

О вы, которых ожидает
Отечество от недр своих
И видеть таковых желает,
Каких зовет от стран чужих.
О ваши дни благословенны!
Дерзайте ныне ободрены
Раченьем вашим показать,
Что может собственных Платонов
И быстрых разумом Невтонов
Российская земля рождать.

М.В. Ломоносов

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION
Federal state budgetary educational institution
higher professional training
ALTAI STATE PEDAGOGICAL ACADEMY

**THE COLLECTION OF THE SCIENTIFIC ARTICLES
THE INTERNATIONAL SCHOOL-SEMINAR**

**LOMONOSOV'S READINGS IN ALTAI
Barnaul, 20-23 November, 2012**



Part II

Barnaul 2012

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"АЛТАЙСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ"

**СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ
МЕЖДУНАРОДНОЙ ШКОЛЫ-СЕМИНАРА
"ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ НА АЛТАЕ"
Барнаул, 20-23 ноября, 2012**



Часть II

Барнаул 2012

УДК 53+37:002

ББК 22.3я431+74.026.843я431

С 232

Сборник научных статей международной школы-семинара "Ломоносовские чтения на Алтае" Барнаул, 20-23 ноября, 2012 : в 4 ч. – Барнаул : АлтГПА, 2012. – Ч.II. – 325 с.

ISBN 978-5-88210-653-8

Главный редактор: д-р физ.-мат. наук, профессор Е.Д. Родионов;

Редколлегия: д-р пед. наук, профессор А.В. Овчаров;

д-р физ.-мат. наук, профессор Г.И. Алгазин;

д-р физ.-мат. наук, профессор Г.В. Пышноград;

канд. пед. наук, доцент М.В. Афолина;

канд. пед. наук, доцент Д.П. Кошева;

канд. физ.-мат. наук, доцент С.С. Кузиков;

канд. физ.-мат. наук, доцент Т.И. Новичихина;

старший преподаватель Е.В. Пузырная.

Выпуск содержит материалы докладов, представленных на секциях: "Информационные технологии и системы в образовании", "Математическое моделирование объектов науки и техники", "Математическое моделирование экономических и социальных систем и процессов", "Физика конденсированного состояния вещества". В статьях сборника исследуются фундаментальные проблемы образования, актуальные проблемы естественных и гуманитарных наук.

Статьи могут быть интересны специалистам в области образования, науки и техники, аспирантам, студентам.

Издание сборника трудов стало возможным благодаря финансовой поддержке РГНФ (проект № 12-16-22500 г) и администрации Алтайского края.

ISBN 978-5-88210-653-8

© Алтайская государственная педагогическая академия, 2012

Секция 5. Информационные технологии и системы в образовании

Software implementation of frame-based model for decision making in case of faults in dehydrogenation plant working

N.S. Belinskaya

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk
ns_belinskaya@sibmail.com*

The Pacol-Define unit is the component part of the LAB-LABS unit of the limited company “Kinef”. Products, that are get in the Pacol-Define process, are used as the raw materials for benzene alkylation with olefins. As a result of this stage is linear alkylbenzenes (LAB) production. LAB are used as the parent substances for sulfonation with alkylbenzenesulfonates formation – basic components of the modern synthetic detergents [1].

The Pacol-process, adjusted by UOP company, is the catalytic process with the stationary layer of the Pt-comprising catalyst. It includes selective dehydrogenation of high-pure normal paraffin for receiving appropriate monoolefins. Define-process is intended for hydrogenation of dienes to the olefins on nickel-alumina catalyst. In the Define block the mixture of paraffin, olefins and dienes, that is received from Pacol block, is blended with hydrogenous gas and after the preliminary heating run through the catalyst layer in the Define-reactor. Reactionary mixture from the Define reactor is returned to the Pacol block [2].

The process, which is realized on the Pacol-Define unit, is dangerously explosive. Main risks of using equipment and pipe lines ride by high temperature and overpressure of the process, treatment monoolefins, benzene, which determine explosion- and fire hazard of manufacture. Extra dangerous is using HF-acid in the process as the catalyst. As the process in accompanied by formation the products in gas phase and fume, the gas contamination of territory can arises. Therefore it is ought to keep on intactness of equipment, instrument devices, which ensure safety of the process, and to repair marked deviations and faults in time. Thus, all unit stuff should be acquaint with possible deviations in work of the plant and, consequently, it is actual to create computer expert system for diagnostics the rejections causes in work of

dehydrogenation unit and making recommendations in emergency conditions for prevention possibility of injurities stuff and emission of oil product and HF-acid fume in working area and deleterious effect on environment. .

According to cumulative experience of the Pacol-Define unit exploitation and technological order the knowledge base was put together for productional-frame model of the rejection causes diagnostics in unit work have been built. The basis of the frame models are well structured knowledge [3]. Thus, the systematization and structuring large quantity of information about the process have been made. The model consists of three slots: “Deviations”, “Reasons” and “Recommendations”.

The program for diagnostics of the rejections causes in the working of unit was developed using object-aligned programming area Delphi 7.

The active window of the expert system is presented on the fig. 1.

Interface of developed program consists of technological scheme of dehydrogenation unit, description of main flows and three blocks: block “Deviations”, block “Reasons”, block “Recommendations”. After choice any apparatus on the technological scheme in the block “Deviations” possible emergency situations, concerned with chosen apparatus, have been appeared. After choice one emergency situation in the block “Reasons” possible causes of this situation have been appeared. Next, after choice some cause in the block “Recommendations” actions in emergency situation for it elimination have been appeared.

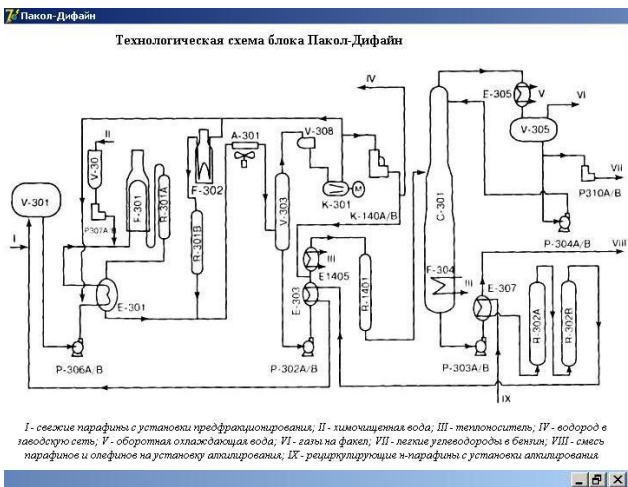
As the interface of the program is intuitively understandable and, hence, it isn't necessary to instruct the staff in skills of working with this system.

Advantage of developed expert system is that user can be as expert, that is under the emergency situation, which doesn't contain in the knowledge base, he can include new information in this, there by to extend problem area of the system.

Thus, developed intellectual system allows to teach dehydrogenation plant stuff operative actions in case of emergency situation for prevention possibility of injurities stuff and emission of oil product and HF-acid fume in working area and deleterious effect on environment.

Библиографический список

- [1] Bannov P.G. Oil-refining processes. — М. : CNIITNeftehim, 2001. — 625 p.



реактор R-301A

Отклонения

1. Повышение давления выше рабочего в реакторе R-301

Рабочее давление в реакторе: не более 200 кПа

2. Нарушение соотношения водород/диолефины:

Соотношение водород/диолефины: не менее 1,35

Причины

1. Нарушение работы цепи регулирования подачи водорода

2. Нарушение работы воздушного холодильника A-301

3. Нарушение работы сепаратора V-303

4. Нарушение работы каплеуловителя V-308

5. Пропуск ППК на выкзде компрессора K-301

Pic. 1. The active window of the computer modeling system

- [2] IT-technologies in solving of problems by industrial process of dehydrogenation of high paraffins / Kravtsov A.V., Ivashkina E.N., Juriev E.M., Ivanchina E.D. — Tomsk : STT, 2008. — 240 p.
- [3] System analysis of chemical-technological processes: study book / Kravtsov A.V., Ivashkina E.N., Sharova E.S., Ivanchina E.D. — Tomsk : TPU, 2008. — 96 p.

Преимущества и недостатки математического пакета wxMaxima

М.В. Адодина
АлтГПА
Pury103@mail.ru

Информационные технологии (ИТ) – залог комфорта современного общества. Ни один современный человек не станет отрицать огромную роль ИТ в его жизни. Современная жизнь, производство, здравоохранение и прочие сферы деятельности человека сегодня немыслимы без информационных технологий: каждая из сфер нуждается в переработке огромного количества информации, а также в информационном обслуживании. Несомненно, и система образования нуждается в информационных технологиях.

Информационная технология – это совокупность методов, производственных процессов и программно-технических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, обработку, хранение, передачу и отображение информации.

Цель ИТ – снижение трудоемкости процессов использования информационного ресурса и повышение их надежности и оперативности.

Информационные технологии можно разделить на обеспечивающие (ОИТ) и функциональные (ФИТ) [5].

Обеспечивающие технологии – это технологии обработки информации, которые могут использоваться как инструментарий в различных предметных областях.

Функциональные информационные технологии – это модификация обеспечивающих технологий для задач определенной предметной области, т.е. реализуется предметная технология.

Именно к функциональным информационным технологиям и можно отнести математический пакет Maxima.

Maxima – одна из программ, которая реализует символьные методы решения задач – методы, в которых используются формулы как последовательности символов, а результаты вычислений получаются в символьном виде.

Maxima – потомок Macsyma, легендарной системы компьютерной алгебры, разработанной в начале 60-х в MIT (Massachusetts Institute of Technology – Массачусетский технологический институт). Это единственная основанная на Macsyma система, все еще публично доступная и имеющая активное сообщество пользователей благодаря своей открытости. Macsyma произвела в свое время переворот в компьютерной алгебре и оказала влияние на многие другие системы, в числе которых Maple и Mathematica.

Работу над Maxima вел Уильям Шелтер с 1982 года и до своей кончины в 2001 году. В 1998 году он получил разрешение на публикацию исходного кода под лицензией GPL (General Public License – Стандартная Общественная Лицензия). Выживание Maxima стало возможным только благодаря его усилиям и способностям, которые поддерживали код DOE Macsyma актуальным и качественным. После его кончины была сформирована группа пользователей и разработчиков, ставящая своей целью донести Maxima до широкой аудитории [1, 4].

Maxima – консольная программа, и все математические формулы отображаются текстовыми символами: $x^2 + \sqrt{y}$. Но существует возможность использовать различные графические интерфейсы. Самые популярные: *wxMaxima* и TeXmacs.

Именно о графическом интерфейсе *wxMaxima* и пойдет речь (рис.1).

wxMaxima – OpenSource проект, доступный для многих платформ. Тем не менее, нужно признать, что по функциональности графические оболочки свободных систем аналитических вычислений пока уступают коммерческим аналогам. Удобный графический интерфейс является несомненным достоинством программы Mathematica, в то время как Maxima зачастую дает математически более строгие ответы, но графические надстройки частично решают эту проблему.

Графическая оболочка *wxMaxima* (входящая в комплект поставки дистрибутива Alt-Linux) предоставляет пользователю удобный и понятный интерфейс на русском языке и графическое окно для результатов расчета. Она имеет ряд преимуществ.

Отметим наиболее характерные:

- возможность свободного использования;
- возможность функционирования под управлением различных ОС (в частности Linux и Windows);

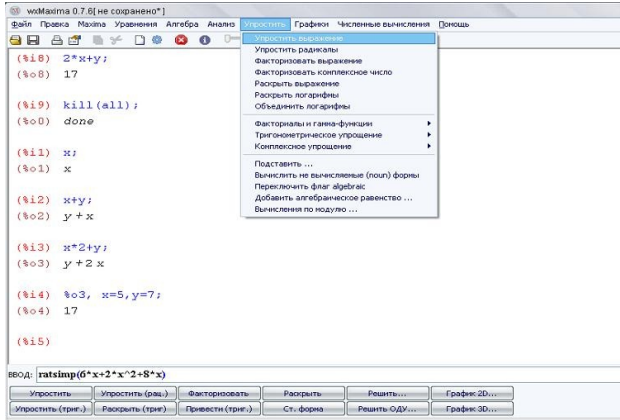


Рис. 1. Интерфейс математического пакета wxMaxima

- небольшой размер программы (дистрибутив занимает порядка 23 Мб, в установленном виде со всеми расширениями потребуется около 80 Мб);
 - близка к таким коммерческим программам, как Maple, Mathematica;
 - широкий класс решаемых задач, а именно, работает с:
 - ✓ символьными и численными выражениями;
 - ✓ системами линейных уравнений;
 - ✓ списками и векторами;
 - ✓ многочленами и множествами;
 - ✓ матрицами и тензорами;
- производит:
- ✓ дифференцирование;
 - ✓ интегрирование;
 - ✓ разложение в ряд;
 - ✓ преобразования Лапласа;
 - ✓ численные расчеты высокой точности, используя точные дроби, целые числа и числа с плавающей точкой произвольной точности;
 - ✓ решает обыкновенные дифференциальные уравнения;
 - ✓ позволяет строить графики функций и статистических данных в двух и трех измерениях;
- существуют расширения, которые добавляют множество опций;
 - упрощенный ввод наиболее часто используемых функций (через диалоговые окна), а не набор команд, как в классической Maxima;

- интерфейс программы на русском языке;
- возможность графического вывода формул;
- возможность работать в интерактивном режиме, вводя команды из командной строки и тут же получая результат (каждая строка нумеруется, что позволяет легко ссылаться на предыдущий ввод команды или на результат предыдущего вычисления);

- большинство команд wxMaxima загружаются автоматически (при работе в средах Maple и Mathematica необходимо помнить, какие команды находятся в библиотечных файлах и имена этих файлов, и, кроме того, нужно предварительно загружать эти библиотечные файлы);

- для редактирования научных текстов в wxMaxima может использоваться программа `texmacs`, которая позволяет экспортировать документы в ряд популярных форматов, включая TeX/LaTeX и HTML/MathML;

- программа имеет текстовый редактор, позволяющий редактировать параграфы, отдельные слова и отдельные символы: изменять тип шрифта (доступен любой шрифт, установленный в Windows), его начертание, цвет; имеется несколько стилей для параграфов и заголовков, функция поиска по шаблону;

- разделение окна ввода данных и области вывода результатов (в классической Maxima эти области объединены);

- документированность, а именно:

объемное справочное руководство описывает практически все встроенные функции системы. Это руководство интегрировано в программу в виде онлайн-справочника, оснащенного средствами поиска. Не прерывая работы с wxMaxima, можно легко найти необходимый справочный материал. Руководство уже переведено на несколько языков, и в настоящее время переводится на русский.

- имеет собственный язык программирования, основанный на лиспе – языке программирования, который предназначен в первую очередь для обработки символьной информации – поэтому на её базе любой желающий может написать программу, решающую ту или иную конкретную задачу.

Несмотря на все преимущества wxMaxima, она также имеет и недостатки.

Во-первых, wxMaxima – научный инструмент, но в ней отсутствуют графические методы решения задач (например, теория графов, которая реализована только на консольном уровне). Такой метод организации интерфейса часто отпугивает неподготовленных пользователей.

Во-вторых, в базовой комплектации wxMaxima отсутствуют некоторые возможности:

- ✓ решение диофантовых уравнений;
- ✓ булева алгебра;
- ✓ тензоры.

В-третьих, её интерфейс сводится к одной-единственной командной строке. Работа с пакетом происходит на уровне диалога с пользователем: вопрос-ответ [2].

Применение математических пакетов в учебном процессе играет очень значимую роль. Будучи самой первой системой аналитических вычислений, wxMaxima развивалась прагматически. В результате получилась программа, довольно простая в освоении и использовании людьми даже без специальной подготовки. Несмотря на выше перечисленные недостатки, преимущества математического пакета wxMaxima преобладают. И можно сделать вывод о том, что его можно применять в учебном процессе. Математический пакет wxMaxima идеально подходит как для изучения школьниками старших классов, так и для использования профессиональными математиками для проведения сложных расчетов и исследований.

