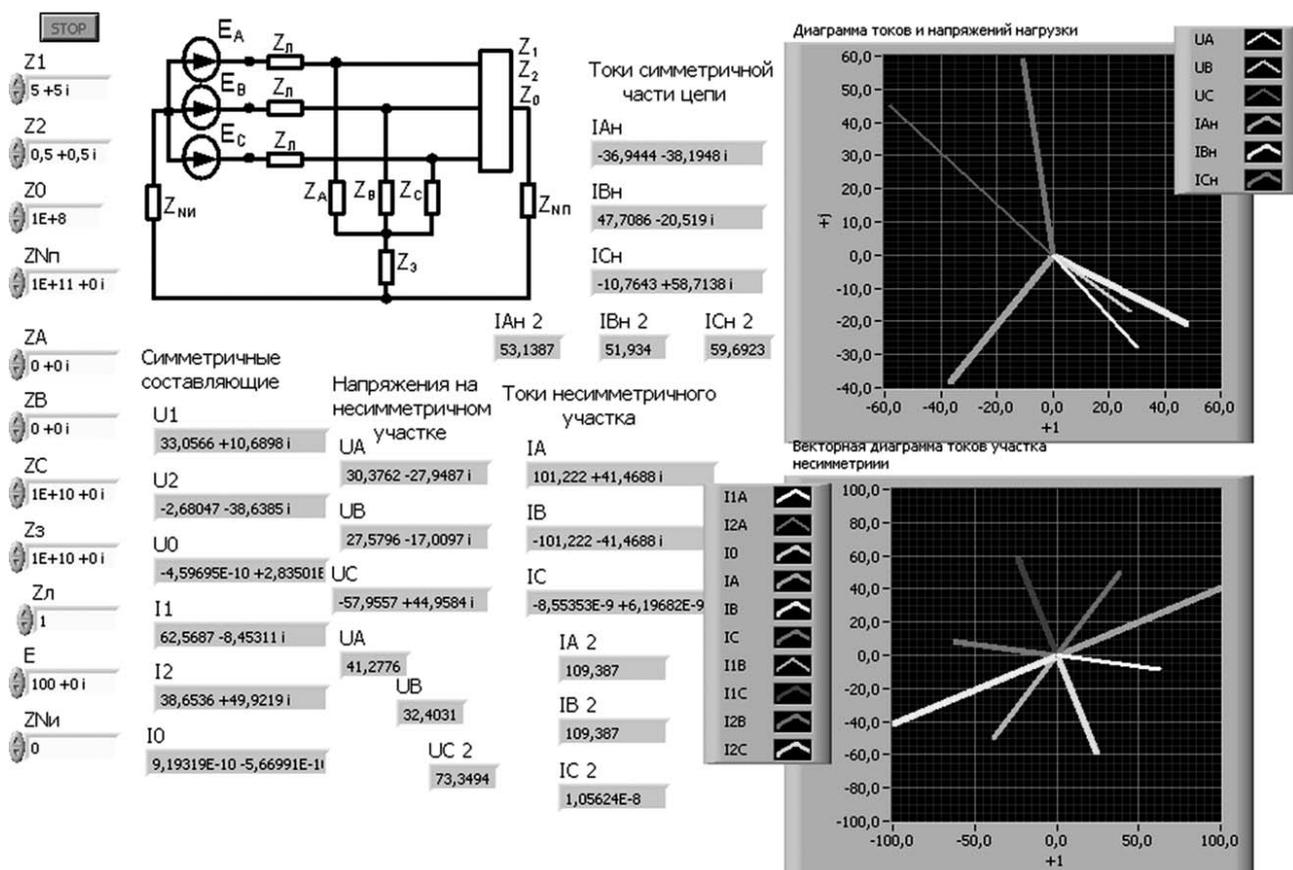


Рис. 8. Лицевая панель прибора

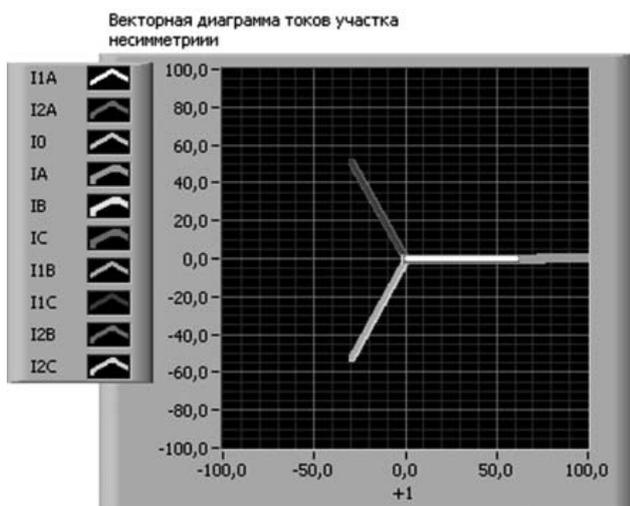


Рис. 9. Векторная диаграмма токов при коротком замыкании фазы А

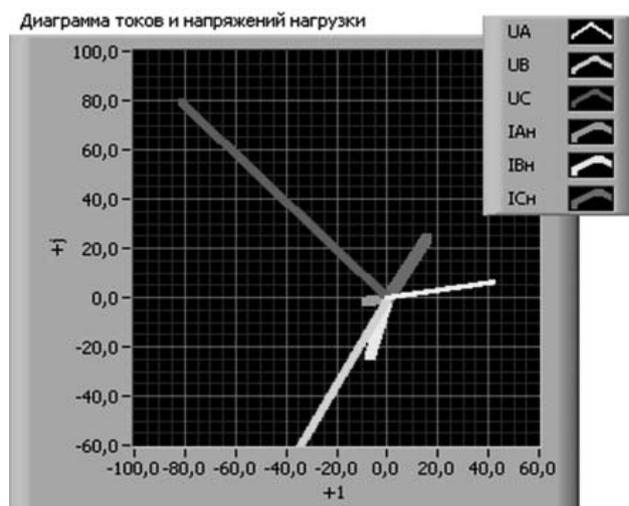


Рис. 10. Векторная диаграмма напряжений и токов на симметричной нагрузке при коротком замыкании фазы А

нены измерительными приборами, и получится виртуальная лабораторная установка для учебных или исследовательских целей.

Выводы

1. С помощью программной среды LabVIEW вполне возможно разрабатывать компьютерные

программы для исследования относительно сложных явлений без непосредственной помощи квалифицированных программистов.

2. Компьютерная программа (виртуальный прибор), представленная в статье, как и подобные другие в определённых условиях, позволяет исследовать в учебных целях процессы в электрических

цепях и наглядно представлять результаты при значительно меньших материальных затратах. Прибор применяется в лабораторной работе по изучению метода симметричных составляющих.

3. Применение таких виртуальных установок создают условия для расширения дистанционного образования на инженерные специальности.

Литература

1. Основы теории цепей. М., «Энергия», 1989. Авт.: Г.В.Зевеке, П.А.Ионкин, А.В.Нетушил, С.В.Страхов. – 475 с.
2. Суранов А.Я. LabVIEW 8: Справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс. 2007. – 400 с.

Программные средства оптимизации бизнес-процесса «приемная кампания вуза»

Приемная кампания – важная составляющая системы основных бизнес-процессов ВУЗа. В статье проводится анализ этого процесса с использованием различных средств моделирования. Предлагается организация информационного обеспечения приемной кампании на концептуальной основе CRM-технологий, которые должны выступать в качестве значимого оптимизирующего ресурса.

Ключевые слова: бизнес-процесс, приемная кампания ВУЗа, BPI (Business Process Improvement), CRM (Customers Relationship Management), управление проектами.

SOFTWARE OPTIMIZATION OF BUSINESS PROCESS “UNIVERSITY ADMISSION CAMPAIGN”

Admission campaign is an important part of the main business processes system of the university. Admission campaign is analyzed on the base of different modeling tools. The conceptual basis of CRM-system as information support of the process is proposed. It should be significant optimizing resource of business process.

Keywords: business process, university admission campaign, BPI (Business Process Improvement), CRM (Customers Relationship Management), Project Management.

1. Постановка проблемы

В современном российском высшем образовании определенное снижение эффективности работы ВУЗов связано с резким изменением конкурсных правил зачисления абитуриентов. Проникновение в нашу жизнь единого государственного экзамена (ЕГЭ) привело к следующему:

- Упростилась процедура выбора абитуриентом предпочтительного ВУЗа (можно подать документы сразу в несколько институтов, причем дистанционно).
- Повысилась потенциальная доступность ВУЗов с высоким рейтингом (более точно в данном случае использовать слово не «рейтинг», а «реноме»).
- Произошла резкая поляризация и без того неравных по возможностям провинциальных ВУЗов и ведущих образовательных учреждений (в основном, столичных).
- Снизилась возможность управлять отбором в контексте требований конкретного ВУЗа.

Эти новые условия следует признать положительными для абитуриентов, но не слишком хорошими для учебных заведений. Можно предположить, что негативные для ВУЗов следствия могут быть частично скомпенсированы путем использования определенных управленческих технологий, на выявление которых и направлена настоящая статья. Использовались методики и нотации моделирования и анализа бизнес-процессов. Большинство выводов и рекомендаций проверялись и используются в рамках приемной компании Сыктывкарского государственного университета (далее СыктГУ).

2. Проблемный анализ процесса

Целевой проблемой бизнес-процесса «Приемная компания» является повышение качества абитуриентов (как следствие – повышение качества студентов первого курса). Главная метрика (показатель эф-

фективности) процесса – средний интегральный показатель абитуриента, под которым будем понимать сумму баллов трех профильных ЕГЭ плюс средняя оценка аттестата, переведенная в 100-балльную шкалу (средняя оценка, умноженная на 20). Текущий интегральный показатель составляет 190 (120 по трем экзаменам ЕГЭ и 70 по среднему баллу аттестата). Целевой интегральный показатель – 270 (180 по ЕГЭ и 90 по среднему баллу аттестата).

Факторы, определяющие недостаточное качество абитуриентов (выявлены по технологии «мозгового штурма» [1]):

- малое число абитуриентов (низкая конкуренция);
- легкая потенциальная доступность сильных конкурентов (ВУЗов Москвы, Санкт-Петербурга и зарубежных);
- недостаточное качество профессиональной подготовки выпускников и, как следствие, низкая конкурентоспособность выпуск-



Виктор Васильевич Бабенко,
 к.г.-м.н, заведующий кафедрой
 информационных систем
 Тел.: (8212) 255179
 E-mail: babenko@syktsu.ru
 ФГБОУ ВПО «Сыктывкарский
 государственный университет»
<http://www.syktsu.ru>

Victor V. Babenko,
 PhD in Geological and Mineralogical
 Sciences, Head of Department of
 Information Systems
 Tel.: (8212) 255179
 E-mail: babenko@syktsu.ru
 Syktyvkar State University, Syktyvkar
<http://www.syktsu.ru>

ников («неохотно берут на работу...»);

- плохая рекламная кампания;
- малое разнообразие внеучебных мероприятий;
- невысокий рейтинг ВУЗа;
- «демографическая яма»;
- недостаточно продуманный выбор «профильных» дисциплин по ЕГЭ;
- плохое информационное обеспечение работы ВУЗа («про нас мало знают...»).

Начальное группирование факторов сделано в формате диаграммы Исикавы [2], причем, главные «кости» графика – это проблемы, а все ответвления, можно интерпретировать как потенциальные мероприятия или действия, направленные на минимизацию этих проблем (рис. 1).

Обзор диаграммы показывает, что фактор «Сильные позиции конкурентов» практически неустрашим и плохо управляем. Обведенные контурами проблемные блоки «Низкий рейтинг ВУЗов» и «Мало внеучебных бонусов» могут быть условно названы стратегическими, поскольку совпадают с общей логикой управления ВУЗом и могут быть решены только за достаточно длительное время. Технологии решения этих задач заслуживают специального исследования и лежат в плоскости процессного подхода

[3], управления качеством [4] и оперативной оценки эффективности учебного процесса [5]. Все это выходит за пределы данной статьи и, возможно, будет проанализировано авторами в последующих публикациях.

Проблемный фактор «Плохая рекламная кампания» – оперативно-тактический и именно он подлежит здесь дальнейшему анализу. Уточним функциональность процесса «Приемная кампания» с помощью CASE-нотаций (рис. 2) [6].

В соответствии с основными функциональными блоками (рис. 2) можно выделить две фазы приемной кампании:

- фаза подготовительной работы (рекламно-маркетинговой), осуществляемой на протяжении всего календарного года;
- фаза летней работы приемной комиссии, которая проходит, ориентировочно, в июле и августе, и сопряжена с интенсивной и согласованной работой большой группы временных и постоянных сотрудников и значительным документооборотом.

Более детально картину представляют декомпозирующие диаграммы (рис. 3 и 4). Цифры с обводкой на рис. 3 показывают значимость (1 – максимальная) отдельных операций для миними-

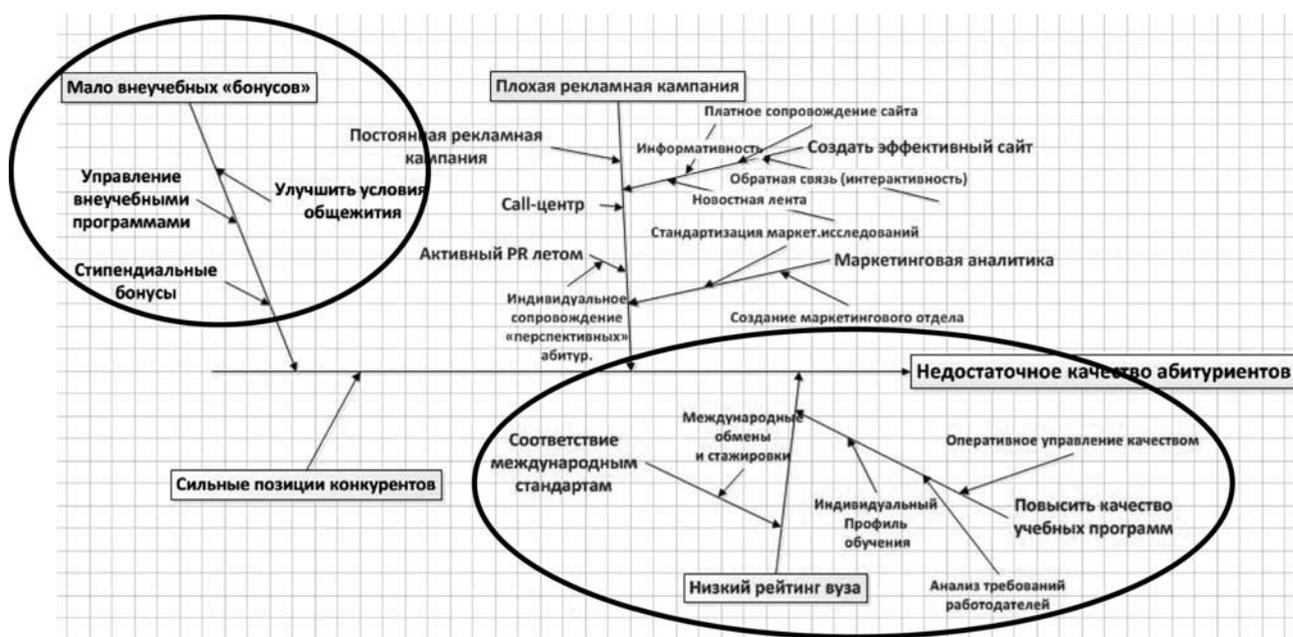


Рис. 1. Причинно-следственный анализ проблемы «Низкое качество абитуриентов» в формате диаграммы Исикавы



Юрий Валентинович Гольчевский,
к.ф.-м.н., доцент кафедры
информационных систем
Тел.: (8212) 255179
E-mail: yurygol@mail.ru
ФГБОУ ВПО «Сыктывкарский
государственный университет»
http://www.syktstu.ru

Yury V. Golchevskiy,
PhD in Physical and Mathematical
Sciences, Associate Professor,
Department of Information Systems
Тел.: (8212) 255179
E-mail: yurygol@mail.ru
Syktyvkar State University, Syktyvkar
http://www.syktstu.ru



Сабина Тахировна Гуляева,
аспирант, старший преподаватель
кафедры информационных систем
Тел.: (8212) 255179
E-mail: sabi-2222@yandex.ru
ФГБОУ ВПО «Сыктывкарский
государственный университет»
http://www.syktstu.ru

Sabina T. Gulayeva,
Post-graduate Student, Senior Lecturer,
Department of Information Systems
Тел.: (8212) 255179
E-mail: sabi-2222@yandex.ru
Syktyvkar State University, Syktyvkar
http://www.syktstu.ru

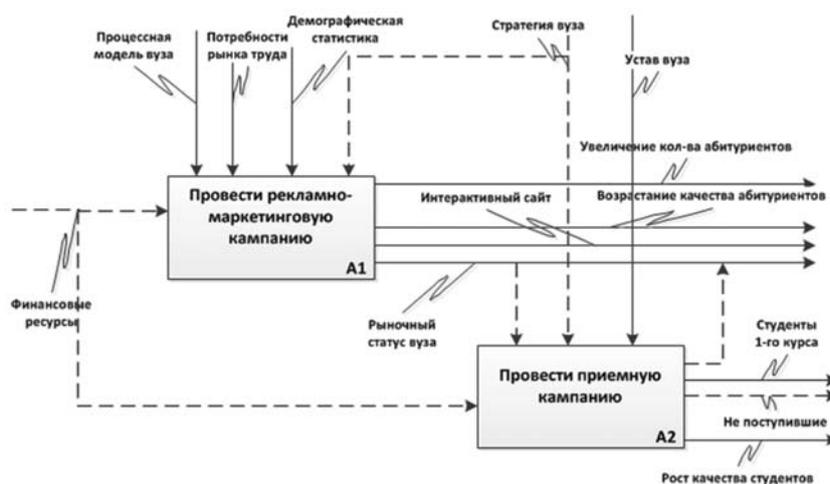


Рис. 2. Первая декомпозиция процесса «Приемная кампания ВУЗа» в нотации SADT. Пунктиром обозначены дуги-объекты, которые туннелированы с целью повышения наглядности модели

зации проблемы «Низкое качество абитуриентов». Блок «Оптимизация бизнес-процессов ВУЗа» в ранжирование не включен, поскольку отражает стратегический уровень задач. Цифры с обводкой на рис. 4 показывают затратность по экспертной оценке (1 – максимальная) отдельных операций для минимизации проблемы «Низкое качество абитуриентов».

Обращает на себя внимание, что практически все «кости» группы «Плохая приемная кампания» (рис. 1) могут быть описаны в терми-

нах информационных потоков. Во всех случаях речь идет об информационном обмене между ВУЗом и его клиентами (абитуриентами, родителями абитуриентов, работодателями). Корпоративные задачи в этой плоскости традиционно призваны решать системы управления отношениями с потребителями (CRM, Customers Relationship Management [7]). Будем различать несколько разновидностей CRM-систем:

- Коллаборативный CRM – программная (или точнее, про-

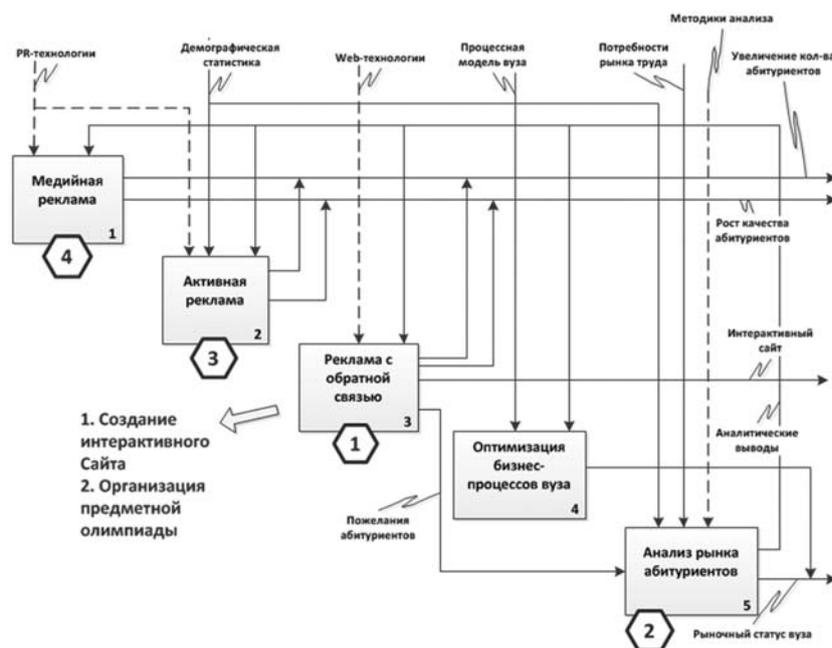


Рис. 3. Декомпозиция блока «Провести рекламно-маркетинговую кампанию» процесса «Приемная кампания ВУЗа». Пунктиром обозначены дуги-объекты, которые туннелированы

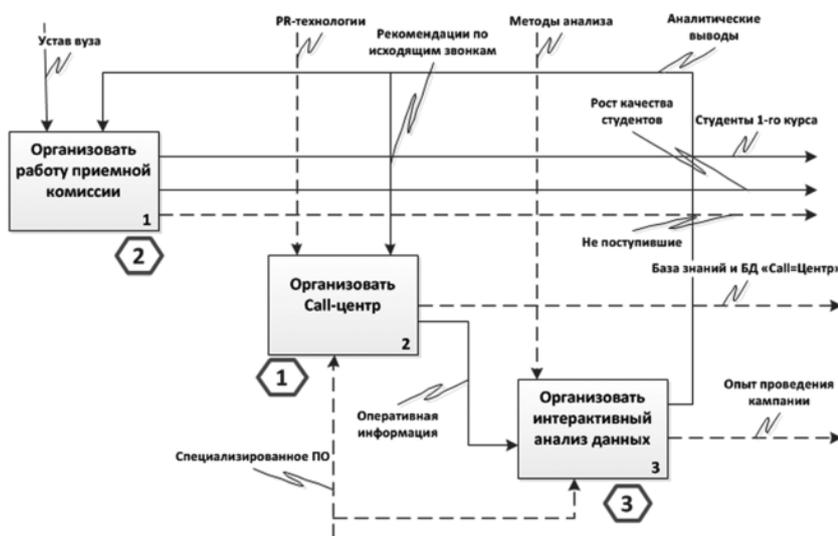


Рис. 4. Декомпозиция блока «Провести приемную кампанию» процесса «Приемная кампания ВУЗа». Пунктиром обозначены дуги-объекты, которые туннелированы

граммно-организационная, т.к. существенная роль принадлежит оргструктурам, осуществляющим эксплуатацию таких программ) система, ориентированная на тесное взаимодействие бизнеса с конечными потребителями. В том числе:

– Активный CRM – компьютерно-телекоммуникационные средства взаимодействия с клиентами по инициативе предприятия (плановые рассылки сообщений, адресная реклама, социологические исследования и т.д.)

– Пассивный CRM – компьютерно-телекоммуникационные средства, обеспечивающие информационное сопровождение продуктов и сервисов (call-центры, справочные службы, горячие линии).

• Аналитический CRM – система, являющаяся инструментом накопления, хранения и анализа больших объемов контекстной информации в целях обеспечения стратегических и оперативных решений.

Применим данную бизнес-логику к целям и задачам приемной компании ВУЗа и сформулируем в явном виде требования к комплексной системе, которую будем называть E-CRM (Educational CRM). Она должна обеспечивать следующую функциональность (по результатам «мозгового штурма» специалистов института точных наук

и информационных технологий СыктГУ):

• Поддерживать и сопровождать базу данных по потенциальным абитуриентам региона на ближайшие три года (источники информации: открытые статистические дан-

ные, обращения заинтересованных лиц через Интернет и по телефону).

• Обеспечивать возможность информирования заинтересованных лиц контекстной информацией в пакетном режиме.

• Обеспечивать удобную возможность проведения дистанционного опроса (анкетирования) контингента по телефону и через Интернет, а также иметь инструменты проектирования соответствующих опросов.

• Обеспечивать качественное консультационное и справочное обслуживание в контексте приемной компании.

• Обеспечивать качественной и максимально полной статистикой в различных разрезах (анализ поступления абитуриентов по населенным пунктам региона, школам, учителям-предметникам школ и т.п.) структуры ВУЗа, заинтересованные в привлечении абитуриентов. Это позволило бы вести адресную эффективную работу по привлечению новых абитуриентов в будущем. Современный рынок

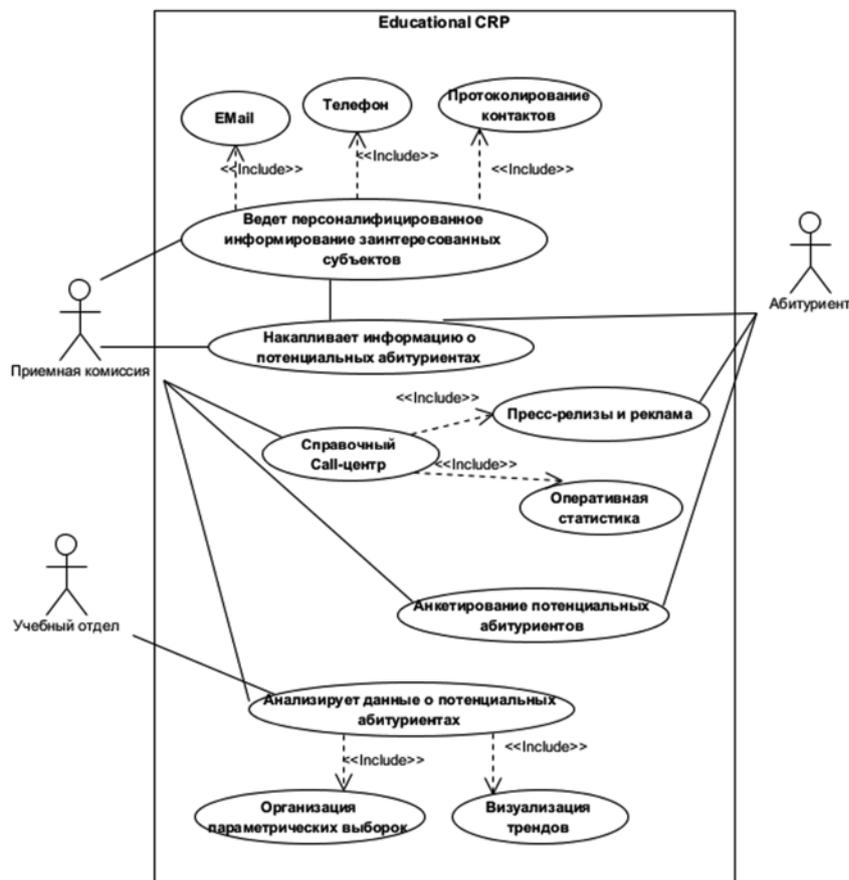


Рис. 5. Диаграмма прецедентов (Use Case), иллюстрирующая плановую функциональность CRM-системы для ВУЗа

программного обеспечения, в том числе и в сфере образования, практически не предлагает подобных готовых решений.

В терминах диаграммы прецедентов [6] эти требования представлены на рис. 5.

3. Направления улучшения бизнес-процесса «Приемная кампания ВУЗа»

Таким образом, использование специально спроектированной E-CRM должно явиться важным оптимизирующим фактором. Технологически такая задача может быть решена двумя способами. Первый – плановая разработка собственными силами или заказ на разработку специализированной фирме по точно описанной спецификации. Второй – внедрение и адаптация имеющихся на рынке CRM-систем.

Оба способа имеют преимущества и недостатки, анализ которых выходит за рамки настоящей статьи. Отметим только, что по нашим оценкам в финансовом отношении предпочтительней выглядит закупка готового CRM, а с точки зрения возможности комплексного решения поставленных задач – самостоятельная (заказная) разработка.

Возможно, наиболее важный элемент функциональности системы E-CRM – это технологии, направленные на подготовку «своего» абитуриента. Очевидно, что хорошим студентом будет только тот, кто в образовательном процессе занимает активную позицию, кто с самых первых дней обучения в ВУЗе четко позиционирует себя в будущей профессии. Система E-CRM должна обладать интерактивным инструментарием, позволяющим смоделировать процесс профессионального выбора [8] и выстроить траекторию будущего обучения. Примером может служить разработанный в СыктГУ сайт для решения этой задачи (проект «Выбери себя», <http://vs.syktu.ru/>). Логика использования сайта представлена на рис. 6.

Описание конкретного учебного направления содержит информацию о форме и продолжительности обучения, получаемой выпускни-



Рис. 6. Логика работы сайта «дорожная карта абитуриента»

ком степени, количестве бюджетных мест, возможности обучения по контракту и другие сведения о направлении. Кроме того, может быть представлена информация о названиях профессий, по которым может работать выпускник, используемых навыках и возможных соответствующих местах трудоустройства в регионе ВУЗа.

Как показывает опыт, абитуриенту часто трудно сориентироваться в названиях направлений обучения. Поэтому сайт предлагает выбор по смысловым ассоциациям. Один из возможных вариантов та-

кого выбора (для нескольких ключевых слов) представлен на рис. 7. Абитуриент может выбрать то, что ему нравится (например, изначально Безопасность, Бизнес, Информация, Искусство, Природа, Формулы, Цивилизация, Человек). Далее вокруг выбранного объекта появляется новое облако связанных ассоциаций, выбор которых ведет к показу соответствующего направления обучения.

Таким образом, абитуриент может выстроить траектория своего возможного обучения и приобретения желаемой профессии.



Рис. 7. Пример механизма выбора направления обучения по смысловым ассоциациям, реализованный в проекте «Выбери себя»

Чтобы ВУЗ мог заранее накапливать информацию о возможных будущих студентах, а абитуриент мог оперативно получать полезную информацию от ВУЗа, такой сайт целесообразно дополнить системой регистрации, подобной той, о которой говорилось в работе [9].

Следует остановиться еще на одном важном аспекте управления приемной кампанией. Выше мы представляли приемную кампанию как бизнес-процесс, имея в виду ее повторяющийся характер, постоянство основных ресурсов и интегрированность результатов в основную деятельность ВУЗа. При этом, в управленческом контексте приемную кампанию удобно интерпретировать как четко локализованный во времени (например, приемная кампания 2015 года) и специфицированный по задачам проект. Такой «процессно-проектный дуализм» наблюдается в практике менеджмента довольно часто. Разумеется, дело не в определении, а в удобстве использования конкретных управленческих технологий в конкретных ситуациях. Проектный подход позволяет использовать мощные и полезные

алгоритмы проектного менеджмента [10]. В частности, в отдельный субъект управления можно выделить блок «Провести приемную кампанию» (см. рис. 2 и 4) и формально представить его в виде проекта. Это дает следующее:

- Инструментарий типичного для управления проектами ресурсно-календарного планирования (например, в формате диаграммы Ганта [11]).

- Арсенал методически обоснованных видов проектных исследований (анализ рисков, анализ вех, ресурсное обеспечение, анализ заинтересованных лиц).

- Возможность корректного выстраивания ролевой структуры проекта и системы его коммуникаций.

- Формализация актов и процедур оперативного управления приемной кампанией.

Важно отметить, что для анализа структуры управления проектами имеются эффективные программные решения, например, весьма популярный многотиражный Microsoft Project [11]. Для непосредственного мониторинга и управления проектом также су-

ществуют программы разной степени специализации и методики, которые могут быть хорошо интегрированы в комплексную систему E-CRM.

4. Заключение

Таким образом, эффективность проведения приемной кампании ВУЗа может быть значительно повышена с помощью специально спроектированного программного обеспечения. Предлагаемое для такой комплексной информационной системы название – Educational CRM (E-CRM), отражает ее главную задачу: повышение степени клиентоориентированности высшего профессионального образования. Показанные в статье функциональные требования к E-CRM могут и должны быть существенно конкретизированы в соответствии со спецификой каждого конкретного ВУЗа. Применительно к задачам Сыктывкарского государственного университета эта проблема решается в настоящий момент и итоговые проектные документы авторы планируют опубликовать в ближайшем будущем.

Литература

1. Орлов А.И. Экспертные оценки. Учебное пособие. – М.: ИВСТЭ, 2002.
2. Исикава К. Японские методы управления качеством / Сокр..пер.с англ. Под. ред. А.В. Гличева. – М.: Экономика, 1988. – 214 с.
3. Репин В.В., Елифанов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2009. – 408 с.
4. Нортон Д., Каплан Р. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. – М.: Олимп-Бизнес, 2010. – 320 с.
5. Бабенко В.В. К вопросу об управлении качеством подготовки специалистов в системе высшего профессионального образования // Сборник научных трудов VIII Международной научно-практической конференции. – М.: МГУ, 2013. – Т. 2. С. 39–46.
6. Бабенко В.В. Практический анализ бизнес-процессов: сборник задач и упражнений. – Сыктывкар: Изд-во Сыктывкарского ун-та, 2010. – 290 с.
7. Черкашин П. Стратегия управления отношениями с клиентами (CRM). – М.: Бином, 2007. – 376 с.
8. Бабенко В.В., Гольчевский Ю.В. Концепция информационного пространства кафедры вуза на основе web-портала // Открытое образование, №2 (103), 2014. – С. 46–50.
9. Гольчевский Ю.В., Сургуладзе А.М. Опыт разработки и эксплуатации системы онлайн приема электронных заявлений от абитуриентов // Открытое образование, №6 (95) 2012. – С. 57–63.
10. Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК®) – Четвертое издание, Project Management Institute, 2008, – 463 с.
11. Куперштейн В.И. Microsoft Project 2013 в управлении проектами. – СПб.: ВHV-СПб, 2014, – 432 с.