Библиографический список

- [1] Бешенов А. Система компьютерной алгебры Maxima. — URL: <http://maxima.sourceforge.net/ru/> (дата обращения: 10.10.2012).
- [2] Гончарова М.А., Решетникова Н.В. Использование информационных и коммуникационных технологий в математическом образовании : учебно-методическое пособие. — Барнаул : АлтГПА, 2011. — 122 с.
- [3] Использование современных информационных и коммуникационных технологий в учебном процессе : учебно-методическое пособие / Тевс Д.П., Подковырова В.Н., Апольских Е.И., Афолина М.В. — Барнаул : БГПУ, 2006. — 111 с.
- [4] Методическое пособие по изучению математического пакета Maxima. — URL: <http://www.pmtf.msiu.ru/chair31/students/spichkov/maxima2.pdf> (дата обращения: 08.10.2012).
- [5] Современные информационные технологии и их классификация. — URL: http://technologies.su/klassifikaciya_it (дата обращения: 08.10.2012).

Применение численных методов для решения задач биоинформатики¹

А.А. Акиншин

АлтГТУ

andrey.akinshin@gmail.com

Введение

На сегодняшний день существует великое множество математических пакетов: MatLab, MathCad, Maple, Mathematica и многие другие. Они являются очень мощными платформами для проведения всевозможных математических изысканий. Однако, не смотря на успех в решении стандартных задач, многие программы такого рода не могут справиться с специфическими проблемами, возникающими в разных областях наук. Поэтому для подобных ситуаций приходится разрабатывать собственное программное обеспечение, способное провести необходимые расчёты и визуализировать результат. В настоящей статье речь пойдёт о некоторых задачах биоинформатики и о программной разработке **PhasePortraitAnalyzer**, созданной для их решения.

При разработке собственной программы для обработки математических моделей помимо решения основной целевой задачи так или иначе приходится реализовывать многие стандартные численные алгоритмы (например, решение полной проблемы поиска собственных векторов или решение задачи Коши). Желательно реализовать полный вариант каждого алгоритма со всеми его параметрами, оптимизировать основные вычисления и всё тщательно протестировать. Всё это требует очень много времени (не говоря о том, что это место для потенциальных ошибок), отвлекая программиста от решения основной задачи. Поэтому разумно воспользоваться стандартными решениями. Программный продукт **PhasePortraitAnalyzer** написан на C#, но в своём ядре использует язык программирования R (см. [3]). R - это свободная программная среда вычислений с открытым исходным кодом. На сегодняшний день R содержит более 4000 дополнительных пакетов, содержащих в себе десятки тысяч разнообразных функций. Поэтому решение всех стандартных задач вычислительной математики можно получить "из коробки". За исключением отсутствия стандартной визуальной оболочки, R не уступает по мощности

¹Работа выполнена при финансовой поддержке фонда РФФИ 12-01-00074

своим "коллегам", таким как Mathematica и MatLab, но при этом является бесплатным.

Математическая модель

Рассмотрим одну из задач математической биологии по анализу генных сетей (подробнее модель описана в [5]). Она определяется следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = f_1(x_{2k+1}) - x_1, \\ \dot{x}_2 = f_2(x_1) - x_2, \\ \dots \\ \dot{x}_{2k+1} = f_{2k+1}(x_{2k}) - x_{2k+1}, \end{cases} \quad (1)$$

где f_i - гладкие монотонно убывающие функции, $f_i(x_{i-1}) : [0; \infty) \rightarrow [0; \infty)$ для $i = 1, 2, \dots, 2k + 1$. В силу цикличности системы (1) будем считать, что для $i = 1$ имеем $x_{i-1} = x_{2k+1}$, $x_{i-2} = x_{2k}$ и т.п.

Вектор $X = (x_1, x_2, \dots, x_{2k+1})$ соответствует концентрациям веществ генной сети, убывание функций f_i моделирует обратные отрицательные связи, а сама функция определяет зависимость скорости синтеза вещества x_i от концентрации вещества x_{i-1} . В биологических интерпретациях для описания отрицательных связей обычно используют функцию Хилла: $f_i(w) = \alpha \cdot (1 + w^\gamma)^{-1}$, см. [5].

Подобные модели неоднократно обсуждались на различных конференциях (см. [6, 7, 1]).

Стационарные точки

Особый интерес при исследовании таких систем представляют стационарные точки (они соответствуют гомеостазу организма) и циклы (они соответствуют разным биологическим циклам, например, циркадным ритмам), см. [5, 9].

У динамической системы (1) существует ровно одна стационарная точка. Для доказательства этого факта исключим поочередно все переменные в системе уравнений $\{\dot{x}_i = 0\}$, сведя её к одному уравнению:

$$f_1(f_{2k+1}(f_{2k}(\dots(f_2(x_1))\dots))) = x_1. \quad (2)$$

В левой части этого уравнения находится композиция нечетного количества монотонно убывающих функций, которая сама является монотонно убывающей функцией. Отсюда можно сделать вывод, что уравне-

ние (2) обладает единственным решением, соответствующим единственной стационарной точке (более подробную информацию о поиске стационарных точек в подобных системах можно найти в [8]). Обозначим эту точку через $\mathbf{X}^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_{2k+1}^*)$.

Уравнение (2) не решается аналитически, но прекрасно подходит для численных расчётов. Зная x_1 несложно восстановить все остальные координаты стационарной точки:

$$x_2 = f_2(x_1), x_3 = f_3(x_2), \dots, x_n = f_n(x_{n-1}).$$

Для решения такой задачи в R существует функция *uniroot.all()* из пакета *rootSolve* (см. [4]). Для обеспечения высокой скорости расчётов, алгоритм сводится к поиску некоторой небольшой окрестности, содержащей решение, внутри которой проводится обратная интерполяция. Такой метод даёт адекватные результаты в большинстве задач, но для нахождения корня уравнения (2) в системах высокой размерности допускает непоправимые погрешности. Специфика анализа системы (1) заключается в том, что нам необходима максимально возможная точность, которую позволяет сохранить тип данных *double*. Поэтому для поиска стационарной точки в этой задаче приходится использовать собственный алгоритм для расчётов. Данная проблема является примером ситуации, в которой мы не можем всегда полностью полагаться на результаты вычислений математических пакетов — их всегда нужно проверять и, при необходимости, искать альтернативные пути проведения численных расчётов.

Циклы

Помимо поиска стационарных точек в биологических моделях важной задачей является описание всех циклов системы. В работе [5] предлагается алгоритм для поиска всех симметричных циклов системы (1), построенной на функциях Хилла. Указанный алгоритм сводит исходную многомерную систему к одному уравнению с запаздыванием:

$$\frac{dx}{dt}(t) = \frac{\alpha}{1 + x^\gamma(t - \tau)} - x(t). \quad (3)$$

Уравнение (3) подвергается сложному многоэтапному анализу, в результате которого можно получить полное описание симметричных циклов исходной системы (1). Моделирование уравнений с запаздывающим аргументом является темой отдельного исследования, однако численный алгоритм можно сделать более оптимальным, если заранее известен вид

функции (в нашем случае - (3)). Поэтому в PhasePortraitAnalyzer много внимания уделено именно моделированию систем специального вида.

Стоит отметить, многие из найденных циклов являются весьма неустойчивыми и требуют особо высокого уровня точности при их численном анализе. Программа PhasePortraitAnalyzer отвечает этим требованиям и справляется с моделированием. На рисунке 1 представлен пример визуализации произведённых расчётов в виде фазового портрета.

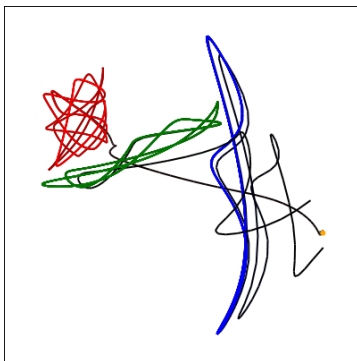


Рис. 1. Три цикла в пятнадцатимерной системе вида (1)

Дискретная модель

В работе [2] описывается двойственная дискретная структура к системе (1) под названием "граф кластеров". Анализ этого графа позволяет ограничить круг поиска периодических траекторий. Поэтому в алгоритм моделирования динамических систем программы PhasePortraitAnalyzer встроен соответствующий модуль, повышающий эффективность анализа системы. Предусмотрена также визуализация графа для более детального описания найденных циклов (см. рисунок 2).

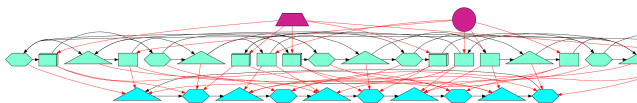


Рис. 2. Граф, представляющий пятимерную систему (1)

Основные возможности PhasePortraitAnalyzer

Часть комплекса PhasePortraitAnalyzer является мощной графической оболочкой для пакета R с возможностью удобного вызова некоторых алгоритмов и различными способами интерактивной визуализации результата. Однако, кроме этого программный продукт включает в себя ряд специфических численных алгоритмов для анализа ряда моделей, не имеющих аналогов в других математических комплексах. Например, один из модулей программы является реализацией алгоритма решения полной задачи поиска симметричных циклов в циклических системах специального вида (см. [5]). В качестве другого примера можно привести модуль, который генерирует граф кластеров системы (1) и позволяет его анализировать (см. [2]). Созданные проекты можно сохранять для последующей загрузки в виде XML-документа, но также поддерживается экспорт в форматы других математических пакетов.

Разработанный программный комплекс начиная с 2012 года используется на кафедре теоретической генетики НГУ при обучении студентов и аспирантов, специализирующихся в биоинформатике и смежных дисциплинах.

Благодарности

Автор благодарит Голубятникова В.П. из Института Математики им. С.Л. Соболева СО РАН за ценные консультации при разработке математической модели.

Библиографический список

- [1] Акинъшин А.А., Голубятников В.П. Некоторые математические и вычислительные задачи биоинформатики // Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных "Наука и молодёжь". — Барнаул : изд-во АлтГТУ, 2011. — С. 6–9.
- [2] Акинъшин А.А., Голубятников В.П. Циклы в симметрических динамических системах // Вестник НГУ. Серия: Математика, механика, информатика. — 2012. — Т. 12, № 2. — С. 3–12.
- [3] Официальный сайт языка R. — URL: <http://r-project.org/>.
- [4] Пакет "RootSolve" для языка R. — URL: <http://cran.r-project.org/web/packages/rootSolve/index.html>.

- [5] Теория генных сетей / Голубятников В.П., Демиденко Г.В., Евдокимов А.А. и др. // Системная компьютерная биология / Под ред. Н.А.Колчанова и С.С.Гончарова. — Новосибирск : СО РАН, 2008. — С. 395–480.
- [6] Akinshin A.A., Golubyatnikov V.P. Non-uniqueness of cycles in gene networks models // The eighth international conference on bioinformatics of genome regulation and structure systems biology. — 2012. — P. 28.
- [7] Akinshin A.A., Golubyatnikov V.P. On nonuniqueness of cycles in dissipative dynamical systems of chemical kinetics // VI-th international conference Solitons, Collapses and Turbulence: Achievements, Developments and Perspectives. — 2012. — P. 71–72.
- [8] Golubyatnikov V.P., Golubyatnikov I.V. On periodic trajectories in odd-dimensional gene networks models // Russian journal of numerical analysis and mathematical modeling. — 2011. — Vol. 28, no. 4. — P. 379–412.
- [9] Murray J.D. Mathematical biology. 1. An introduction. — 3-rd edition. — N.Y. : Springer-Verlag, 2002.

Информационно-методическое обеспечение учебного процесса в вузе

Т.Ю. Борданенко
АлмГПА
bordanenko@bk.ru

Одной из основных современных задач модернизации системы подготовки в высших учебных заведениях является формирование новой парадигмы образования, основу которой составляет идея интегрированной информационной среды вузов, разработки и использования в учебном процессе информационных и педагогических технологий. Подтверждением сказанного является и разработка нового проекта закона об образовании (принятого в первом чтении от 18.09.2012 N 792-6 ГД), в котором основательно прорабатываются вопросы применения информационных технологий в обучении и организации дистанционного образования посредством информационных технологий [2]. На сегодняшний день уже стало недостаточно ориентироваться на использование традиционного методического обеспечения учебного процесса.

Решение обозначенной выше проблемы видится на пути интеграции информационных и педагогических технологий при разработке и использовании в учебном процессе нового информационно-методического обеспечения. Предлагаемый вид обеспечения должен, на наш взгляд, включать в себя два самостоятельных и, в тоже время, взаимосвязанных и взаимодополняющих друг друга компонента – *учебно-методический* и *информационный*. Данный комплекс должен быть представлен в электронном виде, так, на наш взгляд, возможно максимальное достижение выполнения принципов открытости и доступности, а так же интенсификации учебного процесса.

Составляющими *информационного* компонента являются электронные образовательные ресурсы (ЭОР), учебно-методические материалы, электронные инструменты административной деятельности, программные средства. *Учебно-методический* компонент образовательного процесса [5]:

- обеспечивает уровень знаний, практических и профессиональных умений студента;
- способствует формированию у студентов продуктивных знаний, умений, а также развитию способности трансформировать знания и умения;
- позволяет активно внедрять инновационные методы в практику образовательного процесса, основанные на использовании современных достижений науки, информационных и дистанционных технологий в образовании;
- обеспечивает повышение качества подготовки путем развития у студентов творческих способностей и самостоятельности.

Информационные технологии играют ведущую роль при применении учебно-методического комплекса в конкретных учебных процессах. Под учебно-методическим комплексом (УМК) понимается система учебно-методических материалов, способствующих эффективному освоению учащимися учебного материала, входящего в учебную программу предмета (блока дисциплин) плана подготовки учащихся по одной из специальностей (направлению) [8]. Другими словами, УМК представляет собой совокупность составляющих: программ, учебников, методических рекомендаций для учителя и обучающихся, рабочих и проверочных тетрадей, практических заданий, лабораторных работ, тестов или других материалов, дающих возможность осуществления самоконтроля, карточек, ил-

люстративных материалов и пр., все это полностью или частично может быть выполнено на цифровых носителях.

УМК предназначен для систематизации теоретических знаний и оказания помощи в их изучении, формирования практических навыков работы, как в предметной, так и в метапредметной областях.

Идея использования учебно-методических комплексов не является новой. В российской (советской) педагогике она находит свои истоки в конце 80-х - начале 90-х годов XX века в работах В. П. Беспалько [1], В. М. Монахова [3], Ю. Г. Татура [9], В. Л. Шатуновского [11] и других исследователей. С развитием средств обучения, в частности компьютерных, приверженцами идеи создания программно-методических комплексов на информационной основе стали А. А. Андреев, В. И. Боголюбов, Н. А. Ключко, О. А. Козлов, И. М. Шлапаков и другие ученые [4].

Под ЭУМК понимается совокупность структурированных учебно-методических материалов, объединенных посредством компьютерной среды обучения, обеспечивающих полный дидактический цикл обучения и предназначенных для оптимизации овладения студентом профессиональных компетенций в рамках учебной дисциплины [10].

ЭУМК должны создаваться на высоком научном и методическом уровне и полностью соответствовать требованиям государственного образовательного стандарта и рабочей программы. ЭУМК, прежде всего как учебное средство, должен отвечать традиционным дидактическим и методическим принципам [7, 6]:

- *научность*: достаточная глубина, корректность и научная достоверность изложения содержания учебного материала;
- *доступность*: соответствие теоретической сложности и глубины изучения учебного материала соотношению возрастным и индивидуальным особенностям студентов;
- *наглядность*: учет чувственного восприятия изучаемых объектов, их макетов или моделей;
- *сознательность*: обеспечение средствами ЭУМК самостоятельных действий студентов по извлечению учебной информации при четком понимании конечных целей и задач учебной деятельности;
- *систематичность и последовательность*: последовательность усвоения студентами определенной системы знаний в изучаемой предметной области.

Анализ литературы позволяет нам констатировать мнения педагогов о том, что грамотное использование ЭУМК в учебном процессе позволяет:

- интенсифицировать и индивидуализировать учебный процесс;
- реализовать реальный выбор индивидуальной образовательной траектории;
- в большей степени активизировать самостоятельную и познавательную деятельность студентов;
- задавать необходимый уровень усвоения учебного материала, обеспечивая при этом высокую мотивацию в получении знаний, навыков и практических умений;
- производить оперативный мониторинг процесса усвоения знаний, формирования навыков и умений, будущих специалистов на технологической основе;
- вести коррекционную работу за счёт чёткой и своевременной диагностики уровня подготовки каждого обучающегося и группы в целом, обеспечивающей полноценную информированность преподавателя.

Изученная литература по вопросам создания и применения ЭУМК в учебном процессе позволяет нам сформулировать следующую **гипотезу**: эффективность подготовки студентов по конкретной дисциплине повысится, если использовать в учебном процессе ЭУМК,

соответствующий:

- нормативам образования в вузе;
- учебному плану подготовки и рабочей программе дисциплины;
- требованиям к разработке и использованию электронных образовательных ресурсов;

способствующий:

- реализации принципа открытости образования;
- индивидуализации и дифференциации обучения;
- организации самостоятельной работы студентов;

- организации обратной связи с обучающимися и оперативного мониторинга процесса усвоения знаний, формирования навыков умений будущих специалистов.

На проверку данной гипотезы направлено научно-педагогическое исследование, проводимое в рамках магистерской диссертации “Информационно-методическое обеспечение учебного процесса (на примере обучения студентов по курсу “Информатика”)”.

Суть исследования заключается в изучении и анализе теоретических основ разработки и использования в учебном процессе информационно-методического обеспечения, разработке ЭУМК по дисциплине “Информатика” и его внедрении в учебный процесс студентов 1 курса бакалавриата по направлению подготовки “Педагогическое образование”, профиль подготовки – “Информатика и математика”, анализе эффективности применения ЭУМК.

Библиографический список

- [1] Беспалько В.П. Основы теории педагогических систем. — Воронеж, 1977. — 240 с.
- [2] Закон Российской Федерации от 10 июля 1992 года № 3266-1 “Об образовании”. — URL: <http://www.lexed.ru/zakon3266> (дата обращения: 26.10.2012).
- [3] Монахов В.М., Кудрявцев Л.Д. и др. Современные проблемы преподавания математики и информатики. — М. : Фазис, 2005. — 384 с.
- [4] Образцов П.И. Психолого-педагогические аспекты разработки и применения в вузе информационных технологий обучения / Монография. — Орел, 2000. — 131 с.
- [5] Положение о методическом сопровождении образовательной деятельности университета. — URL: http://www.ruc.su/upload/norma/70poloj_msod.pdf (дата обращения: 26.10.2012).
- [6] Преподавание в сети Интернет : учебное пособие / отв.редактор В.И. Солдаткин. — М. : Высшая школа, 2003. — 792 с.
- [7] Роберт И.В. Информационно-предметная среда со встроенными элементами технологии обучения // Педагогическая информатика. — 1995. — № 2. — С. 15–17.

- [8] Стандарт учебно-методического комплекса дисциплины. — URL: http://www.uni-altai.ru/educ/cnmoup/akti_cnmoup/666-polozhenie-ob-umks.html (дата обращения: 26.10.2012).
- [9] Татур Ю.Г., Беспалько В.П. Системно-методическое обеспечение учебно-воспитательного процесса подготовки специалистов. — М., 1989. — 143 с.
- [10] Шалкина Т.Н. Проектирование учебной деятельности студентов на основе электронных учебно-методических комплексов // Педагогическая информатика. — 2008. — № 1. — С. 53–57.
- [11] Шатуновский В.Л. Методические указания по курсу “Методические и организационные основы учебного процесса”. Построение программ обучения. — М. : МЭИ, 1980. — 25 с.

Электронные учебные пособия в преподавании математических дисциплин в вузе

Е.К. Борзенко, А.М. Ерёмин

АГАО, г. Бийск

borzenkoek@rambler.ru, eam77@yandex.ru

Современный период развития общества характеризуется мощным влиянием на него информационных технологий, которые проникают во все сферы человеческой деятельности, в том числе и в образование. В настоящее время в России идет становление новой системы образования, ориентированной на вхождение в мировое информационное образовательное пространство. Информатизация и компьютеризация становятся ведущими тенденциями развития современного образования.

Этот процесс сопровождается существенными изменениями в теории и практике учебного процесса, технологиях обучения. Происходящие реформы в системе образования оказывают влияние на традиционные формы организации учебного процесса. Изменения коснулись даже такой традиционной формы вузовского обучения как лекция. Появились новые формы лекций: видеолекция, слайд-лекция и другие.

В настоящее время в связи с переходом российских вузов на двухуровневую систему образования происходит уменьшение аудиторных часов на дисциплину в пользу существенного увеличения доли самостоятельной

работы. Новые стандарты двухуровневой системы высшего профессионального образования усиливают роль самостоятельной работы студентов.

Помимо этого необходимо учитывать и изменения, происходящие в образовательной ситуации конкретного вуза. Не только периферийные, но и ведущие вузы говорят сегодня о снижении уровня математической подготовки и общей культуры абитуриентов.

Таким образом, изменения в социокультурных, экономических, политических условиях развития страны, а также проблемы образовательной ситуации конкретного вуза требуют от преподавателя пересмотра организационных подходов к процессу обучения.

Один из путей решения указанных проблем мы связываем с созданием электронных учебных пособий (ЭУП).

Электронное учебное пособие – издание, выполненное на электронных носителях, включающее логически связанные дидактические единицы, включающее все компоненты учебного процесса.

ЭУП мы понимаем шире, чем электронный учебник.

Электронный учебник предназначен для самостоятельного изучения теоретического материала курса и построен на гипертекстовой основе, позволяющей работать по индивидуальной образовательной траектории [2].

Основой ЭУП является его интерактивная часть, которая может быть реализована только на компьютере. В нее входят: электронный учебник, электронный справочник, тренажерный комплекс, задачник, тестирующая система.

Нами разработаны медиакурсы "Аналитическая геометрия на плоскости и в пространстве", "Дифференциальные уравнения" по разделу математики для студентов направления физико-математическое образование.

Первый включает в себя электронный учебник, справочные таблицы, образцы решения основных типов задач, блок контроля, глоссарий, приложение (Рис. 1).

Первый блок представляет собой электронный учебник. Он содержит лекционный материал по темам: 1) аналитическая геометрия на плоскости, 2) аналитическая геометрия в пространстве.

Блок "Справочные таблицы" включают шесть таблиц:

- основные задачи аналитической геометрии на плоскости и пространстве;
- прямая на плоскости (способы задания и уравнения);



Рис. 1.

- кривые второго порядка (канонические уравнения и основные характеристики кривых);
- плоскость (способы задания и уравнения);
- прямая в пространстве (способы задания, уравнения, основные формулы);
- поверхности (канонические уравнения и рисунки поверхностей 2-го порядка).

Следующий раздел содержит образцы решения основных типов задач по аналитической геометрии, которые могут быть использованы студентами при выполнении контрольной работы и подготовке к зачету в межсессионный период.

Блок контроля помогает студентам организовать самоконтроль и подготовиться к зачету. В качестве тренажера могут использоваться компьютерные тесты, которые обеспечивают, с одной стороны, возможность самоконтроля для студентов, а с другой – возможность организации текущего контроля для преподавателя.

Глоссарий помогает в любое время оперативно получить необходимую справочную информацию. Он содержит основные понятия, определения и формулы, которые используются при изучении аналитической геометрии на плоскости и в пространстве (Рис. 2). Поиск терминов организован по алфавиту.

Завершает ЭУП список литературы и приложение. Приложение состоит из четырех презентаций к теоретическому материалу, содержащемуся в первом разделе.

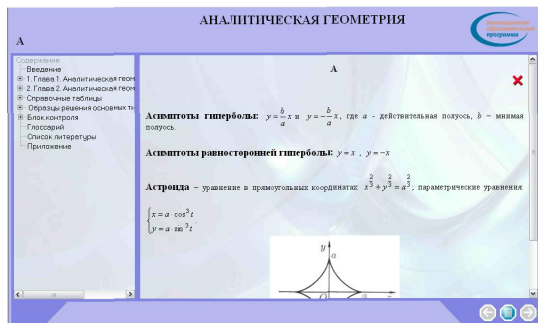


Рис. 2.

Наглядные пособия (презентации, справочные материалы, тесты) помогают усвоению изучаемой темы. Можно отобразить все графики, если необходимо показать какой-то динамический процесс, что значительно повышает наглядность, облегчает понимание учебного материала.

В содержание пособия включается информация как дублирующая, так и дополняющая содержание дисциплины.

Разработанный курс "Дифференциальные уравнения" представляет собой учебно-методическое пособие по дисциплине "Дифференциальные уравнения". Это электронное учебное пособие создано на языке HTML с использованием JavaScript.

Помимо теоретических сведений, образцов решения задач, контрольной работы из 25 вариантов пособие содержит примеры, иллюстрирующие применение дифференциальных уравнений к решению различных научных задач (доказательство закона Ома с использованием дифференциальных уравнений, применение дифференциальных уравнений к изучению колебательных явлений, вывод уравнения теплопроводности для стержня).

Мы видим два способа внедрения разработанных в образовательную практику:

- 1) для методического дополнения к учебному курсу (презентации, справочные таблицы, образцы решения типовых задач могут использоваться на лекциях и практических занятиях);
- 2) для самостоятельной работы студентов (гипертекстовая структура пособия позволяет студенту определить не только оптимальную траекторию изучения материала, но и удобный темп, соответствующий психофизиологическим особенностям его восприятия).

Созданные учебные пособия помогают студенту совершенствовать самостоятельную работу, поскольку:

- облегчают понимание изучаемого материала за счет иных, нежели в печатной учебной литературе, способов подачи материала: индуктивный подход, воздействие на слуховую и эмоциональную память и т.п.;
- допускают адаптацию в соответствии с потребностями, возможностями и амбициями студента;
- позволяют использовать компьютерную поддержку для решения большего количества задач, для самопроверки на всех этапах работы, освобождая время для анализа полученных решений.

Для преподавателя разработанные пособия дают возможность по-новому организовать учебный процесс за счет того, что

- позволяют выносить на лекции и практические занятия материал по собственному усмотрению, возможно, меньший по объему, но наиболее существенный по содержанию, оставляя для самостоятельной работы с электронным пособием то, что оказалось вне рамок аудиторных занятий;
- освобождают от утомительной проверки домашних заданий, типовых расчетов и контрольных работ, передоверяя эту работу компьютеру;
- дают возможность оптимизировать соотношение количества и содержания примеров и задач, рассматриваемых в аудитории и задаваемых на дом;
- помогают индивидуализировать работу со студентами, особенно в части, касающейся контрольных мероприятий.

Пособия размещены на внутреннем сайте физико-математического факультета и доступны всем желающим.

Библиографический список

- [1] Зими́на О.В., Кириллов А.И. Рекомендации по созданию электронного учебника. — URL: http://hardclub.donntu.edu.ua/rus/etc/recom_comm.htm.

- [2] Можаяева Г.В. Как подготовить мультимедиакурс? — Томск : ООО "Графика", 2006. — 41 с.

Применение информационных технологий при изучении физики и электротехники

А.В. Григорьева, А.П. Климин
АСТ, р.п. Степное Озеро
tichonovaab@mail.ru

Внедрение в учебный процесс активных методов обучения с применением современных информационных технологий и технических средств с целью повышения уровня формируемых знаний и умений выпускаемых специалистов – важная и ответственная задача.

Проблема, с которой в настоящее время столкнулось среднее образование – это нехватка измерительного оборудования для проведения лабораторных и демонстрационных работ по учебным дисциплинам физика и электротехника. Имевшееся оборудование отжило свой век, а нового или нет, или оно чрезвычайно дорого стоит. Поэтому возникла идея на базе персонального компьютера создать весь парк приборов, необходимых как для эксперимента в средне-специальных учебных заведениях.

Компьютер заменил вольтметры, амперметры, генератор сигналов, осциллограф, частотомер и прочие необходимые приборы применяемые, как в электротехнике, так и в физике.

В настоящее время предлагаются следующие комплекты работ применяемые в Алтайском строительном техникуме, для студентов, обучающихся по специальности “Электрификация и автоматизация сельского хозяйства”, при изучении физики и электротехники:

1. Изучение последовательного и параллельного соединения проводников.
2. Исследование зависимости мощности, потребляемой лампой накаливания от напряжения на её зажимах.
3. Затухающие колебания в контуре.
4. Явление резонанса в электрическом контуре, зависимость резонансной частоты от параметров контура.
5. Конденсатор в цепи переменного тока.

6. Индуктивность в цепи переменного тока.
7. Зарядка и разрядка конденсатора.

Выполнение лабораторных работ на основе автоматизированного вычислительно-управляющего комплекса позволит студентам экспериментально увидеть влияние тех или иных факторов на физическую картину процессов, протекающих в колебательном контуре, в цепях переменного тока, и освободит их от рутинного рисования зависимостей по точкам. Позволит еще на занятии, совместно с преподавателем, объяснить полученные закономерности, выдвинуть гипотезы и тут же проверить их экспериментально.

По градации сложности лабораторные работы и парк имитируемых приборов могут иметь широкий спектр. Комплекс имитирует осциллографы, генераторы сигналов различной формы, анализаторы импульсов, вольтметры, амперметры и т.п.

В некоторых случаях устанавливается связь между информационными технологиями и другими естественными предметами.

Студенты сами на занятиях информационных технологий смогут создавать новые приборы и совершенствовать уже имеющиеся. Например, в микропроцессорной технике можно предложить лабораторные работы по колебаниям, переменному току, измерению частот и т.д.

В Алтайском строительном техникуме во многих компьютерных аудиториях уже установлена программа “Начало электротехники”, которая применяется на занятиях электротехники, где студенты могут составлять различные схемы, состоящие из резисторов, конденсаторов, генераторов, электродвигателей, и других электро- и радио-приборов.

Виртуально-измерительный комплекс лаборатории содержит практически весь набор измерительных приборов электрического и радиотехнического назначения и источников сигналов любого спектрального состава.

В отличие от измерительных приборов, которые сами визуализируют результаты анализа, в библиотеку модулей компонентов включены компоненты – измерители, содержащие дополнительный информационный вывод. С его помощью компонент - измеритель подсоединяется к средствам визуализации результатов анализа, таких как график и таблица.

Данную виртуальную лабораторию можно применять и в рамках заочного обучения, преподавателями спецдисциплин. Краткая теоретическая информация и программа выполнения каждой работы курса приведены в электронном гипертекстовом виде. Это средство делает данную виртуальную лабораторию приемлемой для самостоятельной работы студентов как очной формы обучения так и заочной.

Библиографический список

- [1] Шидловский В.С. Информационные технологии в обучающих системах. — Томск : ТУСУР, 2004.

Использование информационных технологий на уроках математики в школе

Е.Н. Дронова, Н.В. Третьякова

АлмГПА

end@uni-altai.ru, nadiya_tretyakova@mail.ru

Стремительное развитие информационных и коммуникационных технологий является одним из факторов развития мирового сообщества XXI века. Цивилизация неуклонно движется к построению информационного общества, где решающую роль играют информация и научные знания.

Вместе с тем, задачей школы является не только передача научных знаний учащимся, но и развитие у них познавательных интересов, творческого отношения к делу, стремления к самостоятельному “добыванию” и обогащению знаний и умений, применения их в своей практической деятельности. На решение этой задачи нацелены все школьные учебные предметы, не является исключением и математика.