Программные системы для симуляции профессиональных ситуаций: обзор и развитие

Описываются существующие программные системы симуляции профессиональных ситуаций для обучения, возможности их алгоритмов и классификация. Описывается созданная авторами система симуляции профессиональных ситуаций QuestMaker, ее возможности по построению и проигрыванию ситуаций, оценке достижений учащихся. Приводятся примеры применения системы для оценки сформированности практических навыков студентов.

Ключевые слова: симуляция профессиональных ситуаций, тестирование, шкалирование, экспертная оценка.

SOFTWARE SYSTEMS FOR SIMULATION OF PROFESSIONAL TASKS: REVIEW AND DEVELOPMENT

Software systems for simulation of professional tasks, algorithms for analysis of student performance, and classification these systems reviewed. We describe own system "QuestMaker" its capabilities for construction and playing of situations created by authors, an assessment of students achievements is described. Examples of use of system for an assessment of formation of practical skills of students are given.

Keywords: simulation of professional task, testing, scaling, expert judgment.

1. Введение

С древних времен будущие специалисты приобретали практические навыки в ситуации реальной деятельности. В отечественном образовании это приобрело форму учебно-ознакомительных (наблюдение) и учебно-производственных (взаимодействие) практик.

При обучении специальностям, в которых специалист взаимодействует с людьми (медицина, психология, юриспруденция, педагогика) возможность практик ограничена. С одной стороны, человек, с которым должны взаимодействовать будущие специалисты может не желать такого взаимодействия. С другой стороны, не имеющие опыта студенты могут по незнанию оскорбить или обидеть человека, с которым взаимодействуют.

При обучении человека взаимодействию с техническими устройствами используются тренажеры. Тренажер имитирует для оператора

техническое устройство. Естественно попытаться симитировать для студента техническими средствами другого человека. С этой целью с 1971 года разрабатываются системы для виртуальной симуляции профессиональных ситуаций.

Виртуальная симуляция – искусственная сенсорная стимуляция, генерируемая компьютером, и обеспечивающая среду, в которую можно погрузить человека. При этом человек может воздействовать на виртуальную среду. В виртуальной симуляции могут использоваться текстовые, графические и аудиовизуальные стимулы, предъявляемые как через обычную компьютерную периферию, так и через специальные средства (очки, шлемы и т.д.). Эти стимулы могут использоваться для формирования у обучающегося образа **виртуального пациента** – персонажа виртуальной симуляции, чьи проблемы необходимо решить.

В этой статье мы кратко опишем разработанные к настоящему

моменту системы для симуляции виртуальных пациентов. Далее развернуто опишем разработанную нами систему для виртуальной симуляции и приведем пример ее применения.

2. Краткий обзор существующих систем виртуальной симуляции

Ранний этап развития таких систем удобно проиллюстрировать на примере системы Computer-based patient simulation examination (CBX), разработанной для целей проверки навыков будущих медиков [1].

Уже эта система позволяла предъявлять учащемуся текущую ситуацию в виде текстового описания, сопровождаемого звуком и видео

Организация экзамена. В начале сессии студенту предъявлялось краткое описание проблемы пациента. На экране всегда отобра-



Анатолий Николаевич Алевин,
д.м.н., заведующий кафедрой
клинической психологии и
психологической помощи
психолого-педагогического
факультета РГПУ им.А.И. Герцена
Тел. (812)571-25-69
Эл. почта: termez59@mail.ru

Anatoliy N. Alechin,
Doctorate of Medical Science, head of
Clinical psychology department
Tel.: (812)571-25-69
E-mail: termez59@mail.ru



Георгий Валентинович Иванов,
соискатель на кафедре
организационной психологии
психолого-педагогического
факультета РГПУ им.А.И. Герцена
Тел. (921)379-61-24
Эл. почта: georgedoma@yandex.ru

Georgii V. Ivanov,
Post-graduate Student
Tel. (921)379-61-24
E-mail: georgedoma@yandex.ru

жались текущее время виртуального мира и местонахождение пациента (например, в палате, в процедурном кабинете или дома). Перед взаимодействием с пациентом врач мог просмотреть список доступных действий (например, такие действия как сделать рентген или измерить рост). Экзаменуемый мог вызвать любую процедуру в любой момент, набрав название процедуры на клавиатуре. Некоторые тесты были недоступны в определенных местах или в определенное время (например, у рентгенолога в воскресенье выходной). В любой момент на экран можно было вызвать результаты всех уже проведенных процедур и тестов (история болезни).

В некоторых случаях состояние больного могло стать критическим, так что на принятие решения отводилось заданное количество секунд реального времени, а если испытуемый не успевал, виртуальный пациент погибал.

Если пациент умирал или выздоравливал, или по другим заранее заданным критериям, симуляция прекращалась. Компьютер записывал все действия экзаменуемого и время, в которое они были выполнены.

Выявление правильных ответов. Для задания «правильных» действий в лечении определенного виртуального пациента этот виртуальный пациент анализировался группой экспертов. Это были не те эксперты, что разрабатывали виртуального пациента.

Каждое возможное действие врача оценивалось как оптимальное, субоптимальное (полезное, хотя и не лучшее в данной ситуации), вредное (несущее риск для пациента) или нейтральное.

Эксперты формировали из действий цепочки – тестовые единицы (англ. test items). Цепочки могли состоять из одного или нескольких действий. Каждая тестовая единица оценивалась экспертами как подходящая или неподходящая (рискованная).

Одна и та же тестовая единица могла быть оценена экспертным комитетом по-разному, в зависимости от ее места в последовательности других тестовых единиц (т.е. экс-

перты прописывали несколько возможных сценариев, в которых могла появиться данная единица, и в дальнейшем, при машинной оценке успешности студента, в зависимости от сценария оценка появления данной тестовой единицы в протоколе могла быть различна).

К примеру, если экзаменуемый выслушивал грудную клетку виртуального пациента (подходящая тестовая единица) на первом приеме и после просмотра истории болезни, он получал 3 балла, если выслушивание производилось на первом приеме и до ознакомления с историей болезни – 2 балла. Если выслушивание производилось только на втором приеме, экзаменуемый получал 1 балл. Если же выслушивание не производилось вовсе, экзаменуемый получал 0 баллов.

В случае с неподходящими действиями баллы начислялись за их невыполнение.

Так, если экзаменуемый не вызывал пациента на обследование в стационарном рентгеновском аппарате, экзаменуемый получал 2 балла. Если рентген назначался больному, лежащему на постельном режиме дома, экзаменуемый получал 1 балл. Если же будущий врач заставлял тяжелобольного выходить на улицу и идти в клинику на рентген, медик получал 0 баллов. Если рентген назначался больному, лежащему на постельном режиме дома 2 раза, за эту тестовую единицу медик так же получал 0 баллов.

После создания системы проводились пробные экзамены. Их результаты анализировались на соответствие математической модели тестирования – Partial Credit model, которую мы опишем ниже.

Протокол экзамена в системе СВХ представляет собой последовательность действий, выполненных экзаменуемым [2]. Описание выборки экзаменуемых представляло собой таблицу. Каждый столбец этой таблицы соответствовал одной из тестовых единиц, сформулированных экспертным комитетом. Строка соответствовала испытуемому. Если в протоколе испытуемого находилась определенная положительная тестовая единица, в клетку таблицы, находящуюся



Андрей Иванович Худяков,
д.п.н. профессор кафедры
организационной психологии
психолого-педагогического
факультета РГПУ им.А.И. Герцена
Тел.: (921) 406-20-27
Эл. почта: haipsy@yandex.ru

Andrey I. Hudiakov,
Doctorate of Psychological
Science, Professor, Department of
Organizational Psychology
Tel.: (921)406-20-27
E-mail: haipsy@yandex.ru

юся на пересечении данной строки (испытуемого) и данного столбца (тестовой единицы) заносилось некоторое количество баллов, в зависимости от того, в какое время и после каких действий медик выполнил данную тестовую единицу.

Аналогично в таблицу заносились и отрицательные (рисковые) тестовые единицы, с той только разницей, что баллы начислялись за невыполнение действий (так же в зависимости от контекста).

Отметим, что аналогичную по виду таблицу с баллами можно получить, предъявляя испытуемому задачи, решаемые в несколько действий – шагов (например, уравнения с одним неизвестным). Если испытуемый правильно выполнил только первое действие, он получает за данное задание 1 балл. Если правильно выполнены первые 2 действия, а в 3-м ошибка, за данное задание начисляется 2 балла и т.д.

Результаты теста содержащие только дихотомические задания (верно/неверно) можно анализировать с помощью Item Response Theory [3, 4].

Наиболее общеупотребительная версия IRT – модель Раша.

В рамках модели Раша для конкретного человека существует вероятность ответить на конкретный вопрос.

Вводится две величины: уровень знаний данного человека θ , и трудность данного задания δ . Вероятность того, что данный человек правильно ответит на данное задание, дается функцией:

$$P(\text{правильного_ответа}) = \frac{e^{\theta}}{e^{\theta} + e^{\delta}} \quad (1)$$

Для анализа таблиц, содержащих частично правильно выполненные задания, было разработано расширение модели Раша – Partial Credit Model [5].

Для случая, когда за выполнение задания можно получить от 0 до 2 баллов.

$$\pi_0 = \frac{1}{(1 + e^{(\theta-\delta_1)} + e^{(\theta-\delta_1)} * e^{(\theta-\delta_2)})} \quad (2)$$

$$\pi_1 = \frac{e^{(\theta-\delta_1)}}{(1 + e^{(\theta-\delta_1)} + e^{(\theta-\delta_1)} * e^{(\theta-\delta_2)})}$$

$$\pi_2 = \frac{e^{(\theta-\delta_1)} * e^{(\theta-\delta_2)}}{(1 + e^{(\theta-\delta_1)} + e^{(\theta-\delta_1)} * e^{(\theta-\delta_2)})}$$

Здесь π_0 , π_1 , π_2 – вероятности получения 0, 1 или 2 баллов, которые в принципе можно извлечь из таблицы с баллами, начисленными за частично-выполненные задания. Эти вероятности выражены через скрытые параметры Partial Credit Model: уровень знаний испытуемого θ и сложности шагов действий δ_1 и δ_2 .

Общая формулировка РСМ нами не приводится, дабы не загромождать изложение.

Разработчики СВХ оценили параметры РСМ (уровни знаний разных испытуемых θ_i и сложность каждого шага каждой тестовой единицы δ). С помощью статистических критериев согласия было оценено соответствие наблюдаемой таблицы баллов той таблице, которая предсказывалась, если уравнения РСМ верны.

Полученные оценки параметров и составили результат применения системы СВХ.

Результаты применения СВХ.

Рассмотрение результатов реальных экзаменов, полученных с помощью СВХ выявило несколько интересных эффектов [1]:

1. Эффект практики. Для испытуемого, проходящего симуляцию впервые сложности шагов действий (δ) были выше, чем для испытуемого, который уже прошел несколько симуляций.

2. Валидность методики, т.е. то, что она измеряет именно уровень клинической компетентности, была доказана тем, что средний уровень компетентности интернов был выше среднего уровня компетентности студентов третьего курса.

3. Результаты симуляций не коррелировали с результатами вопросных тестов, направленных на выявление теоретических знаний, что доказывает несводимость клинической компетентности к усвоению теоретических знаний.

4. Наконец, разработчиками данной системы было показано, что учащиеся, которые принимают неправильные решения в компьютерных симуляциях, ошибаются и на практиках с реальными пациен-

тами. И наоборот, верно отвечающие машине, верно действуют и в ситуации реальной практики.

Рассмотрим современные системы, аналогичные CBX.

Система CAMPUS. CAMPUS представляет собой сильно упрощенную версию CBX, предназначенную скорее для обучения, чем для проверки знаний [6].

Студент может выбрать один из созданных преподавателем случаев, проводить диагностику и лечение. Сложная система оценки как таковая отсутствует: в любой момент студент может нажать на кнопку «Tutor» и увидеть действие, которое для данного состояния больного считал наилучшим автор случая (разумеется, все такие действия закладываются в случай при создании).

Система CASUS. [7, 8]. CASUS является линейной системой. Каждый случай представляет собой историю. История состоит из заранее определенной последовательности экранов (от 5 до 25 экранов). Эта последовательность экранов будет показана экзаменуемому в любом случае. Каждый экран содержит текст, изображения, мультимедиа, а также вопросы, на которые должен ответить студент. Ответы на вопросы никак не влияют на экраны, которые будут показываться дальше, из-за чего система и получила название «линейной».

В системе CASUS реализовано несколько интересных возможностей:

1) После ответа студента на вопрос показывается заранее заготовленный комментарий к этому ответу.

2) Студент в свою очередь может прокомментировать вопрос, и этот комментарий отправится к автору виртуального пациента электронным письмом.

3) Перед непосредственно заполнением экранов, автор должен использовать инструмент, называемый Befundmatix.

Этот инструмент позволяет автору случая задать несколько вариантов диагноза (дифференциальная диагностика) и связать их с возможными вопросами студенту.

Только после этого автор случая переходит непосредственно к редактированию экранов.

Система Web-SP. [9].

Действия студента в системе WebSP представляют собой промежуточный вариант между предопределенным «путешествием по экранам» (как в CASUS) и относительно неограниченным поведением (как в полулинейной CBX). Студент переходит от экрана интервью к экрану диагностики и далее, но на каждом экране имеет свободу в назначении процедур. С некоторых экранов можно возвращаться на предыдущие. Автор случая задает рекомендуемые для каждого пациента действия, как и в системе CAMPUS.

Система vpSim. Начиная с этого момента, мы переходим от рассмотрения линейных и полулинейных систем к рассмотрению древовидных (branched) систем [10].

В древовидных системах экзаменуемому сначала предъявляется завязка ситуации и несколько вариантов дальнейших действий. Выбор какого-либо варианта ведет к появлению следующего экрана с информацией и новыми вариантами действий. Выбор на начальном экране другого варианта приведет к отображению отличной информации, сопровождающейся своими вариантами ответов. Выбор ответа в этой новой ситуации (а то, какая именно это будет ситуация зависит от выбранного варианта на начальном экране) приведет к отображению нового экрана с информацией, предопределенного ответом.

Экран с информацией и вариантами ответов называется узлом (node). Ветви (branch) соединяют конкретный вариант ответа конкретного узла с другим узлом. При выборе варианта ответа отображается экран, соответствующий узлу к которому ведет ветвь, выходящая из данного варианта. Таким образом, узлы, чьи варианты ответов соединены ветвями с другими узлами, образуют ориентированный граф. Сформировать такой граф, вписав в каждый узел экран информации и варианты ответов, это и значит создать виртуальную симуляцию в branch-системе. Экзаменуемому (обучающемуся) выбирающему варианты ответа на появляющихся экранах можно представить как

точку, которая перемещается от одной вершины графа к другой.

Разумеется, граф не обязательно представляет собой ветвящееся дерево. Некоторые ветви могут вести назад, к уже однажды просмотренным узлам, или в другие части графа, к которым можно попасть и другим путем. Ветвь, выходящая из узла, может вести даже к тому же самому узлу, никаких ограничений на структуру графа нет.

vpSim представляет собой древовидную систему, реализующую описанный выше функционал.

К вариантам ответа автором пациента помимо ветвей могут быть добавлены комментарии. Комментарий отображается после выбора варианта ответа, перед нажатием кнопки «Дальше».

Еще одна особенность vpSim наличие баллов (scores), счетчиков (counters) и правил (rules). Автор виртуального пациента присваивает каждому варианту ответа в каждом узле целое число баллов. При выборе данного варианта ответа испытуемым баллы прибавляются к счету испытуемого. Итоговый счет образует экзаменационную оценку. Текущий счет может постоянно отображаться тестируемому, что создает обратную связь. Таким образом, взаимодействие с виртуальным пациентом используется для обучения. Счетчики аналогичны баллам: приписываются вариантам ответов на этапе конструирования, и могут отображаться тестируемому. Счетчики отражают не успешность студента, а некоторые характеристики виртуальной среды (например, пульс виртуального пациента).

Правила используются в тех случаях, когда необходимо по-разному развивать сюжет в зависимости от значений счетчиков. К примеру, если пульс пациента ниже 60 ударов в минуту, виртуальный организм реагирует одним образом, а если выше, то другим.

Система OpenLabyrinth. OpenLabyrinth – система для создания древовидных (branched) игроподобных симуляций. В отличие от всех ранее рассмотренных систем она бесплатна для использования в академической среде [11].

Функционал программы в основном аналогичен возможностям vrsim (ориентированные графы, баллы, счетчики, правила) с некоторыми добавлениями:

1) Правила помимо критических значений счетчиков могут содержать список узлов, которые необходимо посетить, чтобы попасть в данный узел. Для того, чтобы попасть в узел так же бывает необходимо избегать некоторых узлов. Посещение критически важных узлов может сопровождаться обратной связью для учащегося.

2) Помимо щелчков мышью на вариантах ответов, от испытуемого может потребоваться ввести ответы с клавиатуры в специальные поля. Введенный текст сравнивается с заранее заданным набором шаблонов. Каждый шаблон как вариант ответа ведет по своей ветви к заранее заданному узлу.

Отечественные разработки.

Насколько нам известно, не существует отечественных сред для разработки симуляций. Поиск выявил только линейные (наподобие CASUS) тренажеры: для стоматологов [12] и хирургов [13]. Первый реализован в виде интерактивной PowerPoint презентации. Второй – в виде компьютерной программы, в которую жестко «зашиты» симуляционные сценарии.

3. Система QuestMaker

Опишем систему QuestMaker, разработанную нами для создания древовидных (branch) виртуальных симуляций.

Автор симуляции имеет следующие возможности:

1) Ввод первого вопроса (корень дерева) с которого начинается симуляция и возможных вариантов ответа на первый вопрос. Можно задать от 2 до 10 вариантов ответа. Первый вопрос после ввода отображается в виде графа. Вершина графа – прямоугольник в котором полностью приведен текст вопроса. От нижней стороны прямоугольника выходят короткие линии, которые оканчиваются на других прямоугольниках. В них вписаны варианты ответа.

2) Щелчок по прямоугольнику – варианту ответа вызывает диалог ввода вопроса. После того как вопрос и варианты введены новый вопрос отрисовывается в графе под корневым вопросом. Вариант ответа корневого вопроса и новый вопрос соединены прямой линией.

3) Аналогично можно добавлять вопросы-следствия, как к другим вариантам корневого вопроса, так и к вариантам вопросов-следствий. Получающийся древовидный граф (рис. 2) не ограничен в ширину и в глубину. Отрисовка графа реализована через построение предварительной матрицы топологии, в которой задан только порядок расположения узлов в дереве, с последующим вызовом рекурсивной реентерабельной процедуры, определяющей расстояния в пикселях, на которых вопросы в графическом отображении должны находиться друг от друга. Получающийся граф можно скроллить, зажав левую кнопку мыши.

4) Если, щелкнув по варианту ответа, перейти вновь в главное окно с графом и щелкнуть по уже ранее введенному вопросу левой кнопкой мыши, не заполняя форму нового вопроса, вариант свяжется со старым вопросом. (Выбор этого варианта во время тестирования будет приводить к отображению вопроса, лежащего на том же уровне древовидного графа или выше). Такая восходящая связь в графическом представлении изображается кривой линией, что создает впечатление псевдотрехмерности.

5) Ситуационные задачи можно сохранять и загружать в файлах *.tree (по структуре это текстовые файлы последовательного доступа).

Сама процедура экзамена напоминает тестирование в любом программном продукте, используемом для контроля знаний: испытуемому предъявляется вопрос и под ним варианты ответа. Вариант ответа, на который наведена мышью, выделен зеленым цветом. Щелчок левой кнопкой мыши фиксирует выбор испытуемого, так что данный вариант ответа остается подсвеченным зеленым и а динамический подсвет отключается. До

тех пор пока испытуемый не нажал кнопку «Далее», переводящую его к следующему узлу, он может изменить свой выбор щелчком мыши по вновь избранному варианту ответа.

Протокол экзамена включает в себя последовательность номеров узлов, которые проходил испытуемый, номера вариантов, выбираемые им в узлах и экспертные оценки уместности выбранных вариантов.

Подходы к оценке эффективности экзаменуемого

Вне зависимости от того, используется ли симуляция для обучения, или же для итоговой проверки знаний, в виртуальную среду должны быть встроены критерии, позволяющие оценивать правильность ответов испытуемого. Исходя из предпринятого выше обзора систем симуляции, выделяется 2 подхода к оценке уровня сформированности практических навыков по результатам симуляции.

1) В полулинейной системе СВХ уровень достижений оценивается с помощью строгого математизированного теоретического подхода – Partial Credit model.

2) В древовидных системах, наподобие vrsim и OpenLabyrinth за каждый ответ испытуемому начисляется заранее определенное число баллов (scores) либо (за неправильные ответы) баллы снимаются. Балл имеющийся на счете испытуемого к концу симуляции представляет собой итоговую оценку.

Первый подход корректен, однако для вычисления уровня достижений испытуемого необходимы:

1) Заданные цепочки «правильных» и «неправильных» действий.

2) Наличие обследованной выборки экзаменуемых в 100 и более человек.

Кроме того, наличие в симуляциях эффекта практики (см. выше) противоречит одному из допущений РСМ – статистической независимости появления отдельных тестовых единиц в протоколе экзамена.

С другой стороны, использование балльных оценок (score) для оценки поведения испытуемого представляет собой удобную и практичную возможность, но

встречает возражения теоретического порядка.

В случае, когда шкала баллов состоит из небольшого набора возможных значений, например, 1, 2 и 3, как это имеет место в существующих системах симуляции, получаемая шкала уместности вариантов ответа является порядковой. Упорядочение чисел, приписанных экспертом вариантам ответов совпадает с упорядочением вариантов ответов по уместности. Однако разность 2 приписанных чисел не отражает количественно разницы в уместностях соответствующих вариантов ответов. Если разность отражает разницу, но число «0» не соответствует полному отсутствию уместности шкала называется интервальной. Если и «0» соответствует полному отсутствию уместности это т.н. шкала отношений [14].

Значения, полученные в порядковой шкале нельзя складывать, и, следовательно, суммарный балл не отражает общую эффективность испытуемого.

Таким образом, перед нами стояла задача создать метод оценки уместности, приводящий к шкале интервалов или отношений. Шкала баллов с большим количеством возможных баллов может дать интервальную шкалу. В такой шкале сложения уместностей, набранных испытуемым в отдельных узлах, запрещены, но корректно рассчитать среднюю (по узлам) уместность действий испытуемого [15]. Пусть два испытуемых прошли симуляцию. У одного симуляция заняла 2 часа и состояла из 25 шагов, а у другого – 10 минут и состояла из 4 шагов. Первый испытуемый предпринял 25 успешных действий, и виртуальный пациент выздоровел. Второй испытуемый предпринял 4 успешных действия, добился такого улучшения состояния пациента, что пациента перевели из больницы на амбулаторное лечение. При расчете средней уместности может оказаться, что первый испытуемый получит такую же оценку, как и второй, т.к. его большая сумма набранных баллов будет разделена на 25, а не на 4. Таким образом, хотя уместность отдельного действия в

целом по симуляции будет оценена верно, упорство первого испытуемого, являющееся важной составляющей компетентного поведения, должным образом оценено не будет. Этот пример показывает, что для педагогической оценки нужно использовать сумму уместностей. Следовательно, отдельная уместность должна быть оценена с помощью процедуры, дающей значения на шкале отношений.

Мы использовали метод оценки величины [16]. При нем эксперт выбирает некий узел симуляции. В этом узле выбирается эталонный вариант ответа. Эксперт присваивает эталонному варианту ответа величину уместности (т.н. модуль) по своему выбору. Далее эксперт оценивает каждый вариант ответа в каждом из узлов симуляции, стараясь, что бы отношение уместности оцениваемого варианта к уместности эталона было равно отношению оценки данного варианта к модулю.

В отличие от классического метода оценки величины мы требовали от эксперта задать 2 модуля: один для эталонного варианта ответа и другой для «эталонной ошибки». Это не обязательно должны были быть самая вопиющая ошибка и

самый верный ответ в симуляции. Более того, в середине процедуры экспертной оценки (когда некоторые варианты ответов уже оценены в соответствии с в начале заданными эталонами) эксперт мог избрать другой вариант ответа как эталон истины или ошибки. В дальнейшем при оценке оставшихся вариантов ответа, расположенных в различных узлах симуляции эксперт соотносился уже с новыми эталонами, а не со старыми. Оценивая новые эталоны, эксперт в то же время видел на экране старые эталоны и модули и руководствовался ими. Оценки новых эталонов использовались в дальнейшем как новые модули. Это обеспечило сравнимость оценок, вынесенных при старых эталонах, и оценок данных в сравнении с новыми эталонами.

В программе «QuestMaker» эксперт выражал свое мнение, проводя линию определенной длины (графическая оценка).

В методе прямой оценки эксперт должен:

- 1) Найти отношение уместности оцениваемого варианта ответа к уместности эталона.
- 2) Найти отношение текущей оценки (той оценки, которую экс-

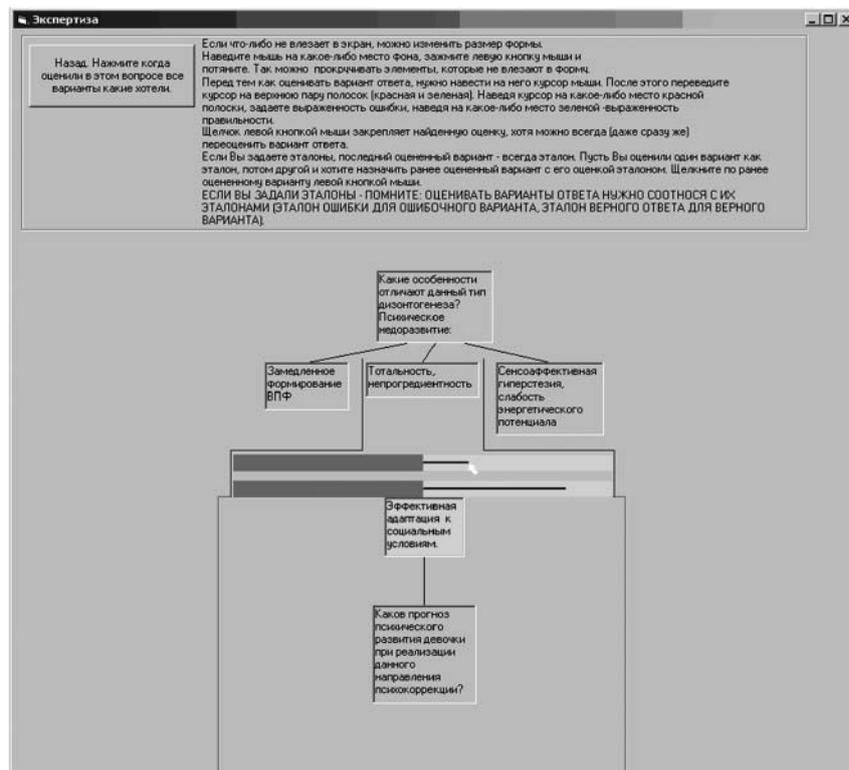


Рис. 1. Вид экрана оценивания

перт готов ввести сейчас) к используемому модулю.

3) Констатировать равенство этих двух отношений, в противном случае изменить оценку.

Тривиального способа облегчить первое действие – рефлексию отношения уместностей неизвестно. Однако второе действие (нахождение отношения оценки к модулю) может быть сделано легче, если оценки – это длины линий, и линия-модуль отображается под линией оценкой.

Исходя из этого, мы избрали длину как форму вынесения оценки.

Вид экрана оценивания показан на скриншоте (рис. 1). В середине экрана показан оцениваемый узел и его варианты ответов. Инструменты для оценивания сосредоточены в рамке. Наведя курсор мыши на оцениваемый вариант, эксперт заставляет рамку перемещаться под этот вариант. Передвигая курсор мыши по верхней паре полосок (верхняя пара) эксперт регулирует длину линии-оценки. Когда курсор мыши находится на зеленой (правой) полоске, в рамке отображается вариант ответа, заданный как эталон верного ответа (вверху рамки, прямо под полосками), а ниже – соответствующий эталонному варианту узел. На нижней зеленой (правой) полоске тогда отобража-

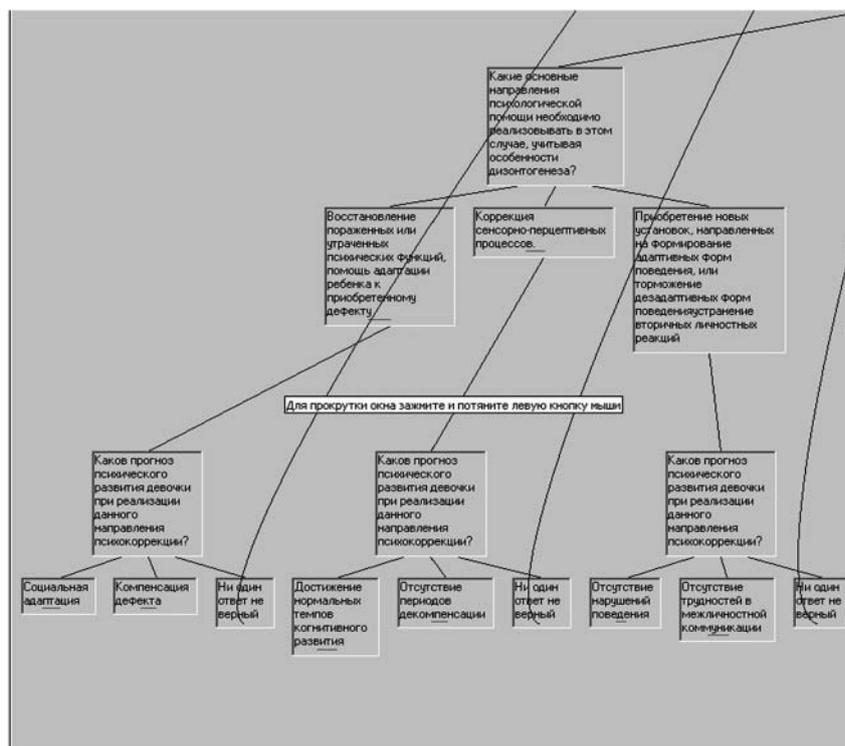


Рис. 2. Часть графа симуляции с вынесенными оценками

ется модуль, присвоенный эталону правильного ответа. Когда курсор мыши находится на красной (левой) полоске, в рамке отображается вариант ответа, заданный как эталон ошибки, а под эталоном ошибки – соответствующий ему узел. На нижней красной полоске (левой) тогда отображается модуль присвоенный ошибке. Клик мышью фиксирует оценку варианта, а кнопка

«Назад» возвращает эксперта к окну с графом симуляции.

Уже вынесенные оценки отображаются как в окне экспертизы, так и в окне с графом симуляции (рис. 1) в виде отрезков, расположенных в прямоугольниках вариантов ответов, прямо под текстом. Каждая черточка начинается посередине прямоугольника. Отрезки у тех вариантов, что верны – зеленые и на-

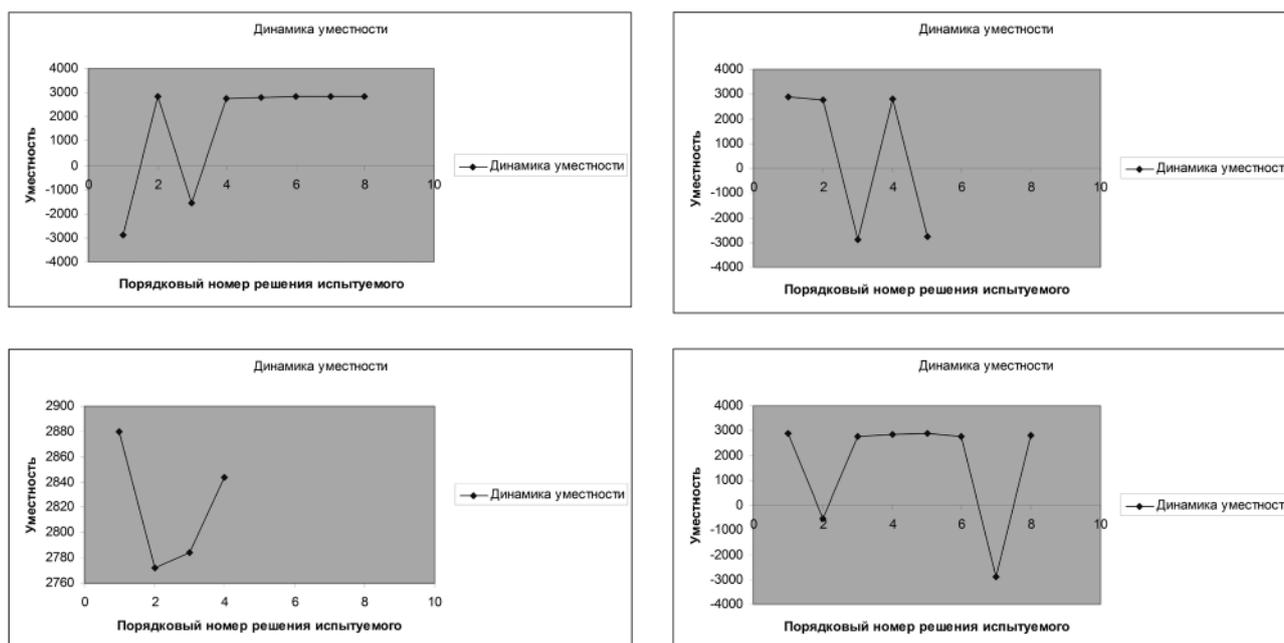


Рис. 3. Графики динамики уместности для испытуемых

правлены вправо. У тех вариантов, что были признаны ошибками отрезки красные, и направлены влево.

Длины отрезков прямо пропорциональны длинам тех линий, что эксперт проводил, когда выносил оценки.

4. Апробация системы QuestMaker

Было проведено пилотажное исследование эффективности решения сконструированных ситуационных задач обучающимися специальности «клиническая психология». Использовались 2 ситуационные задачи по курсу «Аномалии развития».

Ниже приведены примеры графиков динамики уместности для испытуемых.

Визуальный анализ графиков указывает на следующее:

1) У эксперта есть предпочитаемые значения оценок. Каждое из таких значений фигурирует при оценке разных вариантов в разных узлах.

2) Некоторые испытуемые следуют одним и тем же путем через граф.

3) Иногда наблюдаются возвраты испытуемого в уже пройденные узлы. Возможность этого была обеспечена восходящими связями, заложенными в симуляцию автотомом, наряду с нисходящими.

4) Протоколы симуляций могут отличаться по длине, даже в 2 раза.

5) Некоторые протоколы заканчиваются ошибкой (оценка отрицательна), в то время как другие – верным ответом.

Представляется полезным в будущем использовать математическую теорию графов для нахождения оптимально пути через каждый граф – ситуационную задачу. Оценка, набираемая при следовании этому оптимальному пути, образует максимум того, что можно набрать в данной задаче. Полученная испытуемым оценка тогда может быть выражена в процентах от максимальной.

Литература

1. *Melnick D.E.* Computer-Based Clinical Simulation: State of the Art // *Evaluation & the Health Professions*. – 1990. – Vol. 13, № 1. – P. 104–120.
2. *Julian E.R.* Using computerized patient simulations to measure the clinical competence of physicians // *Applied measurement in education*. – 1988. – Vol. 1, № 4. – P. 229–318.
3. *Алехин А.Н., Иванов Г.В.* Принципы метрической оценки компетентности специалистов при решении тестовых задач. // *Universum*. – 2013. – № 6. – С. 25–31.
4. *Иванов Г.В.* О связи между стохастической теорией тестов (Item response theory, IRT) и теорией выбора по сходству (Similarity choice model, SCM) в аспекте конструирования систем мониторинга знаний. // *Материалы конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов в области информатики и информационных технологий*. / БелГУ – Белгород., 2012. – С. 252–257.
5. *Демченко О.* Построение моделей педагогических измерений. // *Педагогические измерения*. – 2012. – № 2. – С. 27–46.
6. *Garde S., Bauch M., Haag M., Heid J., Huwendiek S., Ruderich F., Singer R., Leven F.J.* CAMPUS. Computer-based training in medicine as part of a problem-oriented educational strategy // *Studies in Learning, Evaluation Innovation and Development*. – 2005. – Vol. 2, № 1. – P.10–19.
7. *Hege I., Kononowicz A.A., Pfahler M., Adler M., Fischer M.R.* Implementation of the BQUITOUS standard into the learning system CASUS // *Bio-Algorithms and med-systems*. – 2009. – Vol. 9, № 5. – P. 51–55.
8. *Fischer M.* CASUS: An authoring and learning tool that support diagnostic reasoning // *Zeitschrift für Hochschuldidaktik*. – 1999. – Vol. 3, № 1. – P.87–98.
9. *Zary N., Johnson G., Boberg J., Fors U.G.H.* Development, implementation and pilot evaluation of a Web-based Virtual Patient Case Simulation environment – Web-SP // *BMC Medical Education*. – 2006. – Vol. 6, №1. – P. 1–17.
10. *McGee J.B.* Designing, Developing and Implementating branched-narrative Virtual Patients for medical education, training and assessment. A guide for authors of virtual patients. 2010. URL: psim.pitt.edu/shell/documents/Virtual_Patient_Authoring_Best_Practices.pdf (Дата обращения: 30.12.2014)
11. *OpenLabyrinth 2.6: User Guide*. 2010. URL: <http://sourceforge.net/projects/openlabyrinth/> (Дата обращения: 30.12.2014)
12. *Пономарев А. В.* Виртуальное моделирование профессиональных задач в стоматологическом образовании // *Вестник Санкт-Петербургского Университета*. – 2011. – №11. – С. 127–139.
13. *Колсанов А.В., Чаплыгин С.С., Воронин А.С.* Виртуальные технологии в современном медицинском образовании. // *Вестник СамГУ*. – 2011. – № 4. – С. 250–254.
14. *Гусев А.Н., Измайлов Ч.А., Михайлевская М.Б.* Измерение в психологии. – М.: Смысл, 2005. – 320 с.
15. *Худяков А.И.* Психология измерений. – СПб.: Копи-Р Групп, 2013. – 220 с.
16. *Лупандин В.И.* Психофизическое шкалирование. – Свердловск: из-во Уральского университета, 1989. – 240 с.

Управление знаниями как одно из направлений развития технологий открытого образования¹

В статье рассмотрена проблема создания сценариев управления знаниями, как принципиальной организации информационных процессов в технологиях открытого образования, а также принципов их проектирования и эволюции. Решение проблемы информационного переполнения в интеллектуальных системах обучения описано с позиции перехода от хранения и обработки данных к накоплению и обработке знаний. Увеличение вероятности продуцирования нового знания в процессах обучения предполагается за счет использования междисциплинарного и мультидисциплинарного подходов к накоплению информации. Предложена нечеткая прогнозная модель оценки уровня знаний обучаемого с учетом естественной потери некоторой части знаний в течение длительного промежутка времени.

Ключевые слова: интеллектуальные системы обучения, информационные процессы, сценарии управления знаниями, накопление и обработка знаний, нечеткая модель, коэффициент забывания.

KNOWLEDGE MANAGEMENT AS ONE OF OPEN EDUCATION TECHNOLOGIES' DEVELOPMENT DIRECTIONS

The article deals with the problem of creating knowledge management scenarios as the principal organization of information processes in the open education technologies, as well as the principles of their design and evolution. Solution the problem of information overflow in intelligent learning systems was described from the point of transition from the storage and processing of data to the accumulation and processing of knowledge. Increase the probability of producing new knowledge in learning is expected due to the use of interdisciplinary and multidisciplinary approaches to gathering information. Fuzzy forecast model of the student's knowledge level estimation was proposed, taking into account the natural loss of some knowledge for a long time period.

Keywords: intelligent learning systems, information processes, knowledge management scenarios, knowledge accumulation and processing, fuzzy model, forgetting factor.

Введение

Развитие современных технологий открытого образования предполагает улучшение результатов обучения за счет значительного усиления синергетического эффекта, обеспечивающего дополнительное качество полученных в процессе обучения знаний, не присутствующее в представленных образовательной программой слагаемых. Данный принцип подразумевает активное развитие интеллектуальных методов и систем обучения и самообучения. Основ-

ным препятствием на пути развития подобных интеллектуальных инструментов становится проблема информационного переполнения, усложняющего естественный процесс семантической концентрации и освоения знаний.

Сложность проблемы состоит в определении сценариев управления знаниями, как принципиальной организации информационных процессов и их взаимоотношений, а также принципов их проектирования и эволюции. Под управлением знаниями будем понимать – непрерывное управление процессами

проверки знаний для выявления новых закономерностей с целью создания и удовлетворения спроса на новые знания. Управление знаниями отличается от управления информацией наличием метаданных и метаутверждений, как оценок достоверности, дающих обучаемому аргументы и доказательства, стоящие за этими утверждениями. Гипотеза разработки основана на следующем предположении: для решения проблемы информационного переполнения необходим переход от хранения и обработки данных к накоплению и обработке

¹ Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-11-00242) в Южном федеральном университете.



Юрий Алексеевич Кравченко,

к.т.н., доцент

Тел.: (928) 908-01-51

Эл. почта: krav-jura@yandex.ru

Южный федеральный университет

www.sfedu.ru

Yury A. Kravchenko,

PhD in Technical Sciences,

Associate Professor

Тел.: (928) 908-01-51

E-mail: krav-jura@yandex.ru

Southern federal university,

www.sfedu.ru

знаний. Ожидаемые конкретные научные результаты могут проявляться в увеличении вероятности продуцирования нового знания за счет использования междисциплинарного и мультидисциплинарного подходов накопления информации. Также необходимо учитывать то, что результат процессов накопления и обработки знаний находится в объективной зависимости от естественных процессов, связанных с потерей некоторой части знаний в течение длительного промежутка времени. Поэтому процессы накопления и обработки знаний должны проектироваться с учетом корректных прогнозных моделей формирования остаточных знаний в долговременной памяти обучаемого.

1. Выявление новых знаний на основе циклического сценария

Накопление и обработка знаний – сложные многоэтапные процессы, требующие соответствующего управления для обеспечения необходимой последовательности, согласованности и эффективности. Отталкиваясь от того мнения, что знания не существуют в готовом виде [1], сформулируем **аксиому 1**: *Новые знания непрерывно производятся в процессе обработки знаний.* Неверным будем считать подход к управлению знаниями, как к фиксации, кодированию и распространению имеющейся информации. Управление знаниями отличается от управления информацией наличием метаданных и метаутверждений, как оценок достоверности, дающих исследователю аргументы и доказательства, стоящие за этими утверждениями.

Говоря об архитектуре циклического сценария управления знаниями, как принципиальной организации информационных процессов и их взаимоотношений, а также принципов их проектирования и эволюции, выделим следующие основные этапы (рис. 1):

1) накопление (выявление) неформализованных знаний из разнородных источников информации;

2) классификация знаний (идентификация предметной области,

кластеризация, определение законов распределения, анализ таблиц частот возникновения событий и т.д.);

3) формализация (представление) знаний на основе создания онтологии, семантических, нечетких и других моделей;

4) обработка (преобразование) знаний (создание унифицированных хранилищ данных на основе разработанной онтологии, семантических концентраторов и нечетких моделей);

5) распространение (реализация) знаний (траектории принятия решений, системы нечеткого вывода);

6) использование (применение) знаний (оптимизационные процедуры, интеллектуальный анализ данных, технологии data mining);

7) анализ и оценка эффективности знаний (создание имитационных моделей и графических диаграмм информационных потоков).

Сформулируем **концепцию** интеллектуальной поддержки принятия решений, основанную на процессах цикла управления знаниями. *Выявление* новых знаний связано с изучением и поиском отношений между разнородными источниками знаний, так как именно междисциплинарный и мультидисциплинарный подходы накопления информации с большей вероятностью после обработки приведут к продуцированию нового знания. Результатом следующего этапа проведения **классификации** полученных знаний на основе методов и технологий разведочного анализа данных является разработка визуальной объектно-ориентированной модели управления знаниями.

Представление знаний основано на построении онтологической модели поддержки принятия решений, а также семантических и нечетких моделей формирования знаний. Данная задача связана с целым рядом подзадач разработки: баз знаний, содержащих блоки правил принятия решений и прецедентов; множеств объектных, онтологических, нечетких, семантических и аналитических моделей, реализующих процессы принятия решений; модулей выбора моделей и формирования решений на осно-

ве базы знаний, математического и имитационного моделирования [2]. Создание подобных моделей позволяет адаптировать исследуемые информационные потоки к изменяющимся внешним условиям и интегрировать разнородные предметные области в рамках совместного решения задач управления знаниями в реальном времени.

В неформальной трактовке онтология представляет собой описание понятий, принадлежащих исследуемой предметной области, и отношений между ними, которое состоит из терминов и правил их использования, ограничивающих значения этих терминов в рассматриваемой предметной области.

Формально онтология состоит из организованных в таксономию терминов словаря, их определений и атрибутов, а также связанных с ними аксиом и правил вывода. Зачастую набор утверждений, входящих в онтологию, представляют формулами логики первого порядка. При этом термины служат именами унарных и бинарных предикатов, называемых концептами и отношениями соответственно.

Таким образом, онтология – это система, состоящая из набора понятий и набора утверждений об этих понятиях, на основе которых можно строить классы, объекты, отношения, функции и теории. Такая система может быть реализована как база знаний, описывающая факты, которые являются всегда истинными в рамках определенной предметной области на основе общепринятого смысла, фиксируемого используемым словарем [3].

На основе разработанной онтологии происходит *преобразование* знаний в хранилище данных, обеспечивающее возможность поддержки принятия решений с применением методов и алгоритмов поиска решений на основе семантической концентрации знаний, а также моделей и методов оптимизации, представленных в онтологии. Развитие данного этапа в дальнейшем позволяет *реализовать* полученные новые знания за счет формирования траекторий принятия решений в виде интеграции цепочек логических рассуждений и

стратегий формирования решений на основе технологий нечеткого вывода.

В процессе *применения* знаний происходит адаптация базы знаний с целью последующего обучения системы поддержки принятия решений новым знаниям на основе оптимизационных процедур, методов интеллектуального анализа данных и методов data mining. Анализ и оценка эффективности накопленных знаний проводится на основе построенных имитационных моделей управления знаниями и графических диаграмм управления информационными потоками.

На основе рассмотренных процессов циклического сценария управления знаниями сформулируем **аксиому 2: Цель управления знаниями состоит в повышении их прозрачности.** Абстрактность данной аксиомы подразумевает определение широкого спектра задач, основным критерием эффективности решения которых будет прозрачность процессов сценария управления знаниями. Среди таких задач можно выделить: *идентификацию,*

приобретение, совершенствование, распределение, использование и сохранение знаний.

Классическая задача прямой идентификации заключается в определении функциональной зависимости выходного сигнала y от входного x ($y = F(x)$). Когда у исследователя нет непосредственного доступа к выходному сигналу, используют метод компараторной идентификации, позволяющей формулировать основные интеллектуальные выводы с помощью дедуктивного способа, исходя из физически имеющихся наблюдений. Для обработки больших массивов поступающей информации исследователи чаще всего используют технологии Data Mining и Text Mining. Data Mining предусматривает анализ структурированной информации, Text Mining анализирует сверхбольшие массивы неструктурированной информации на основе методов семантического анализа информационного поиска и управления. Компараторная идентификация (метод сравнения) является одним из способов технологии Text

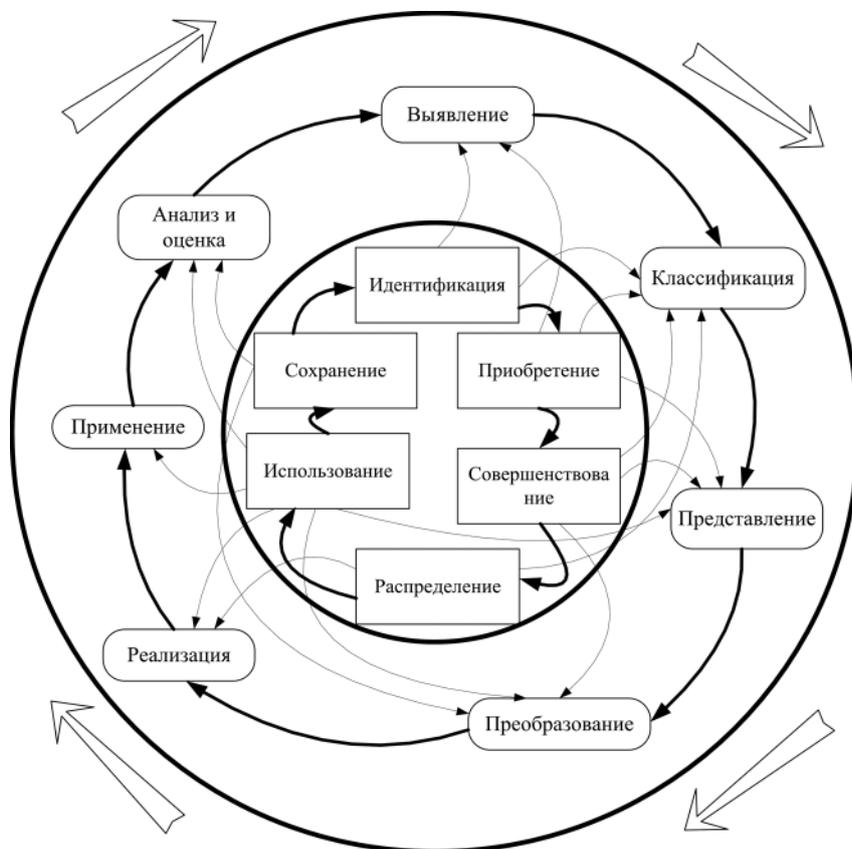


Рис. 1. Архитектура циклического сценария этапов и задач управления знаниями

Mining. В рассматриваемой задаче идентификации знаний предметной областью является множество процессов, которые составляют основу обработки информации. Компараторная идентификация применяется для формального описания периферических механизмов интеллекта (восприятие, узнавание, понимание), обрабатываемые с ее помощью информационные объекты должны быть дискретными, конечными и детерминированными. Для создания интегрированных моделей априорных знаний методом компараторной идентификации используют алгебру предикатов и предикатных операций. Системы предикатных уравнений решаются с помощью универсальных программ, написанных на языке высокого уровня. Любое уравнение алгебры предикатов может быть представлено в виде переключательной цепи как основы интеллектуального процессора обработки знаний.

Под приобретением знаний будем понимать процесс переноса знаний из разнородных источников в хранилище данных путем использования различных методов, моделей, алгоритмов и инструментальных средств. Данный процесс требует максимальной автоматизации, т.к. при иных стратегиях приобретения знаний всегда существует проблема передачи информации при совместной работе эксперта в предметной области и инженера знаний. Существует целый ряд стратегий и моделей приобретения знаний на основе использования экспертных систем, интеллектуальных редакторов и индуктивных программ, автоматически формирующих значимые отношения и правила, описывающие предметную область.

Любая интеллектуальная информационная система должна обладать способностью верифицирования и совершенствования имеющейся у нее базы знаний (БЗ), т.е. должна иметь инструменты анализа имеющихся формализованных знаний и их использования. Целью анализа является эволюция (улучшение) знаний. Для этого система должна анализировать сценарии

рассуждений под углом их успеха или неудачи и проводить сравнение с имеющимися прототипами в базе ретроспективных прецедентов. На основе проведенного сравнительного анализа происходит доработка БЗ в части улучшения имеющихся сценариев использования знаний и рассуждений. Реализация данной функции может быть эффективно организована на основе многоагентного моделирования. Выбор многоагентных систем в качестве средства моделирования обусловлен эффективностью их применения для построения моделей сценариев идентификации, приобретения и усовершенствования знаний, возникающих в результате локальных взаимодействий простых реактивных агентов.

При разработке подобных многоагентных систем необходимо решить следующий ряд проблем:

- создание оригинальной архитектуры системы;
- проектирование онтологии предметной области;
- выбор инструментария и среды взаимодействия агентов;
- определение программных средств для реализации интеллектуального наполнения агента;
- интеграция всех компонентов в единую интеллектуальную информационную систему.

Следовательно, актуальной является разработка подхода, совмещающего в себе методы преодоления отмеченных проблем для определенного ряда типовых задач управления знаниями. Можно выделить множество таких задач, связанных с распределением, использованием и сохранением знаний в интеллектуальных информационных системах, для решения которых многоагентная архитектура представляется излишне общей. При построении многоагентных систем внимание акцентируется на унифицированном внешнем представлении знаний с целью обмена между агентами различной природы, а онтология представляет собой некоторое внешнее по отношению к агентам определение. При этом задание структуры предметной области будет проходить на основе иерархической комбинации

фреймовых субиерархий, являющихся естественной реализацией таксономии онтологии. Для задания динамики предметной области распределенная фреймовая иерархия может быть расширена продукционными правилами.

2. Нечеткая прогнозная модель оценки уровня знаний

Для проведения процедуры выявления и подтверждения знаний используется цепочка вопросно-ответных структур нетривиального вида (множественный выбор ответов, многоуровневая структура вопросов и др.). В качестве основных данных имеем множество ответов $ANSW$, множество вопросов $QUES$, взаимосвязь которых определяет нечеткое отношение $\hat{R}_{ANSW} \subset R_{ANSW}$, характеризующее правильные ответы на вопросы из подмножества $ANSW' \subseteq ANSW$, указанных ответов. Правильность ответа субъекта отражает условное нечеткое подмножество $QUES_{ANSW} \subset QUES$, индуцируемое подмножеством $ANSW'$ и нечетким отношением \hat{R}_{ANSW} [4,5]. Для проведения оценки всех указанных субъектом обучения ответов необходимо определить функцию принадлежности нечеткого множества $QUES_{ANSW}$.

При определении функции принадлежности $\mu_{\overline{QUES}_{ANSW}}(ques)$ необходимо учесть коэффициенты:

- забывания (потери возможности воспроизводить приобретенную ранее информацию) $K_{frgtA}(ques)$;
- усредненности оценок ответов $K_{middleA}(ques)$, данных субъектом на вопрос $ques$.

Тогда выражение определения функции принадлежности нечеткого множества \overline{QUES}_{ANSW} примет вид:

$$\mu_{\overline{QUES}_{ANSW}}(ques) = \frac{K_{frgtA}(ques)}{K_{middleA}(ques)} \cdot \sum_{answ} (\mu_{ANSW'}(answ) \cdot \mu_{\hat{R}_{ANSW}}(answ, ques)).$$

Согласно когнитивной теории с точки зрения структурной организации память делится на долговременную, кратковременную и оперативную. Полученные знания оставляют след в памяти, что и яв-

ляется признаком их сохранения. Забывание – активный и непроизвольный процесс потери возможности воспроизводить приобретенные ранее знания.

Из литературных источников известны три основные теории забывания:

1. *Ретроактивное и проактивное торможение* – забывание, связанное с получением новых (ретроактивное) или доминированием уже имеющихся знаний (проактивное);

2. *Мотивируемое забывание* – намеренное исключение из памяти знаний, связанных с отрицательным опытом их приобретения;

3. *Систематическая деформация следов памяти* – ослабление структурных связей в тканях головного мозга, что является причиной постепенного разрушения следов памяти и утере имеющихся знаний [6–12].

В случае с профессиональными знаниями, ни ретроактивное, ни проактивное торможение к процессу забывания информации непричастны. Мотивированное забывание также исключено, т.к. имеется потребность в знаниях. Таким образом, забывание знаний объясняется систематической деформацией, т.е. разрушением следа памяти и интерференцией (замещением) информации.

При определении коэффициента забывания необходимо учитывать то, что, согласно исследованиям немецкого ученого Г. Эббингауза и американского психолога М. Джонса, процесс забывания приобретенных во время обучения знаний не бесконечен (рис. 2), т.е. по истечении некоторого времени t_{frgt} (в среднем от месяца до полугода), активный процесс забывания прекращается, а в памяти субъекта остаются знания V_{frgt} , которые в дальнейшем (на протяжении многих лет – t_{const}) уменьшаются незначительно (3–5%), и в итоге могут быть представлены постоянной величиной V_{const} [7]. С точки зрения анализа и оценки уровня профессиональных знаний субъекта исследователей в первую очередь интересует коэффициент забывания для уменьшения уровня

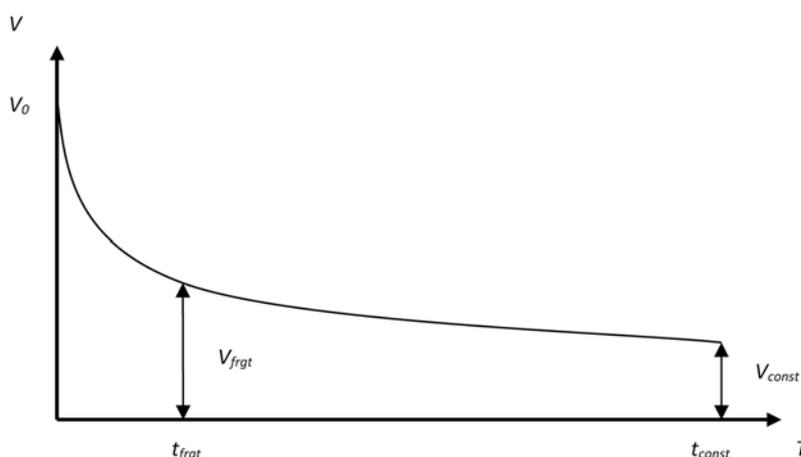


Рис. 2. Кривая забывания Джонса-Эббингауза

знаний в долговременной памяти $\Delta V = V_{frgt} - V_{const}$. Тогда с учетом известных экспериментальных данных $\Delta V_{min} = 0,03$, $\Delta V_{max} = 0,05$.

Для получения аналитического выражения вычисления значения коэффициента забывания K_{frgt} воспользуемся формулой

$$\Delta V = e^{-K_{frgt}\Delta t}$$

где $\Delta t = t_{const} - t_{frgt}$, логарифмируя, получим

$$K_{frgt} = \ln(\Delta V) / -\Delta t$$

При вычислении числового значения K_{frgt} задается произвольное Δt , соответствующее известным статистическим данным экспериментальных исследований. В таком случае,

$$K_{frgtmax} = \ln(0,03) / -\Delta t$$

$$K_{frgtmin} = \ln(0,05) / -\Delta t$$

Таким образом, чем меньше, принимаемое за эталон, значение ΔV , тем больше значение коэффициента K_{frgt} и наоборот. При этом, в любом случае, коэффициент забывания является понижающим. Определение коэффициента забывания как величины обратно пропорциональной скорости потери знаний $\beta = \Delta V / \Delta t$ позволяет при уменьшении скорости потери знаний увеличивать значение функции принадлежности нечеткого множества $QUES_{ANSW}$ (отражающего уровень приобретенных в ходе обучения субъектом знаний) по отношению к функции принадлежности данного множества в условиях более высокой скорости забывания.

Коэффициент усредненности $K_{middleA}(ques)$ необходим для адекватности оценки степени правильности комплексного ответа на вопрос. При наличии Z абсолютно правильных ответов на вопрос X , необходимо также положительно оценивать случаи $Z - Y$ и $Z + Y$ правильных ответов, где Y – некоторая целочисленная переменная, причем $1 \leq Y < Z$. Определим данный коэффициент следующим образом:

$$K_{middleA}(ques) = \max \left\{ \begin{array}{l} \sum_{answ \in ANSW'} \mu_{R_{answ}}(answ, ques), \\ \sum_{answ \in ANSW'} \mu_{core \tilde{R}_{answ}}(answ, ques) \end{array} \right\}$$

где $core \tilde{R}_{answ}$ – ядро нечеткого множества \tilde{R}_{answ} , а $\mu_{core \tilde{R}_{answ}}$ – его функция принадлежности.

Таким образом, значение функции принадлежности нечеткого множества $QUES_{ANSW}$ позволит в полной мере оценить уровень и качество знаний субъекта профессиональной деятельности в данный момент, учесть естественные процессы, связанные с потерей некоторой части знаний в течение длительного промежутка времени, и создать корректную прогнозную модель остаточных знаний в долговременной памяти.

Заключение

Данная работа посвящена решению актуальной проблемы создания сценариев управления знаниями, как принципиальной организации информационных про-

цессов в технологиях открытого образования, а также принципов их проектирования и эволюции. Основным препятствием на пути разработки эффективных интеллектуальных инструментов организации информационных процессов становится проблема информационного переполнения, усложняющего естественный процесс семантической концентрации и освоения знаний. Для решения проблемы информационного переполнения необходим переход от хранения и обработки данных к накоплению и обработке знаний.

В статье представлена и описана архитектура циклического сце-

нария этапов и задач управления знаниями, основанная на утверждениях необходимости повышения прозрачности знаний и осуществления обработки имеющихся знаний с целью получения новых. Сформулирована концепция интеллектуальной поддержки принятия решений, на основе описания процессов цикла управления знаниями.

Также рассмотрена проблема объективной зависимости результатов процессов накопления и обработки знаний от естественных процессов, связанных с потерей некоторой части знаний в течение длительного промежутка времени.

Поэтому процессы накопления и обработки знаний должны проектироваться с учетом корректных прогнозных моделей формирования остаточных знаний.

Предложена нечеткая прогнозная модель оценки уровня знаний обучаемого. Функция принадлежности нечеткого множества, отражающего уровень приобретенных в ходе обучения субъектом знаний, позволяет оценить уровень и качество знаний обучаемого в данный момент, учесть естественные процессы, связанные с потерей некоторой части знаний в течение длительного промежутка времени.

Литература

1. Тузовский А.Ф., Чириков С.В., Ямпольский В.З. Системы управления знаниями (методы и технологии) / Под общ. Ред. В.З. Ямпольского. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 260 с.
2. Черняховская Л.Р., Малахова А.И. Разработка моделей и методов интеллектуальной поддержки принятия решений на основе онтологии организационного управления программными проектами // Онтология проектирования. – Самара: Изд-во «Новая техника», №4 (10), 2013. – С. 42–52.
3. Гладун А.Я., Розушина Ю.В. Онтологии в корпоративных системах // Корпоративные системы. – М.: Комиздат, 2006. – №1.
4. Денисова И.Ю. Математические модели онтологии базы знаний информационной обучающей системы [Текст] / И.Ю. Денисова, П.П. Макарычев // Научный журнал «Онтология проектирования». – Самара: Изд-во «Новая техника», 2012. – №3(5). – С. 62–78.
5. Кравченко Ю.А. Интегрированная модель представления знаний на основе метода нечеткого моделирования // Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013. – № 7 (144). – С. 97–102.
6. Глазунов Ю.Т. Математическая модель развития потребностей эстетического характера // Вестник МГТУ. – М.: Изд-во МГТУ, №4 (14), 2011. – С. 811–815.
7. Метешкин А.А. Апробация формулы для вычисления времени забывания студентами учебного материала / А.А. Метешкин, В.А. Шевченко, М.Н. Шарыгин // Автомобильный транспорт. – М.: №26, 2010. – С. 126–128.
8. Курейчик В.В. О правилах представления решений в эволюционных алгоритмах / В.В. Курейчик, С.И. Родзин // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – № 7 (108). – С. 13–21.
9. Курейчик В.М. Особенности построения систем поддержки принятия решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2012. – № 7 (132). – С. 92–98.
10. Курейчик В.В., Родзин С.И., Родзина Л.С. Мобильное обучение: контекстная адаптация и сценарный подход // Открытое образование. 2013. № 4. С. 75–82.
11. Гладков Л.А. Новые подходы к построению систем анализа и извлечения знаний на основе гибридных методов / Л.А. Гладков, Н.В. Гладкова // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – № 7 (108). – С. 146–154.
12. Кравченко Ю.А. Способы интеллектуального анализа данных в сложных системах / Ю.А. Кравченко, Д.Ю. Запорожец, А.А. Лежебоков // Российская академия наук. Научный журнал. Известия КБНЦ РАН. – Нальчик: Изд-во КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН, 2012. – №3 (47). – С. 52–57.

Роевой алгоритм синтеза учебных пособий на основе онтологического подхода

Рассматривается формальный метод создания индивидуальных траекторий обучения на модели образовательного пространства в онтологических базах образовательных ресурсов представляемых в виде И/ИЛИ графовой модели. Предлагается роевой алгоритм построения оптимального маршрута обучения, основанный на моделях адаптивного поведения муравьиной колонии.

Ключевые слова: электронное учебное пособие, траектория обучения, онтология, синтез учебных пособий, роевой алгоритм, муравьиная колония.

SWARM ALGORITHM OF SYNTHESIS TUTORIALS BASED ON ONTOLOGICAL APPROACH

We consider a formal method to create individual learning paths on the model of educational space in the ontological bases of educational resources presented in the form of AND / OR graph model. It is proposed swarm learning algorithm for constructing an optimal route based on models of adaptive behavior of ant colony.

Keywords: electronic textbook, a trajectory learning, ontology, the synthesis of textbooks. swarm algorithm, ant colony.