Математика объективно является наиболее трудоемким учебным предметом, требующим от учащихся постоянной и значительной по объему самостоятельной работы, причем весьма специфичной и разнообразной. Поэтому одной из главных задач учителя математики является формирование и развитие навыков изучения математики, элементов культуры учения и мышления. Для этого необходимо детально проработать как содержательный аспект обучения, так и технологический. В связи с этим, важное значение имеет грамотный отбор из всего многообразия методов, форм, технологий таких, которые приведут учащихся к усвоению математических понятий и положений, позволят развивать познавательные способности учащихся, их активность в учебной деятельности, а также обеспечат формирование и развитие коммуникативных компетенций учащихся.

Кроме того, постоянная умственная нагрузка на уроках математики заставляет задуматься над тем, как поддержать интерес учащихся к изучаемому предмету, активность их учебной деятельности на протяжении всего урока.

Решению этих задач способствует использование на уроках математики в школе информационных технологий.

Что же следует понимать под информационными технологиями? *Информационные технологии* – это сочетание технических возможностей вычислительной техники, электросвязи, информатики, направленное на отбор, накопление, анализ и доставку информации потребителям [3].

Информационные технологии, используемые в обучении математики, можно классифицировать по различным основаниям. Анализ и систематизация основных подходов к информационным образовательным технологиям позволили принять следующую их классификацию [2, 3, 4, 5]:

1) *по области методического назначения:*

– обучающие (сообщают знания, формируют умения, навыки учебной или практической деятельности, обеспечивая необходимый уровень усвоения);

– тренажёры (предназначены для отработки разного рода умений и навыков, повторения или закрепления пройденного материала);

– информационно-поисковые и справочные (сообщают сведения, формируют умения и навыки по систематизации информации);

– демонстрационные (визуализируют изучаемые объекты, явления, процессы с целью их исследования и изучения);

– имитационные (представляют определенный аспект реальности для изучения его структурных или функциональных характеристик);

– лабораторные (позволяют проводить удаленные эксперименты на реальном оборудовании);

– моделирующие (позволяют моделировать объекты, явления, процессы с целью их исследования и изучения);

– расчетные (автоматизируют различные расчеты и другие рутинные операции);

– учебно-игровые (предназначены для создания учебных ситуаций, в которых деятельность обучаемых реализуется в игровой форме);

2) *по степени полноты обучающих функций, возлагаемых на компьютер:*

– программы, выполняющие отдельные функции управления обучением;

– программы, реализующие законченный фрагмент обучения в целом;

– программы, производящие автоматизированное управление всем учебным курсом;

3) *по особенностям взаимодействия обучающегося с компьютером:*

– недиалоговые программы, жёстко предписывающие последовательность действий;

- программы с различными типами диалога (деловым, педагогическим и др.);

- диалоговые программы с возможностью постановки обучающимися задач по своему усмотрению;

4) *по способу управления учебной деятельностью:*

- программы, осуществляющие разомкнутое или цикличное управление;

- программы, управляющие по принципу белого или чёрного ящика;

- программы с управлением по ответу или по процессу;

5) *по уровням индивидуализации образования:*

- средства, осуществляющие индивидуальное образование;

- средства, осуществляющие адаптивное образование;

- средства, осуществляющие индивидуализированное образование;

- программы для межличностного образовательного процесса (в сотрудничестве);

6) *по форме представления учебного материала:*

- текстовая книга;

- статичная иллюстрированная книга (“в картинках”);

- книга с анимацией или со звуковым сопровождением;

- мультимедиа-книга (текст, звук, изображения, видеоклипы);

- гипермедиа-книга – мультимедиа-книга, использующая гипертекст с целью нелинейного представления знаний;

Информационные технологии могут применяться на уроках математики различных видов. Каждый конкретный урок того или иного вида требует своего типа программных средств.

Так, на *уроках освоения нового материала* нужна демонстрационная программа, которая позволит в доступной, наглядной форме довести до учащихся теоретические сведения. Немалую популярность в этом направлении приобрели редакторы компьютерных презентаций (например, Microsoft PowerPoint, OpenOffice.org Impress). Использование их в учебном процессе позволяет одновременно воздействовать на различные каналы восприятия учащихся (слуховой, зрительный), что облегчает запоминание учебной информации.

Что же представляет собой компьютерная презентация? Чтобы ответить на этот вопрос проведем аналогию с обычной книгой. Книга состоит из страниц, и презентация тоже состоит из страниц, но только электронных, которые кроме текста могут содержать также мультимедийные объекты (графику, анимацию, видео, звук). Электронные страницы презентации называются слайдами. Созданные слайды позволяют вывести на

экран необходимый материал, что дает возможность и учителю, и учащимся вести диалог через компьютер.

Особо хотелось бы отметить значимость включения в презентацию видеофрагмента. Его нельзя использовать только ради демонстрации. Применять его можно только тогда, когда включение видеофрагмента в урок будет содействовать развитию познавательного интереса школьников к математике, формированию математических знаний и умений, первичному закреплению и проверке знаний учащихся.

На уроках закрепления целесообразно использовать математические тренажеры для усвоения теоретических знаний и тренировки учащихся в решении различных типов задач. Современные математические тренажеры представляют собой интерактивные пособия, нацеленные на отработку тех или иных алгоритмов решения математических задач, что обеспечивается через различные вариации учебных заданий с всевозможными числовыми данными. На сегодняшний день существуют не только математические тренажеры, относящиеся к проприетарному программному обеспечению, но и математические тренажеры свободного распространения и использования.

В этой связи, немалый интерес представляет персональный сайт “Компьютерные программы по математике”, расположенный по адресу <http://pcmath.ru/?parent=1&page=1>. Этот сайт предназначен в первую очередь для учащихся и учителей общеобразовательных учреждений, для студентов и преподавателей вузов. Здесь можно найти и свободно скачать бесплатные русские версии программ, ориентированные на использование в учебном процессе, в частности, различные математические тренажеры.

На уроках контроля и оценки знаний учащихся целесообразно использовать компьютерное тестирование. Компьютерное тестирование как эффективный способ проверки знаний находит в образовании все большее применение. Одним из его достоинств является минимум временных затрат на получение надежных итогов контроля, и получение результатов практически сразу по завершении контролирующего теста. Кроме того, результаты автоматизированного тестирования лучше поддаются анализу, чем субъективно выставляемые оценки.

Применение компьютерных тестов при проверке знаний является экономически выгодным и обеспечивает повышение эффективности учебного процесса, объективности оценки уровня знаний и является рациональным дополнением к другим методам проверки знаний.

Немаловажную роль, при использовании компьютерного тестирования, играет выбор программ для тестирования знаний, разработки и создания тестов. Одной из популярных свободно распространяемых про-

грамм этого назначения является программа MyTest.

В завершении статьи, выделим преимущества использования информационных технологий при обучении математике в сравнении с традиционными. Использование информационных технологий при обучении математике позволяет:

- *сделать учебный процесс интересным*, с одной стороны, за счет новизны и необычности такой формы работы для учащихся, а с другой, сделать его увлекательным и ярким, разнообразным по форме за счет использования мультимедийных возможностей современных компьютеров;

- *эффективно решать проблему наглядности обучения*, расширить возможности визуализации учебного материала, делая его более понятным и доступным для учащихся, свободно осуществлять поиск необходимого школьникам учебного материала в удаленных базах данных благодаря использованию средств телекоммуникаций, что в дальнейшем будет способствовать формированию у учащихся потребности в поисковых действиях;

- *индивидуализировать процесс обучения* за счет наличия разноуровневых заданий, за счет погружения и усвоения учебного материала в индивидуальном темпе, самостоятельно, используя удобные способы восприятия информации, что вызывает у учащихся положительные эмоции и формирует положительные учебные мотивы;

- *раскрепостить учеников при ответе на вопросы*, так как компьютер позволяет фиксировать результаты (в том числе без выставления оценки), корректно реагирует на ошибки;

- *самостоятельно анализировать и исправлять допущенные ошибки*, корректировать свою деятельность благодаря наличию обратной связи, в результате чего совершенствуются навыки самоконтроля;

- *осуществлять самостоятельную учебно-исследовательскую деятельность* (моделирование, разработку презентаций, публикаций и т.д.), развивая тем самым у школьников творческую активность [1, 3].

Таким образом, использование информационных технологий при обучении математике способствует более качественному усвоению учащимися учебного содержания, развитию их способностей и познавательного интереса к математике. В результате педагогические воздействия учителя становятся более демократичными, а учащиеся учатся самостоятельно организовывать, контролировать и корректировать в случае необходимости учебную деятельность. Использование информационных технологий содействует развитию творческих способностей учащихся и постепенному вхождению их в реальный мир взрослых, производственную деятельность современного человека.

Библиографический список

- [1] Верцагина Н.А. Возможности применения ИКТ при изучении математики в средней школе. — URL: <http://www.openclass.ru/node/290638> (дата обращения: 26.09.2012).
- [2] Информационные технологии в образовании. — URL: <http://physics.herzen.spb.ru/teaching/materials/gosexam/b25.htm> (дата обращения: 23.10.2012).
- [3] Полат Е.С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования. — М. : Академия, 2010. — 365 с.
- [4] Сайков Б.П. Организация информационного пространства образовательного учреждения: практическое руководство. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. — 406 с.
- [5] Хуторский А.В. Педагогическая инноватика: учебное пособие для студентов вузов, обучающиеся по педагогической специальности. — М. : Академия, 2010. — 255 с.

Опыт использования ИКТ на уроках истории и обществознания

А.Б. Евтушенко

Лицей № 2, г. Камень-на-Оби

ABE_70@mail.ru

Современное общество и образование уже не в состоянии обходиться без компьютерной техники. Знание вычислительной техники позволяет человеку уверенно чувствовать себя в любых жизненных ситуациях.

Внедрение новых государственных образовательных стандартов общего образования на основе компетентностного подхода, новых образовательных технологий и принципов организации учебного процесса, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий выдвигают следующие требования к школе будущего:

- школа должна развить творческий потенциал каждого ученика, т.е. осуществлять личностный подход в процессе обучения;
- школа должна научить ученика учиться, научить работать с информацией;

- и учителя и ученики должны овладеть информационными и телекоммуникационными технологиями.

Возникает необходимость перестраивать традиционный урок, ориентируясь на требования к образованию современного общества и человека.

Современный учитель должен научить школьника не только тем знаниям и умениям, которые требует от него государственный стандарт, но и помочь творческим умам, жаждущим исследовать неизвестные области.

“Уроки с использованием презентаций, интерактивных тестов и кроссвордов создают условия для повышения мотивации обучения, развивают познавательный интерес к истории и обществознанию, активизируют учебную деятельность, способствуют эмоциональному и духовному развитию ученика” [1].

К активному использованию ИКТ на уроках побудило следующее:

- повышение уровня профессиональной культуры;
- снижение трудоемкости процесса контроля и консультирования;
- развитие плодотворного сотрудничества с учащимися;
- возможность использования чужого опыта и методических разработок;
- повышение авторитета среди учащихся;
- повышение авторитета среди коллег.

Опыт показывает, что усвоение информации именно на уроках истории вызывает у детей наибольшие затруднения. Причины этого в следующем:

- большой объем информации;
- неумение работать с информацией;
- отсутствие наглядных пособий по истории;
- отсутствие таблиц, схем в учебниках (вся информация текстовая);
- некоторые темы являются достаточно сложными;

Современные информационные и коммуникационные технологии обладают уникальными дидактическими возможностями. Выделим те из них, которые уже используются в практике педагогической работы. ИКТ позволяют:

- представлять обучаемому информацию в различной форме: текст, графика, аудио, видео, анимация и т.д.;
- выдавать большой объем информации по частям, поэтому изучаемый материал усваивается легче, чем материал учебников и статей;
- активизировать процессы восприятия, мышления, воображения и памяти;
- мобилизовать внимание ученика;
- печатать, воспроизводить и комментировать информацию;
- выходить в мировое информационное сообщество;
- использовать информационные образовательные ресурсы в учебных целях.

Все это позволяет решать следующие задачи:

- облегчить формирование у учащихся основных понятий по изучаемой теме, так как дети могут несколько раз пройти на компьютере новый материал, обратиться к справке и т.д.;
- подготовить к самостоятельному усвоению дисциплин;
- выявлять и развивать индивидуальные способности;
- овладевать конкретными знаниями, необходимыми для применения в практической деятельности;
- интеллектуально развивать учащихся.

“В современных условиях главной задачей образования является не только получение учениками определенной суммы знаний, но и формирование у них умений и навыков самостоятельного приобретения знаний. В современной школе учащимся важно научиться ориентироваться в бурном потоке информации, выделять главное, обобщать, делать выводы” [2].

Вот основные формы использования ИКТ на уроках истории и обществознания:

Мультимедийные презентации используются для рассмотрения спорных и проблемных вопросов истории. Учащиеся активно использовать презентации при подготовке сообщений и рефератов. При этом они не только углубляют и расширяют знания по теме, но и активно мыслят,

привлекают для решения проблемы, ранее полученные знания, проводят синтез, анализ, обобщение и выводы, способствующие всестороннему самостоятельному рассмотрению поставленной задачи. Все это стимулирует мыслительную активность, развивает творческие способности учащихся, способствует эмоциональному удовлетворению и самоутверждению в глазах окружающих. В этом случае компьютер выступает как инструмент творчества, но одновременно идет процесс освоения, изучения богатых, часто скрытых возможностей компьютера.

Использование электронных учебников и пособий

Большой интерес и практическое применение имеют электронные учебники. Прежде всего, это электронное издание “Всеобщая история”: история Древнего мира, история Средних веков, история Нового времени; компьютерный учебник Т.С. Антоновой, А.Л. Харитоновой, А.А. Даниловой, Л.Г. Косулиной “История России. XX век. Клио Софт”; Атлас Древнего мира, электронные энциклопедии.

Несомненными достоинствами электронных учебников является наличие возможностей его применения практически во всех видах учебной и самостоятельной работы.

В ходе фронтальных занятий при объяснении ученикам нового материала используются:

- озвученные “экранные” лекции как есть;
- озвученная “экранный” лекция, но с подобранным самим учителем видеорядом (по материалам издания);
- только видеоряд, заданный к текущей теме;
- подобранный учителем видеоряд к заданной теме;
- отдельные, отобранные учеником, иллюстрации в режиме управляемого слайд-шоу;
- составление план-конспекта.

Контроль знаний:

Проверка усвоения материала осуществляется в процессе ответов на серию тестовых вопросов.

Простейшим является тест с выбором одного или нескольких вариантов ответов из предлагаемого набора.

Второй тип вопросов – приведение в соответствие таблиц.

Третий тип вопроса – выбор названия термина по его описанию. Вам предлагается список альтернатив, из которых ученики должны выбрать ту, которая соответствует приведенному описанию.

Последний, *четвертый тип вопроса* – кроссворд, предлагается всякий раз новый и никогда не повторяется. При неоднократном затруднении с ответами следует вновь возвратиться к соответствующей теме или познакомиться с дополнительными учебными материалами к ней.

Помимо тестовых заданий активно используются:

“Расшифруй послание” – это тексты, стилизованные под характер исторической эпохи, события которой изучаются в этом классе. В тексте есть пропуски, которые и нужно заполнить.

Сборник заданий “Разметь карту” предусматривает работу ученика со “слепыми” (контурными) картами территорий в ту или иную историческую эпоху.

“Электронные исторические карты”, “Электронные энциклопедии” – применение данного вида пособий дает возможности оперативно найти интересующее событие или исторического персонажа с целью актуализации знаний.

“Виртуальный музей”

Возможности электронного “Атласа Древнего мира” значительны. Он позволяет осуществить виртуальные экскурсии в древние храмы и пирамиды, стоянки и жилища наших потоков. Не только побывать на месте археологических раскопок, но принять в них участие. Услышать звучание древних музыкальных инструментов и даже самим поиграть на них. Эти уроки вызывают наибольший интерес учащихся.