Введение

Основу образовательного процесса в открытом образовании составляет целенаправленная, контролируемая, интенсивная самостоятельная работа обучающегося, который может учиться в удобном для себя месте, по индивидуальному расписанию, имея при себе комплект специальных средств обучения. На сегодняшний день в рамках семантических технологий наиболее активно исследуется и развивается онтологический подход к представлению знаний предметной области, на основании которого разрабатываются интеллектуальные информационные системы, и в том числе порталы знаний, предназначенные для обеспечения эффективного обмена знаниями и взаимодействия в процессе совместной интеллектуальной распределенной деятельности [1]. Основным требованием к современным учебным ресурсам, используемым в обучающих системах управления

знаниями, является способность адаптироваться к конкретным задачам обучения, уровню компетентности и индивидуальным характеристикам личности обучающегося. Данная задача решается за счет модульности электронных образовательных ресурсов, что позволяет впоследствии легко выстраивать траекторию обучения [2]. Для устранения недостатка отсутствия связей между автономными модулями применяется интегрирующая среда управления знаниями на основе предметных онтологий, являющихся совокупностью понятий в области знаний и отношений между ними, включая также способы интерпретации понятий и отношений. Онтология является моделью представления знаний, которая может использоваться для описания семантики объектов предметно-ориентированных информационных систем. В этом случае межпонятийные отношения выражаются дугами-ссылками вершин-понятий (концептов) онтологии. Определе-

ние необходимого состава учебных модулей может быть основано на навигации по семантической сети [2, 3]. Навигация по семантической сети понятий основана на построении имитационной графовой модели, использующей для начала поиска некоторое ключевое слово, выражающее запрос пользователя, и список понятий, связанных с текущим понятием и формирующим его окрестность. Анализируемые понятия позволяют сформировать список учебных модулей, в которых определено текущее понятие. [4, 5]. При таком подходе настройка осуществляется за счет выбора путей навигации в семантической сети и принятия решений по выбору концепта в каждой вершине сети. В работе [4] рассматривается формальный метод создания индивидуальных траекторий обучения на модели образовательного пространства в онтологических базах образовательных ресурсов представляемых в виде И/ИЛИ графовой модели. Основным не-



Борис Константинович Лебедев,
 д.т.н., профессор кафедры
 Системы автоматизированного
 проектирования
 Тел.: (928) 289-79-33
 Эл. почта: lebedev.b.k@gmail.com
 Южный федеральный университет
 www.sfedu.ru

Boris K. Lebedev,
 Doctorate of Engineering Science,
 Department of Computer Aided Design
 Tel.: (928) 289-79-33
 E-mail: lebedev.b.k@gmail.com
 Southern Federal University
 www.sfedu.ru



Олег Борисович Лебедев,
 к.т.н., доцент кафедры
 Системы автоматизированного
 проектирования
 Тел.: (908) 513-55-12
 Эл. почта: oblebedev@sfedu.ru
 Южный федеральный университет
 www.sfedu.ru

Oleg B. Lebedev,
 Post-graduate student, Department of
 Computer Aided Design
 Tel.: (908) 513-55-12
 E-mail: oblebedev@sfedu.ru
 Southern Federal University
 www.sfedu.ru

достатком предложенного подхода является фактически ручной режим полного или частичного перебора маршрутов для выбора наилучшего из них в семантической сети концептов, опирающийся на минимизацию булевых функций [3]. В работе предлагается роевой алгоритм построения оптимального маршрута обучения, позволяющий получать решения, близкие к оптимальным.

Модель образовательного пространства в онтологических базах образовательных ресурсов

При описании модели образовательного пространства и метода синтеза учебных пособий будем использовать термины и определения, приведенные в работе **Норенкова И.П., Соколова Н.К.** [4].

Целевой концепт – концепт (понятие), который должен быть изучен с помощью синтезируемого пособия.

Исходный концепт – концепт, уже изученный пользователем.

Семантическая сеть концептов – сеть, вершинам которой соответствуют концепты, а дугам – отношения между ними. Так, если X – определяющее понятие, а Y – определяемое, то дуга направлена от вершины X к вершине Y.

Семантическая сеть модулей – сеть, вершинам которой соответствуют модули. Дуга X ->Y имеет место, если некоторое понятие определено в модуле X и используется в модуле Y.

Понятие, определяемое в модуле, называется выходным понятием этого модуля, а понятия, используемые в модуле для пояснения выходного понятия, называются входными понятиями этого модуля.

Модель образовательного пространства представляет собой И-ИЛИ-граф G, образованный объединением семантических сетей концептов и модулей.

Отметим, что вершинам концептов соответствует связка ди-

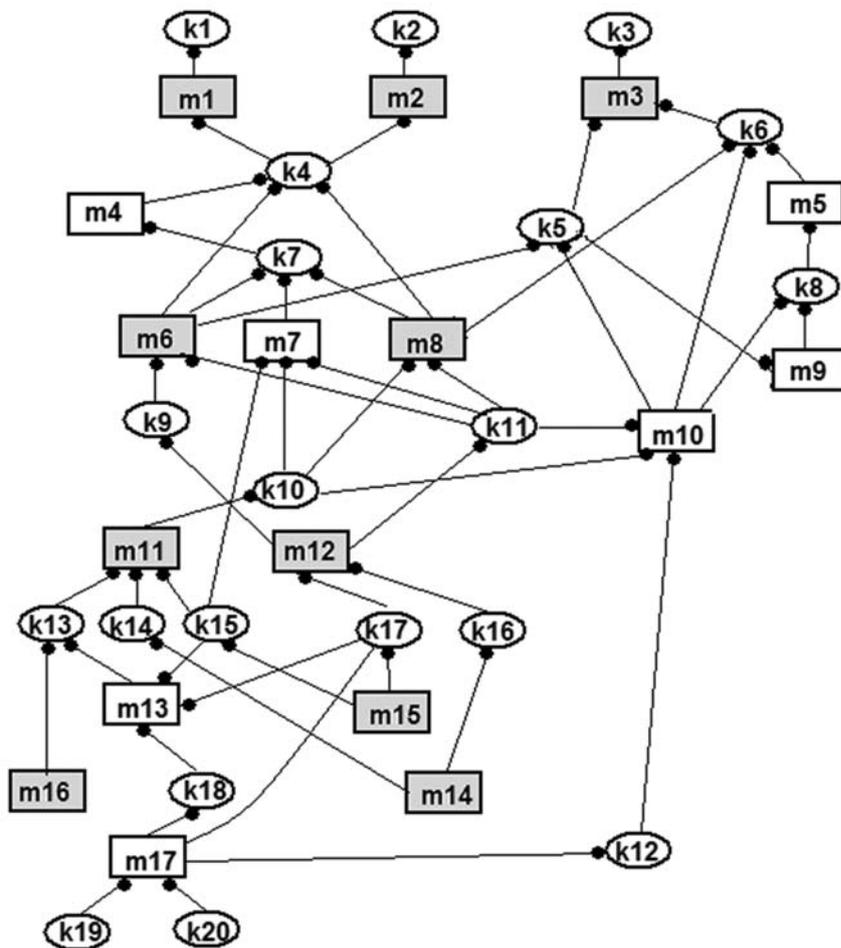


Рис. 1. Модель образовательного пространства (И-ИЛИ-граф G)

зъюнкции, и потому эти вершины названы вершинами типа ИЛИ, а вершинам модулей соответствует связка конъюнкции, и потому эти вершины – вершины типа И.

Пример модели приведен на рисунке 1, взятом из работы [4], где вершины концептов показаны в виде овалов, а вершины модулей – в виде прямоугольников.

Алгоритм синтеза маршрутов обучения

Синтез маршрутов обучения начинается с выбора множества целевых и исходных концептов. Этот выбор выполняет преподаватель, ориентируясь на индивидуальные особенности обучаемого и/или на учебную программу курса. При самообразовании задание цели исходит от самого обучаемого, которому нужно пособие для ее достижения.

В основе предлагаемого алгоритма лежит процедура «Индивидуальная траектория» выделения в модели образовательного пространства (И-ИЛИ-граф G) подграфа OM , включающего индивидуальную траекторию обучения.

Вычислительный процесс формирования траектории обучения осуществляется путем распространения волны на модели образовательного пространства. Распространение волны осуществляется путем последовательного перемещения фронта вершин Φ_i на графе G . Фронт формируется и перемещается пошагово. В начальном состоянии фронт Φ^k_0 включает множество целевых концептов. На первом шаге формируется фронт Φ^m_1 , в который включают модули, выходы которых покрывают множество концептов Φ^k_0 . Множество модулей Φ^m_1 связывается с множеством целевых концептов Φ_0 в соответствии со структурой связей графа G .

На втором шаге формируется фронт Φ^k_2 , в который включают множество концептов, покрывающих все входы модулей множества Φ^m_1 . Множество модулей Φ^m_1 связывается с множеством целевых концептов Φ^k_2 в соответствии со структурой связей графа G . В даль-

нейшем, на каждом *нечетном* шаге ($i = 3, 5, 7, \dots$) формируется фронт Φ^m_i , в который включаются модули, выходы которых покрывают множество концептов, входящих в фронт Φ^k_{i-1} . А на каждом *четном* шаге ($i = 4, 6, 8, \dots$) формируется фронт Φ^k_i , в который включаются концепты, выходы которых покрывают входы множества модулей, входящих в фронт Φ^m_{i-1} . Особенность реализации связей между элементами двух соседних фронтов Φ^k_{i-1} и Φ^m_i в том, что в соответствии с исходным графом G один и тот же концепт k_j может быть выходом у нескольких модулей. Возникает проблема выбора для включения в маршрут только одной связи между концептом k_j , входящем в состав фронта Φ^k_{i-1} и одним из модулей, входящих в состав фронта Φ^m_i . Именно этим и объясняется существование множества маршрутов обучения. Структура связей между элементами двух фронтов Φ^m_{i-1} и Φ^k_i остается неизменной в соответствии со структурой связей графа G . Этот процесс продолжается до тех пор, пока на входах модулей не будет других концептов, кроме исходных, или же их не будет.

Таким образом, построение конкретного маршрута обучения сводится к выбору альтернативных вариантов связей между фронтами при распространении волны.

Рассмотрим процесс построения одного из маршрутов на примере модели образовательного пространства, взятом из работы [4].

Вначале формируется фронт Φ^k_0 , включающий исходное множество целевых концептов $\Phi^k_0 = \{k_1, k_2, k_3\}$.

На первом шаге формируется фронт Φ^m_1 , в который включают модули, выходы которых покрывают множество концептов Φ^k_0 . $\Phi^m_1 = \{m_1, m_2, m_3\}$. m_1 связывается с $k_1, m_2 - c k_2, m_3 - c k_3$.

На втором шаге формируется фронт Φ^k_2 , в который включают концепты, выходы которых покрывают множество входов модулей Φ^m_1 . $\Phi^k_2 = \{k_4, k_5, k_6\}$. k_4 связывается с m_1 и m_2, k_5 и $k_6 - c m_3$.

На третьем шаге формируется фронт Φ^m_3 , в который включают модули, выходы которых покрыв-

вают множество концептов Φ^k_2 . $\Phi^m_3 = \{m_4, m_6, m_5\}$. m_4 связывается с $k_4, m_6 - c k_5, m_5 - c k_6$.

На четвертом шаге формируется фронт Φ^k_4 , в который включают концепты, выходы которых покрывают множество модулей Φ^m_3 . $\Phi^k_4 = \{k_7, k_9, k_{11}, k_8\}$. k_7 связывается с m_4, k_9 и $k_{11} - c m_6, k_8 - m_5$.

На пятом шаге формируется фронт Φ^m_5 , в который включают модули, выходы которых покрывают множество концептов Φ^k_4 . $\Phi^m_5 = \{m_6, m_{12}, m_9\}$. m_6 связывается с $k_7, m_{12} - c k_9$ и $k_{11}, m_9 - c k_8$.

На шестом шаге формируется фронт Φ^k_6 , в который включают концепты, выходы которых покрывают множество модулей Φ^m_5 . Отметим, что модуль m_6 уже вошел в Φ^m_3 и его входы уже покрыты, поэтому m_6 исключаем из Φ^m_5 . $\Phi^k_6 = \{k_{16}, k_{17}\}$. k_{16} и k_{17} связываются с m_{12} .

На седьмом шаге формируется фронт Φ^m_7 , в который включают модули, выходы которых покрывают множество концептов Φ^k_6 . $\Phi^m_7 = \{m_{14}, m_{15}\}$. m_{14} связывается с $k_{16}, m_{15} - c k_{17}$.

Поскольку на входы модулей Φ^m_7 ничего не поступает процесс формирования маршрута завершается.

На рис. 2 представлен синтезированный подграф И-ИЛИ-графа, содержащий пути от исходных концептов (или от концептов, не имеющих входов) к каждому целевому концепту (маршрут обучения). Концепты и модули, вошедшие в искомые пути, должны поясняться в пособии. Пояснения концептов содержатся в модулях. Для того, чтобы был изучен концепт k_i , нужно в маршруте обучения иметь хотя бы один модуль, поясняющий этот концепт. С другой стороны, чтобы модуль m_j с пояснением концепта k_i (пусть это модуль m_{ij}) был понятен обучаемому, обучаемый должен знать или предварительно изучить входные для модуля m_{ij} концепты. Очевидно, что в общем случае задача имеет множество решений. Среди них нужно выбрать одно оптимальное по одному из критериев, которыми могут быть те или иные функции метаданных модулей, вошедших в маршрут, например,

сложность освоения, современность материала, степень взаимосвязи с модулями других предметных областей и т.п. Например, если пользователя интересует наиболее короткое учебное пособие и длина пособия измеряется числом входящих в него модулей.

В работе для синтеза оптимального маршрута обучения предлагается роевой алгоритм, основанный на идеях адаптивного поведения муравьиной колонии [6, 7]. В отличие от канонической парадигмы муравьиного алгоритма, решением которого является маршрут минимальной стоимости в графе поиска решений, в новом роевом алгоритме решением является подграф с динамической структурой, выделенный в графе поиска решений [8]. Ключевым механизмом в новой парадигме роевого интеллекта, как и в алгоритме муравьиной колонии является *в первую очередь механизм непрямого обмена – стигмержи (stigmergy)*.

Представление оптимизационной задачи в виде **парадигмы роевого интеллекта** опирается на два ключевых момента: формирование графа поиска решений (ГПР) в виде *модели образовательного пространства* (И-ИЛИ-граф G) и формирование роем агентов на графе поиска решений допустимых альтернативных маршрутов обучения с помощью описанной выше волновой процедуры.

Сформируем множество W_ϕ всех ребер графа G , входящих во все вершины модули и множество W_a всех ребер графа G , входящих во все вершины концепты. Назовем множество W_ϕ множеством фиксированных связей, а множество W_a множеством альтернативных связей.

В общем случае поиск решения задачи осуществляется коллективно агентами $A = \{a_k | k = 1, 2, \dots, n_k\}$. Процесс поиска решений итерационный. Каждая итерация l включает три этапа. На первом этапе каждой итерации роевого алгоритма каждый агент a_k на *модели образовательного пространства* формирует маршрут обучения S_k . На втором этапе каждый агент a_k откладывает феромон на ребрах

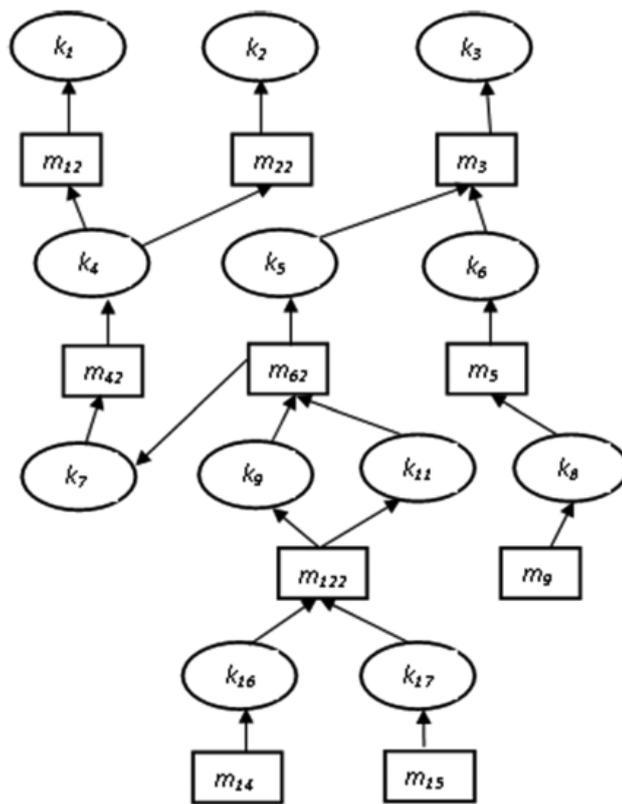


Рис. 2. Построенный маршрут обучения

графа G , входящих в состав построенного агентом маршрута обучения S_k . На третьем этапе осуществляется испарение феромона на ребрах графа G . В работе используется циклический (ant-cycle) метод муравьиных систем. В этом случае феромон откладывается агентом на ребрах графа G после полного формирования решения.

После построения ГПР G на всех его ребрах множества W_a откладывается начальное количество феромона Q/v , где $v = |U|$. В качестве исходных данных формируются множества целевых и исходных концептов. Целевые концепты включаются во фронт Φ^k_0 . Пошаговый процесс формирования траектории обучения осуществляется путем распространения волны на *модели образовательного пространства* начиная со стартового фронта Φ^k_0 . На шаге i распространения волны агент формирует фронт Φ_i и устанавливает связи между фронтом Φ_i и фронтом Φ_{i-1} . Возможны два случая.

В первом случае на шаге $i-1$ сформирован фронт модулей Φ^{m}_{i-1} , а на шаге i формируется фронт концептов Φ^k_i . В этом случае структу-

ра связей между Φ^{m}_{i-1} и Φ^k_i остается неизменной, то есть точно такой же как и в графе G , так как входы модулей, входящих во фронт Φ^{m}_{i-1} , представляют связку «И».

Во втором случае на шаге $i-1$ сформирован фронт концептов Φ^k_{i-1} , а на шаге i формируется фронт модулей Φ^m_i . Так как каждая вершина k_n (концепт) графа G представляет связку «ИЛИ», то есть все входы соответствуют одному и тому же концепту, то для избегания дублирования на входе вершины k_n остается одна связь. Выбор связи для каждого концепта выполняет агент. Пусть R_n – множество ребер u_{nm} входящих в вершину $k_n \in \Phi^k_{i-1}$. Для каждого ребра $u_{nm} \in R_n$ определяется параметр f_{nm} – суммарный уровень феромона на этом ребре. Вероятность P_{nm} выбора ребра u_{nm} определяется следующим соотношением

$$P_{nm} = f_{nm} / \sum_n(f_{nm}).$$

Агент с вероятностью P_{nm} выбирает одно из ребер, которое остается в структуре связей строящегося маршрута обучения S_k между Φ^k_{i-1} и Φ^m_i . Процесс выбора связей продолжается до тех пор, пока на

входах всех концептов фронта $\Phi^{k_{i-1}}$ (вершин графа G) останется только по одной связи.

В построенном маршруте S_k выделяется множество $W_{ak} \subset W_a$ всех ребер, входящих в вершины концепты.

На втором этапе итерации, каждый агент a_k откладывает феромон на ребрах графа G , принадлежащих множеству $W_{ak} \subset W_a$.

Количество феромона $\tau_k(l)$, откладываемое агентом a_k на каждом ребре $u_{nm} \in W_{ak}$ графа G , пропорционально базовому (опорному) количеству феромона Δ и определяется следующим образом

$$\tau_k(l) = \Delta / F_k(l),$$

где l -номер итерации, $F_k(l)$ – целевая функция для решения, соответствующего маршруту обучения S_k . Чем меньше $F_k(l)$, тем больше феромона откладывается в графе G на ребрах множества W_{ak} и, следовательно, тем больше вероятность выбора этих ребер при построении маршрута обучения на следующей итерации.

После того, как каждый агент сформировал решение (маршрут обучения) S_k и отложил феромон, на третьем этапе происходит общее испарение феромона на ребрах множества W_a графа G в соответствии с формулой

$$f_{nm} = f_{nm}(1 - \rho),$$

где ρ – коэффициент обновления. После выполнения всех действий на итерации находится агент с лучшим решением, которое запоминается. Далее осуществляется переход на следующую итерацию полного или частичного перебора маршрутов для выбора наилучшего из них.

Алгоритм поведения роя агентов

1. Формируется модель образовательного пространства (И-ИЛИ-граф G) $G = (M \cup K, U)$, где M – множество модулей, K – множество концептов.

2. Выбирается множество целевых $K_u \subset K$ и исходных $K_u \subset K$ концептов.

3. Задается: начальное количество феромона – Q ;

ρ – коэффициент обновления феромона на ребрах графа G ;

V – количество агентов в рое;

L – число итераций.

4. На множестве ребер W_a графа G , входящих в вершины (концепты) $k_j \in K$ откладывается начальное количество феромона Q/v , где $v = |U|$.

5. Формируется фронт Φ^k_0 , включающий множество целевых концептов.

6. $l = 1$. (l – номер итерации).

7. $k = 1$. (k – номер агента).

8. Выполняется «Алгоритм агента».

9. Если $k < V$, то $k = k + 1$ и переход к пункту 8, иначе переход к пункту 10.

12. Каждый агент a_k в графе G на ребрах множества $W_{ak} \subset W_a$ в построенного им маршруте обучения S_k откладывает феромон в количестве

$$\tau_k(l) = \Delta / F_k(l), \quad (4)$$

Общее количество феромона $h_i(l)$, отложенного на ребре $u_i \in D_k(l)$ после выполнения l итераций, определится как

$$h_i(l) = h_i(l-1) + \sum_{k|u_i \in D_k(l)} \tau_k(l)$$

13. После того, как каждый агент отложил феромон, происходит общее испарение феромона на ребрах графа $G = (M \cup C, U)$ в соответствии с нижеприведенной формулой.

$$h_i = h_i(1 - \rho), \quad (5)$$

где ρ – коэффициент обновления, h_i – суммарное количество феромона, отложенного муравьями на ребре $u_i \in U$ графа $G = (M \cup C, U)$,

14. Выбор лучшего решения, полученного на протяжении всех выполненных итераций.

15. Если все итерации выполнены, то конец работы алгоритма, в противном случае $l = l + 1$ и переход к пункту 8.

Алгоритм агента

1. $i = 1$ (i – номер шага распространения волны).

2. Фронт $\Phi^{k_{i-1}}$, включается в состав маршрута обучения S_k .

3. Формируется фронт модулей Φ^m_i , имеющих связи в графе G с концептами фронта $\Phi^{k_{i-1}}$. Фронт

модулей Φ^m_i включается в маршрут обучения S_k .

4. Выбирается очередная, начиная с первой, вершина концепт $k_n \in \Phi^{k_{i-1}}$.

5. На графе G определяется множество R_n ребер u_{nm} входящих в вершину $k_n \in \Phi^{k_{i-1}}$.

6. Для каждого ребра $u_{nm} \in R_n$ определяется параметр f_{nm} – суммарный уровень феромона на этом ребре в графе G .

7. Для каждого ребра $u_{nm} \in R_n$ рассчитывается вероятность P_{nm} его выбора

$$P_{nm} = f_{nm} / \sum_n(f_{nm}).$$

8. Агент a_k с вероятностью P_{nm} выбирает одно из ребер $u_{nm} \in R_n$, которое остается в структуре связей строящегося маршрута обучения S_k между $\Phi^{k_{i-1}}$ и Φ^m_i .

9. Если просмотрены все вершины $k_n \in \Phi^{k_{i-1}}$, то переход к пункту 10, иначе переход к пункту 4.

10. Если на входы модулей Φ^m_i ничего не поступает, то переход к пункту 15, иначе переход к пункту 11.

11. $i = i + 1$.

12. Формируется фронт вершин концептов Φ^k_i , имеющих связи в графе G вершинами фронта Φ^m_{i-1} . Фронт концептов Φ^k_i включается в маршрут обучения S_k .

13. Агент a_k фиксирует в маршруте обучения S_k все связи между фронтами Φ^m_{i-1} и Φ^k_i , содержащиеся в графе G .

14. $i = i + 1$. Переход к пункту 3.

15. Рассчитывается оценка $F_k(l)$ маршрута обучения S_k , построенного агентом a_k на итерации l .

16. Конец работы алгоритма.

Время работы этого алгоритма зависит от времени жизни колонии l (число итераций), количества вершин n графа G , числа агентов m , и определяется как (lnm) .

Заключение

Предложенный алгоритм позволяет генерировать варианты маршрутов обучения, состоящие из подмножества небольших модулей (разделяемых единиц контента) учебного материала. Рассмотрен метод оптимизации траектории обучения на основе онтологического подхода. Предлагается роевой

алгоритм синтеза оптимального маршрута обучения, основанный на моделях адаптивного поведения муравьиной колонии. Отличительной особенностью является наличие графического представления маршрута обучения, удобного для

анализа полученных результатов. Экспериментальные исследования проводились на ЭВМ типа IBM PC. Эксперименты показали, что для графов, содержащих до 1000 вершин, лучшие результаты решения были получены в среднем на 75

итерации роом из 100 агентов. Вероятность получения оптимального решения составила 0,9. Временная сложность алгоритма (BCA), для рассмотренных тестовых задач составляет $(BCA \approx O(n^2))$, где n – число вершин графа G .

Литература

1. Бова В.В. Концептуальная модель представления знаний при построении интеллектуальных информационных систем // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 7 (120). – С. 109–117.
2. Норенков И.П. Онтологические методы синтеза электронных учебных пособий // Научно-практический журнал «Открытое образование». – 2010. – № 6. – С. 39–44.
3. Кравченко Ю.А., Марков В.В. Онтологический подход формирования информационных ресурсов на основе разнородных источников знаний // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 7 (144). – С. 116–120.
4. Норенков И.П., Соколов Н.К. Синтез индивидуальных маршрутов обучения в онтологических обучающих системах // Информационные технологии, 2009, № 3, с. 74–77.
5. Тельнов Ю.Ф. Интеллектуальные информационные системы. – М.: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2003. – 26 с.
6. Лебедев О.Б. Модели адаптивного поведения муравьиной колонии в в задачах проектирования. Таганрог. Изд-во ЮФУ, 2013.
7. Лебедев Б.К., Лебедев В.Б. Оптимизация методом кристаллизации россыпи альтернатив // Известия ЮФУ. Изд-во ТТИ ЮФУ, 2013, №7. С. 11–17.
8. Лебедев Б.К., Лебедев О.Б. Моделирование адаптивного поведения муравьиной колонии при поиске решений, интерпретируемых деревьями // Известия ЮФУ. Изд-во ТТИ ЮФУ, 2012, №7. С. 27–35.

Базовые требования к информационно-образовательным пространствам, основанные на их фундаментальных свойствах¹

Изложены результаты синтеза системы базовых требований к информационно-образовательным пространствам (ИОП), независимые от специфики конкретного образовательного учреждения. Типы базовых требований получены конкретизацией фундаментальных свойств ИОП, наследованных в онтологиях контекста ИОП и категорий информационных пространств. Базовые требования поддерживают архитектуру интеграции информации и знаний, а также взаимодействия субъектов образовательной и научной деятельности, осуществляемые, в частности, с использованием много-агентных технологий.

Ключевые слова: информационно-образовательное пространство, образовательная среда наследование свойств, базовые требования, конкретизация.

BASIC REQUIREMENTS FOR INFORMATION-EDUCATIONAL SPACES BASED ON THEIR FUNDAMENTAL ATTRIBUTES

This article presents results of synthesizing basic requirements for information-educational spaces (IES) independent of specific features of particular educational establishment. Types of basic requirements were obtained by particularization of IES fundamental attributes inherited in the ontologies of IES context and information spaces categories. Basic requirements support the architecture of information and knowledge integration and interaction of actors of educational and scientific activities conducted in particular by using multi-agent techniques.

Keywords: information-educational space, educational environment, attributes inheritance, basic requirements, particularization.

Введение

Данная публикация, по сути, является второй частью статьи [1] и содержит описание результатов применения предложенного той статье подхода, состоящих в системе обобщенных базовых требований к информационно-образовательным пространствам (ИОП), а также способов их применения в проектах создания конкретных ИОП. Напомним, что в [1] изложен подход к синтезу базовых требований к ИОП на основе определения источников их фундаментальных свойств, причем таких источников,

которые находятся за границами любого конкретного образовательного учреждения (ОУ). В качестве таких источников выбраны наиболее важные смежные с ИОП понятия, являющиеся по отношению к любому ИОП более общими (родовыми) или более комплексными (агрегированными), а именно: среда обитания (СО), информационное пространство (ИП), предприятие и архитектура предприятия (АП), образовательная среда (ОС).

Технически фундаментальные свойства ИОП определены процедурами наследования свойств по связям «род-вид» или «целое-

часть» в онтологиях контекста ИОП и категорий информационных пространств, описанных в [1]. В последующем изложении эти онтологии для краткости называются **исходными онтологиями**, а указанные выше высокоуровневые смежные понятия – **исходными понятиями**. При этом, в существующей сегодня ситуации наиболее важным представляется не только выполненный в [1] выбор исходных понятий, но и обоснование выбранных для них толкований. Это связано со значительным разнообразием толкований даже таких основополагающих понятий, как указанные выше СО, ИП и ОС.

¹ Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ (Проект № 13-07-00917а).



Евгений Захарович Зиндер,
президент

Тел.: (495) 442-80-98

Эл. почта: EZinder@fostas.ru
НО «Фонд поддержки системного проектирования, стандартизации и управления проектами»
www.fostas.ru

Evgeny Z. Zinder,
President

Тел.: (495) 442-80-98

E-mail: EZinder@fostas.ru
NPO Foundation for System Engineering,
Standardization and Project Management
Support
www.fostas.ru

Чтобы не распространять следствия этого разнобоя на фундаментальные свойства ИОП, потребовалось провести анализ толкований, существующих в публикациях научного, методического и нормативного характера, отобразить толкования, отличающиеся как связью с информационно-коммуникационными технологиями (ИКТ), так и достаточной полнотой области значений. Рассматривается неключевая связь толкований с ИКТ, то есть, такая, при которой предполагается информационное обеспечение образовательных процессов и использование для этого современных технологий, но технологиям не придается самоценный характер, приоритетный перед собственно образованием, тем более – самодовлеющий характер. Это важно для учета приоритетов обучающихся и педагогических подходов. При этом отбирались толкования, отличающиеся наличием тех свойств, наследование которых позволит далее в конструктивном стиле планировать и обеспечивать

- потенциальные способности ИОП развитию,
- совместимость разных ИОП (и ряд других необходимых для их функционирования свойств),
- инструментальные средства, которые поддерживали бы указанные свойства,
- процессы создания потенциально совместимых и интегрируемых ИОП.

2. Переход от фундаментальных свойств ИОП к системе обобщенных требований

Отметим, что в [1] изложены понятийный (структурный) и процессный аспекты предложенного подхода. Пошаговое представление и задание итерационного характера процессного аспекта нацелены на переход от фундаментальных свойств ИОП к системе обобщенных требований, которая может адаптироваться к каждой конкретной образовательной среде и конструктивно применяться при создании её ИОП. В данной публикации

показаны результаты этого перехода, определяется структура разработанной системы требований к ИОП, описываются собственно обобщенные базовые требования, а также обсуждаются способы их применения в конкретных проектах, ориентированных на создание ИОП и создание инструментов разработки и поддержки ИОП.

Структура системы базовых требований

Типы сформулированных требований составляют целостную открытую систему требований, структурированную на самом высоком уровне своего устройства. Её системные свойства обеспечиваются

- последовательным, но итерационно уточняемым методом наследования фундаментальных свойств ИОП в рамках исходных онтологий (см. их схемы на рис. 1 и 2 в [1]);

• отображением этих свойств в требования с пониманием общих свойств АП, разделяющейся на разные архитектурные области (бизнес-архитектура, системная архитектура) и аспекты (информация, процессы, действующие субъекты, и др.), а также трансформирующейся во времени;

- отображением этих свойств в требования таким образом, который обеспечивает возможность последующей трассировки требований к архитектурным элементам будущих реализаций ИОП.

Определенные таким образом базовые требования поддерживают архитектуру интегрированных ИОП (ИИОП), в которых интегрируются

- информация и знания ИОП, а также ИП иных типов;
- взаимодействия субъектов и механизмов разных типов, действующих в рассматриваемой ОС.

Система требований структурирована на отдельно описываемые текущие и перспективные требования, а также включает требования, естественным образом связанные с возможностями использования многоуровневых сервисных архитектур и многоагентных технологий.

В результате, сформирована система требований, состоящая из

- групп требований, где каждая группа связана с фундаментальными свойствами, наследованными от одного из исходных понятий;

- внутри каждой группы – из категорий требований, различающихся по связи с деловыми потребностями и по очередям реализации в системной и технологической архитектуре ИОП;

- связей между требованиями каждой группы и категории, а также их связей с конкретными значениями требований, определяемыми в проектах реализации ИОП или при настройке интегрированного ИОП (ИИОП) конкретной ОС.

Структура и элементы системы требований более конкретно представлены далее в форме четырех таблиц «Требований к базовым характеристикам ИОП», каждая из которых содержит одну группу требований к ИОП – соответственно, как к части СО, как к виду ИП, как к аспекту АП, как к части ОС. В каждой из этих таблиц представлены следующие три категории требований:

1) требования к ИОП, прямо не связанные с ИКТ;

2) начальные требования к организационно-технологическим характеристикам ИОП, в первую очередь – к ИКТ-параметрам архитектурного уровня;

3) перспективные требования к организационно-технологическим характеристикам ИОП, в том числе, к ИКТ-параметрам архитектурного уровня.

В первую категорию включаются требования основной деятельности (бизнес-требования), в основном те, которые поддерживаются или в принципе могут быть поддержаны ИКТ-средствами и системами. Во вторую и третью категории включаются соответствующие требования именно к этим ИКТ-средствам и системам. При этом реализация требований уже второй категории должна обеспечивать создание практически полезного и целостного, хотя и ограниченного по возможностям ИОП, а реализация третьей категории требований обеспечивает перспективы его развития.

Первая категория требований, представленная как «Требования к

ИОП, прямо не связанные с ИКТ», формулируется более полно. Считается, что требования к ИКТ являются производными от требований первой категории, поэтому формулируются в краткой и обобщенной форме. При определении этих производных требований используется принцип множественности решений. Он подразумевает недопустимость включения требований, в которых заранее фиксируется та или иная конкретная архитектура комплексного решения, тем более – то или иное конкретное технологическое решение. Это лишало бы возможности выбирать из множества альтернатив и в ситуации каждого конкретного ОУ или ОС создавать наиболее подходящие архитектуры и ИКТ-решения для удовлетворения потребностей основной деятельности этого ОУ и функционирования этой ОС.

Далее изложение проведено для каждой группы требований отдельно. Обсуждение требований каждой группы приводится в форме комментариев к соответствующей таблице и отражает вопросы применения требований (например, границ применения требования определенного типа или способов

конкретизации и реализации обобщенных требований). Более подробно комментируются обобщенные требования первой группы, поскольку формируются, конкретизируются и применяются по аналогичным правилам.

3. Требования к ИОП как части Среды обитания

В [1] были выделены важные для наших целей свойства понятия «среда обитания» (СО), индуцирующие следующие фундаментальные свойства ИОП и ОС:

- конечность, то есть наличие границ того или иного рода,
- наличие центрального субъекта,
- интегральность, то есть объединение сред нескольких типов, возможность включения субъектов новых типов, а также объектов новой природы,
- масштабируемость,
- изменяемость под воздействием разных факторов, в том числе, под целенаправленным воздействием разных субъектов СО, возможность включения субъектов новых типов, а также объектов новой природы,

Таблица 1

Требования к базовым характеристикам ИОП как части Среды обитания и Информационной среды обитания центрального субъекта образовательной среды (ОС)

Требования к ИОП, прямо не связанные с ИКТ	Начальные организационно-технологические требования к ИОП	Перспективные организационно-технологические требования к ИОП
Определение центрального субъекта ИОП (коллективного или индивидуального).	Управление доступом индивидов в составе его коллективного субъекта.	Роботы и программные агенты в составе центрального субъекта.
Определение тематических и культурологических границ ИОП.	Планирование вариантов лингвистического обеспечения.	Отражение организационной культуры, включая мультикультурность.
Масштабирование по центральному субъекту (индивид, сообщество, человек обобщенно).	Открытая архитектура. Технологическое масштабирование. Индивидуализация.	Гармонизация информации ИОП и онтологий разных представлений индивидов, групп и сообществ из состава его коллективного субъекта.
Масштабирование по охвату тематики.	Интеграция данных разных тематических областей и источников.	Семантическая интеграция разнородных информационных объектов.
Возможность динамических изменений ИОП действиями внутренних и внешних агентов.	Динамическое расширение состава источников данных в ИОП.	Динамическая семантическая интеграция разнородных информационных объектов.

- включение ОС и ИОП в состав СО.

При переходе от этих свойств к обобщенным требованиям, выполненном в соответствии с разделом 2 данной статьи, определены базовые типы требований к ИОП, указанные в Таблице 1.

Обсуждение и комментарии

Подчеркнем, что указанные в таблице типы требований рекомендуется рассматривать как требования к любому варианту ИОП в тех естественных случаях, когда ИОП является частью среды обитания обучающихся. Важно, что эти типы требований не зависят от частных особенностей того или иного ОУ.

Определение центрального субъекта важно для идентификации ИОП, а также для определения всех остальных обобщенных требований этой группы. Сообщество как центральный субъект может, например, включать студентов и сотрудников одного факультета, всего ОУ или сети ОУ. Центральным субъектом может быть и единственный индивид, в этом случае говорится об индивидуальном информационно-образовательном пространстве. Этот вариант важен, несмотря на то, что в наиболее распространенных случаях центральный субъект представлен совокупностью сообществ индивидов. Более того, наиболее типичным вариантом возможно будет сочетание четко выраженного индивидуализированного ИОП конкретного обучающегося с более широким ИОП временных или относительно постоянных сообществ. Вторая и третья категория этого обобщенного требования показывают, что конкретное значение требования важно как для традиционного управления доступом к ИОП, так и для работы с особыми сообществами. В частности, можно, например, рекомендовать, начиная с определенной очереди ИОП включать в состав его центрального субъекта сообщества роботов новых поколений, обеспеченных соответствующими способностями к обучению.

Определение границ ИОП может быть необходимым для контроля подключения к ИОП индивидов

именно сообществ центрального субъекта, а также для прагматически важной фиксации конечного набора функций, интерфейсов и работ, связанных с ИОП.

Традиционно трактуемые индивиды и информационные объекты в составе ИОП как части СО могут появляться в составе этого множества или выходить из него по обычным объективным причинам. Таким образом, не их конкретный набор определяет границы ИОП, характер и само наличие этих границ в настоящее время переосмысляются в связи с продолжающимся развитием феномена Интернета.

Обсуждение этой коллизии продолжается далее при рассмотрении требований, проистекающих от исходного понятия «информационное пространство», здесь же мы лишь фиксируем естественность наличия границ ИОП, связанных с наличием границ сред обитания людей по определению таких СО.

Требование масштабирования при формировании ИОП является необходимым системным требованием, но может конкретизироваться по-разному. Классическое требование масштабирования состоит в требовании работоспособности при охвате ИОП большего числа индивидов и / или включении большего числа информационных объектов. Другие типы масштабирования состоят в требовании работоспособности при интеграции в ИИОП новых ИОП, отличающихся некоторыми свойствами своих индивидов, например, с новыми языками общения и даже с новыми изучаемыми дисциплинами. Такое масштабирование может обеспечиваться только дополнительными настройками ИИОП, например, в составе его нормативно-методической информации, и не требовать специальных переделок. В этом случае речь может идти и о специальных подклассах индивидов и сообществ, новых по семантике классов информационно-образовательных объектов, и т.д., однако нагрузка на семантическую интеграцию принципиально новых классов информационно-образовательных объектов ложится в этом случае на индивидов, входящих в центральный субъект ИИОП.

Масштабирование по охвату тематики можно считать требованием, переходным к требованию развития ИОП. В частности, в настоящее время первая очередь ИОП скорее всего может планироваться с масштабированием второй категории требования по охвату тематики. А семантическая интеграция разнородных информационных объектов может требовать выполнения содержательных аналитических и иных работ по развитию ИОП как системы.

Родственным, но иным по природе является требование возможности динамических изменений ИОП. Это требование, которое в терминах классических информационных систем называется возможностью модернизации / развития, может, например, состоять в требованиях расширения ИОП на принципиально новые каналы и способы получения и/или доставки образовательной информации, поддержка принципиально новых комплексных педагогических подходов, и т.д.

Вместе с тем, предполагается, что в ближайшие годы развитие методов семантической интеграции данных и управления знаниями может позволить всё более динамично подключать в ИОП новую по семантике информацию, а также доставлять обучающимся новые типы актуальных для них знаний без выполнения специальных работ по развитию. Основой для такой динамической семантической интеграции и динамического обеспечения актуальными знаниями может стать использование новых формализованных представлений онтологий и средств их интерпретации, стандартизованных в степени, позволяющей включать в ИОП эти режимы динамического расширения на новые смысловые области.

Переход от изложенных в Таблице 1 обобщенных требований к требованиям, ориентированным на создание типового (тиражируемого) инструмента создания ИОП, или на требования к ИОП конкретного ОУ выполняется достаточно традиционным способом. Например, при определении требований первой категории («прямо не связанные с ИКТ»):

- для требования определения центрального субъекта ИОП определяются сообщества и группы обучающихся с их специфическими особенностями (и сами эти особенности – возрастные, профессиональные, иные), другие сообщества и группы субъектов ИОП (преподаватели-методисты, преподаватели-инструкторы, исследователи, менеджеры, технические администраторы, иные) со специфическими потребностями сообществ и групп;

- для требования масштабирования по центральному субъекту определяются, например, требования по охвату новых сообществ обучающихся с допустимыми их новыми особенностями и потребностями, то есть, с конкретным указанием предусмотренных пределов масштабирования;

и т.д.

Аналогичным образом определяются конкретные требования к организационно-технологическим параметрам, в частности – требования к ИКТ. В этих требованиях целесообразно указывать как предусмотренные значения проверяемых возможностей, так и их границы, то есть те требования, которые без модернизации / развития ИОП как системы выполнять не предполагается.

При таком подходе любой задуманный или начинаемый проект ИОП можно будет сравнить по возможностям с другими аналогичными проектами – выполненными или идущими. Можно будет либо опираться на явно описанные требования к масштабированию и проверять их при приемке / использовании ИОП, либо знать, например, что распространение создаваемого ИОП на новые группы и сообщества невозможно, а следовательно, это ИОП является в определенном смысле закрытым и до какой степени закрытым.

4. Требования к ИОП как к разновидности Информационного пространства

Рассмотренные в этом разделе требования отражены на рис. 1 в виде архитектурной схемы обобщенного ИОП.

В традиционных понятиях проектирования интегрированных баз данных (БД) «Комплексное интегрированное ИОП ОС» может рассматриваться как интеграция данных из необходимых источников как из своего рода разнородных БД посредством виртуальной интеграции. Особенностью, усложняющей ситуацию, является то, что интеграции подлежат, в общем случае, и тематические БД и другие ИП как пространства разных типов – от индивидуальных до глобального, с ориентацией на образовательное использование и без таковой, с разными тематическими границами, со своей динамикой развития, часто с заранее неизвестными схемами и политиками управления.

На рис. 1 эллипсы показывают условные границы отдельных ИП, однородная заливка ИП выделяет пространство, ориентированное на тот же тип применения, что и целевое ИИОП (применение в образовательных целях), решетчатая заливка выделяет ИП, являющиеся тематически независимыми от целевого ИП, стрелки – направления «информационного вклада» одних ИП в другие, из них пунктирные стрелки – предполагаемую необязательность такого вклада. Интегрируемые БД (или хранилища) специально не выделены и формально могут считаться частными представителями ИП соответствующих типов или просто их частями.

В [1] было показано, что в свойства ИП, индуцирующие фундаментальные свойства ИОП, входит следующее:

- наличие или отсутствие центрального субъекта;
- конечность или практическое отсутствие границ;
- свойство поддержания отношений порядка;
- информационная масштабируемость;
- интегральность (объединение информационных сфер нескольких типов);
- изменяемость под воздействием разных факторов;
- связь ИОП с ИП как с родовым понятием.

В целом, на основе исходных понятий и связей, указанных в [1] на диаграммах исходных онтологий, а также на основе структурных характеристик архитектурной модели ИОП на рис. 1 сформулированы базовые типы требований к ИОП (см. Таблицу 2) как к разновидности Информационного пространства.

Многие свойства ИОП, наследуемые от ИП, выглядят родственными тем, которые наследованы от СО и были указаны выше в разделе 3. Это во многом справедливо и естественно, так как ИП семантически близко понятию «информационная среда обитания». Не повторяя анализ понятий, описанный в [1], отметим здесь, что трактовки свойств ИОП, наследованных от

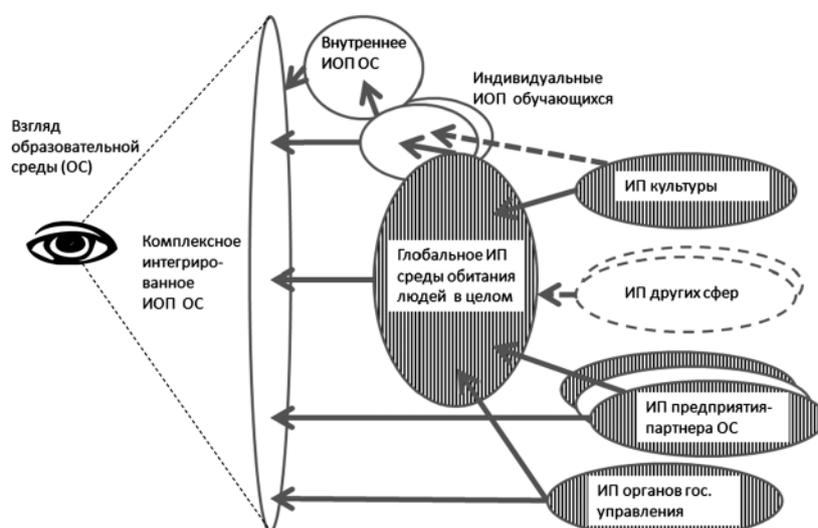


Рис. 1. Архитектурная схема обобщенного интегрированного ИОП

Требования к базовым характеристикам ИОП как к разновидности Информационного пространства

Требования к ИОП, прямо не связанные с ИКТ	Начальные организационно-технологические требования к ИОП	Перспективные организационно-технологические требования к ИОП
Для некоторых ИОП – отсутствие выделенного центрального субъекта.	Открытость архитектуры. Для многих ИОП – изначальное требование возможности глобального масштабирования в смысле глобального доступа в Интернет.	Предоставление максимально широкого выбора языка общения и других вариантов интерфейса субъекту-пользователю.
Множественность групп акторов-пользователей с разными свойствами (способами восприятия информации, местами пребывания, и др.).	Разные эргономические требования и требования удобства использования (юзабилити) для разных групп акторов.	Индивидуализация интерфейсов пользователей и их программных агентов. Сервисы, ориентированные на семантику услуги.
Систематическое введение порядка в разных измерениях ИОП.	Управление степенью совпадения информационных запросов и найденных ответов. Другие требования (сильно зависит от тематической области).	Определение степени семантической близости объектов и расстояния между информационными объектами разных типов.
Взаимодействие ИОП с социальным информационным пространством (социально-психологическим, социально-экономическим).	Соответствие законодательству. Информационная безопасность. Определенность экономической модели.	Поддержка обратных связей с пользователями ИОП. Анализ и учет обратных связей.
Возможность объединения разных информационных сфер или «локальных» ИП, включаемых в ИОП.	Открытость архитектуры. Инфраструктурные свойства ИОП. Интеграция данных.	Интеграция разных концептуальных схем в общую схему. Семантическая интеграция неоднородных информационных сфер и объектов.

ИП и от СО, а также соответствующих требований к ИОП частично перекрываясь не совпадают, а дополняют друг друга по области значений. Так, в Таблице 2 требования всех трех категорий больше сдвинуты в область информационных и функциональных требований к ИОП.

Обсуждение и комментарии

Многие положения пункта «Обсуждение и комментарии» предыдущего раздела справедливы и для требований этого раздела. Это касается отношения к разным ИОП, к аспектам масштабирования, к другим аспектам и далее не рассматривается. Однако вопрос наличия или отсутствия границ ИОП целесообразно прокомментировать дополнительно.

Границы ИОП приходится трактовать с учетом того, что

- принято рассматривать так называемое глобальное полное информационное пространство;
- в формировании ОС и ИОП все в большей степени используется доступ практически ко всем легальным ресурсам Интернета с целью их анализа на возможность использования в качестве электронного образовательного ресурса (ЭОР).

При этом границы ИОП трактуются в контексте распространения Интернета не только в смысле географической глобализации и социального проникновения. Не только традиционный глобальный Web, Web 2.0 и т.д., но и расширяющееся соединение его с «Интернетом вещей» подталкивают к тому, что-

бы всё более серьезно говорить о глобальном информационном пространстве без границ. Мы формируем обобщенные требования именно к образовательному ИП, но и оно на практике так или иначе получает выходы в глобальный Интернет и срачивается, таким образом, с глобальным полным ИП. Этому, в частности, соответствует и схема на рис. 1. Отношение к ИОП как к обязательно ограниченному пространству или же, возможно, как к пространству без границ еще будет уточняться в ближайшие годы и десятилетия. Пока же, в данной работе в качестве рабочей позиции фиксируется отношение к ИОП как к практически ограниченному в каждом конкретном случае пространству. Вместе с тем, на уровне одной из абстрактных перспектив остается и вариант рассмотрения всего полного глобального ИП, ограниченного лишь подключенными в каждый момент времени датчиками и иными периферийными устройствами разных типов. В этом случае ИОП не обязательно теряет свою образовательную специфику, так как любые данные могут анализироваться в ИОП, и, проходя по каналам ИОП, могут, например, преобразовываться к виду, наиболее пригодному в образовательных целях.

Как и в предыдущей таблице 1, в таблице 2 рассматриваются обобщенные требования к любому варианту ИОП в тех естественных случаях, когда оно обеспечивает доступ к информации других пространств, ОУ и сред обитания, а также позволяет решать сложные задачи поиска необходимой образовательной информации и ее предоставления в адекватной форме.

Свойства ИОП, обеспечиваемые этими требованиями, в общем случае позволяют:

- проектировать ИИОП открытых образовательных сред, в том числе таких, пользоваться которыми может любой индивид без регистрации или иного формального закрепления себя в этой ОС;
- конструировать подпространства ИИОП и их модели, позволяющие решать многие практически важные задачи, опираю-

Таблица 3

Требования к базовым характеристикам ИОП со стороны Архитектуры предприятия, ее частных методов и моделей

Требования к ИОП, прямо не связанные с ИКТ	Начальные организационно-технологические требования к ИОП	Перспективные организационно-технологические требования к ИОП
Фиксация и поддержка назначения (миссии), целей и показателей деятельности. Поддержка культуры ОС как предприятия. Поддержка оказания бизнес-услуг и выполнения бизнес-процессов (см. также ниже требование «Поддержка участников деятельности ОС с разными ролями ...»).	Поддержка модели целей (например, <i>LLLS [3]</i>) и модели эффективности самого ИОП и ОС как предприятия. Поддержка информации о нормах, традициях, истории предприятия. Сервисы как системные единицы, связанные с бизнес-услугами и бизнес-процессами. Поддержка ролевой модели акторов ОС разных категорий.	Поддержка управления портфелем проектов развития ИП и ОС в идеологии (зависит от специфики ОС) ИОП как инфраструктура выполнения сквозных бизнес-процессов ОС, охватывающих разные организации. Сервисы разных организаций и индивидов, входящих в ОС как в распределенное расширенное предприятие и как в деловую экосистему. Поддержка ролевой модели различных агентов, функционирующих в ОС.
Поддержка виртуального предприятия (включая поддержку всех видов работы субъектов ОС в виртуальных средах).	Возможность доступа всех категорий внутренних субъектов ОС к информации ИОП в дистанционном режиме. (см. также ниже требование «Мобильные работники ...»)	Распределенность и мобильность всех типов действующих агентов ОС. Облачные и иные модели виртуализации. Поддержка всех видов индивидуальной и совместной работы субъектов / иных агентов ОС в виртуальных, в том числе, облачных средах.
Поддержка сетевой ОС как распределенного расширенного предприятия и деловой экологической среды.	Управление доступом к информационным ресурсам ИОП всех участников расширенного предприятия и деловой экологической среды.	Динамическая семантическая интеграция информационных ресурсов в процессе динамического изменения состава расширенного предприятия и деловой экологической среды.
Моделирование и поддержание моделей архитектуры ИОП и ОС в течение всей истории жизни ОС.	Репозиторий архитектурных моделей ИОП как часть внутреннего ИОП данной ОС.	Развитие ИОП, основанное на изменениях архитектурных моделей ОС и ИОП.
Поддержка обобщенных и референсных информационных моделей и шаблонов для ОС. Современная поддержка изменений бизнес-архитектуры. Гибкие системные сервисы реорганизации данных. Сервисная ИКТ-архитектура.	Поддержание в ИОП типовых и стандартных глоссариев и моделей (в том числе, отраслевых) для описания образовательных услуг, информационных и методических продуктов, субъектов, ролей, процессов и технологий ОС. Поддержка интерфейсов бизнес-услуг ОС, стандартизованных минимум в пределах ОС.	Разработка и стандартизация онтологий, общих для всех участников ОС как расширенного предприятия и деловой экологической среды. Гибкое управление жизненными циклами ИОП. Управление архитектурой ИОП на основе моделей (аналогично идеям МДА).
Поддержка участников деятельности ОС с разными ролями, компетенциями и мотивацией как пользователей ИОП (в том числе, на основе новой парадигмы инжиниринга предприятий). Индивидуализация продукта / услуги ОС (в новой парадигме инжиниринга предприятий). Мобильные работники, обеспечиваемые всей необходимой информацией и аналитикой.	Поддержка ролевой модели сотрудников и других действующих субъектов ОС (например, на основе стандарта ГОСТ Р 53723—2009). Поддержка оценок и развития квалификаций сотрудников на основе модели компетенций, включая процедуры их числовой оценки и сравнения. Поддержка индивидуальных образовательных целей и траекторий для индивидов центрального субъекта ОС. Качественный удаленный доступ действующих субъектов к базам данных и знаний, к аналитическим и административным сервисам.	Поддержка мультиагентной ролевой модели агентов-людей и агентов – интеллектуальных машин как субъектов ОС (в том числе, на основе новой парадигмы инжиниринга предприятий). Самостоятельное формирование индивидуумами центрального субъекта ОС индивидуальных образовательных целей и траекторий. Доступ к базам данных и знаний, к аналитическим и административным сервисам из любого места с различных мобильных устройств.
Недетерминированные рабочие процессы и другие элементы слабовязанной бизнес-архитектуры, обеспечивающей перекомпоновку по потребности.	Поддержка в ИОП реализации сервисной архитектуры в области бизнес архитектуры ОС. Поддержка применения АСМ и BPM в стиле agile.	Поддержка работы по целям и ограничениям. Социализация и геймификация рабочей среды и образовательных процессов ОС.
Своевременное предоставление знаний, необходимых для успешного решения деловых задач. (Примечание: здесь «деловые задачи» относятся к задачам основной и вспомогательной деятельности ОС, включая учебные профессиональные задачи для практического решения.)	«Ручное» накопление в ИОП знаний, ориентированных на решение конкретных и актуальных деловых и образовательных задач.	Автоматическое накопление в ИОП знаний, ориентированных на решение конкретных задач. Генерация актуальных «активных» знаний как знаний для решения конкретных задач «на рабочем месте».
Роботизация (в том числе, в новой парадигме инжиниринга предприятий).	Поддержка в ИОП моделей для применения промышленных и сервисных роботов (в зависимости от предметных областей ОС).	Поддержка применения роботов и интеллектуальных программных агентов в ролях исполнителей функций интеллектуального труда (в новой парадигме инжиниринга предприятий).

щиеся на свойства ИП как строгого понятия, в частности, на результаты сравнения разных объектов или их параметров.

В число типов задач, которые должно и может поддерживать строго определенное ИОП, входят фиксация целей образования, определение индивидуальных образовательных траекторий, определение и использование очередности изучения академических дисциплин и отдельных образовательных модулей, сравнение компетенций и планирование последовательного движения от начальных уровней компетенции к более высоким. Конкретные требования такого типа определяются действиями по конкретизации обобщенных требований в форме требований к той информации и к тем функциям, которые должно поддерживать ИОП конкретной ОС для решения указанных выше типов задач и в которые могут, в частности, входить ([2, 3]):

- фиксация в измеримом виде и упорядочение возможных квалификационных объемов образования и уровней сложности получаемых профессиональных компетенций;
- фиксация в измеримом виде и упорядочение целей образования (в том числе, в моделях непрерывного образования);
- сравнение компетенций и планирование последовательного движения от начальных уровней компетенции к более высоким;
- определение индивидуальных образовательных траекторий;
- определение, использование, контроль и самоконтроль очередности изучения академических дисциплин, освоения отдельных образовательных модулей, а также отдельных тем и учебных заданий.

Переход от изложенных в Таблице 2 обобщенных требований к требованиям, ориентированным на создание тиражируемого инструмента создания ИОП, или на требования к ИОП конкретного ОУ выполняется также достаточно традиционным способом, как и описанный выше переход для требований Таблицы 1. Это справедливо и для требований, изложенных далее в Таблицах 3 и 4. По этой причине

переход к конкретным значениям требований далее не комментируется.

5. Требования к ИОП как к аспекту обобщенного Предприятия

Поскольку практически каждая активная образовательная среда (ОС) выступает в роли предприятия, свойства обобщенного предприятия и свойства АП задают весьма существенную по значению и большую группу фундаментальных свойств и обобщенных базовых требований к ИОП.

При этом учитываются следующие характеристики предприятий и дисциплины АП:

- существующие и перспективные типы и архитектуры предприятий, например, виртуальные и расширенные предприятия, экологические бизнес-системы с разнородным составом бизнес-субъектов и разнородной деловой информацией;
- принципы движения от онтологических моделей предметной области предприятия к тезаурусам деловых терминов, от них – к концептуальным и логическим моделям, к специфике групп индивидов, к интерфейсам пользователей и сервисам;
- внимание, уделяемое таким частям предприятия, как люди и культура, включая такие свойства людей, как их профессиональные компетенции, мотивация, способы восприятия информации, и др.;
- принципы организации и модели архитектуры информации, а также методы их применения в комплексном проектировании системной и технологической архитектур предприятия;
- включение в архитектуру информации объектов и баз знаний, опирающихся на онтологические модели предприятия;
- модель результативности и эффективности предприятия в составе моделей бизнес-архитектуры, играющая движущую и контролирующую роль как при проектировании всей архитектуры, так и в процессах функционирования предприятия.

В соответствии с итерационным способом определения требований к ИОП, наследуемых от АП обобщенного предприятия, не предполагается полностью абстрагироваться от ОС, которой служит ИОП. Однако целесообразно ограничиваться самым общим её представлением, а именно тем, что обучающиеся используют ОС для целей образования, что ОС передает им компетенции совокупностью разных методов, включая передачу и обсуждение информации, а также передачу знаний и умений, в том числе, в ходе практических занятий. Учитываются также положения новой парадигмы инжиниринга и архитектуры предприятия [4, 5], часть перспективных требований к ИОП, вытекающих из новой парадигмы инжиниринга предприятия, включена в Таблицу 3 с соответствующими пометками.

Обсуждение и комментарии

Как и в предыдущих разделах, указанные в таблице типы требований рассматриваются как обобщенные требования к любому варианту ИОП в тех естественных случаях, когда ИОП может / должно обеспечивать работу ОС как современного предприятия. Развитость структуры современного предприятия, динамичность его самотрансформации даже в классической парадигме инжиниринга предприятия порождают требования доступа к информации других пространств, предприятий и сред обитания, к поддержке генерации знаний для решения сложных деловых задач.

При проработке требований к ИОП применены обобщенные метамоделю архитектуры предприятия и правила их применения методом конкретизации. В их число включены:

- четырехуровневая модель развивающейся экологической среды обучающегося (используемая здесь как метамоделю внутренней и внешней среды предприятия для ОС и ИОП) – модель У. Бронфенбреннера [6];
- метамоделю целей и траекторий образовательной деятельности – модель пространства непрерывного образования LLLS [2, 3];

- метамоделли результативности и эффективности предприятия (в первую очередь, метамоделли, основанные на анализе цепочек добавленной ценности, но также модели экономической эффективности, например, указанная в [2] модель анализа возврата инвестиций для вариантов традиционного и электронного образования);

- метамоделли бизнес-функций и бизнес-процессов предприятия (начиная с адаптации модели М. Портера для цепочки добавленной ценности [2]);

- метамоделли знаний предприятия. В части знаний, необходимых в целях образования – представление объектов знаний с учетом требований нормализованной метамоделли компетенций [3];

- метамоделли нормативных требований к результатам деятельности. В части соответствия «Профессиональным стандартам квалификаций» – нормализованная метамоделли компетенций [3];

- обобщенные модели информационных объектов, представляющих бизнес-объекты предприятия (в том числе, классические концептуальные модели и онтологические модели для анализа семантики данных, используемых в обучении).

Отметим, что, к сожалению, применение «экологической» модели ОС [6] или схожей по охвату модели в практической деятельности построения ИОП рассматривается далеко не всегда или даже редко. Вместе с тем, существенно, что четырехуровневая модель [6] весьма близка к отражению Среды обитания обучающегося. Кроме того, она задает те свойства, которые предельно актуальны для сегодняшних ОС и ИОП. К ним, в частности, относятся масштабируемый до глобального характер ОС, ее неоднородность, явное указание на связи между локальными системами, а также наличие центрального субъекта ОС. По этим причинам целесообразно систематически опираться на модель [6] как на один из фундаментальных источников базовых требований к ИОП.

Приведенный выше список важных положений АП не исчерпывающий, так как требуется учитывать

также положения упомянутой выше новой парадигмы инжиниринга и архитектуры предприятия [4, 5]. В таблице 3 приведены обобщенные требования к ИОП, основанные также на этих и ряде других правил и моделей.

При этом ряд других требований категории «Требования к ИОП, прямо не связанные с ИКТ», которые могли бы быть наследованы со стороны АП, уже были определены и изложены ранее в данной публикации и здесь не повторяются. К ним относится, в частности, требование масштабирования – по центральному субъекту и по тематике.

Важно отметить, что реализация требований Таблицы 3, рассматриваемых в качестве базовых, предотвращает многие ограничения, часто без всякого особого умысла закладываемые в архитектуру ИОП, например,

- ограниченность ИОП только «внутренним» ИП одной ОУ;

- применение классических «диалоговых инструкций и презентаций» и телеконференций только как элементов «электронного обучения» и электронных УМК (в том время, когда они необходимы практически во всех бизнес-процессах ОУ и ОС, например, в работе исследователей, при планировании различных изменений и др.);

- формирование состава и форм представления метаинформации ИП, не рассчитанных на поддержку сквозных бизнес-процессов, которые включали бы как ОУ, так и его еще неизвестных партнеров,

- поддержка столь примитивных моделей (описаний) компетенций (целевых, абитуриентов, обучающихся), которые не позволяют вычислять их числовые оценки, контролировать динамику приближения к целям обучения, строить индивидуальные траектории образования, и др.,

- отсутствие совместимых моделей (описаний) компетенций и профилей компетенций преподавателей, учебных курсов, целевых рабочих процессов и профессиональных стандартов квалификаций, соответствовать которым обучающийся должен быть готов,

- поддержка семантического поиска релевантных информационных объектов только в рамках, укладывающихся в каталожные описи объектов, описания-карточки, наборы ключевых слов, теги и т.п., тогда как для информационного обеспечения образовательного процесса, как и для перспективного обеспечения почти любого рабочего места, требуется предоставлять не списки слабо релевантных страниц и даже не десятки объектов-кандидатов, а ровно те сведения, которые нужны для решения конкретной задачи – будь то образовательной или решаемой в реальной работе.

Прокомментируем последние два недостатка.

Варианты формирования и необходимость использования моделей профессиональных компетенций достаточно строгой структуры всесторонне разобраны в [7, 2, 3]. Неоднократно показано, как такие модели позволяют решать практические задачи как управления образовательным процессом [8,5], так и управления кадровым обеспечением рабочих процессов [4]. Тем не менее, включение в ИОП подобных строгих описаний компетенций в практике используется в отечественной практике крайне редко. Однако для решения об их включении в ИОП не требуется детальное знание специфики конкретного ОУ, достаточно понимания того, что целенаправленность деятельности ОУ и той ОС, которую оно формирует, присутствует.