Интернет-уроки

В 2010 году приступили к освоению нового поколения информационных технологий – интернет-уроки. Эту технологию применяем в надомном обучении. Возможности данного вида обучения огромны: позволяют в режиме “реального времени” общаться с обучаемым, давать задания или тест в электронной форме и получать ответы. Одновременно с учеником находится в едином информационном пространстве (интернет-ресурс, образовательный портал). А данный вид технологии позволяет общаться с учеником не один раз в неделю, значительно чаще, что, несомненно, сказывается на качестве знаний.

Применение Интернет-ресурсов

Преподавание истории предполагает использование широкой базы исторических источников, которая не всегда имеется в школьных библиотеках. Информационные технологии расширяют возможности диагностики уровня усвоения информации. Разнообразные тестовые системы и обо-

лочки позволяют индивидуализировать процесс оценки знаний учащихся, развивать способность учащихся к самооценке. Часто применяю и рекомендую ученикам on-line-тестирование по истории и обществознанию. Данный вид диагностики особенно актуален при подготовке к ЕГЭ.

Огромнейшие возможности для пользователей представляет Интернет, всемирная сеть которого включает электронную почту, дает доступ к графическому и мультимедийному содержанию Web. Виртуальный ресурсный центр включает в себя выставки и постоянные экспозиции ведущих музеев развитых стран мира.

В рамках комплексного проекта “Развитие электронных образовательных Интернет-ресурсов нового поколения” мы стали применять в своей работе **информационно-образовательной среды (ИОС) и электронно-образовательные ресурсы (ЭОРы).**

Готовые презентации, видеоуроки, тестовые задания, несомненно, облегчают подготовку к уроку. Но, первый опыт использования ЭОР показал: наличие неточностей в готовом материале, низкое качество video и audio некоторых уроков, темы уроков не совпадают с учебным планом, несовместимость программного обеспечения (конфликты модулей с антивирусами и интернет-фильтрами). Надеемся, что эти “детские болезни” скоро пройдут, тем более что данные образовательные модули можно (и нужно) создавать самому, подгоняя их под свой урок и возможности своих учеников.

По итогам нашей работы можно сделать общие выводы о возможности применения ИКТ на уроках истории и обществознания:

- Компьютер действительно обладает достаточно широкими возможностями в создании благоприятных условий для работы учителя и учащихся и выводит на качественно новый уровень применения традиционных методов обучения.
- Использование ИКТ позволяет сочетать новые и традиционные технологии.
- Использование ИКТ на уроках дает возможность для разнообразия форм работы и деятельности учащихся, активизирует внимание, повышает творческий потенциал личности.
- ИКТ развивает самостоятельность учащихся, умение находить, отбирать и оформлять материал к уроку, используя различные источники.

- Применение ИКТ на уроках истории позволяет учащимся в более яркой форме рассматривать понятия и определения, видеть различные объекты на фотографиях и кадрах кинохроники, закреплять материал в интересной форме.
- Систематичное и активное использование ИКТ на уроках истории приводит к повышению интереса, а значит, влияет на качество обучения.
- Применение ИКТ развивает ключевые компетенций школьников: учебно-познавательные, информационные, коммуникативные.

Использование компьютера в образовательном процессе означает автоматизацию нетворческих рутинных операций. Это и инструменты поиска информации, доступ к распределенным базам данных, возможность быстрой переконфигурации материала и т.д.

Интеграция рассмотренных выше инструментов позволяет выстраивать дидактические модели нового уровня, порождает новые качества в представлении и освоении учебной информации, создает новые инструменты для познания мира.

Использование информационных технологий при интерактивном обучении позволяет решать одновременно несколько задач. Использование интерактива снимает нервную нагрузку школьников, дает возможность менять формы их деятельности, переключать внимание на узловые вопросы темы занятий. Совместная деятельность учащихся в процессе познания, освоения учебного материала означает, что каждый вносит свой особый индивидуальный вклад, имеет возможность обмена знаниями, идеями ” [3].

Библиографический список

- [1] Боголюбов В.И. Инновационные технологии в педагогике // Школьные технологии. — 2008. — № 1.
- [2] Дахин А.Н. Образовательные технологии: сущность, классификация, эффективность // Школьные технологии. — 2007. — № 2.
- [3] Калущая Е.К. Современный кабинет истории // Преподавание истории в школе. — 2008. — № 3. — С. 3–4.

Применение информационных технологий в начальной школе

Т.В. Королева

НОУ Школа-интернат № 20 ОАО "РЖД", г. Омск

korolevatatjana@mail.ru

Основная цель обучения в начальной школе - научить каждого ребенка за короткий промежуток времени осваивать, преобразовывать и использовать в практической деятельности большое количество информации. Помочь учителю в решении этой непростой задачи может сочетание традиционных методов обучения и современных информационных технологий, в том числе и компьютерных. В последние десятилетия компьютеры и компьютерные информационные технологии активно входят в нашу жизнь. Новые цифровые образовательные ресурсы, компьютерные технологии дают возможность расширить информационное пространство, повысить творческий потенциал, как учащихся, так и самого учителя.

Использование информационно-компьютерных технологий (ИКТ) на уроках в начальной школе помогает учащимся ориентироваться в информационных потоках окружающего мира, овладевать практическими способами работы с информацией, позволяет в полной мере реализовать основные принципы активизации познавательной деятельности: равенства позиций. Применение на уроках ИКТ помогает сделать урок эмоционально насыщенным и полноценным, наглядным; сокращает время для контроля и проверки знаний учащихся [2].

Особенностью учебного процесса с применением информационных технологий является то, что центром деятельности становится ученик, который выстраивает процесс познания, исходя из своих индивидуальных способностей и интересов. Учитель же выступает в роли помощника, консультанта, поощряет оригинальные находки, стимулирует активность, инициативу, самостоятельность.

Высокая степень эмоциональности учащихся начальной школы значительно сдерживается строгими рамками учебного процесса. Урок с применением компьютерных технологий не только позволяют разрядить высокую эмоциональную напряженность, оживить учебный процесс (что особенно важно, если учитывать психологические особенности младшего школьника, в частности в длительное преобладание наглядно-образного мышления над абстрактно-логическим), но и повысить мотивацию в обучении.

Использование ИКТ на уроках в начальной школе позволяет:

- развивать умение учащихся ориентироваться в информационных потоках окружающего мира;
- овладевать практическими способами работы с информацией;
- развивать умения, позволяющие обмениваться информацией с помощью современных технических средств;
- перейти от объяснительно-иллюстрированного способа обучения к деятельностному, при котором ребенок становится активным субъектом учебной деятельности.

Это способствует осознанному усвоению знаний; позволяет активизировать познавательную деятельность учащихся; проводить уроки на высоком эстетическом уровне; индивидуально подойти к ученику, применяя разноуровневые задания [4].

Анализируя различные аспекты использования современных информационных технологий начальной школе можно выделить следующие:

Первый аспект – компьютер как объект изучения (это характерно, прежде всего, для курса "Основы информатики и вычислительной техники");

Второй аспект – компьютер как средство обучения, т.е. своеобразный "учитель" (тренажеры, тесты, электронные учебники, мультимедийные энциклопедии и т.п.);

Третий аспект – компьютер как инструмент, позволяющий моделировать учебную задачу, исследовать ту, или иную предметную область и сделать тем самым обучение процессом более творческим.

Большая часть информации, предназначенной для ученика, передается посредством письма на бумажных носителях. Особую проблему составляет получение визуальной информации, что особенно важно, так как ученики начальных классов имеют наглядно-образное мышление. Развитие компьютерной техники позволяет преодолеть эти проблемы [3].

Средства мультимедиа позволяют обеспечить наилучшую, по сравнению с другими техническими средствами обучения, реализацию принципа наглядности, которому принадлежит ведущее место в образовательных технологиях начальной школы.

Одной из активных форм обучения, предполагающей использование компьютерных технологий, является создание мультимедийной презентации. Цель мультимедийной презентации донести информацию в наглядной, легко воспринимаемой форме.

Активная роль при проведении урока-презентации принадлежит учителю. Основа урока - это изложение нового материала, иллюстрируемое рисунками, простыми и анимированными схемами, анимационными и видеофильмами [1].

Применение мультимедийных презентаций позволяет сделать уроки более интересными, включает в процесс восприятия не только зрение, но и слух, эмоции, воображение, помогает детям глубже погрузиться в изучаемый материал, сделать процесс обучения менее утомительным.

Информационно - коммуникационные технологии расширяют возможности учителя для введения учеников в увлекательный мир, где им предстоит самостоятельно добывать, анализировать, представлять и передавать другим информацию; эти технологии значительно повышают дидактические и личностно-ориентированные параметры учебного процесса.

Библиографический список

- [1] Бурлакова А.А. Компьютер на уроках в начальных классах // Начальная школа плюс До и После. — 2007. — № 7. — С. 32–34.
- [2] Селевко Г.К. Современные образовательные технологии. — М. : Народное образование, 1998.
- [3] Селевко Г.К. Педагогические технологии на основе информационно-коммуникационных средств. — М. : НИИшкольных технологий, 2005.
- [4] Суровцева И.В. Добываем знания с помощью компьютера // Начальная школа плюс До и После. — 2007. — № 7. — С. 30–32.

Использование проектной деятельности и информационных технологий на уроке физики

М.Н. Королькова
СОШ №17, г. Буёвск
Mariya_korolcova@mail.ru

Аннотация

Представленный материал показывает, как различные способы применения информационных технологий позволяют корректно и содержательно изменить форму урока и повысить качество знаний учащихся.

Направление применения:

- создание мультимедийных сценариев уроков или фрагментов уроков;
- использование демонстрационных опытов исследовательских работах учащихся в программе Windows Movie Maker;
- применение компьютерных тренажеров для организации контроля знаний.

Преподавание физики, в силу особенностей самого предмета, представляет собой благоприятную сферу для применения современных информационных технологий. Они могут применяться как при проведении уроков, так и в организации внеурочной деятельности учеников. В данной работе представлена методика организации такой работы.

Мультимедийные сценарии уроков выполняются в виде презентаций с применением программы Power Point, входящей в состав пакета программ Microsoft Office. По сути дела, создано мультимедийное сопровождение преподавания курса физики с 7 по 11 класс. Слайды презентаций содержат иллюстративный материал для урока, фрагменты видеofilмов, анимации. При подготовке презентации заранее продумывается структура урока, последовательность слайдов предполагает определенный темп и логику изложения материала, т.е. создается сценарий проведения урока.

Презентации демонстрируются самим учителем непосредственно в кабинете физики, с помощью мультимедийного проектора, подключенного к компьютеру. Изображение проецируется на большой настенный экран. По сравнению с традиционной формой ведения урока, заставляющей учителя постоянно обращаться к мелу и доске, использование таких сценариев высвобождает большое количество времени, которое можно употребить для дополнительного объяснения материала. При этом следует подчеркнуть, что компьютерная демонстрация физических явлений рассматривается не как замена реального физического демонстрационного опыта, а как его дополнение.

Презентации используются при объяснении нового материала, при повторении пройденного материала и при организации текущего контроля знаний (презентации-опросы).

Презентации-опросы содержат вопросы-задачи, адресованные ученикам, в них могут быть включены материалы, отображающие ключевые эксперименты пройденной темы или демонстрирующие изученное физическое явление. Вопрос к ученику содержится в заголовке слайда, комментарии и пояснения к рисункам даются учителем по ходу презентации. Используя входное тестирование, отмечается, что такой входной тест актуализирует материал, пройденный учениками в предыдущем учебном

году, позволяет экономить время на повторение и значительно повышает учебную мотивацию учащихся.

Использование демонстрационных опытов исследовательских работах учащихся в программе Windows Movie Maker. Внедрение информационных технологий на уроки физики создает атмосферу сотрудничества, творчества. Обеспечивает возможность усвоения системы научных понятий, которая позволяет учащимся стать реальными субъектами учения. Функция методов обучения состоит в том, чтобы организовать и поддерживать учебную активность учащихся. Обучение учащихся активному выбору, поиску наиболее рационального способа решения, не навязывая единственный путь, по которому им следует идти, создание комфортных условий для сравнительно самостоятельного разрешения учащимися проблем являются прочной основой для формирования у них интеллектуальных навыков, творческого мышления. Предлагая ученику тему для исследования – учитель позволяет ему самому найти более удобный для понимания материал из всех ресурсов, которыми тот обладает (научные сайты Интернета, дополнительная литература, учебник). А если к тому же учащийся самостоятельно проведет демонстрацию опыта и обработает его в программе Windows Movie Maker, дополнит теоретическими знаниями, то данный проект позволяет учителю не только разнообразить ход урока, но и привить стойкий интерес к предмету.

Такой подход к обучению требует от учителя значительных изменений в стиле преподавания. Учителя должны научиться помогать ученикам строить знания, а не просто рассказывать им новый материал, научиться принимать и анализировать разнообразные варианты решения проблем, предложенные учениками, а не только один верный, задуманный учителем, и, наконец, научиться создавать атмосферу свободного общения, где ученики чувствовали бы себя в праве выражать свои мысли и строить познание мира сами. Такой подход к обучению, каким бы развлекающим и несерьезным он ни казался, требует от учителя значительной подготовки как в методическом, так и в содержательном плане.

Весьма важно, что учащиеся имеют возможность оценить способы и результаты своей деятельности во время живого обмена мнениями.

Применение компьютерных тренажеров для организации контроля знаний. В данной методике используется многовариантные контрольные работы по физике выполненные в программе Excel предназначенные для организации усвоения учащимися курса физики в средней школе, а так же как срезы знаний, домашние самостоятельные работы и промежуточный тематический контроль.

Каждая контрольная работа содержит пять задач. Многовариант-

ность повышает самостоятельность учащихся, позволяет организовывать работу наиболее эффективным образом, когда каждый из них рассчитывает только на собственные знания, умения и навыки, а не на “помощь” извне.

Способ работы с данным видом контроля: получая свой вариант, учащийся знакомится с задачей, а затем, выбрав свой вариант в номере столбца, записывает в тетради, данные по этой задаче. Величины, обозначенные звездочкой необходимо найти по ходу решения. А результат работы вносит в таблицу. Данная проверка знаний значительно повышает объективность оценки, выполненной работы, преподавателем.

Примерная контрольная работа (8класс)

1. Три резистора сопротивлением R_1 , R_2 соединены параллельно так, что общее сопротивление данного участка цепи составляет R , а напряжение на каждом из резисторов и ток через них равны U_1 , U_2 и I_1 , I_2 соответственно. Определите величины, обозначенные*.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
R_1 , Ом	4	8	2	*	6	8	20	*	6	6	20	*
R_2 , Ом	6	6	*	20	10	10	*	4	4	4	*	6
$R_{общ}$, Ом	*	2	1	4	*	2,5	2,8	1,7	*	2	4	2
U_1 , В	20	*	*	*	*	16	*	*	*	*	*	20
U_2 , В	*	15	*	10	*	*	*	*	*	24	*	*
I_1 , А	*	*	1	*	*	*	0,2	*	0,4	*	*	0,3
I_2 , А	4	*	*	*	2	*	*	2	*	*	0,5	*

2. Если на концах проводника сопротивлением R поддерживать напряжение U , для того чтобы по проводнику протекал постоянный ток силой тока I , то мощность, выделяющаяся в проводнике, составит P . Определите величины, обозначенные*.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
R , Ом	6	10	3	5	*	10	20	20	*	2	15	12
U , В	10	*	12	*	8	15	80	*	100	20	40	36
I , А	*	2	*	4	3	*	3	4	0,5	*	5	6
P , Вт	6	20	30	40	18	50	*	80	70	72	*	*

3. Мощность электрического тока в цепи P за подаваемое время t . Работа совершенная электрическим током A . Определите величины, обозначенные *.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A , Дж	*	55	98	*	37	82	*	100	*	40	27	*
t , мин.	2	1	*	0,5	*	0,2	3	0,5	1	2	*	1,5
P , Вт	30	*	0,84	21	50	*	2,7	*	70	*	39	60

4. Если на концах проводника длиной L и площадью поперечного сечения S поддерживать напряжение U , создав тем самым электрическое поле, то по проводнику будет протекать электрический ток силой тока I . Удельное сопротивление материала проводника ρ Определите величины, обозначенные *.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Длина L , м	15	20	10	25	15	*	25	30	15	10	*	15
Площадь S , мм ²	0,8	*	1,2	2	1	1,5	*	0,6	0,8	1	0,5	1,5
Сила тока I , А	*	4	1	6,3	12	10	4,5	*	8	4,5	50	1
Удел. сопр. $\rho \cdot 10^3$, Ом*м	1,7	12	*	*	*	110	1,7	7,1	*	*	42	*

Формирование информационной компетентности студентов с использованием дистанционных образовательных технологий

Д.П. Кошева, А.А. Нечаева

АлтГПА

tews@uni-altai.ru, alenyshka_nechaeva@mail.ru

Современное общество характеризуется стремительным развитием науки и техники, появлением современных информационных технологий, коренным образом преобразующих жизнь людей. Темпы обновления знаний настолько высоки, что на протяжении жизни человеку приходится неоднократно переучиваться, овладевать новыми знаниями в профессиональном развитии. Непрерывное образование становится реальностью и необходимостью для личностного становления в современном обществе. Именно поэтому в настоящее время стремительными темпами развиваются новые формы обучения, и одной из таких форм является дистанционное обучение. Оно предоставляет возможность всем желающим непрерывно повышать свой профессиональный уровень с учетом индивидуальных особенностей.

Опираясь на современные научные труды А.В. Хуторского, А.А. Андреева, Е.С. Полат и др. можно определить использование дистанционного обучения через его функции, расширение возможностей и сервиса предоставления образовательных услуг обучающимся, а также использование системы гибкого непрерывного образования, гибких графиков, проведение занятий в синхронном и асинхронном режимах. Основной особенностью гибких режимов обучения является то, что они не так жестко регламентируют временные и пространственные рамки проведения занятий и общения между преподавателями и студентами, как при традиционном обучении. Это позволяет преподавателям и студентам более гибко планировать время обучения и учебный процесс. Особенно это важно для студентов-заочников и студентов, обучающихся в высших учебных заведениях из различных регионов.

Основной проблемой при дистанционном обучении, характеризующимся преимущественно самостоятельным освоением студентом учебного материала, является достижение высокого качества обучения. Производными от этой проблемы являются проблемы методического обеспечения педагогического процесса, недостаточная разработанность технологии дистанционного обучения, контроль и оценка результатов обучения.

Сегодня для характеристики качества профессиональной подготовки специалиста приняты такие понятия как “компетенция”, “компетентность”.

“Компетенция – совокупность взаимосвязанных качеств личности (знаний, умений, навыков, способов деятельности), задаваемых по отношению к определенному кругу предметов и процессов, и необходимых, чтобы качественно продуктивно действовать по отношению к ним” [5].

“Компетентность – владение, обладание человеком соответствующей компетенцией, включающей его личное отношение к ней и предмету деятельности” [5].

То есть, компетентности и компетенции выступают показателями качества подготовки специалиста, как цель и результат профессионального образования, как соответствующий уровень формирования их профессиональной культуры и являются для студента личной ценностью, предопределяющей в дальнейшем его образовательную и профессиональную успешность.

Согласно Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения у студентов должны быть сформированы:

общекультурные компетенции - компетенции, включающие способности к обобщению, восприятию информации, постановке цели и выбору путей их достижения, пониманию значения культуры как формы человеческого существования, использование знаний научной картины мира в образовательной и профессиональной деятельности, умение анализировать мировоззренческие, социальные и личностно-значимые философские проблемы, готовность к работе в коллективе;

профессиональные компетенции - включающие умения реализовать образовательные программы, применять современные технологии и методики обучения и воспитания [3].

Формирование представленных компетенций является сущностью для определения профессиональной компетентности специалиста. Профессиональная компетентность определяется как система знаний, умений и навыков, профессионально значимых качеств личности, обеспечивающих возможность выполнения профессиональных обязанностей определенного уровня [4]. Одной из составляющих данной компетентности является информационная компетентность.

При дистанционном обучении, когда освоение студентами учебного материала и осуществление коммуникаций между участниками образовательного процесса происходят с использованием информационных технологий, а целью этих технологий в образовании является усиление интел-

лектуальных возможностей обучающихся в информационном обществе, а также гуманизация, индивидуализация, интенсификация процесса обучения и повышение качества обучения на всех ступенях образовательной системы, то на передний план выдвигается необходимость формирования у обучающихся информационной компетентности.

“Информационная компетентность студента – качество личности, представляющее собой совокупность знаний, умений и ценностного отношения к эффективному осуществлению различных видов информационной деятельности и использованию новых информационных технологий для решения социально-значимых задач, возникающих в реальных ситуациях повседневной жизни человека в обществе” [1].

Информационная компетентность предполагает, в частности, знания как в области ИКТ, так и в области их эффективного применения в процессе дистанционного обучения, ориентированном на использование информационного ресурса. Информационная компетентность студентов, обучающихся на основе применения дистанционных технологий, формируется через использование информационно-образовательной среды дистанционного обучения. Сегодня формирование информационной компетентности можно назвать приоритетной задачей образования.

Для эффективного формирования информационной компетентности студентов в процессе дистанционного обучения следует реализовать такие педагогические условия, как:

- 1) организация информационно-образовательной среды путем насыщения информационными ресурсами;
- 2) диагностика и последующий мониторинг образовательных потребностей, мотивов и уровня знаний студентов;
- 3) приобщение студентов к учебной деятельности с помощью дистанционных технологий;
- 4) активизация самостоятельной учебно-познавательной деятельности студентов на основе использования ИКТ.

Оценка уровня сформированности информационной компетентности студентов, обучающихся с помощью дистанционных технологий, в соответствии с ее содержанием, осуществляется на основе критериев:

- 1) мотивационно-ценностная готовность к осуществлению информационной деятельности (интерес к работе с информацией, потребность в использовании ИКТ, готовность к использованию информационных ресурсов средствами ИКТ и осознание ценности информации);
- 2) когнитивная готовность к осуществлению информационной деятельности (знания в области ИКТ, знания о методах работы с информацией в информационно-образовательной среде);

3) технологическая готовность к осуществлению информационной деятельности (умение пользоваться средствами ИКТ, владение методами получения, хранения, обработки и передачи информации) [2].

Для изучения вопроса формирования элементов информационной компетентности и организации учебного процесса по ее формированию нами выбрана учебная дисциплина “Основы информатики”, которая является базовой в процессе становления знаний по информатике у студентов 1 курса (педагогическое направление “информатика”). Нашей задачей является разработка учебного материала для данного курса с учетом реализации компетентностного подхода, в том числе необходимо разработать измерительный материал для учета сформированных компетенций (что также является важной и новой задачей современного образования). ФГОС нового поколения требует уделять большое внимание при организации учебного процесса самостоятельной работе студентов и в том числе хорошей составляющей интерактивных форм обучения и взаимодействия. На наш взгляд, решение поставленной задачи возможно реализовать с помощью использования дистанционных образовательных технологий при организации учебного процесса.

Решение поставленной педагогической задачи целесообразно начинать с диагностики имеющегося учебно-методического комплекса материалов и потенциала обучающихся студентов.

Диагностика состояния информационной компетентности студентов до и после проведения обучения основывается на выборе в качестве критериев знаний, умений и ценностного отношения к компонентам информационной деятельности. Диагностика заключается в анализе показателей по каждому из критериев сформированности каждого из компонентов информационной компетентности с последующим вычислением интегрированного показателя. Диагностика осуществляется посредством специально подобранных заданий и тестирования, позволяющими не только определить обладает ли студент знаниями, умениями и навыками, но и оценить степень его позитивного отношения к тому или иному компоненту информационной деятельности.

Таким образом, в настоящее время существует потребность в формировании информационной компетентности студентов с учетом современных требований стандарта и педагогических подходов реализации учебного процесса.

Библиографический список

- [1] Байгонакова Г.А. Формирование информационной компетентно-

- сти студента посредством работы на интерактивной доске Smart Board. — URL: <http://e-lib.gasu.ru/vmu/ahive/2010/01/3.pdf> (дата обращения: 27.10.2012).
- [2] Ионова О.Н. Теоретические аспекты формирования информационной компетентности взрослых в процессе дополнительного образования. — URL: <http://b23.ru/yr42> (дата обращения: 29.10.2012).
- [3] Федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования по направлениям подготовки бакалавриата / Министерство образования и науки Российской Федерации. — URL: <http://b23.ru/yfjo> (дата обращения: 27.10.2012).
- [4] Храпченкова Н.И. Профессиональная компетентность как педагогическая проблема. — URL: http://www.rusnauka.com/10_NPE_2008/Pedagogica/29974.doc.htm (дата обращения: 27.10.2012).
- [5] Хуторской А.В. Ключевые компетенции как результат личностно-ориентированной парадигмы // Народное образование. — 2003. — № 2. — С. 15–22.

Возможности систем дистанционного обучения для организации учебного процесса в вузе

Г.В. Кравченко

АлмГУ

kravchenko@math.asu.ru

В настоящее время дистанционное обучение (ДО) стало неотъемлемой частью системы образования. Внедрение технологий дистанционного обучения в учебный процесс требует построения эффективной высокотехнологичной инфраструктуры. Инфраструктура дистанционного обучения включает в себя большое количество различных элементов, при этом центральным является система дистанционного обучения, решающая основные задачи, возникающие при построении обучения с использованием технологий дистанционного обучения.

Все системы дистанционного обучения можно разделить на:

- авторские программные продукты (Authoring Packages),

- системы управления контентом (Content Management Systems – CMS),
- системы управления обучением (Learning Management Systems – LMS),
- системы управления учебным контентом (Learning Content Management Systems – LCMS).

Авторские программные продукты позволяют преподавателю самостоятельно разрабатывать учебный контент на основе визуального программирования. Но такие системы имеют определенные недостатки, например:

– невозможность отслеживать и контролировать во времени процесс обучения и успеваемость большого количества обучаемых, так как обычно они разрабатываются для создания уроков с немедленной обратной связью с обучаемым, а не для хранения информации об учебном процессе за длительное время;

– большая часть программ не располагает средствами обеспечения контакта между обучаемыми в реальном времени. Как правило, в таких системах невозможно организовать чаты, дискуссии или двусторонний аудио обмен, и к тому же в них ограничена интерактивность;

– в основном они являются коммерческими продуктами.

Системы управления контентом позволяют создавать каталоги графических, звуковых, аудио-, видео-, текстовых и других файлов и манипулировать ими (это база данных, снабженная механизмом поиска по ключевым словам). Такие системы эффективны, если над созданием курсов работает большое число преподавателей, которым необходимо использовать одни и те же фрагменты учебных материалов в различных курсах. CMS системы подходят для создания Web-сайтов, порталов с размещенными на них образовательными материалами, но для полноценной организации дистанционной системы обучения они не подходят.

Системы управления обучением отвечают за распределение и использование учебного контента. Важнейшим элементом LMS является отчетность по учебному процессу, которая позволяет, в частности, делать выводы об эффективности вложений в электронное обучение. Такие системы снабжены механизмом контроля и составления отчетов о том, насколько успешно продвигается обучаемый в изучении определенных тем, насколько полученные знания находят применение в практической работе и влияют на ее результативность и т.п.

Выделим наиболее главные возможности систем LMS [3]:

1) Поддержка смешанного обучения. LMS предоставляют возможности простым образом объединять традиционное (аудиторное) обучение в

учебных классах и виртуальное обучение на основе сетевых учебных курсов. В комбинации эти возможности активизируют как обычное, так и персонализированное обучение.

2) Интеграция с HR. Системы LMS должны быть синхронизированы с единой информационной системой вуза, что позволит облегчить процедуру подключения к системе ДО всех категорий обучаемых, включая студентов, профессорско-преподавательский состав (дистанционное повышение квалификации) и т.д.

3) Инструменты администрирования. В LMS администраторы имеют возможность управлять регистрацией пользователей и профилями, определять роли, назначать тьюторов, авторов курсов, управлять контентом и администрировать внутренние ресурсы и базы данных обучения.

4) Соблюдение стандартов. LMS должны поддерживать стандарты, такие как SCORM и AICC. Поддержка стандартов означает, что LMS могут импортировать и управлять контентом и курсами, которые скомпилированы в соответствии со стандартами, вне зависимости от средств разработки, которые были использованы.

5) Возможности тестирования. В системах управления обучением обязательно наличие модулей оценки и тестирования, при этом либо предоставляется возможность включения теста, как части раздела курса, либо как самостоятельного модуля тестирования (и модуля оценки).

6) LMS обеспечивают механизмы защиты, необходимые для сетевой среды e-learning, а также, в случае масштабных учебных проектов, поддерживают интеграцию с другими системами управления.

9) Системы LMS, являясь решением для управления учебным процессом, поддерживают, как минимум, использование электронных курсов из различных источников; наиболее развитые системы предлагают специальные модули для разработки собственного учебного контента.

Традиционными лидерами западного рынка LMS являются решения компаний Saba Software, Docent, WBT Systems, Click2Learn, IBM. Свои предложения есть и на отечественном рынке, среди них – система дистанционного тренинга Redclass (совместная разработка компании Redlab и учебного центра Redcenter), “Прометей” производства НИЦ АСКБ, e-Learning компании “ГиперМетод”, распространяемая в открытых кодах система NauLearning от компании Naumen и др.

Системы управления учебным контентом в отличие от LMS концентрируются на задачах управления содержанием учебных программ, а не на процессе обучения, и ориентированы на разработчиков контента и руководителей проектов обучения. В основе LCMS лежит концепция представления содержания обучения как совокупности многократно исполь-

зуемых учебных объектов со своей целевой аудиторией и определенным контекстом использования [4].

Несмотря на многочисленные вариации возможностей LCMS, они должны включать следующие ключевые компоненты [3]: репозиторий, программное обеспечение автоматизированного ауторинга, интерфейс отображения и средства администрирования.

Репозиторий учебных объектов – это центральная база данных, которая хранит и управляет учебным контентом. Из этой точки отдельные учебные объекты доступны пользователям или как отдельные элементы или как часть в составе более большого учебного модуля, который в свою очередь может быть частью полного курса. Конечный продукт может быть доступен через Web, компакт-диск или в бумажном виде. Каждый объект, в зависимости от требований, может быть использован несколько раз и с различными целями.

Программное обеспечение автоматизированного ауторинга используется для создания многократно используемых учебных объектов, которые потом будут доступны в репозитории. Приложение автоматизирует разработку, предоставляя авторам шаблоны и архивные образцы, содержащие основные принципы дизайна учебного контента. Используя эти шаблоны, авторы могут разрабатывать курсы, применяя имеющиеся объекты из репозитория, создавая новые объекты, или используя комбинацию из новых и старых объектов. Авторами могут быть эксперты по тематике, дизайнеры учебных курсов, создатели медиа-продукции и т.д. Этот инструмент также может быть использован для быстрой конвертации библиотек учебного контента, таких как: дополнительные аудиовизуальные материалы, специальные интерфейсы и методики обучения.

Проанализировав доступные существующие системы дистанционного обучения (СДО) и их возможности, в Алтайском государственном университете на сайте портала открытого образования (<http://edu.asu.ru/fo>) установлена среда Moodle.