Аналогична, но более масштабна проблема со способами представления ЭОР в ИОП. Сегодня совершенно недостаточно формировать ЭОР в виде «электронного учебника», даже если это будет диалоговый и мультимодальный электронный ресурс. Требуется освоение актуальных информационных ресурсов, входящих во всё множество профессиональной информации, накопленной людьми. Информация эта неоднородна, стоит выделять в ней минимум три категории объектов:

- зрелая информация, достойная передачи следующим поколениям специалистов, содержащаяся,

Требования к базовым характеристикам ИОП со стороны Образовательной среды и его моделей

Требования к ИОП, прямо не связанные с ИКТ	Начальные требования к организационно-технологическим характеристикам ИОП	Перспективные требования с организационно-технологическим характеристикам ИОП
Поддержка обучающегося или их сообщества как центрального субъекта ОС	Поддержка персональной информации обучающегося (его профиля), связанной со всеми аспектами его взаимодействия с ОС. Поддержка связей между обучающимися и между обучающимися и его преподавателями.	Поддержка связей между обучающимися и преподавателями после формального достижения целей обучающегося и ОС (например, после выпуска из ОУ).
Поддержка целей обучающихся и ОС.	Поддержка описаний (моделей) профилей текущих и целевых компетенций обучающихся (<i>аналогично моделям образовательного пространства LLLS и метамоделю компетенций [3]</i>). Описание траектории движения обучающегося в личном образовательном пространстве, охватывающие несколько будущих целевых состояний.	Систематическое введение порядка в разных измерениях ИОП как образовательного пространства (<i>аналогично LLLS [3]</i>). Сравнение позиций и измерение расстояний между позициями образовательного пространства. Описание и прогнозирование траектории движения обучающегося в образовательном пространстве в его динамике.
Поддержка потребностей внешних субъектов ОС и среды обитания в целом.	Поддержка описаний компетенций, требуемых средой обитания (в профилях компетенций специальностей, рабочих ролей, по требованиям безопасности, и др.).	Расширение описаний компетенций, требуемых средой обитания, на разные домены умений (например, психомоторный домен, другие способности).
Поддержка подбора и профессионального развития преподавателей.	Поддержка описаний текущих и целевых компетенций преподавателей в их профилях. Описание траекторий профессионального развития преподавателей.	Анализ и планирование траекторий профессионального развития преподавателей.
Поддержка образовательных ресурсов и объектов разных типов в формах их информационных представлений.	Определение электронных образовательных ресурсов (ЭОР) разных типов (по назначению – дидактических, административных, по связи со средой обитания, иных), в том числе, по ГОСТ Р 53620-2009.	Мультимодальное представление, хранение и отображение ЭОР (включая занятия с преподавателем, анимированные 4D-инструкции, примеры природной среды, объекты культурного наследия, и др.).
Поддержка образовательных ресурсов и объектов для разных типов передаваемого знания.	ЭОР для передачи знаний разных типов (фактологических, процедурных, концептуальных, когнитивных).	Отбор и представление ЭОР в форме актуальных «активных» знаний для решения конкретных задач предметной области.
Поддержка в ИОП информации изучаемой предметной области для ее освоения обучающимися.	Специализированные предметные ЭОР – глоссарии, онтологии, объекты метазнаний и знаний разных предметных областей (специальностей, областей знания, и др.), изучаемых в ОС.	Семантическая интеграция ЭОР для разных предметных областей и источников (конкретизация семантической интеграции, требуемой со стороны масштабируемой СО).
Поддержка дистанционного образования	Инфраструктура удаленного доступа к ЭОР	Поддержка новых модальностей ЭОР в дистанционном и смешанном режимах (новые 3D и 4D-медиа, и т.п.).
Поддержка разнотипных акторов как субъектов ОС	Поддержка в рамках действующих субъектов по стандарту ГОСТ Р 53723—2009.	Поддержка в рамках применения к ОС новой парадигмы инжиниринга предприятий (также см. далее).
Поддержка связей и взаимодействий между информационным и социальным, социально-экономическим пространствами ОС.	Поддержка во внутреннем ИОП ОС законодательства об образовании, социальной сети обучающихся, временных организационных структур (для поддержки обучения и для иных целей), других представлений социального и социально-экономического пространств ОС.	Интеграция в ИОП представлений смежных социально-экономических сред и ИП (профильных новостей, информации об экономических возможностях поддержки обучения, информации о рабочих местах и вакансиях, больших данных, связанных с предметными областями ОС, и др.).
Поддержка связи с ИП всех уровней и с ИОП других ОС (аналогично современным расширениям модели [6] Бронфенбренера).	Интеграция доступа к разным ИП и ИОП механизмами конкретного ИОП и в выбранной субъектом ОС форме одного ИОП (конкретизация для ИОП открытости архитектуры, предусматривающей также средства индивидуализации и информационной безопасности).	Интеграция неоднородных представлений ЭОР (конкретизация семантической интеграции ЭОР, требуемой со стороны масштабируемого ИОП).
Поддержка взаимодействия разных ОС (например, на уровне организационных структур и/или социальных сетей микро и экосистемы модели [6])	Аналогично предыдущему требованию – конкретизация открытости архитектуры ИОП.	Конкретизация семантической интеграции ЭОР, требуемой со стороны масштабируемого ИОП.

в том числе, в книгах и статьях, содержащих изложение научных, инженерных, деловых и других специальных методов, сформировавших ту или иную профессиональную дисциплину, а также «цифровые» отображения экземпляров профессионально важных материальных и информационных объектов (как искусственных, так и природных) профессиональной деятельности;

- информация о текущих профессиональных новостях и новинках, включая публикуемые научные и методические статьи, описания современных инженерных изделий, и т.д.;

- потоки текущей профессиональной информации, не представляющей существенного значения для данной образовательной и профессиональной деятельности, в том числе, относящиеся к категории «Большие / быстрые данные».

Даже при рассмотрении объектов первой категории мир сталкивается с огромными барьерами в ее использовании. Первый – барьер физической недоступности, он во многом преодолевается давно существующими технологиями оцифровки, каталожной (архивной, библиотечной, музейной) описи объектов и выкладывания описей и цифровых представлений объектов на общедоступные сайты. Однако он не снимает барьера количества объектов в Интернете, требующего неприемлемо больших затрат на поиск нужной в каждый момент информации. Применение описей с тегами, даже применение полнотекстового поиска не спасает положение. Эти барьеры оцениваются как типичные даже для давно упорядочиваемой и оцифровываемой информации, содержащейся в архивных документах [9]. Даже одни только вновь создаваемые в электронной форме документы с профессиональной информацией имеют такой объем, своевременно найти в котором нужную информацию является затруднительным, а часто невозможным даже для «продвинутых пользователей», умеющих использовать поисковые средства расширенного и углубленного поиска. Поэтому к перспективным

требованиям к ИОП следует относить глубокий семантический анализ информационных ресурсов и разработку новых механизмов преобразования потенциальных ЭОР в объекты актуального знания, необходимого и достаточного для решения разных типов задач, существующих в образовательном процессе.

Эти требования к анализу и поиску объектов актуального знания родственны задаче «Активные знания – на рабочее место», которая должна решаться не загодя, а отталкиваясь от возникающей потребности. В силу этого, данное перспективное требование к ИОП также относится к базовым и не зависящим или слабо зависящим от специфики ОС.

6. Требования к ИОП как к аспекту Образовательной среды

В таблице 4 приведена последняя из рассматриваемых в данной публикации группа обобщенных требований к ИОП – «Требования со стороны Образовательной среды». Также, как и для предыдущей группы, ряд требований, которые могли бы быть наследованы со стороны ОС, уже были определены и изложены ранее, особенно в Таблице 3, и здесь не повторяются.

Обсуждение и комментарии

Как и в предыдущих разделах, указанные в Таблице 4 обобщенные требования рассматриваются как требования к любому варианту ИОП в случаях, когда ИОП может / должно обеспечивать работу ОС с учетом возможностей ее развития. Требования, родственные определенным выше в таблицах 1–3, рассматриваются как основа для их уточнения совместно с определенными выше требованиями при их конкретизации в рамках каждого проекта.

7. Заключение

Применение предложенного в [1] подхода позволило произвести синтез базовых обобщенных требований к информационно-образовательным пространствам (ИОП) на

основе определения источников их фундаментальных свойств. В качестве источников использованы высокоуровневые понятия специально разработанных онтологий контекста ИОП и категорий информационных пространств, независимые от специфики конкретного образовательного учреждения. Благодаря этому процесс определения базовых обобщенных требований к ИОП выведен за пределы частного образовательного учреждения или какой-то одной сетевой образовательной среды. Это позволяет рассчитывать на исключение неоправданных ограничений на свойства ИОП и, напротив, неоправданного преувеличения важности малой части необходимых свойств ИОП при ее создании и в дальнейшем, при развитии образовательной среды.

Определенные таким образом требования составляют хорошо определенную и достаточно сбалансированную систему требований, включающую:

- фундаментальные свойства ИОП как целевого понятия;

- итерационный процесс перехода от этих фундаментальных свойств к группам и категориям базовых обобщенных требований к ИОП;

- четыре группы обобщенных требований к ИОП, выделенные по исходным понятиям, определяющим генезис фундаментальных свойств ИОП;

- три конструктивно разделенных категории требований, ясно соотносимые с комплексной архитектурой ИОП в ее развитии;

- процесс конкретизации требований к ИОП в проектах создания и развития конкретных ИОП.

Система требований поддерживает архитектуру интеграции информации и знаний ИОП, взаимодействия субъектов образовательной и научной деятельности, в том числе, перспективные структуры и взаимодействия, в частности, использующие сервисные стили и многоагентные техники и технологии.

Предложенный подход обладает также тем отличием, что дает основу для систематического анализа и проектирования ИОП как столь

больших, комплексных, динамичных и открытых систем, что их свойства в значительной мере выводят их за рамки методов анализа и проектирования, исторически разработанных для систем меньшего масштаба, например, масштаба предприятий (организаций) или их объединений.

Приведенные в данной публикации базовые обобщенные требования к ИОП могут быть использованы с несколькими целями. В их число входят:

- управление программами и портфелями развития интегрированных ИОП и образовательных сред;

- определение значений требований к инструментам создания ИОП;

- определение значений требований к ИОП в конкретных проектах их создания;

- стандартизация типовых требований к ИОП разных образовательных сред и учреждений.

Литература

1. Зиндер Е.З. Основания генезиса фундаментальных свойств и базовых требований к информационно-образовательным пространствам. // Открытое образование. – 2015. – №2 – С. 46–56.
2. Зиндер Е.З., Юнатов И.Г. Перспективные архитектуры комплексных образовательных сред // Современные информационные технологии и ИТ-образование: Доиздание избранных трудов V Межд. н.-практич. конф. 2010 г. – М., МГУ, 2011. – С. 25–72.
3. Zinder E., Yunatova I. Conceptual Framework, Models, and Methods of Knowledge Acquisition and Management for Competency Management in Various Areas. // Proc. KESW 2013, CCIS 394. – Berlin Heidelberg, Springer-Verlag. 2013. – P. 228–241.
4. Гузик С.В., Зиндер Е. З., Юнатов И. Г. Новая парадигма инжиниринга предприятия и управление соответствием между рабочими процессами и компетентностью их исполнителей // Сб. трудов XVI конф. «Инжиниринг предприятий и Управление Знаниями». – М., МЭСИ, 2013. – С. 90 – 100.
5. Зиндер Е.З. Новая парадигма инжиниринга предприятий и требования к новым ИТ-специальностям. // Современные информационные технологии и ИТ-образование: Сборник избранных трудов VIII Межд. н.-практич. конф. 2013 г. – М., МГУ, 2013. – С. 44–55.
6. Степанов С. Эколог детства // Школьный психолог. – 2005. – №22. URL: <http://psy.1september.ru/article.php?ID=200502202> (дата последнего обращения: 29.04.2015)
7. Paquette, G. An Ontology and a Software Framework for Competency Modeling and Management. // Educational Technology & Society, 2007. – 10 (3). – P. 1–21.
8. Зиндер Е.З., Тельнов Ю.Ф., Юнатов И.Г. Методика построения модели компетенций на основе профессиональных стандартов в области ИКТ для создания программ дополнительного профессионального образования. // «Вестник УМО», № 6(2), 2011 – С. 112–118.
9. Kristen Gwinn-Becker. Kill the Finding Aid! Give the Public the Ability to Really Search our History. Jul 30, 2014. URL: <http://blog.historyit.com/kill-finding-aid/> (дата последнего обращения: 29.04.2015)

Научно-образовательный геопортал как инструмент интеграции результатов научных исследований Республики Башкортостан большим числом пользователей

Показана актуальность создания научно-образовательного геопортала Республики Башкортостан как единого информационного центра, предоставляющего оперативный доступ всем ответственным и заинтересованным лицам к распределенным сетевым ресурсам геопространственных данных и геосервисов. Рассмотрены основные задачи, функции и архитектура научно-образовательного геопортала с учетом различных категорий пользователей. Проведен Сравнительный анализ основных технологий разработки картографических сервисов и информационных систем, представляющих основные структурные элементы геопорталов. В качестве примера рассмотрены информационно-поисковые задачи научно-образовательного геопортала республики Башкортостан.

Ключевые слова: научно-образовательный геопортал, база пространственных данных, архитектура геопортала, технологии разработки геопорталов, картографические сервисы.

SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL GEOPORTAL AS INSTRUMENT OF INTEGRATION OF RESULTS OF SCIENTIFIC RESEARCHES OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN BY THE LARGE NUMBER OF USERS

The article covers the urgency of establishing a scientific and educational geoportal as a single data center for the Republic of Bashkortostan, providing quick access to a distributed network of geospatial data and geoservices to all responsible and interested parties. We considered the main tasks, functions and architecture of a scientific and educational geoportal for different types of users. We also carried out a comparative analysis of the basic technology for the development of mapping services and information systems, representing the major structural elements of geoportals. As an example, we considered information retrieval problems of the scientific and educational geoportal for the Republic of Bashkortostan

Keywords: scientific and educational geoportal, spatial database, geoportal architecture, technology for the development of geoportals, mapping services.

Предпосылки создания научно-образовательного геопортала Республики Башкортостан

В настоящее время применение геоинформационных технологий затронуло почти все сферы человеческой деятельности, одной из таких сфер является региональный научно-образовательный кластер.

Большая часть научных исследований, проводимых в Республике Башкортостан (РБ), посвящены

изучению территории республики и различных протекающих на ней процессов. На сегодняшний день накоплен достаточно большой опыт использования геоинформационных технологий в различных областях науки, реализованы многочисленные геоинформационные проекты, созданы большие объемы баз пространственных данных научно-исследовательских институтов, высших учебных заведений и других научных и образовательных организаций РБ. В то же время дан-

ные этих научных исследований рассредоточены, их использование ограничено зачастую рамками того проекта, где они созданы, затруднены или невозможны поиск существующих данных и доступ к ним, не налажен обмен ими. Недостаток сведений о наличии пространственной информации, в свою очередь, приводит к многократному дублированию работ, неоправданным затратам средств и времени, что препятствует их широкому использованию. Причина этого – отсутс-



Ольга Игоревна Христуло,
д.т.н., заведующая кафедрой
«Геоинформационные системы»
Тел.: (3472) 73-77-33
Эл. почта: o-hristodulo@mail.ru
Уфимский государственный
авиационный технический
университет
www.ugatu.ac.ru

Olga I. Hristodulo,
Doctorate of Technical Sciences,
Head of Department
“Geographic Information Systems”
Tel.: (3472) 73-77-33
E-mail: o-hristodulo@mail.ru
Ufa State Aviation Technical University
www.ugatu.ac.ru

твие эффективной системы управления пространственными данными по научным исследованиям.

Так во многих странах мира, в том числе и России, ведутся работы по созданию инфраструктуры пространственных данных – для чего каждой страной разрабатывается или уже разработан необходимый свод законов, направленный на регулирование и стандартизацию таких систем, где единими точками доступа к распределенным геоинформационным ресурсам выступают геопорталы. Геопорталы могут быть разработаны для нужд различных ведомств и организаций и быть как специальными, так и тематически универсальными [1]. Согласно предметной специализации геопорталы могут обеспечивать эффективное функционирование градостроительства, мониторинга лесов, рек, морей и океанов, экологического мониторинга результатов деятельности человека, в области науки и образования.

Перспективным направлением внедрения технологии геопорталов в научную среду и образование являются результаты научных исследований регионального уровня, связанные с накоплением больших объемов пространственных данных и других геоинформационных ресурсов на исследуемую территорию.

Необходимость информационной поддержки для обеспечения активного сотрудничества между учеными и исследователями, а также другими пользователями пространственной информации в сфере науки и образования делает актуальной задачу объединения разнородных научных данных в научно-образовательный геопортал, как наиболее многофункционального инструмента проведения научных исследований, связанных с использованием карт, атласов, геоинформационных систем [2].

Основные задачи научно-образовательного геопортала Республики Башкортостан

Основные задачи, решаемые научно-образовательным геопорталом РБ:

- организация распределенной системы автоматизированного сбора, хранения и обработки пространственных данных о научных исследованиях, проводимых в регионе;

- общее управление отображением пространственных данных (перемещение, масштабирование, позиционирование и т.д.);

- обеспечение информационно-поисковых запросов по географическим объектам;

- визуализация пространственных данных относящихся к объектам научных организаций республики, их связей с другими университетами и академиями (в том числе и зарубежными);

- извлечение и редактирование пространственной и атрибутивной информации о научных и образовательных объектах, исследованиях и т.д.;

- автоматизированное структурирование пространственной информации по тематическим категориям (доступ к тематическим картам в соответствии с выбранной тематикой);

- пространственный и статистический анализ данных по направлениям деятельности организаций в сфере науки и образования.

Разрабатываемый геопортал предназначен для широкого круга пользователей – начиная от абитуриентов, студентов, аспирантов и преподавателей, научных работников и исследователей, и заканчивая руководителями и представителями различных научных и образовательных ведомств, практикующих ГИС-специалистов.

В процессе определения требований к программному, аппаратному обеспечению и базам данных научно-образовательного геопортала РБ, особое внимание уделено разработке архитектуры геопортала, в результате были выделены следующие категории возможных пользователей (рис. 1) – модераторский отдел (администратор) и группа пользователей. Модераторский отдел выдает разрешения на просмотр и редактирование/добавление информации, производит непосредственную проверку этой добавляемой/редактируемой ин-

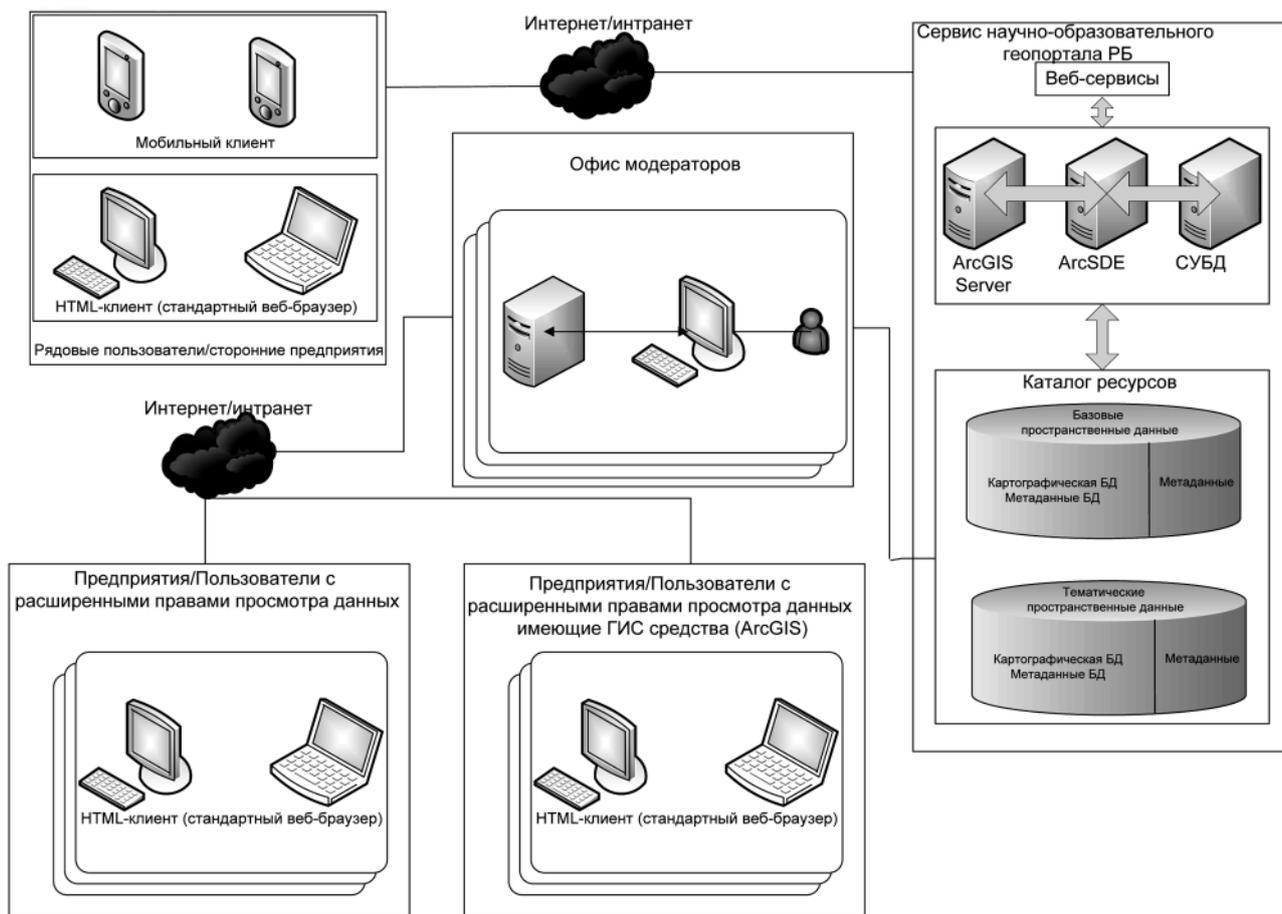


Рис. 1. Архитектура научно-образовательного геопортала РБ

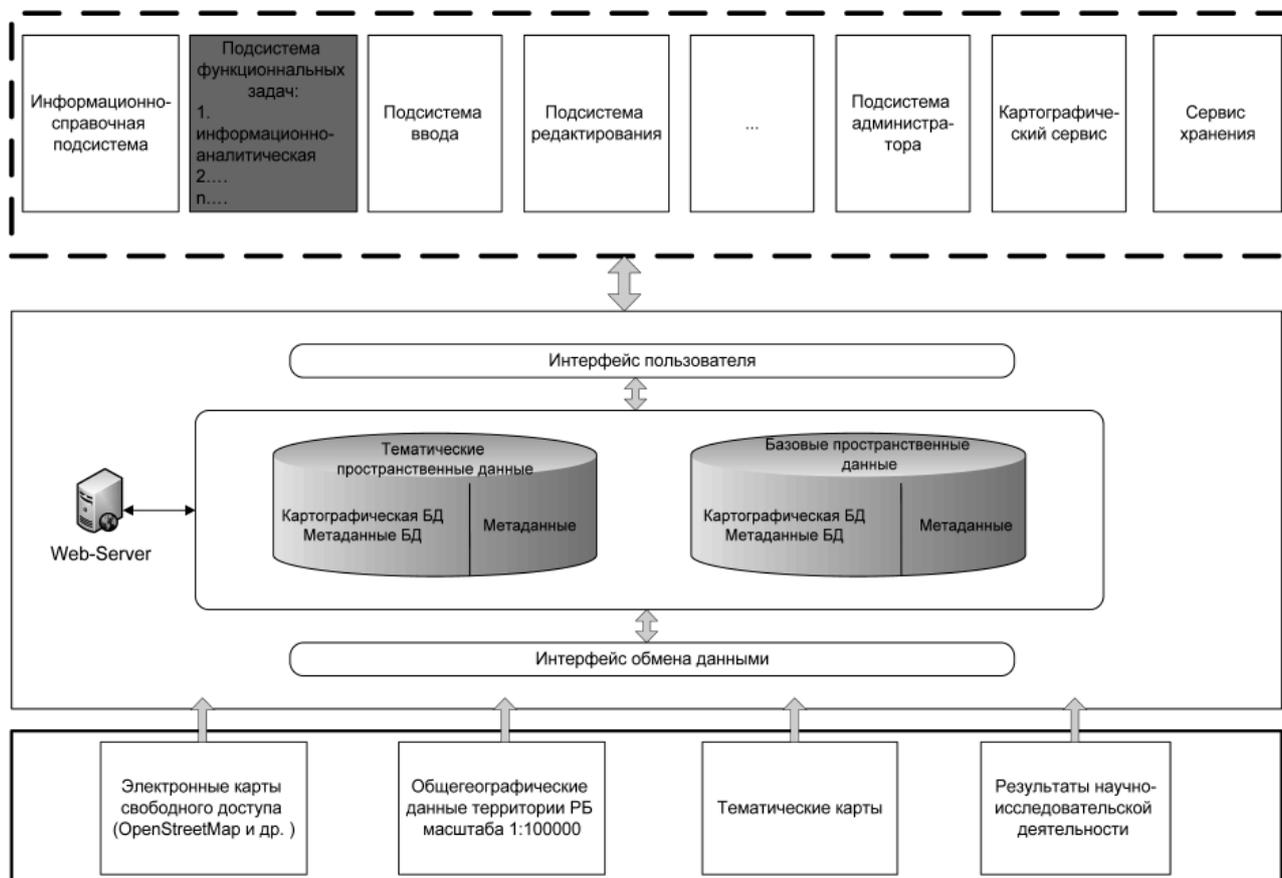


Рис. 2. Структура научно-образовательного геопортала РБ

формации, а также управляет правами доступа к данным и сервисам.

Группа пользователей в свою очередь делится на три типа:

1) Рядовые пользователи, им предоставлены разрешения только на просмотр общей информации.

2) Пользователи с расширенными правами просмотра данных – они могут получить доступ как к базовой, так и к специализированной информации.

3) Пользователи с расширенными правами просмотра данных, имеющие ГИС средства. Эта категория пользователей имеет доступ к специализированной информации, а также разрешение на добавление / редактирование информации.

Исходя из основных функций и задач, решаемых геопорталом, предложена обобщенная структура научно-образовательного геопортала РБ (рис. 2), содержащая:

- блок подсистем, включающий подсистему визуализации информации для работы в информационно-справочном режиме, подсистему для решения функциональных задач, подсистему ввода, редактирования пространственной информации, подсистему управления правами пользователей, а также картографический сервис и сервис хранения данных;

- хранилище данных, которое включает в себя базовые и тематические пространственные данные, и метаданные.

Основой научно-образовательного геопортала РБ являются следующие информационные ресурсы открытого пользования:

- общегеографическая карта территории РБ масштаба 1:100000;
- тематические карты РБ;
- результаты научно-исследовательской деятельности;
- внешние пространственные ресурсы – это карты свободного доступа: OpenStreetMap, космоснимки ESRI и др.

Анализ технологий разработки геопорталов

Анализ действующих геопорталов показал, что разрабатываемые геопорталы должны соответствовать следующим требованиям:

- создаваться для определенной территории, на которой проводятся исследования, и предоставлять пользователям системы базовые пространственные данные (БПД) на эту территорию;

- обеспечивать пользователей тематическими данными гарантированного качества для географической и тематической привязки результатов исследования;

- обеспечить разграничение прав доступа пользователей;

- быть интегрированным с распределенными картографическими сервисами;

- предоставлять средства поиска ресурсов по метаданным, публикации метаданных, обмена метаданными, отображения наборов БПД в картографическом виде;

- метаданные должны создаваться в соответствии с международными стандартами метаданных для описания геоинформационных ресурсов;

- все наборы БПД должны предоставляться пользователям в картографическом виде в форме картографических веб-сервисов, основанных на международных стандартах обмена пространственной информацией [2].

Обобщенная технологическая схема геопортала, разработанная с учетом вышеописанных требований представлена на рисунке 3.

В процессе проектирования геопортала было выделено три последовательных уровня его построения: – концептуальный, содержательный и технологический.

На концептуальном уровне определяется общая структура геопортала. Сюда входит выработка

принципиальной организации инфраструктуры, выделение основных компонентов и сегментов, выбор методов взаимодействия пользователей с географическими информационными узлами и наборами данных. На этом этапе прорабатываются основные необходимые функции геопортала, их содержание и связь между ними, формируется общий принцип работы с информационными ресурсами. Важной задачей, решаемой на концептуальном уровне проектирования, является определение системы доступа пользователя к пространственным данным, распределенным по разным источникам.

Содержательный уровень проектирования заключается в выборе содержимого геопортала. Здесь определяется состав и характер базовых пространственных данных и пространственных объектов: пространственные данные, карты, веб-сервисы, описания. На содержательном уровне определяются стандарты метаданных в соответствии с результатами концептуального проектирования.

Наконец, на технологическом уровне определяются технологии, используемые для воплощения геопортала, и его окончательный вид. Кроме того, на данном этапе выбирается: какой язык веб-программирования будет применяться для создания геопорталов, какие имеющиеся технологии можно привлечь для реализации системы, в каком виде географические информационные узлы будут представлены пользователю [3].

Сравнительный анализ основных технологий разработки

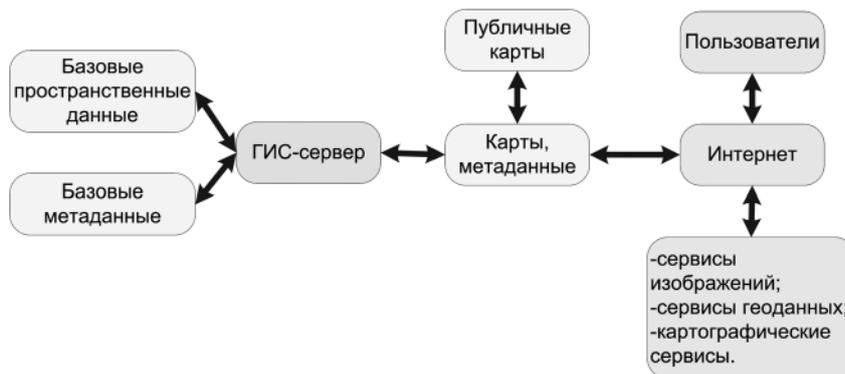


Рис. 3. Технологическая схема геопортала

Критерии	Создание веб-приложений с помощью ArcGIS API for JavaScript	Создание веб-приложений с помощью ArcGIS API for Flex
Архитектура	В работе ArcGIS API for JavaScript используется серверный интерфейс прикладного программирования (API) REST, который может извлекать из сервера информацию без учета состояния клиента.	Как и ArcGIS API for JavaScript, ArcGIS API for Flex работает с конечными точками (endpoint) REST сервисов.
Добавление инструментов картографирования	Для этого потребуется доступный сервер или портал, карты и инструменты которого можно будет использовать в приложении. ESRI предоставляет несколько серверов, сервисов и инструментов, которые можно использовать при разработке приложений.	Этот метод предоставляет доступ к картам и инструментам ГИС с помощью среды Adobe Flex.
Возможности для программирования	ArcGIS API for JavaScript можно использовать, если нет большого опыта программирования. Можно скопировать примеры исходного кода в свои HTML-документы, чтобы добавить функцию отображения карты.	На странице ArcGIS API for Flex на сайте ArcGIS Resource Center можно скопировать исходный код интерактивных примеров, изучить подробную справку и найти примеры приложений других разработчиков.

картографических сервисов и информационных систем, представляющих основные структурные элементы геопорталов: создание веб-приложений с помощью ArcGIS API for JavaScript и ArcGIS API for Flex, приведен в таблице.

Таким образом, анализ основных технологий разработки геопорталов показал, что наиболее перспективным, на сегодняшний день, при построении геопорталов, является использование технологии ArcGIS API for JavaScript и картографического сервиса OpenStreetMap.

Научно-образовательный геопортал Республики Башкортостан, как пример интеграции разнородных пространственных данных

Основу государственного сектора науки РБ составляют научные учреждения, отраслевые научно-исследовательские институты, высшие учебные заведения.

В научном комплексе РБ осуществляют деятельность около 70 организаций. Научные исследования фундаментального и прикладного характера ведутся в 14 институтах Уфимского научного центра Российской Академии наук, 19 учреждениях Академии наук РБ, 16 отраслевых институтах и проектно-конструкторских организациях, а также на кафедрах высших учебных заведений. Для качественного понимания структуры научно-образовательного сектора республики предлагается использовать следующие категории научных и образовательных организаций, расположенных на территории РБ:

– учреждения Академии наук Республики Башкортостан (АН РБ);

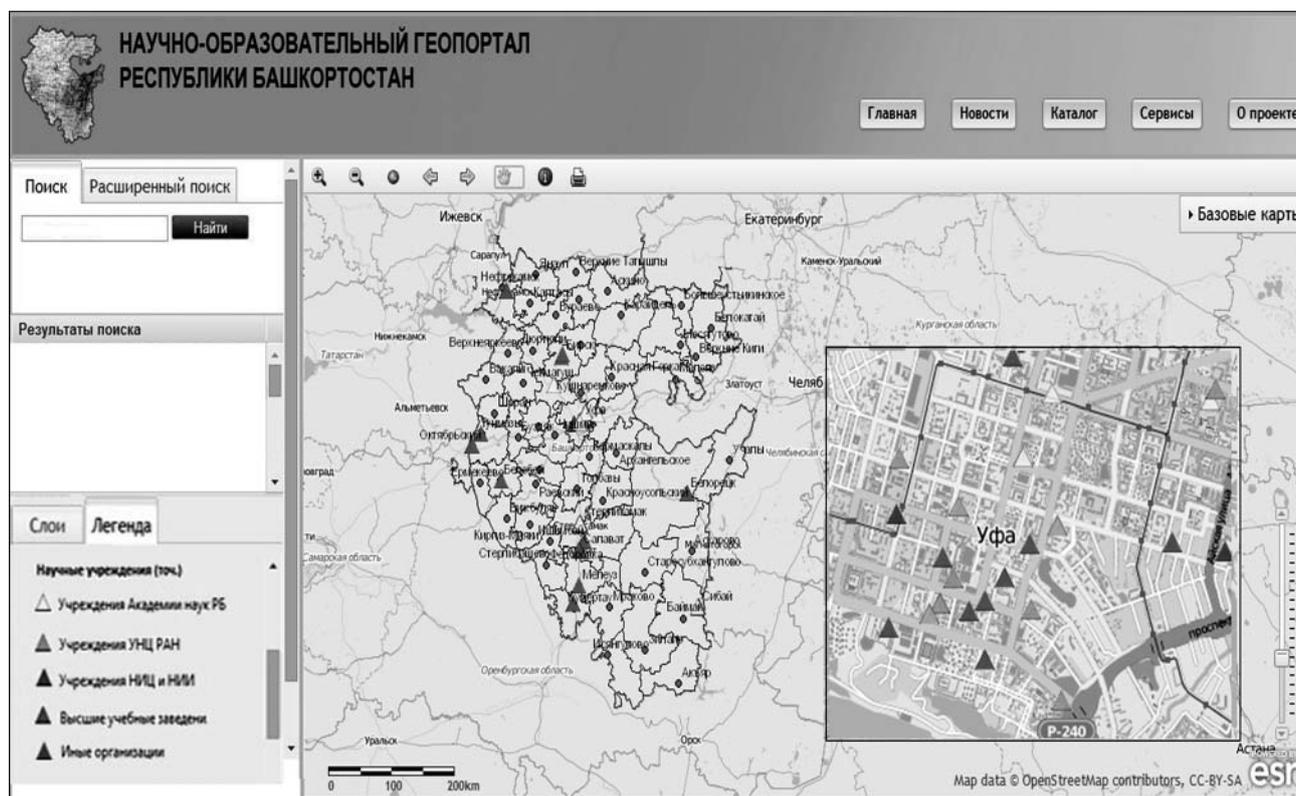


Рис. 4. Пример визуализации пространственной информации по научным и образовательным организациям РБ

– учреждения Уфимского научного центра Российской академии наук;

– научно-исследовательские центры и институты республики;

– высшие учебные заведения (вузы);

– другие коммерческие и некоммерческие организации.

В результате формирования перечня данных по организациям РБ, занимающихся научной и исследовательской деятельностью, информация о научных и образовательных учреждениях добавлена в базу геоданных разрабатываемого геопортала, опубликованы картографические веб-сервисы, позволяющие отображать объекты научных и образовательных организаций РБ, а также получать подробную информацию об их местонахождении и области научной деятельности [4].

Пример визуализации пространственной информации по

научным и образовательным организациям, расположенным на территории РБ, показан на рисунке 4.

В ближайшем будущем планируется введение дополнительных функциональных возможностей научно-образовательного геопортала РБ, позволяющих отображать количественные и статистические данные о научных исследованиях и образовательной деятельности, что даст возможность проводить всестороннюю оценку и анализ для принятия более детальных и взвешенных решений.

Таким образом, научно-образовательный геопортал РБ – это единый информационный центр, предоставляющий оперативный доступ всем ответственным и заинтересованным лицам к распределенным сетевым ресурсам геопространственных данных и геосервисов (поиска визуализации, редактирования, анализа и т.п.), а

также дающий возможность эффективно оценить ситуацию с точностью и полнотой имеющихся данных.

Реализация научно-образовательного геопортала РБ позволит эффективно использовать результаты научно-образовательной деятельности в интересах социально-экономического развития республики, в частности:

– обеспечения органов государственной власти актуальной и комплексной информацией для оперативного всестороннего исследования, оценки и обоснования управленческих решений в сфере науки и образования;

– повышения эффективности процедуры принятия решений, обеспечиваемой функциями анализа пространственных данных и представлением результатов научных исследований в наглядном и удобном для восприятия виде.

Литература

1. Кошкарев А.В. Геопортал как инструмент управления пространственными данными и геосервисами. // Москва: Пространственные данные, 2008 г., № 2. – С. 28–30.
2. Осокин С.А. Инфраструктуры пространственных данных в географии // ArcReview, 2010. № 3 (54). – С. 21–22.
3. Анализ технологий разработки научно-образовательного геопортала / О. Христовуло, Л. Валиева, Д. Райманова // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем: межвуз. научн. сб. Уфа: Изд. УГАТУ, 2013. С. 121–125.
4. Разработка информационно-аналитической подсистемы в составе научно-образовательного геопортала Республики Башкортостан / О. Христовуло, Л. Хазиева // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем: межвуз. научн. сб. Уфа: Изд. УГАТУ, 2014. С. 33–41.

О роли дорожных карт при электронном обучении информатике студентов классических университетов

Представлены результаты анализа причин неудовлетворенности процессом обучения студентов информатике. Уточнены дидактические принципы обучения с позиций ИКТ. Разработана структура информационной предметной среды обучения информатике для индивидуализации обучения студентов с применением дорожной карты. Представлена методика дорожных карт при обучении студентов и описаны результаты педагогического эксперимента.

Ключевые слова: дорожная карта обучения, уточненные дидактические принципы электронного обучения, информационная предметная среда, методика электронного обучения информатике.

ABOUT THE ROLE OF ROAD MAPS IN THE ELECTRONIC TRAINING TECHNOLOGY TO COMPUTER SCIENCE STUDENTS OF CLASSICAL UNIVERSITY

The results of the analysis causes dissatisfaction with the TRAINING process of students to computer science are presented. The didactic principles of teaching from the viewpoint of perspective of ICT were refined. The structure of the information subject environment of teaching computer science for the individualization of teaching students with the use of road maps is described. The technique of the road maps at training of students is presented and the results of pedagogical experiment are shown.

Keywords: roadmap teaching, specified didactic principles of e-learning, information subject environment, technique e-learning of the computer science.

Актуальной проблемой современного образования является необходимость совершенствования учебного процесса в вузе за счет самостоятельной и индивидуальной деятельности студента на основе информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и электронного обучения (ЭО). Федеральные образовательные стандарты третьего поколения, разработанные на основе компетентностного подхода, определяют требования к результатам освоения основных образовательных программ в виде компетенций.

Результат освоения информатической дисциплины – ИК-компетенция представляет собой совокупность общекультурных и профессионально ориентированных компетенций. Профессиональ-

но ориентированные компетенции определяются направлением обучения, отражают междисциплинарные связи информатических дисциплин. К примеру, для студентов экономических направлений информатика является основой практически для всех курсов экономической специальности в вопросах использования компьютера и информационных технологий в предметных областях и будущей профессиональной деятельности экономиста: решении прикладных задач, требующих получения, обработки и анализа финансово-экономической информации; создания и ведения электронных документов, информационных массивов и баз данных; представления результатов исследования и аналитической работы перед профессиональной и

массовой аудиторией. Исследование информационных процессов в биологических системах развивается от накопления данных к их обобщению и систематизации. Существенным компонентом в исследованиях является использование статистических методов и информационных технологий для моделирования биологических процессов. Здесь используются методы распознавания образов, алгоритмы машинного обучения и визуализации биологических объектов.

Актуальность применения методов электронного обучения студентов в области информатики и ИКТ обусловлена несколькими причинами. Первая связана со сменой знаниевой парадигмы на компетентностную. В этой связи становится необходимым усиление



Надежда Михайловна Андреева,
старший преподаватель, СФУ
Тел.: (391) 249-51-44
Эл. почта: and-n-m@mail.ru

Nadezhda M. Andreeva,
Senior Lecturer of the Basic Department
of Computing and
Information Technology, School of
Mathematics and Computer Science,
Siberian Federal University
Tel.: (913) 524-78-11
E-mail: and-n-m@mail.ru



Николай Инсевич Пак,
д.п.н., профессор, зав. кафедрой
информатики, КГПУ
им. В.П.Астафьева
Тел.: (391) 298-59-20
Эл. почта: nik@kspul.ru,
www.kspu.ru

Nickolai I. Pak,
Doctorate of Pedagogy, Professor,
Head of the Department of Computer
Science, KSPU named after V.P. Astafiev
Tel.: (391) 298-59-20
E-mail: nik@kspul.ru
www.kspu.ru

самообразовательной и профессионально-направленной деятельности студентов в учебном процессе в так называемых ИКТ-насыщенных профессионально-ориентированных средах. Вторая причина носит социально-психологический аспект: современная молодежь приобрела черты «дигиталов» – это развитое экранное мышление, индивидуалистический настрой, предпочтения к виртуальному общению. В связи с этим традиционное обучение для них становится менее привлекательным, чем электронное, личностно-ориентированное. В третьих — социально-экономические причины определяют высокую привлекательность доступного самообразовательного обучения за счет ИКТ и электронного обучения.

Сложившая традиционная предметно-ориентированная методическая система обучения студентов курсам информатики и информационных технологий в вузе перестала удовлетворять студентов, педагогов и работодателей. Необходимо усовершенствовать учебный процесс в вузе за счет самостоятельной и индивидуальной деятельности студента на основе информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и электронного обучения (ЭО).

Вопросами использования ИКТ в преподавании дисциплин в высшей школе занимались в разное время: Н.М. Андреева [1], Н.Н. Васильюк и Е.К. Хеннер [2], Н.И. Пак [3] А.К. Скуратов [4], Н.В. Тихомирова и В.П. Тихомиров [5], Е.М. Шевченко [6] и др. Задача реализации индивидуальных образовательных траекторий рассматривается в работах В.Д. Колдаева [7] и Э.В. Шепель [8], Е.М. Шевченко [6]. Тем не менее, вопросы индивидуализации и профессионально-ориентированного обучения информатике студентов экономических и биологического направления подготовки в контексте компетентностного подхода проработаны недостаточно полно.

Для проектирования методической системы обучения информатическим дисциплинам в условиях электронного обучения необходимо

уточнить систему дидактических принципов. Они отражают современные условия освоения дисциплины при использовании ИКТ:

- принцип нелинейности индивидуальной траектории обучения;
- принцип профессионально-ориентированного обучения;
- принцип системности знаний и обучения в самостоятельной работе;
- принцип доступности, достаточности и избыточности учебно-методических материалов для освоения дисциплины;
- принцип систематической и объективной диагностики обученности;
- принцип многообразия коммуникации субъектов учебного процесса.

Для реализации этих принципов необходимо спроектировать информационно-предметную среду (ИПС), в которой возможно создать необходимые условия для организации учебного процесса с запланированными результатами обучения. Структуре и содержанию ИПС посвящены работы Н.И. Пака [3], И.В. Роберт [9], А.А. Темирбековой [10] и др. Как правило, структуру среды представляют в виде совокупности контентного, коммуникативного, оценочного и процессуального компонентов. Для обеспечения взаимосвязи всех компонентов информационной предметной среды в ее структуру целесообразно включить интерактивный электронный курс.

Контентный компонент содержит, в первую очередь, модульную структуру учебной программы информатической дисциплины совмещенной с моделью ИК-компетентности. Каждый модуль учебной дисциплины нацелен на развитие ИК-компетентности в целом. В нем необходимо предусмотреть информационные ресурсы учебного и научного характера, в основном нацеленные на самообразовательную деятельность студента в аудиторной и внеаудиторной работе. Представляется целесообразным для каждого модуля предусмотреть необходимый, полный, но избыточный комплекс учебно-методических материалов в виде презентаций

лекций, видеолекций, практикумов и примеров выполнения лабораторных работ, методические указания, эмуляторы, электронные учебники, шаблоны, учебные пособия, справочники тесты, путеводители и пр.

Коммуникативный компонент должен включать технические и программные возможности онлайн и оф-лайн взаимодействия преподавателя и студента всеми доступными средствами выхода в Интернет, включая мобильные устройства. При этом необходимо предусмотреть не только «субъект-субъектные» отношения, но и «субъект-объект-субъектные».

Оценочный компонент должен предусматривать входной, промежуточный и итоговый контроль традиционных измерителей в виде знаний, умений и навыков; оценку ИК-компетентности студентов. Это могут быть открытые тестовые Интернет-системы, локальные закрытые тесты, средства оценки лабораторных и практических заданий и упражнений, критериальные тесты, контрольные задания, экспертное оценивание учебных проектов. При этом оценочный компонент должен иметь не только функции контроля, но и обучения, тренажа.

Процессуальный компонент связан с оценочным посредством модульно-рейтинговой системы обученности студента. Учебный материал целесообразно разделять на логически завершенные части (модули), после изучения каждого из которых предусмотреть аттестацию в форме контрольной работы, теста, итогов представления проектного задания. Работы следует оценивать в баллах. Сумма всех оценок студента за выполненные задания модуля определяет значение его рейтинга. Оценку уровня сформированности компетенций допустимо проводить статистическими методами. Система должна быть открытой и демократичной.

Представленные учебно-методические материалы позволяют студенту выполнять задания в индивидуальном темпе. Компьютерные тесты, тренинги и диагностические комплексы обеспечивают получение оперативной оценки уровня усвоения учебного материала одновре-

менно у всех студентов. Результаты объективного контроля позволяют проанализировать учебный процесс и, при необходимости, своевременно его скорректировать. Кроме того, тесты и тренинги являются инструментом самоконтроля и, одновременно, обучающими элементами курса. Сразу после их выполнения студент получает диагностику своих ошибок, определяет слабо усвоенные темы, имеет возможность вновь выполнить тестирование.

Результатом освоения информационной дисциплины служит сочетание знаниевой оценки и оценки уровня сформированности ИК-компетенции. Знаниевая оценка – сумма баллов за успешно выполненные работы, отражает оценку усвоенного объема знаний, полученных навыков. Уровень сформированности ИК-компетенции является латентной величиной, ее видимая характеристика – знаниевая оценка. Для получения количественной, оценки уровня сформированности ИК-компетенции следует использовать методы оценивания слабоструктурированных данных, например «метод анализа иерархий» [11].

Роль ИПС заключается в управлении учебной деятельностью студента со стороны преподавателя и самоконтроля со стороны студента. Отличительными особенностями представленной ИПС являются ее компетентностно-ориентированный характер и возможность построения дорожных карт обучения студента. Это обеспечивается за счет совмещения модели ИК-компетентности студента и модульного содержания информатических дисциплин. В рамках обязательных требований к результатам обучения информатической дисциплины студент самостоятельно формирует дорожную карту освоения дисциплины. При этом он учитывает свои предпочтения в выборе средств обучения и заданий практической и самостоятельной работы (одномодульных и/или двух-трех или четырехмодульных), позволяющих ему набрать необходимую сумму рейтинговых баллов.

В отличие от индивидуальной траектории обучения дорожная

карта освоения дисциплины более мобильна. Она адаптируется к изменяющимся темпам обучения, динамике развития ИК-компетентности студента, смене его целевых установок и личных предпочтений. Она нацелена на развитие ИК-компетентности студента, позволяет студенту возвращаться к повторению слабоусвоенных тем и/или корректировать выбор заданий. Своевременность продвижения по дорожной карте гарантирует наличие объема знаний и освоенность навыков, необходимых в каждой точке маршрута.

Спроектированная структура информационной предметной среды позволяет реализовать уточненные принципы электронного обучения студентов.

Реализация первого принципа – *нелинейности индивидуальной траектории обучения* – обеспечивается модульным построением содержания предметных дисциплин и наличием всех необходимых учебных материалов для самообразовательной нелинейной деятельности студента, прозрачной и объективной системой контроля.

Второй принцип – *профессионально-ориентированного обучения* – реализуется через согласованные с предметниками и разработанными специальными комплексными учебными проектами, выполнение которых требует знаний и умений использования информационных технологий. При этом наличие электронных практикумов, путеводителей и др. сопроводительных материалов преподавателей, подготовленных совместно с профессионалами-предметниками, позволяет повысить мотивацию студентов к изучению информатики.

Третий принцип – *системности знаний и обучения в самостоятельной работе* – обеспечивается интегрированными специальными профильно-ориентированными и комплексными заданиями, итоговыми и промежуточными диагностиками компетенций студентов, нацеленных на постоянное обобщение и систематизацию приобретенных знаний студента в процессе его самообразовательной деятельности.

Четвертый принцип – доступности, достаточности и избыточности учебно-методических материалов для освоения дисциплины – обеспечивается информационным наполнением предметной среды по информатике, содержащим лишь необходимую информацию для обеспечения учебной деятельности.

Реализация пятого принципа – систематической и объективной диагностики обученности – обеспечивается специальной рейтинговой системой выявления успешности продвижения обучаемого по индивидуальной траектории обучения, контроля и самоконтроля приобретаемых им компетенций, возможностью осуществлять коррекцию и управляющее учебное воздействие преподавателя в учебной и электронной среде.

И, наконец, шестой принцип – многообразия коммуникации субъектов учебного процесса – обеспечивается использованием возможностей специальных интерактивных систем обучения (например, «MOODLE»), позволяющих осуществлять оперативный

и доступный обмен информацией студента и преподавателя в процессе их удаленной коммуникации, обеспечивается возможностями современных ИКТ, специальных программно-аппаратных средств электронного и дистанционного обучения.

Цели и задачи освоения информатических дисциплин определены в унифицированном относительно направления подготовки виде, в терминах сформированности ИК-компетентности студента.

Содержательный компонент состоит из четырех модулей (табл. 1). Модули взаимосвязаны логикой учебного процесса, при этом каждый модуль, в силу своей самостоятельности, доступен для изменений. Базовые темы теоретического курса осваиваются на практических занятиях и в процессе самостоятельной работы. На формирование профессионально ориентированных компетентностей нацелены задания, тематика которых определяется направлением обучения, отражает междисциплинарные связи информационных дисциплин.

Для каждого модуля разработаны необходимые учебно-методические материалы: презентации лекций, практикумы, ЦОР, примеры лабораторных работ, методические указания, эмуляторы, электронные учебники, шаблоны, учебные пособия, справочники тесты, путеводители и пр., методические указания для выполнения лабораторные работы в компьютерном классе и вне его, задания для самостоятельной работы. Учебно-методические материалы модуля освещают его инвариантную (относительно специальности) и профессионально-ориентированную составляющие.

Практические работы предусматривают отработку отдельных тем, либо содержат комбинированные задания, охватывающие несколько тем модуля, либо включают темы нескольких модулей. К примеру, задания по системам счисления, кодированию информации отражают отдельные темы и имеют небольшой вес, а задания на моделирование конечных автоматов включают разделы информационных технологий (использование

Таблица 1

Тематический план структурных элементов учебной программы информатической дисциплины

№ п/п	Модули дисциплины, тематические разделы теоретической части	Темы практических занятий	Темы заданий самостоятельной работы
1	Модуль 1. Основы теории информации, информационных процессов 1.1. Понятие об информации. 1.2. Измерение и кодирование информации.	П1. Информация, ее виды и свойства. П2. Системы счисления. П3. Измерение и кодирование информации. П4. Программное обеспечение и информационные технологии.	С1. Лабораторная работа №1 Позиционные системы счисления. С2. Лабораторная работа №2 Представление информации в памяти ЭВМ. С3. Лабораторная работа №3 Теория кодирования информации Шеннона. С4. Отчет о работе – в формате презентации.
2	Модуль 2. Вычислительные системы, сети и Интернет 2.1. Архитектура компьютера. 2.2. Локальные и глобальные сети.	П5. Сервисы Интернет. Формат хранения данных «.HTML». Построение Web-страницы. П6. Архитектура ЭВМ, конечные автоматы. П7. Машина Поста.	С5. Лабораторная работа № 4 Конечные автоматы. С6. Лабораторная работа № 5 Алгоритмы. Машина Поста С7. Отчет о работе – в формате «.HTML»
3	Модуль 3. Программное обеспечение и информационные технологии 3.1. Состав, назначение и возможности программного обеспечения. 3.2. Электронные таблицы. 3.3. Информационные модели данных .	П8. Расчетные сценарии пользователя в электронных таблицах. П9. Системы управления базами данных. Информационные системы. П10. Алгоритмизация и программирование. П11. Элементы языка программирования VBA в MS Excel.	С8. Лабораторная работа №6 Эмуляция базы данных в электронных таблицах С9. Лабораторная работа №7 Проектирование базы данных в среде системы управления базой данных
4	Модуль 4. Информационные системы и компьютерное моделирование 4.1. Компьютерное моделирование экономических процессов. 4.2. Правовые и социальные аспекты информационных ресурсов и услуг информационного общества.	П11. Искусственный интеллект. П12. Компьютерное моделирование.	С10. Лабораторная работа № 7 Поиск информации в Интернет. Имитационное моделирование С11. Отчет о работе в формате редактора MS Word.

табличного процессора), вычислительной техники (архитектура и логика), программирования, соответственно имеют больший вес.

Для освоения типовых технологических приемов накопления, хранения и обработки информации, систематизации полученных теоретических знаний, закрепления приобретенных умений, развития ИК-компетенции, формирования навыков самообучения и саморазвития используются технологии обучения: «классно-урочная», «универсальных учебных действий», «метод проектов» и «смешанное обучение».

«Классно-урочная» технология обучения служит для прочного усвоения определений, базовых знаний и понятий, связанных с теорией, применяется в первом и втором модуле. Доминирующий вид деятельности в рамках технологии «учебных управляющих действий» – «по образцу». Она обеспечивает быстрое освоение способов решения типовых заданий. Обучение начинается с применения знаний, без предварительного заучивания сведений из теоретической части. Модули практического курса по «Информатике» содержат методические указания в форме пошаговых инструкций к выполнению типовых заданий, серии типовых задач для самостоятельной работы с ответами и указаниями.

Технология «учебных управляющих действий» применяется во всех модулях информатической дисциплины. Технология обучения «метод проектов» предполагает выполнение заданий в условиях учебной профессиональной ситуации. Студент соотносит свой личностный опыт и накопленные знания с поставленной задачей, уточняет недостающие детали, выбирает метод решения, разрабатывает мини-проект. Процесс конструирования мини-проекта включает три этапа: формализация задачи, реализация в электронных таблицах MS Excel или СУБД MS Access, подготовка итогового отчета о выполнении. В технологии «метод проектов» происходит осознанное усвоение базовых знаний через их использо-

Смешанная форма обучения – сочетание традиционного и электронного обучения обеспечивает возможность получать знания очно и самостоятельно онлайн. Смешанное обучение обеспечивает многообразие коммуникаций объектов учебного процесса: студент-преподаватель, студент-электронная среда-преподаватель, студент-электронная среда, преподаватель-электронная среда. Студент посещает аудиторные занятия и, одновременно, использует возможности электронного обучения и обучение через интернет.

Процесс обучения в электронных средах развивает у студентов умения работать с компьютерной и коммуникационной аппаратурой, навыки работы в прикладных программах. Это предопределяет реконструкцию традиционной модульной структуры содержания дисциплины, позволяет выявить базовые знания, которые необходимы для работы в электронной среде обучения, они составляют инвариантную часть учебного материала информатических дисциплин [12], и вариативную часть учебного материала, отражающую профессиональную направленность [1, 13].

Балльная система оценивания «MOODLE» оперативно информирует студента о текущих результатах его работы, определяет уровень полученных знаний. Промежуточный контроль по каждому модулю в виде контрольной работы и/или тестирования студент обязан пройти в очной форме в аудитории, в присутствии преподавателя (рис. 1).

Результаты объективного контроля знаний позволяют оценить корректность тестовых заданий, тестов и учебного процесса [14].

Инвариантные задания модуля являются обязательными для всех студентов экономических и биологических направлений подготовки (их максимальная оценка – 10 баллов). Вариативные задания модулей относятся к профессионально-ориентированной части, имеют разные веса в зависимости от сложности: 30, 60, 90, 120, 180 и 270 баллов. Студент самостоятельно выбирает вариативные задания заданий, которые в сумме позволяют ему получить не менее 90 баллов по каждому модулю.

Оценка текущей успеваемости студентов определяется как сумма всех результатов, полученных в течение семестра. Она включает результаты промежуточных контрольных испытаний и оценки выполнения практических и самостоятельных работ. Итоговая оценка по дисциплине – взвешенная сумма оценок текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Вклад оценки текущей успеваемости в итоговую оценку составляет 60%, экзаменационной – 40%. Экзаменационные контрольные испытания проводятся в форме тестирования. Электронный вариант тестирования, позволяющий проводить тестирование знаний студентов в процессе самоподготовки, а также учитывать оценки текущих и итоговых контрольных испытаний студента, расположен на сайте <http://nik.testosfera.ru>.

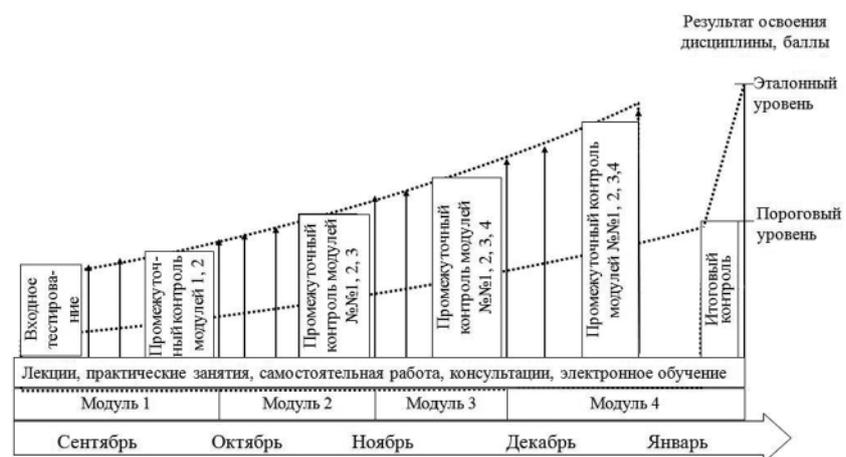


Рис. 1. План-график учебного процесса

Отправной точкой для построения дорожной карты освоения информатической дисциплины служит результат освоения дисциплины – желаемый уровень сформированности ИК-компетентности студента, а конечным пунктом – ее уровень сформированности в текущий момент времени [15]. Разработанные индивидуальные траектории обучения определяют типовые сценарии определяют рамочный план освоения дисциплины, сроки выполнения заданий и контрольных мероприятий. Дорожная карта задает маршрут освоения дисциплины. Студенту предоставляется возможность самому «наполнить» содержанием индивидуальную дорожную карту курса с учетом его образовательных потребностей и познавательной самостоятельности. В процессе освоения дисциплины студент имеет право ее редактировать, возвращаясь к слабо усвоенным темам или выбирая интегрированные задания, охватывающие несколько тем. Студент редактирует дорожную карту, отражая свои предпочтения в целях обучения, задавая ритм выполнения заданий.

На рисунке 2 приведена схема дорожной карты освоения информатической дисциплины: система средств обучения информатической

дисциплины в условиях электронной среды управления обучением «MOODLE», план-график учебного процесса, индивидуальные траектории освоения дисциплины, модульно-рейтинговая система оценки результатов и расчетный сценарий MS Excel для оценки ИК-компетентности.

Система средств обучения и план-график учебного процесса служат основанием для формирования дорожной карты. Эталонные индивидуальные траектории распределяют учебный материал дисциплины по дорожной карте таким образом, чтобы на каждом этапе освоенный объем знаний и навыков был готов к применению, служил инструментом для выполнения заданий самостоятельной и лабораторной работы. На схеме индивидуальной траектории освоения дисциплины отдельные задания обозначаются прямоугольниками. Ромбами – контрольные мероприятия: входной контроль (ВК), итоговый контроль (ИК), рубежный контроль (РК). Модульно-рейтинговая система оценки накапливает суммарную балльную оценку за выполнение задания.

Расчетный сценарий MS Excel определяет оценку уровня сформированности ИК-компетентности (%), информирует студента. Кри-

тические точки принятия решения на схеме освоения дисциплины помечены овалами. С учетом полученных результатов, своих образовательных потребностей и предпочтений студент принимает решение о дальнейшем продвижении по дорожной карте и/или выполнения дополнительных заданий, позволяющих ему устранить недочеты в освоении учебного материала, успешную работу над ошибками. Вновь выполненное задание оценивается заново.

Моделируя собственную дорожную карту, студент согласует ее с преподавателем, составляет план-график и приступает к ее реализации. Система управления обучением «MOODLE» организует взаимосвязь студента и преподавателя посредством интерактивного курса обучения и автоматизированной модульно-рейтинговой системы контроля обученности студента в ИПС.

Интерактивная модульно-рейтинговая система тестирования и электронная ведомость ИК-компетентности нацелены на непрерывный, систематический и объективный контроль и коррекцию самообразовательной деятельности студентов, способствуют успешности прохождения индивидуальной дорожной карты.

Результаты педагогического эксперимента. Разработка и апробация предложенной экспериментальной методической системы осуществляется с 2007 года по настоящее время в реальном учебном процессе студентов биологических и экономических специальностей в СФУ. Программа эксперимента состоит из трех этапов: диагностического, формирующего и обобщающего.

Ежегодно в качестве контрольной группы выбирались студенты первого курса экономической специальности «Международные экономические отношения» (20–25 человек), как правило, из наиболее сильных абитуриентов. В этой группе ведет занятия лектор, профессор Пак Н.И., используя коллективный способ обучения В.П.Дьяченко и все современные компьютерные технологии обучения. Остальные студенты потока (от 60 до 120 человек в разные годы) отнесены к

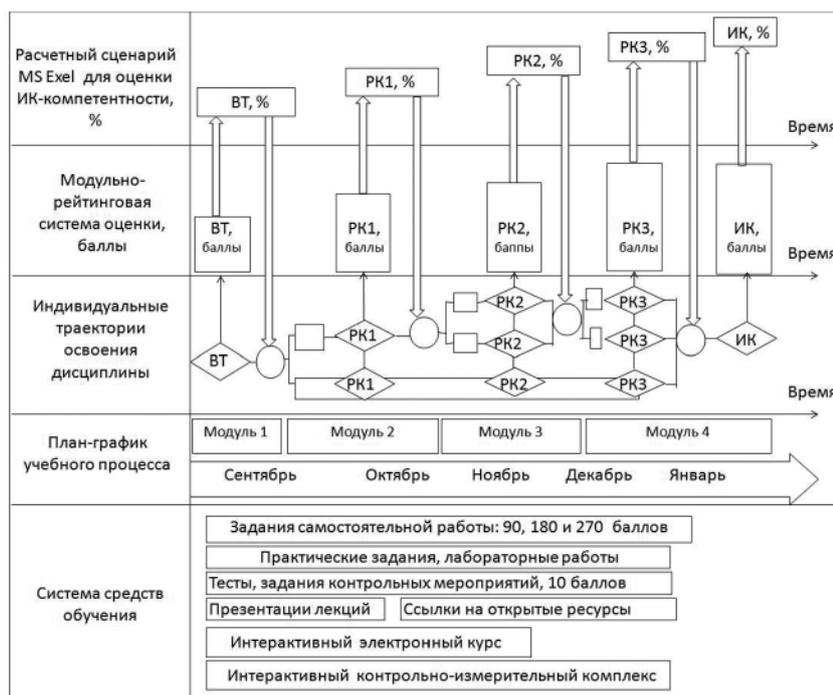


Рис. 2. Схема дорожной карты освоения информатической дисциплины

диагностирующей группе. В соответствии с планом эксперимента занятия в ней проводятся в условиях разработанной нами экспериментальной методической системы обучения.

На констатирующем этапе эксперимента (2007–2010 гг.) был проведен анализ учебного процесса по информатическим дисциплинам с целью выявления причин неудовлетворенности традиционной системой обучения. В этот период учебная программа дисциплины была направлена на усвоение массива знаний, упорядоченных по историческим этапам становления предметной научности. Это нарушало способ освоения «от простого к сложному». Учебный материал, представленный на лекциях и на практических занятиях, дублировался, аудиторное время использовалось непродуктивно, снижался интерес к освоению материала. Преобладала аудиторная работа, для самостоятельной отведено только 30%. Конфигурации рабочего пространства домашних и учебных компьютеров отличались. Все перечисленное создало мозаичность восприятия информации у студентов, нарушало системность представления учебного материала, его целостность и взаимосвязь с другими дисциплинами учебного плана. Учебный процесс требовал больших трудозатрат со стороны преподавателя. Текущий контроль знаний проводится, в основном, в форме устного опроса, письменной контрольной работы или решения практических заданий на компьютере. Доминировала классно-урочная технология проведения занятий.

Результаты констатирующего этапа эксперимента определили цели формирующего этапа (2010–2012 гг.) – устранить причины неудовлетворенности учебным процессом по информатическим дисциплинам. Для этого были разработаны и апробированы элементы электронного обучения, методы индивидуализации обучения, средства повышения эффективности усвоения дисциплины. Внедрение ФГОС ВПО (2011 г.) обусловило создание компетентностной модели информатической дисциплины,

разработку показателей и критериев оценки уровня сформированности ИК-компетентности студента. Задачи констатирующего этапа эксперимента: разработать информационную предметную среду в электронной системе обучением, обеспечивающую формирование общекультурных и профессионально направленных студентов экономического и биологического направления подготовки.

Формирующий этап эксперимента завершается созданием интерактивного электронного курса в электронной системе обучением «MOODLE». Организовано полное и избыточное информационные его наполнение – разработаны методические пособия с указаниями к выполнению практических, самостоятельных и лабораторных работ. Создан интерактивный контрольно-измерительный комплекс, который включает банк тестовых вопросов, контрольные задания и вопросы для проведения контрольных мероприятий: тестов, контрольных работ, устного опроса, расчетные сценарии MS Excel оценки качества тестов и учебного процесса, оценки уровня сформированности ИК-компетентности по балльной оценке.

Цель обобщающего этапа эксперимента (2012–2014 гг.) – установить статистическую значимость воздействия экспериментальной методической системы обучения и ее эффективности. Для исследования результатов педагогического эксперимента построена статисти-

ческая модель результатов освоения дисциплины студентами контрольной и диагностической групп в течение 2008–2013 гг. Оценка уровня освоения дисциплины студентом – случайная величина. Она измерима по порядковой шкале измерения, имеет непараметрический закон распределения.

Статистическая характеристика состояния группы – частотная таблица балльных оценок студентов по интервалам:

- низкий, соответствует интервалу оценок [0, 33.3);
- средний, его интервал оценок – [33.3, 66.6);
- высокий, его интервал оценок – [66.6, 100].

Статистической характеристикой группы «до начала эксперимента» служит частотная таблица результатов первого рубежного контроля студентов. Статистическая характеристика группы «по окончании эксперимента» – частотная таблица итоговых результатов освоения дисциплины.