Среда Moodle разработана под концепцию активного учения, которая предполагает активное взаимодействие всех участников учебного процесса. Система ориентирована, прежде всего, на организацию взаимодействия между преподавателем и учениками, хотя подходит и для организации традиционных дистанционных курсов, а также поддержки очного обучения [2].

Укажем *основные особенности Moodle*, существенные для образовательных учреждений:

- свободное распространение;
- открытость программного кода;

- развитие и совершенствование программного обеспечения Moodle;
- простота установки, поддержания и функционирования, кроссплатформенность;
- функциональная полнота (Moodle позволяет реализовать практически все основные функции современной системы управления обучением).

СДО Moodle является современной, прогрессивной, постоянно развивающейся средой. Разработчику учебно-методических комплексов она предоставляет возможности использовать все необходимые ресурсы и средства контроля. Moodle проектируется как набор модулей и позволяет гибко добавлять или удалять элементы. Система имеет богатый набор модулей – составляющих для курсов – Чат, Опрос, Форум, Глоссарий, Рабочая тетрадь, База данных, Задание, Тест, Анкета, Wiki, Семинар, Ресурс (в виде текстовой или веб-страницы, или в виде каталога) [1].

При использовании Moodle у преподавателя имеются следующие возможности: управлять установками курса, включая регистрацию студентов на курс; в любое время загружать необходимую информацию, которая будет доступна студентам, записавшимся на курс; добавлять и удалять инструменты в курсе; размещать он-лайн тесты, что позволяет оперативно проверять текущий уровень успеваемости студентов; организовывать консультации или занятия в форумах, чатах и т.д.; устанавливать события в календаре и оповещать студентов об их приближении; просматривать результаты работы студентов и контролировать их деятельность по изучению курса.

При описании коммуникативных возможностей системы остановимся на следующих моментах:

- работа с профилем пользователя: профиль пользователя играет очень важную роль при общении. Во-первых, оставить расширенную информацию о себе и прикрепить свою фотографию – это правило хорошего тона, проявление уважения к другим участникам дистанционной программы. Во-вторых, с помощью настроек в профиле пользователя можно эффективно управлять многими аспектами общения;
- работа в HTML-редакторе: практически все тексты для Web создаются с помощью языка HTML. Язык разметки HTML знать преподавателю не обязательно, т.к. в системе есть встроенный WISIWIG редактор (англ. What You See Is What You Get – “что видишь, то и получишь”), который дает достаточно широкие возможности по форматированию текста, вставке рисунков, ссылок, работе с таблицами;
- работа с форумом: этот деятельностный модуль дает возможность несинхронного общения участникам дистанционного курса;
- работа с личными сообщениями: система предоставляет участникам

дистанционного курса возможность обмениваться личными сообщениями;

– работа с чатом: чат может выступать не только средством общения, но и деятельностным элементом. Например, в курсе может присутствовать задание с типом ответа “Ответ – вне сайта”. В этом случае работа может строиться следующим образом: студент читает задание, выполняет какие-то подготовительные действия и в назначенное время в чате проходит собеседование с преподавателем, по результатам этого общения и выставляется оценка;

– использование формул: обучение на многих дистанционных курсах весьма неудобно без формул. Система дистанционного обучения Moodle имеет возможности использования формул в рамках всех элементов курса и коммуникативных инструментов системы. Создавать формулы можно с помощью редактора LaTeX либо вставляя их в текст в виде рисунков.

Также в Moodle предусмотрен штатный инструмент, предназначенный для оперирования группами студентов за пределами одного курса. Этот инструмент называется “метакурс”. Он позволяет подписывать и отписывать всех студентов одного курса на другой курс в одно действие. При этом система учебных единиц становится двухуровневой. Первый уровень – собственно “Курс”, содержащий произвольную информацию, разбитую на блоки, на который регистрируются студенты. Второй уровень – метакурсы, на которые регистрируются дочерние курсы.

Достоинство этой схемы заключается в том, что при регистрации курса, в метакурсе автоматически оказываются зарегистрированными все студенты, записанные на курс. Недостатками – то, что студенты из разных курсов регистрируются все вместе, без разбивки на группы, что делает работу преподавателей затруднительной.

Отличительная особенность проекта Moodle состоит в том, что вокруг него сформировалось наиболее активное международное сетевое сообщество разработчиков и пользователей, которые делятся опытом работы на платформе, обсуждают возникшие проблемы, обмениваются планами и результатами дальнейшего развития среды.

В настоящее время преподаватели и сотрудники Алтайского государственного университета работают над созданием в среде Moodle не только электронных учебных курсов, но и электронного деканата.

Библиографический список

- [1] Белозубов А.В., Николаев Д.Г. Система дистанционного обучения Moodle. — СПб. : СПбГУ ИТМО, 2007. — 108 с.

- [2] Гильмутдинов А.Х., Ибрагимов Р.А., Цивильский И.В. Электронное образование на платформе Moodle. — Казань : КГУ, 2008. — 169 с.
- [3] Greenberg L. LMS and LCMS: What's the Difference? — URL: <http://www.etraincenter.com/lms-lcms-compare.aspx>.
- [4] Virtual Learning Environments: online software. — URL: <http://www.cognitivedesignsolutions.com/Instruction/LMS-LCMS.htm>.

Методические особенности изучения стереометрии в школьном курсе математики

А.Г. Кускочева
ГАГУ, г. Горно-Алтайск
alewy666@mail.ru

Современные тенденции социально-экономического развития России заставляют переосмыслить цели школьного образования, соответственно, по-новому сформулировать и планируемые результаты образования.

Одним из направлений его модернизации является профилизация старшей ступени общеобразовательной школы, реализация которой, в свою очередь, вызвала необходимость введения дополнительных новаций в школьную практику. К числу дополнительных инновационных изменений относится целесообразное сочетание обучения общекультурным знаниям и деятельности, присущей математике, с применением компьютерных информационных технологий [2].

За последние несколько лет отечественные и зарубежные авторы все больше сходятся во мнении, что главным назначением информационных технологий является "повышение эффективности управления учебно-познавательной деятельностью обучаемых" [4, С. 94].

Компьютерные информационные технологии выступают как мощный помощник преподавателю в управлении познавательной деятельностью учащихся, реализации открытого образования и личностной направленностью процесса обучения, позволяющим сделать образование "информационно емким, доступным и распределенным" [1, С. 94-95].

Массовое внедрение в последние годы компьютерных технологий во все сферы деятельности человека, обусловленное появлением персональных компьютеров нового поколения с качественно новыми мультимедийными возможностями, позволяет развить компьютерное обучение с использованием мультимедийных средств. В связи с этим, применение ин-

формационных технологий и использование компьютерных ресурсов становится неотъемлемой частью современного образования [3].

Стереометрия, в большей степени, чем другие разделы школьной математики, требует наглядности, что влечет за собой использование большого количества проекционных чертежей и пояснительных рисунков. Уже в силу этого компьютер с его широкими мультимедийными и графическими возможностями может быть успешно вовлечен в процесс обучения для решения ряда проблемных задач современной методики преподавания математики.

Очень многие "беды" начинающих изучать стереометрию происходят от неумения сделать правильный и удобный ("конструктивный" для решения задачи) рисунок, или чертеж. Часто учащиеся не понимают, как пространственные фигуры изобразить на плоскости, правильно оперировать ими, так как чертеж несет в себе смысловую нагрузку, не понятную школьникам. Наглядные и правильно выполненные чертежи обладают определенной спецификой изображения на них пространственных фигур, и очень важно овладеть этой спецификой изображать верно, и наглядно пространственные фигуры. Поэтому изучение проблемы изображения геометрических фигур актуально и необходимо для развития образного мышления школьников.

Образное мышление в математике реализуется через создание (построение) образов геометрических объектов, оперирование ими при усвоении теоретических знаний и, решении стереометрических задач. В этом процессе особое значение имеет ориентация в пространстве. Пространственное мышление обеспечивает взаимопереход от двух- к трехмерным образам и обратно, а также произвольное изменение точки отсчета.

Инновационные педагогические технологии, использующие компьютерные средства, предполагают личностно-ориентированный подход, при котором ученик становится главным действующим лицом собственного образовательного процесса. При таком подходе учащиеся должны демонстрировать в процессе обучения свое понимание идей, фактов, концепций, теорий, а не только их запоминание.

Повышение качества обучения и применение новых методик обучения могут быть реализованы путем использования информационных телекоммуникационных технологий (мультимедиа, дистанционное обучение на основе электронных средств связи, технологии "виртуальной реальности", программно-тестовое обучение и др.), которые в последнее время стали активно применяться в учебном процессе.

Одной из основных задач при изучении стереометрии в школе является развитие пространственного воображения учащихся. Учителя средней

школы должны быть готовы к решению этой задачи на основе современных технологий, в том числе и базирующихся на использовании компьютера [3].

Инструментом создания обучающих программ является пакет символьной математики Maple, MATLAB, Wolfram Mathematica, который также обладает широкими графическими возможностями. Анализ существующих математических информационных систем показал, что система Mathematica может использоваться учителем как мультимедийное средство создания наглядности при обучении геометрии, и в частности стереометрии.

Для примера нужно определить вид поверхности второго порядка, заданной следующим уравнением: $3x^2 - y^2 - 4z^2 + 12 = 0$

Исследуем поверхность методом сечений, определим виды сечений, полученных путем исследования систем уравнений, предварительно приведя уравнение к стандартному виду: $-\frac{x^2}{4} + \frac{y^2}{12} + \frac{z^2}{3} = 1$

а) при пересечении поверхности плоскостью XOY получим гиперболу:

$$\begin{cases} z = 0 \\ -\frac{x^2}{4} + \frac{y^2}{12} = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} z = 0 \\ \frac{y^2}{12} - \frac{x^2}{4} = 1 \end{cases}$$

б) при пересечении поверхности плоскостью XOZ получим гиперболу:

$$\begin{cases} y = 0 \\ -\frac{x^2}{4} + \frac{z^2}{3} = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} y = 0 \\ \frac{z^2}{3} - \frac{x^2}{4} = 1 \end{cases}$$

в) при пересечении поверхности плоскостью YOZ получим эллипс:

$$\begin{cases} x = 0 \\ \frac{y^2}{12} + \frac{z^2}{3} = 1 \end{cases}$$

В результате исследования поверхности методом сечений получили две гиперболы и эллипс, значит, данная поверхность является однополостным гиперболоидом с осью Ox .

Анализ существующих математических информационных систем показал, что система математики Wolfram Mathematica может использоваться учителем как мультимедийное средство создания наглядности при обучении геометрии, и в частности стереометрии. Она позволяет учителю составить коллекцию графических файлов и видеоклипов, иллюстрирующих разрабатываемую методическую тему.

Обучающие программы, использующие 3D-графику, отличаются ярким иллюстративным материалом, разнообразными формами подачи и

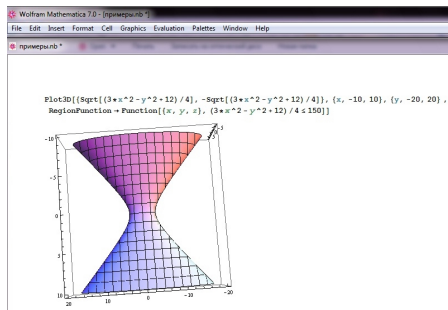


Рис. 1. Демонстрация модели в программе Wolfram Mathematica

оформления учебного материала, исключают ”фактор примитивного копирования учебника” [3, С. 64]. Преимущество их использования состоит в том, что учитель может самостоятельно создавать на их основе систему заданий и демонстрационные материалы, соответствующие целям и задачам конкретного урока.

Библиографический список

- [1] Везиров Т.Г., Магомедгаджиева А.М. Педагогические условия использования компьютерных технологий в инновационных учебных заведениях (при обучении математике и информатике) // Интеграция культур в смылосозидающем образовании: материалы всерос. конф. — Махачкала, 2002.
- [2] Магомедгаджиева А.М. Межпредметная инфокоммуникационная модель в профильной подготовке учащихся инновационных учебных заведений. — URL: http://sputnik.master-telecom.ru/Docs_35/Kongress/25.html (дата обращения: 22.09.2012).
- [3] Разумова О.В. Повышение мотивации будущих учителей математики к использованию информационных технологий в профессиональной деятельности // Применение новых технологий в образовании: материалы XVII междунар. конф. — Троицк, 2006.
- [4] Раков О.Н. Управление учебно-познавательной деятельностью студентов с помощью компьютерных систем обучения // Применение новых технологий в образовании: материалы XVII междунар. конф. — Троицк, 2006.

Развитие информационно-образовательного пространства колледжа посредством разработки и внедрения электронных образовательных продуктов

*Ж.В. Лиготина
БГПК, г. Барнаул
ligotinag@mail.ru*

Информатизация образования является одним из важнейших направлений реализации современной образовательной парадигмы. В условиях возрастающего информационного потока педагогам становится все сложнее обеспечить высокий уровень образования, применяя для этой цели только традиционные технологии и методы обучения. Все это заставляет педагогов в условиях информатизации все больше применять новые формы и методы обучения, разрабатывать и использовать различные средства информационных и коммуникационных технологий, а также расширять масштаб их внедрения в учебном процессе [2], тем самым развивая информационно-образовательное пространство образовательного учреждения.

Под информационно-образовательным пространством (ИОП) колледжа мы понимаем систему, которая включает материально-технические, информационные, кадровые ресурсы; предполагает наличие нормативно-организационной базы, технического и методического сопровождения; обеспечивает автоматизацию управленческих и педагогических процессов, согласованную обработку и использование информации, полноценный информационный обмен.

В условиях формирования и развития информационно-образовательного пространства особое значение приобретает информационное обеспечение, эффективное использование информационных и коммуникационных технологий во всех видах деятельности колледжа. Показателями сформированности информационно-образовательного пространства колледжа, по нашему мнению, являются:

- оснащение колледжа средствами информатизации;
- наличие и обеспечение функционирования сайта колледжа;
- использование информационных коммуникационных технологий в образовательном процессе через создание электронных образова-

тельных продуктов (компьютерных тестов, электронных учебных ресурсов по различным дисциплинам и т.д.);

- использование автоматизированных систем в управлении учебным процессом и мониторинге образовательной деятельности колледжа;
- использование ресурсов межссузовской сети в образовательных целях;
- повышение квалификации преподавателей колледжа, учителей школ, воспитателей ДООУ, преподавателей и мастеров НПО в области применения ИКТ;
- создание и оптимизация работы информационно-библиотечного медиацентра;
- представление информационно-образовательного пространства колледжа на семинарах, конференциях, выставках, форумах.

“Реализация возможностей средств информационных и коммуникационных технологий может быть достигнута за счет разработки и применения электронных образовательных изданий и ресурсов. Другими словами, одним из основных современных средств информационных и коммуникационных технологий, . . . , являются электронные образовательные издания и ресурсы” [1]. Разработка и оптимальное использование средств информационных и коммуникационных технологий, а именно электронных образовательных изданий и ресурсов (ЭОИР), и расширение масштабов их внедрения в образовательный процесс на сегодняшний день являются одним из перспективных направлений информатизации образования [2].

Поэтому одной из важных задач развития информационно-образовательного пространства колледжа мы выделяем обеспечение электронными образовательными продуктами студентов колледжа.

В настоящее время в образовательной практике широкое распространение получили различные электронные продукты. Многие из них представляют собой отсканированный текст распространенных учебников. Но, с нашей точки зрения, это недостаточное использование возможностей ИКТ. Электронный продукт должен содержать, наряду с текстом, еще и практические задания, лабораторные работы, тематические тексты по теории и контрольно-оценочные материалы. В колледже разрабатываются электронные продукты, содержащие все перечисленные компоненты.