Статистическая модель педагогического эксперимента включает проверки статистических характеристик групп, на схеме (рис. 3) они обозначены числами [16]:

- 1 – контрольная и диагностическая группы «до начала эксперимента» ($KГ_{до\ нач} - ДГ_{до\ нач}$);
- 2 – контрольная и диагностическая группы «по окончании эксперимента» ($KГ_{по\ оконч} - ДГ_{по\ оконч}$);
- 3 – контрольная группа «до начала» и «по окончании эксперимента» ($KГ_{до\ нач} - KГ_{по\ оконч}$);

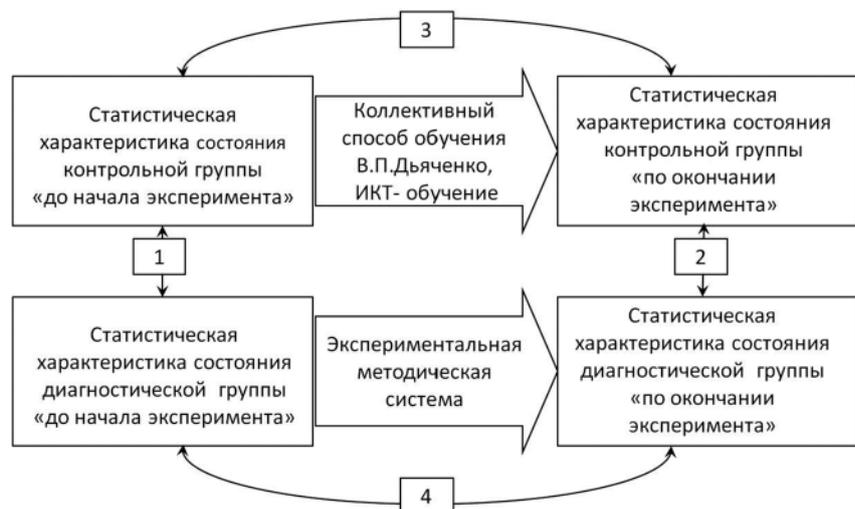


Рис. 3. Схема статистической модели педагогического эксперимента

4 – диагностическая группа «до начала» и «по окончании эксперимента» ($ДГ_{до\ нач} - ДГ_{по\ оконч}$).

В процессе эксперимента статистика контрольной группы «до начала эксперимента» ($КГ_{до\ нач}$) преобразуется в ее статистику «по окончании эксперимента» ($КГ_{по\ оконч}$) в результате воздействия коллективного способа обучения В.П.Дьяченко с применением информационно-компьютерных технологий. Статистика диагностической группы «до начала эксперимента» ($ДГ_{до\ нач}$) преобразуется в ее статистику «по окончании эксперимента» ($ДГ_{по\ оконч}$) под воздействием предложенной нами экспериментальной методической системы обучения.

Статистическая достоверность различий двух выборок устанавливается методом проверки гипотез с помощью критерия χ^2 -Пирсона, а направления изменений – с помощью G -критерия знаков. В случае несущественности различий их появление диагностируется как случайное.

Воздействие экспериментальной методической системы признается результативным, если:

- в результате проверки 1 принимается нулевая гипотеза (H_0) об отсутствии достоверных различий статистических характеристик контрольной и экспериментальной группы «до начала эксперимента»;

- в результате проверки 2 принимается альтернативная гипотеза (H_1), что свидетельствует о достоверном отличии статистических характеристик этих групп «по окончании эксперимента»;

- в результате проверки 4 принимается альтернативная гипотеза H_1 о достоверности различий статистических характеристик диагностической группы «до начала эксперимента» и «по окончании».

Эмпирическое значение критерия $\chi^2_{эмп}$ вычисляется по формуле:

$$\chi^2_{эмп} = g_1 g_2 \sum_{i=1}^n \frac{\left(\frac{a_i + b_i}{g_1 + g_2}\right)^2}{a_i + b_i},$$

вектора $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ и $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ – сравниваемые частотные таблицы балльных оценок группы, a_i – количество студентов первой группы, балльные оценки которых попали в класс i , b_i – число студентов второй группы, получившие баллы из этого класса; g_1 – численность первой группы A , g_2 – численность группы B ; n – количество классов группировки балльных оценок, $n = 3$.

Критическое значение критерия χ^2 -Пирсона для числа степеней свободы равного 2 для уровней значимости $p = 0,05$ и $p = 0,01$, определяются по таблице: $\chi^2_{0,05} = 5,99$, $\chi^2_{0,01} = 9,21$.

В таблице 2 результатов испытаний студентов контрольной и диагностической групп «до начала» и «по окончании эксперимента» в 2013 г. приведены частотные распределения результатов испытаний студентов, указана численность контрольной и диагностической групп.

Полученные в результате проверки гипотез о распределении статистических характеристик контрольной и экспериментальной группы «до начала» и «по окончании эксперимента» значения критерия χ^2 -Пирсона подтвердили статистическую значимость результативности экспериментальной методической системы ($p \leq 0,05$):

- 1) в проверке « $КГ_{до\ нач} - ДГ_{до\ нач}$ » принята нулевая гипотеза на уровне значимости ($p \leq 0,05$) об отсутствии достоверных ($p \leq 0,05$) различий распределений «до начала эксперимента» в контрольной и

диагностической группах, так как значение $\chi^2_{эмп} = 3,64$ ($p \leq 0,05$);

- 2) в проверке « $КГ_{по\ оконч} - ДГ_{по\ оконч}$ » принята альтернативная гипотеза о достоверности различий ($p \leq 0,01$) статистических характеристик этих групп «по окончании эксперимента», так как значение $\chi^2_{эмп} = 146,46 > \chi^2_{0,01}$;

- 3) в проверке « $ДГ_{по\ оконч} - ДГ_{по\ оконч}$ » принята альтернативная гипотеза на уровне значимости $p \leq 0,01$ о существенности отличий статистических характеристик диагностической группы «до начала» и «по окончании эксперимента», так как значение критерия $\chi^2_{эмп} = 9,69 > \chi^2_{0,01}$.

Проверка гипотез с помощью непараметрического G – критерия знаков позволяет установить достоверность положительных сдвигов (изменений) результатов освоения дисциплины в контрольной и в диагностической группах под воздействием экспериментальной методической системы обучения в 2013 году. Исследуются разности значений результата освоения дисциплины «по окончании эксперимента» и «до начала эксперимента» в диагностической группе. Проверяемые гипотезы:

H_0 – преобладание «типичного» направления сдвига является случайным,

H_1 – преобладание «типичного» направления сдвига не является случайным.

Численность контрольной группы (n) составляет 23 человека. Результаты расчетов: число ненулевых сдвигов – 23, отрицательных – 8, положительных – 15. «Типичный» сдвиг – положительный, критерий $G_{эмп} = 8$. Табличные критические значения G -критерия ($G_{крит}$) при $n = 23$: $G_{крит} = 7$ при $p \leq 0,05$ и $G_{крит} = 5$ при $p \leq 0,01$. Выполняется условие $G_{эмп} > G_{крит}$ на уровне значимости $p \leq 0,05$, следовательно принимается гипотеза H_0 – преобладание «типичного» направления сдвига результатов освоения дисциплины в контрольной группе является случайным.

Число студентов в диагностической группе (n) – 101 человек. Результаты расчетов: число ненулевых сдвигов – 99, отрицательных – 35, положительных – 64, нулевых – 2. «Типичный» сдвиг –

Таблица 2

Результаты контрольных испытаний

Интервалы оценок	«До начала» эксперимента				«По окончании» эксперимента			
	Контрольная группа (КГ)		Диагностическая группа (ДГ)		Контрольная группа (КГ)		Экспериментальная группа (ДГ)	
	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%
Низкий	6	26,09	11	10,89	5	21,74	11	10,89
Средний	10	43,48	43	42,57	7	30,43	24	23,76
Высокий	7	30,43	47	46,53	11	47,83	66	65,35
Всего	23	100,00	101	100,00	23	100,00	101	100,00
Медиана	64,00		65,00		66,00		69,52	

положительный, критерий $G_{эмт} = 35$. Табличные критические значения G -критерия ($G_{крит}$) при $n = 101$: $G_{крит} = 41$ при $p \leq 0,05$ и $G_{крит} = 35$ при $p \leq 0,01$. Выполняется условие $G_{эмт} \leq G_{крит}$ на уровне значимости $p \leq 0,05$. Нулевая гипотеза (H_0) отклоняется, принимается гипотеза H_1 – статистическая достоверность преобладания «типичного» сдвига результатов освоения дисциплины составляет 95%.

Результативность разработанной экспериментальной методической системы обучения подтверждается статистически значимыми отличиями характеристик контрольной и диагностической групп «до начала» и «по окончании эксперимента» (критерий χ^2 -Пирсона, $p \leq 0,05$). Ее эффективность под-

тверждается статистической достоверностью (G -критерий знаков, 95%) положительных сдвигов результатов обучения студентов диагностической группы и их случайностью – в контрольной (G -критерий знаков, $p \leq 0,05$).

Выводы

Спроектирована информационная предметная среда со встроенными элементами технологии электронного обучения информатическим дисциплинам студентов экономических и биологического направлений подготовки для реализации методики дорожных карт. Показана (критерий χ^2 -Пирсона, $p \leq 0,05$) статистическая значимость эффективности и результа-

тивности методической системы дорожных карт при электронном обучении информатическим дисциплинам студентов, реализующей механизм нелинейного процесса взаимодействия преподавателя и студента при он-лайн и оф-лайн общении, индивидуализацию самообразовательной деятельности обучаемых с помощью дорожных карт в информационной предметной среде «MOODLE».

Таким образом, предложенная методика дорожных карт, обеспечивающая индивидуализацию и усиление самостоятельной работы студентов, повышает уровень обученности информатике экономистов и биологов, способствует формированию их ИК-компетентности.

Литература

1. Андреева Н.М. Инновационный опыт подготовки студентов экономических специальностей по дисциплине «Информатика» // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. – 2012. – №2 (20). – С. 18–21.
2. Василюк Н.Н., Хеннер Е.К. Курс информатики в классическом университете // Педагогическая информатика. – 2013. – №2. – С. 3–15.
3. Пак Н.И. Педагогическая система открытого обучения информатике URL:<http://new.math.msu.su/conference/nikolsky-100/Articles/Pak.htm> (дата обращения: 06.02.2015).
4. Россия на пути к Smart-обществу: монография / под ред. проф. Н.В. Тихомировой, проф. В.П. Тихомирова. М.: НП «Центр развития современных образовательных технологий». – 2012. – 280 с.
6. Скуратов А.К. Применение ИКТ в высшем образовании Российской Федерации // Применение ИКТ в высшем образовании стран СНГ и Балтии: текущее состояние проблемы и перспективы развития. Аналитический обзор. – СПб.: ГУАП. – 2009. – С. 107–126.
7. Шепель Э.В. Индивидуальные траектории обучения в структуре государственных стандартов образования // Вестник МГТУ им. М.А. Шолохова. Сер. «Педагогика и психология». – 2012. – № 3 (II). – С. 95–98.
8. Колдаев В.Д. Технология нелинейного проектирования индивидуального образовательного маршрута студента // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. – 2012. – №6. – С. 31–36.
9. Роберт И.В. Современные информационные технологии в образовании: дидактические проблемы; перспективы использования. – М.: ИИО РАО, 2010. – 140 с.
10. Темербекова А.А. Формирование информационной компетентности будущего учителя математики посредством использования интерактивных технологий (POLY32, S3D, SECBUILDER 1.0., SMART NOTEBOOK) // Открытое и дистанционное образование. – 2014. – №2(54). – С. 5–11.
11. Гречко А.В. Онтология метода анализа иерархий Саати // Искусственный интеллект. – 2005. – № 3. – С. 746–757
12. Андреева Н.М. Дидактические условия повышения эффективности самостоятельной работы студентов-экономистов по «Информатике» // Фундаментальные науки и образование [Текст]: Материалы II Международной научно-практической конференции (Бийск, 2–5 марта 2014 г.) / Алтайская гос. Академия обр-я им. В.М. Шукшина. – Бийск: ФГБОУ ВПО «АГАО», 2014. – 529 с. – С. 231–236.
13. Назимова Д.И., Андреева Н.М., Кофман Г.Б., Ноженкова Л.Ф., Поликарпов Н.П., Степанов Н.В. Портретные модели структурного биоразнообразия лесного покрова. / Биоразнообразие и динамика экосистем: Информационные технологии и моделирование. – Новосибирск: Наука, СО. 2006. – С. 75–83, 157–162, 517–536.
14. Андреева Н.М. Автоматизация первоначального анализа матрицы тестовых результатов с помощью расчетного сценария MS Excel // Zbornik radova konferencije MIT [International Conference Mathematical and Informational Technologies] 2013: Kosovska Mitrovica: Prirodno-matematički fakultet Novosibirsk: Institute of Computational Technologies, Siberian Branch of the Russian Academy of Science. (Kraljevo: Ofstepres). – 2014. – 756 str. – Str. 20–28.
15. Белоусов Д.Р., Сухарева И.О., Фролов А.С. Метод «картирования технологий» в поисковых прогнозах // ФОРСАЙТ. – 2012. – Т. 6. – № 2. – С. 6–15
16. Новиков Д.А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи). – М.: 3-Пресс. – 2004. – 67 с.

Учебный компьютерный имитационный эксперимент «Визуализация в реальном времени квантовой интерференции одиночных молекул»

Принимая участие в организованной проектной деятельности, студенты технического университета создают виртуальные физические лаборатории. В статье приводится пример проектной разработки, связанной с имитационным компьютерным моделированием и визуализацией одного из удивительных проявлений реальности – квантовой интерференции частиц. В качестве прототипа для моделирования послужил реальный эксперимент с тяжелыми органическими молекулами флуоресцентных красителей. Студенческая программная разработка может быть использована в информационном пространстве системы открытого образования.

Ключевые слова: проектная деятельность, компьютерное моделирование физических процессов, виртуальная лаборатория, квантовая интерференция.

EDUCATIONAL COMPUTER SIMULATION EXPERIMENT «REAL-TIME SINGLE-MOLECULE IMAGING OF QUANTUM INTERFERENCE»

Taking part in the organized project activities students of the technical University create virtual physics laboratories. The article gives an example of the student's project-computer modeling and visualization one of the most wonderful manifestations of reality-quantum interference of particles. The real experiment with heavy organic fluorescent molecules is used as a prototype for this computer simulation. The student's software product can be used in informational space of the system of open education.

Keywords: project activities, computer simulation of physical processes, virtual laboratory, quantum interference.

Введение

Внедрение информационных компьютерных технологий (ИКТ) в процесс обучения физике находит все большее распространение в практике вузов и школ [1–9]. Одним из направлений использования ИКТ являются виртуальные лаборатории, позволяющие существенно расширить дидактические возможности образовательного процесса [1–6]. Проведение вычислительных экспериментов эффективно дополняет традиционный лабораторный практикум, облегчая изучение и понимание физики [6–8]. Виртуальные лаборатории с ус-

пехом внедряются в интерактивные обучающие среды как элементы электронных учебников и в качестве отдельных электронных демонстраций [9]. В свою очередь, для создания самих виртуальных лабораторий (виртуальных физических установок) уже разрабатываются специализированные программные среды [1].

С дидактической точки зрения одним из наиболее интересных и продуктивных вариантов включения ИКТ в физический практикум является проведение обучающимися вычислительных экспериментов с использованием самостоятельно разработанных компьютерных про-

грамм, реализующих математическое моделирование физических процессов. В технических университетах такая практика вполне возможна и уже получила свое определенное развитие [2–5]. Как показывает опыт, студенты младших курсов *технического университета* могут быть вовлечены в *проектную деятельность* по проведению виртуальных физических экспериментов с *разработкой собственных программных продуктов*, которые в дальнейшем используются в открытом образовательном пространстве университетов и школ [4–6].

На кафедре общей физики *Новосибирского государственного тех-*



Александр Викторович Баранов,
к.ф.-м.н, доцент кафедры общей
физики
Тел.: (8383) 346-06-77
Эл. почта: baranovav@ngs.ru
Новосибирский государственный
технический университет
www.nstu.ru

Alexander V. Baranov,
PhD in Physical and Mathematical
Sciences, Associate Professor of The
Department of General physics
Tel. : (8383) 346-06-77
E-mail: baranovav@ngs.ru
Novosibirsk state technical University
www.nstu.ru



Евгений Николаевич Волохович,
студент факультета прикладной
математики и информатики
Тел.: (8383) 346-37-54
Эл. почта: xJhetonx@yandex.ru
Новосибирский государственный
технический университет
www.nstu.ru

Evgeny N. Volochovich,
Student of Faculty of Applied
Mathematics and Computer Science
Tel. : (8383) 346-06-77
E-mail: xJhetonx@yandex.ru
Novosibirsk state technical University
www.nstu.ru

нического университета (НГТУ) организована студенческая проектная деятельность *компьютерного моделирования* при изучении курса физики [2]. На добровольных началах бригады студентов участвуют в разработке программных продуктов для проведения виртуальных экспериментов. Последние используются как демонстрации на лекциях и как дидактические средства, расширяющие возможности традиционного лабораторного практикума [4, 5].

Темы, предлагаемые для студенческих проектных разработок, весьма разнообразны и требуют для своей реализации детального изучения моделируемых физических процессов, освоения и применения различных численных методов и алгоритмов, определенных программистских приемов, использования современных средств динамической компьютерной графики [2].

Большой интерес представляют собой программные разработки, в которых моделируются и визуализируются физические процессы, характерные для малых временных и пространственных масштабов, когда, в частности, проявляются особые закономерности – квантово-механические [3]. В статье рассматривается пример проектной студенческой разработки, связанной с имитационным компьютерным моделированием и динамической визуализацией одного из удивительных проявлений реальности – *квантовой интерференции частиц*.

2. Проектная реализация компьютерного имитационного эксперимента

Явление квантовой интерференции частиц вещества (элементарных частиц, атомов и молекул) продемонстрировано в целом ряде замечательных физических экспериментов. Наибольшее впечатление на разработчиков произвело знакомство с работами, подтверждающими идею о том, что волновые свойства присущи *отдельно взятым частицам* [10–14] (один из первых экспериментов был

проведен в СССР в лаборатории В.А. Фабриканта [10]).

Когда прочитали сообщение о наблюдении явления интерференции одиночных *тяжелых органических молекул* [12], было принято решение создать программный продукт, позволяющий осуществлять *имитационный виртуальный эксперимент*, визуально воспроизводящий появление интерференционной картины в процессе прохождения молекул через дифракционную решетку.

В эксперименте [12], использовавшем ряд современных оригинальных технологий, наблюдалась квантовая интерференция (дифракция) для двух видов тяжелых молекул флуоресцентных красителей – фталоцианина ($C_{32}H_{18}N_8$) и его производной ($C_{48}H_{26}F_{24}N_8O_8$). После прохождения дифракционной решетки одиночные молекулы попадали в кварцевое окно, где на них воздействовало излучение красного лазера (длина волны 661 нм). Возникающая флуоресценция возбужденных молекул снималась с использованием объектива микроскопа и светочувствительной матрицы с электронным умножением.

Для имитационного моделирования процесса в качестве выражения, определяющего пространственную компоненту плотности распределения вероятности (квадрат волновой функции), использовалось приближение Фраунгофера для углового распределения интенсивности при дифракции плоских волн на решетке:

$$I(\alpha) = I_1(0) \frac{\sin^2\left(\frac{\pi b * \sin(\alpha)}{\lambda}\right) \sin^2\left(\frac{N\pi d * \sin(\alpha)}{\lambda}\right)}{\left(\frac{\pi b * \sin(\alpha)}{\lambda}\right)^2 \sin^2\left(\frac{\pi d * \sin(\alpha)}{\lambda}\right)},$$

где b – ширина щели,
 d – период решетки,
 N – количество щелей,
 λ – дебройлевская длина волны, определяемая значением импульса молекулы,
 α – угол дифракции,
 $I_1(0)$ – интенсивность центрального дифракционного максимума для одной щели.

Как продемонстрировано в [11], данное распределение хорошо соответствует результатам реальных экспериментов по диф-



Ксения Алексеевна Медведева,
студент факультета прикладной
математики и информатики
Тел.: (8383) 346-37-54
Эл. почта: pcheta-k@mail.ru
Новосибирский государственный
технический университет
www.nstu.ru

Kseniya A. Medvedeva,
Student of Faculty of Applied
Mathematics and Computer Science
Tel. : (8383) 346-06-77
E-mail: pcheta-k@mail.ru
Novosibirsk state technical University
www.nstu.ru



Данил Вячеславович Степин,
студент факультета прикладной
математики и информатики
Тел.: (8383) 346-37-54
Эл. почта: stepdan94@gmail.com
Новосибирский государственный
технический университет
www.nstu.ru

Danil V. Stepin,
Student of Faculty of Applied
Mathematics and Computer Science
Tel. : (8383) 346-06-77
E-mail: stepdan94@gmail.com
Novosibirsk state technical University
www.nstu.ru

ракции частиц на системе параллельных щелей.

Одна из задач, которая сразу появилась в начале работы над проектом, заключалась в создании программного механизма реализации во времени псевдослучайного процесса последовательного попадания отдельных молекул на экран после прохождения дифракционной решетки. Этот временной процесс должен, в конечном счете, приводить к требуемому пространственному распределению молекул на экране в соответствии с заданной плотностью распределения вероятности как функции угла дифракции.

В подобных случаях для организации псевдослучайного временного процесса чаще всего используется метод Монте-Карло [15,16] в сочетании со стандартными программными функциями рандомизации, генерирующими, как правило, равномерные распределения. Однако применение этого метода для большого количества событий оказывается достаточно затратным с точки зрения процессорного времени.

Поскольку конечной целью программной разработки являлась визуальная имитация временного процесса последовательной дифракции большого количества одиночных молекул (несколько тысяч), было решено использовать более экономичный алгоритм, минимизирующий время проведения виртуального эксперимента.

Такой алгоритм был разработан и программно реализован с использованием метода тасования Ричарда Дурштенфельда [17]. Являясь улучшенным вариантом известного метода Фишера-Йетса, он позволяет более эффективно осуществлять случайную перестановку элементов заданного массива. В варианте Дурштенфельда осуществляется тасование «на месте». Элементы тасуются внутри массива без создания его копии с перестановками. Такая версия алгоритма даёт существенное преимущество при тасовании больших массивов данных.

Одним из задаваемых параметров для имитационного моделирования процесса является полное

количество молекул, участвующих в виртуальном эксперименте. В программе сначала происходит заполнение элементов массива, в котором будут храниться последовательные значения координат дифрагировавших молекул на экране в каждом небольшом интервале значений угла дифракции в соответствии с заданной функцией распределения вероятности (осуществляется последовательный перебор во всем интервале предельных углов). После этого включается механизм тасования Дурштенфельда, с помощью которого образуется псевдослучайная последовательность индексов. Эта последовательность и используется далее с целью визуальной имитации временного процесса дифракции отдельных молекул в пространственном направлении, ортогональном направлению щелей решетки. В направлении, параллельном щелям, используется псевдослучайное равномерное распределение, программно генерируемое стандартной библиотечной функцией.

Для реализации проекта в качестве языка программирования был выбран язык высокого уровня C++ по следующим причинам:

- В основу языка заложены принципы объектно-ориентированного программирования.
- Имеется возможность работы с открытой графической библиотекой OpenGL.

Программная разработка происходила в среде Qt Creator. Данная среда, в частности, позволяет создавать исполняемые файлы, внутри которых подключены необходимые функции библиотек. Последнее делает возможным разработку независимых и кроссплатформенных программных продуктов.

Для реализации псевдослучайной последовательности в программе создан массив Queue [] размерности M со значениями Queue[i] = i, i = 0, ..., M - 1. К массиву применен метод тасования Дурштенфельда, в результате чего сформирована последовательность чисел, хранящаяся в массиве Queue[].

Фрагмент кода программы, реализующий алгоритм создания псевдослучайной последовательности индексов методом тасования:

```
void myglwidget::makeRandomQueue() //подпрограмма тасования
{
    int i, buf, RandomConst; // i - счетчик для циклов,
                            // buf - буферная переменная,
                            // RandomConst - случайная кон-
                            // станта

    Queue = new int [NumOfPoints]; // инициализация массива
                                    // последовательности
                                    // размерности NumOfPoints
                                    // NumOfPoints - количест-
                                    // во точек

    for(i = 0; i < NumOfPoints; i++)
        Queue[i] = i;

    for(i = NumOfPoints - 1; i >= 1; i--)
    {
        RandomConst = rand()%i + 1; // запись в RandomConst
                                    // случайного числа
        buf = Queue[i]; // меняются местами эле-
                        // менты последовательности

        Queue[i] = Queue[RandomConst];
        Queue[RandomConst] = buf;
    }
}
```

С помощью библиотечных функций создан *интерактивный графический интерфейс*, содержащий *стилизованное 3D изображение* экспериментальной установки в основном окне и набор *элементов управления*, позволяющих, в частности, осуществлять выбор типа молекул, задавать их скорость, изменять период решетки и ширину щели.

На рис. 1. представлено окно графического интерфейса. В изображении виртуальной установки отражены лишь наиболее существенные элементы для динамической визуализации процесса дифракции молекул. В качестве системы регистрации распределения молекул в виртуальном эксперименте используется *экран*. Для сравнения приведено изображение реальной установки из статьи [12].

Элементы управления интерфейса:

Кнопки

«Старт» – последовательный пуск одиночных молекул.

«Пауза» – прерывание процесса.

«Масс-старт» – отображение всех дифрагировавших молекул на экране.

«Очистить» – очистка экрана.

«График» – дополнительное окно для построения графика распределения.

«Выход» – завершение работы программы.

Флажки

«Экран» – увеличение изображения экрана.

«Сетка» – наложение сетки на экран.

«Ускорение» – увеличение визуальной скорости воспроизведения движения молекул.

Список молекул для выбора



Изменение значений параметров

Изменяя положение ползунков, можно задавать различные значения скорости молекул, периода дифракционной решетки и ширины щели.

Скорость молекул v: от 150 м/с до 250 м/с.

Период решетки d: от 50 нм до 150 нм.

Ширина щели b: от 25 нм до 75 нм.

После активизации исполняемого файла и выбора параметров моделирования нажатие кнопки «Старт» запускает процесс динамическая визуализация движения молекул от источника к решетке с последующим появлением изображения молекул на регистрирующем экране.

С готовым программным продуктом была проведена серия виртуальных экспериментов, позволивших сделать вывод о соответствии результатов компьютерного моделирования реальному эксперименту по дифракции отде-

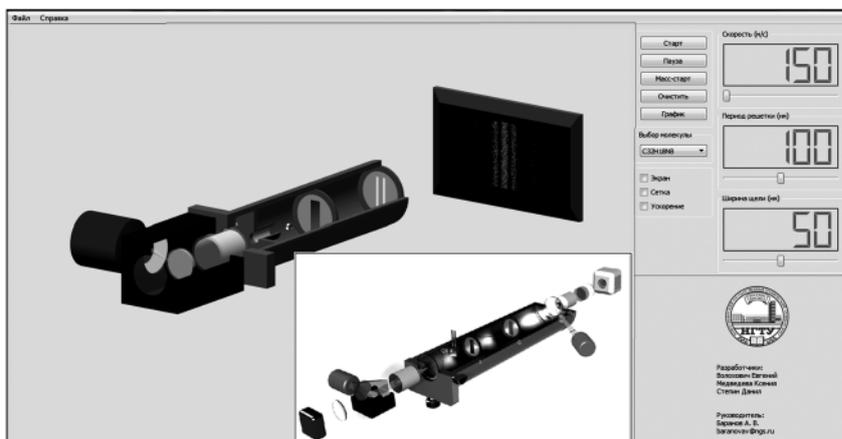


Рис. 1. Интерактивный графический интерфейс программы. В главном окне стилизованное 3D изображение установки. Справа панель с элементами управления. Внизу изображение реальной установки [12]

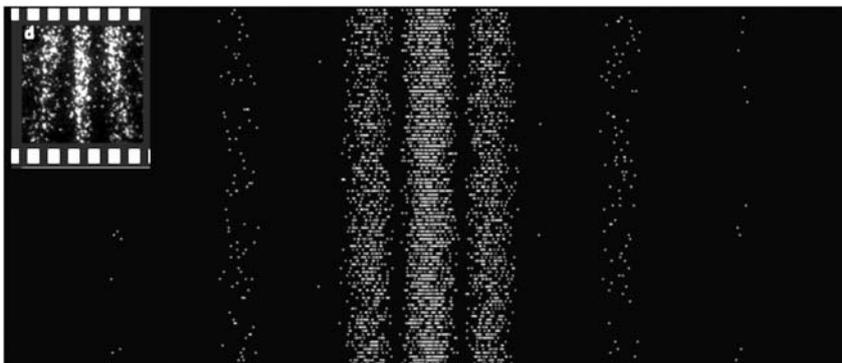


Рис. 2. Случайное распределение молекул на экране, полученное в виртуальном эксперименте, и фотография распределения в реальном эксперименте [12]

льных тяжелых органических молекул [12].

На рис. 2. изображена картина распределения молекул на экране, полученная во время выполнения одного из виртуальных экспериментов, параметры которого соответствовали реальному эксперименту [12].

Распределение в виртуальном эксперименте даже в количественном отношении хорошо согласуется с результатами реального эксперимента. Поскольку в имитационном эксперименте не учитывалось влияние гравитационного поля на распределение молекул по скоростям (оно присутствует в реальном эксперименте), то в рассчитанной дифракционной картине отсутствуют характерные изменения в вертикальном направлении, обусловленной гравитацией.

Использование данной программной разработки в лабораторном практикуме позволяет с определенной степенью наглядности визуализировать процесс дифракции молекул на решетке, ставить виртуальные эксперименты по проверке справедливости формулы де Бройля (связь длины волны с импульсом молекул), а также основных количественных соотношений для дифракционного распределения молекул.

Заключение

Работа над реализацией данного виртуального проекта характеризуется следующими важными аспектами для образовательного процесса:

Бригада студентов (второй курс) приняла участие в комплекс-

ной межпредметной проектной деятельности, способствующей формированию их профессиональных компетенций в области программирования и компьютерного моделирования.

Разработано программное средство, позволяющее проводить учебные имитационные виртуальные эксперименты, наглядно демонстрирующие проявление квантовой реальности – интерференции одиночных молекул. Виртуальные эксперименты будут способствовать более адекватному восприятию обучающимися необычных свойств микрообъектов.

Студенческая программная разработка может быть использована в информационном пространстве системы открытого образования как дополнительное дидактическое средство при изучении физики.

Литература

1. Андреев В.В., Ткаченко М.С., Умнов А.М. Программная среда для разработки виртуальных физических установок и проведения вычислительного эксперимента // Открытое образование. – 2009. – № 6. – С. 37–43.
2. Баранов А.В. Виртуальные проекты и проблемно-деятельностный подход при обучении физике в техническом университете // Физическое образование в вузах. – 2012. – т. 18, в. 4. – С. 90–96.
3. Баранов А.В. Метод виртуальных проектов при изучении основ квантовой механики в техническом университете // Физическое образование в вузах. – 2010. – т. 16, в. 4. – С. 26–34.
4. Баранов А.В., Борыняк Л.А., Заковряшина О.В. Виртуальные проекты студентов в физическом лабораторном практикуме профильного лица // Открытое и дистанционное образование. – 2014. – № 2 (54). – С. 40–44.
5. Баранов А.В. Проектная разработка виртуальных лабораторных работ по физике для электронной среды обучения. – Единая образовательная среда: направления и перспективы развития электронного и дистанционного обучения: материалы IX Международной научно-практической конференции-выставки (Новосибирск, 22–24 сентября 2010 г.). – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. С. 71–73.
6. Заковряшина О.В. Дидактические условия интеграции виртуального и натурального эксперимента // Физика в школе. – 2012. – № 7. – С. 23–29.
7. Бутиков Е.Н. Роль моделирования в обучении физике // Компьютерные инструменты в образовании. – 2002. – № 5. – С. 3–20.
8. Глазков В.В., Кондратьев А.С., Ляцев А.В. Математическое моделирование при изучении физики // Физическое образование в вузах. – 2007. – Т. 13. – № 4. – С. 38–52.
9. Конкин Б.Б., Сафронов В.П. Интерактивная среда – инструмент современного обучения // Открытое образование. – 2011. – № 4. – С. 11–18.
10. Биберман Л.М., Сушкин Н.Г., Фабрикант В.А. // ДАН СССР. – 1949. – т. 66, №2. – С.185.
11. Jonsson C. Electron diffraction at multiple slits // Am. J. Phys. – 1974. – V.42. – P.4–11.
12. Juffmann T., et all. Real-time single-molecule imaging of quantum interference // Nature Nanotechnology. – 2012. – V.7, No7. – P.297–300.
13. Merli P. G., Missiroli G. F., and Pozzi G. On the statistical aspect of electron interference phenomena // 1976. – Am. J. Phys. – V.44, – P. 306–307.
14. Tonomura A., Endo J., Matsuda T., Kawasaki T., and Ezawa H. Demonstration of single-electron buildup of an interference pattern // Am. J. Phys. – 1989. – V.57. – P. 117–120.
15. Ермаков С.М. Метод Монте-Карло в вычислительной математике: вводный курс / С.М.Ермаков. – СПб.: Невский Диалект; М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 192 с.
16. Толстик А.М. Применение метода Монте-Карло в учебном компьютерном эксперименте по физике // Информационные технологии. – 2001. – № 9. – С. 53–55.
17. Durstenfeld R. Algorithm 235: Random permutation // Communication of the ACM. – 1964. – V.7, №7. – P. 420.