В качестве программ-реализаторов используется как лицензионное программное обеспечение, так и свободное. В частности для создания

электронных учебных пособий в колледже установлен лицензионный пакет SunRay BookOffice. Пакет состоит из программы для создания “электронной книги” - SunRay BookEditor и программы для просмотра - SunRay BookReader, причем последняя является свободным ПО и может быть установлена отдельно. Созданный электронный учебный продукт компилируется в формат EXE, что очень удобно при работе с ним. С помощью данного пакета разработаны и активно используются в образовательном процессе следующие электронные учебные пособия:

1. “Мир живописи” для изучения немецкого языка студентами специальности “ИЗО и черчение” (разработчики Е.Н. Кравченко, Н.А. Платонова);

2. “Методика физического воспитания детей дошкольного возраста” для студентов специальности “Дошкольное образование” (разработчики Н.Г. Бирюкова, Ж.В. Лиготина);

3. “Состав персонального компьютера” (разработчик В.Г. Бесчастнов) и др.

Так же для разработки электронных учебных пособий используются средства языка HTML. С помощью данного реализатора разработаны электронные учебные пособия по педагогике, мировой художественной культуре, информатике и связанным с ней областям и др.

Широчайшее использование гипертекста обусловлено большим количеством преимуществ, которое дает данное представление информации: изучение материала, построенного по принципу гипертекста, удобно для восприятия и оказывает положительное влияние на запоминание основного материала.

Преподаватели колледжа, создавая электронные учебные пособия, стремятся обеспечить обучаемому возможность работы в интерактивном режиме, легкость и простоту навигации по структуре. Гипертекст позволяет проектировать обучающемуся свою образовательную траекторию [1], упрощает процесс навигации и возможность выбора темпа изучения материала. Обучаемые могут либо вернуться назад для повторения материала, либо перейти к другому материалу. Чем больше таких возможностей, тем выше интерактивность средства его и гибкость в процессе обучения [2].

К недостаткам использования в учебном процессе подобного рода материалов является то, что как работать с ними знают только авторы-разработчики. Поэтому если создание электронного учебного пособия не будет сопровождаться разработкой надлежащих методических материалов, то затраченные силы и средства пропадут даром, поскольку тогда данное пособие будет востребовано только одним преподавателем. Поэто-

му методическое обеспечение электронного учебного пособия имеет принципиальное значение для успеха в целом. Исходя из этого, мы уделяем данному вопросу особое место.

При разработке электронных продуктов контрольно-оценочного характера в колледже используются три программы-реализатора:

1. Лицензионные тестовые системы MasterTest и SunRav TestOfficePro;
2. Свободная тестовая система MyTest.

Система MasterTest разработана специально по заказу колледжа, содержит достаточно большой банк тестов по математике и информатике, имеется возможность “тренировочного” тестирования, ведется статистика, как посещаемости, так и успеваемости, есть функция “досрочной оценки”.

С помощью тестовой системы SunRav TestOfficePro в колледже разработаны и ежегодно используются тесты для итоговой государственной аттестации выпускников специальности “Информатика”. Программа работает “по сети”, имеется возможность администрирования.

Активно используется тестовая система MyTest на дисциплинах информатика, математика, педагогика, психология и др. С помощью MyTest в колледже традиционно проводился первый этап олимпиады для студентов специальности “Правоведение” по вопросам избирательного права и процесса. Особенностью системы является достаточно подробная статистика результатов и ее графическое представление в виде диаграмм, а так же есть возможность непосредственно наблюдать за процессом решения тестовых заданий с помощью модуля MyTestServer.

Все разрабатываемые электронные учебные продукты размещаются в локальной сети колледжа, что обеспечивает возможность доступа к ним в любое время, как студентов, так и преподавателей, таким образом, формируется информационно-образовательное пространство колледжа.

Дидактический потенциал формируемого информационно-образовательного пространства позволяет одновременно достигнуть глубокой индивидуализации обучения за счет дифференциации средств и способов формирования индивидуальных образовательных пространств.

Проведенные в колледже статистические исследования по разработке и использованию электронных учебных продуктов показывают, что процесс обучения осуществляется на новом качественном уровне. Использование преподавателями в своей работе электронных учебных продуктов значительно повышает качество учебного процесса, увеличивает степень усваивания знаний учащимися и интерес к учебе, освобождает педагога от рутинной работы, оставляя время на работу с одаренными или отстающими учащимися, самообразование.

Библиографический список

- [1] Григорьев С.Г., Гриншкун В.В. Информационные и коммуникационные технологии в современном открытом образовании. — URL: <http://www.ido.edu.ru/open/ikt>.
- [2] Семенова Н.Г. Теоретические основы создания и применения мультимедийных обучающих систем лекционных курсов электротехнических дисциплин: монография. — Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2007. — 317 с.

Создание 3D изображений на уроке информатики

Н.В. Лукьянова
БГПК, г. Барнаул
nata361379@yandex.ru

Недавно бушующие волны прогресса принесли нам новую диковинку – 3D (стереоскопическую) технологию, которая позволяет видеть объемные изображения на плоском экране. Также в последнее время становятся все более популярными 3D дисплеи, способные вывести изображение, воспринимаемое человеком как объемное, без очков или других дополнительных устройств.

На сегодняшний день, в школе не осталось практически ни одного ученика, который не смотрел бы 3D фильм в кинотеатре или дома с помощью специальных очков. Однако компетентность учащихся в области 3D технологий по-прежнему очень низкая. Поэтому при изучении технологии обработки графической информации в школьном курсе информатики нужно выделить 1-2 урока для того, чтобы ученик осознал феномен 3D, выявил его преимущества и недостатки и научился создавать объемные изображения.

На первый взгляд, можно подумать, что для организации таких занятий учителю информатики потребуются специальные средства обучения, ведь создание качественного стереоизображения требует высокотехнологичного оборудования (3D очков, компьютера, 3D монитора или проектора, драйверов, 3D фильмов или изображений). Еще несколько лет назад 3D оборудование было доступно только крупным организациям и стоило сотни тысяч долларов. За последние годы производительность и характеристики техники растут так быстро, что теперь для создания и просмотра 3D необходим компьютер с программным обеспечением компьютерной

графики (например, Adobe Photoshop, Blender, Gimp) и специальные очки с красным фильтром для левого глаза, с голубым - для правого.

В классе информатики обычно установлено достаточное количество компьютеров с графическими редакторами, а где взять свыше десяти 3D очков? Наиболее простой и быстрый способ - изготовить их самостоятельно из подручных средств. Для этого требуется найти прозрачный тонкий материал, например прозрачная коробочка для дисков или любой тонкий прозрачный пластик, например, бейджик. Вырезав два овала нужно раскрасить их двумя маркерами на спиртовой основе, один из которых голубого, а другой красного цветов. После высыхания поверхности овалы можно приклеить к картонной оправе и очки готовы. Учителю достаточно сделать заготовки из картона и пластика, принести на урок клей и маркеры, и каждый ученик за 5 минут может изготовить для себя 3D очки, а некоторые и оригинально раскрасить оправу.

На теоретическом этапе уроке учащимся нужно объяснить, что стереокинематограф — демонстрационная система, имитирующая наличие третьего измерения, или вызывающая у зрителя иллюзию глубины. В основе лежит феномен бинокулярного зрения человека. При просмотре каждый глаз зрителя видит только предназначенную для него часть кадра одновременно, в результате чего зрительная зона коры головного мозга воспринимает эти изображения как одно целое, которое выглядит объёмным. Для производства и демонстрации стереоизображений и стереокинофильмов используется множество разных методик, популярность которых менялась с годами: анаглифический метод, затворный метод, поляризационный метод, технология интерференционных фильтров, эффект Пульфриха, безочковые (аутостереоскопические) методы.

На уроке информатики учеников в первую очередь интересует ответ на вопрос: “Как создать объёмные изображения”? Следует рассказать о трех наиболее распространенных способах создания 3D: анаглифном, затворном и поляризационном.

Первый и самый простой способ получения объёмного изображения - анаглифный. Суть данного метода заключается в цветовом разделении изображения для каждого глаза. Стереоизображение представляет собой комбинацию изображений стереопары, в которой в красном канале изображена картина для левого глаза (правый её не видит из-за светофильтра), а в синем и зелёном (для голубого светофильтра) — для правого. То есть если надеть специальные очки, то каждый глаз будет видеть свою картинку. За счёт такого нехитрого подхода достигается иллюзия объёма. Но у этого метода есть серьёзный минус — искажение цветов. А потому анаглиф хорош только для чёрно-белых фильмов.

Суть затворного метода заключается в попеременном показе изображений для каждого глаза, а сам стереоэффект достигается путём затемнения стёкол очков. Таким образом, каждый глаз видит только изображение, предназначенное для него. Смена левого и правого изображения происходит с большой частотой, и человеческий глаз по инерции видит единую картину для обоих глаз.

При использовании поляризационного метода оба изображения накладываются друг на друга для показа на экране через поляризационные фильтры в проекторах. В очках зрителей тоже имеются поляризационные фильтры. Соответственно, каждый фильтр пропускает только свою часть световых волн. Однако требуется использовать посеребрённый экран, который позволяет избежать деполяризации и потери яркости изображения.

Понятно, что на уроке наиболее доступным является анаглифный метод, а остальные методы используются в кинотеатрах. Технология создания анаглифного изображения проста и легко применима на информатике, ведь на создание одного 3D изображения из обычного цифрового фото ученику требуется в среднем 3 - 5 минут. Для начала нам нужна стереопара – это два изображения, которые можно создать с помощью цифрового фотоаппарата: делаем первый снимок (левый), потом передвигаем объектив на 5 – 10 см от первой точки вправо, и делаем второй кадр (для качественной съёмки необходимо фотоаппарат держать в одной горизонтальной линии). Более простой способ получения стереопары, без использования фотоаппарата, заключается в копировании слоев одного цифрового изображения и сдвигом верхнего слоя немного влево, относительно нижнего в графическом редакторе. Далее определяем параметры наложения слоев: левое изображение в красном канале, правое – в голубом (сине-зеленом). Для чего, например, в программе Adobe Photoshop, в контекстном меню для левого слоя в окне “Каналы” снимем галочку с буквы R (red - красный), для правого слоя снимаем галочку с букв G (green - зеленый) и B (blue - синий). 3D изображение готово, можно сохранить файл и в дальнейшем просматривать в любой программе для просмотра изображений с помощью 3D очков.

На уроке можно познакомить учеников со специальным программным обеспечением для создания объемных изображений на компьютере. Например, бесплатная и постоянно обновляемая программа StereoPhoto Maker может создавать качественное 3D изображение для любых типов очков автоматически. StereoPhoto Maker не требует установки и состоит из одного exe-файла. Интерфейс очень прост и благодаря наличию горячих клавиш, процесс обработка становится значительно быстрее. С помо-

пью данной программы можно не только создавать, но и просматривать стереоизображения.

Самостоятельно можно предложить ученикам создать 3D – пейзаж, 3D – портрет, 3D – натюрморт. Просмотрев с помощью очков полученные изображения, вместе с учениками следует проанализировать полученный эффект 3D, определить оптимальное расстояние сдвига левой стереопары изображения, относительно правой.

Также следует обратить внимание учеников, что во время просмотра 3D изображений и особенно 3D фильмов с организмом возникают некоторые проблемы: головокружение, головные боли, тошнота, чувство дезориентации в пространстве. Состояние, вызываемое просмотром стереокино, принято называть киберукачиванием. При использовании затворного метода получения объемного изображения, и некоторых разновидностей поляризационного метода, наши глаза испытывают дополнительную нагрузку из-за того, что кадры для каждого из глаз чередуются с высокой частотой, достигающей иногда до 400 кадров в секунду. Мозгу непривычно получать изображение от глазных нервов таким образом, это приводит к его переутомлению. Особенно ярко это ощущают люди, страдающие какими либо офтальмологическими проблемами.

Как снизить отрицательное влияние просмотра 3D-изображений на здоровье человека? Это может быть домашним заданием учеников, и советы: не садиться слишком близко перед экраном, особенно при просмотре 3D с телевизора или монитора; не использовать регулярно 3D-очки, следует обсудить на следующем уроке. Ученики должны понимать, с чем они имеют дело, прикасаясь к “волшебству”, не забывали, что оно может принести вполне заурядные проблемы со здоровьем.

Библиографический список

- [1] Волшебный мир 3D. — 2012. — URL: http://strezh-3d.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=3:-3d&catid=9:2010-11-01-21-40-16&Itemid=13.
- [2] Как сделать анаглифный 3D снимок в Adobe Photoshop? — 2012. — URL: <http://golden calf.myjino.ru/rubrika/kak-sdelat-anaglifnyj-3d-snimok-v-adobe-photoshop.html>.
- [3] Как создать 3d изображения. — 2012. — URL: <http://www.kakprosto.ru/kak-62780-kak-sozdat-3d-izobrazheniya>.

- [4] StereoPhoto Maker – лучшая программа для стереофото. — 2012. — URL: <http://vokrug3d.ru/dlya-3d-foto/stereophoto-maker-luchshaya-programma-dlya-sterEOFoto.html>.

О необходимости подготовки учителя сельской общеобразовательной школы к применению информационных и коммуникационных технологий в педагогической деятельности

Т.В. Милёшина

АлтГУ

tanya457@mail.ru

Информатизация является одной из важнейших составляющих процесса модернизации системы образования, направленного на повышение качества, предоставление условий для обеспечения равных возможностей для получения образования всех уровней и ступеней. Это предъявляет повышенные требования к уровню информационной культуры всех участников образовательного процесса как важнейшего компонента сущностной характеристики личности.

Подготовка педагогических кадров в вузах России в области информационно-коммуникационных технологий сегодня отстает от потребности в них системы образования, поэтому важную роль здесь играет система дополнительного профессионального образования (переподготовка и повышение квалификации).

Сельская школа, в которой обучается более одной трети всех учащихся страны, занимает особое место в современной системе образования.

Повышение качества образования в сельской школе на основе использования современных информационно-коммуникационных технологий является одной из главных целей Федеральной программы "Развитие единой образовательной информационной среды". В рамках этой программы большинство сельских школ оснащено современной компьютерной техникой (97% всех сельских школ страны по данным Министерства образования РФ), что предъявляет новые требования к подготовке педагогов сельской школы в области информационно-коммуникационных технологий, и в первую очередь учителей-предметников.

Для того, чтобы подготовить выпускника сельской школы, обеспечив ему соответствующий образовательный и социально-культурный уровень, необходимы новые подходы к его образованию, новые учебные программы, ориентированные на реализацию потенциала средств и методов информатики и всего спектра возможностей информационно-коммуникационных технологий. Что в свою очередь невозможно без специальной подготовки учителя сельской школы в области информатики и применения средств информационно-коммуникационных технологий в его профессиональной деятельности.

Таким образом, актуальность данного исследования определяется необходимостью совершенствования подготовки учителя сельской школы к осуществлению учебно-воспитательного процесса в соответствии с уровнем развития современного информационного общества в аспекте формирования профессиональной готовности к применению средств информационно-коммуникационных технологий.

Цель исследования: разработка структуры, содержания, организационных форм и методов подготовки сельских учителей в области информатики и информационно-коммуникационных технологий для осуществления информационной деятельности и учебного информационного взаимодействия в условиях функционирования школьной информационно-образовательной среды.

Имея доступ к информационно-коммуникационным технологиям, учителя в большей мере смогут оказывать помощь учащимся в усвоении наиболее сложных концепций, вовлекать их в активное участие в учебном процессе, обеспечивать им доступ к информации и учебным ресурсам, более полно удовлетворять их индивидуальные потребности в обучении. Такие образовательные технологии помогут повысить уровень обучения и улучшить успеваемость каждого ученика.

В настоящее время существуют колоссальные возможности создания мощных информационно-коммуникационных технологий и сетевых ресурсов. Исходя из конкретных учебных задач, учитывая оснащенность компьютерного класса, учитель может выбрать нужное инструментальное средство, отвечающее уровню подготовленности его учеников.

В результате реализации исследования школа перейдет на новую ступень использования информационно-коммуникационных технологий в учебном процессе, которая предполагает: активное использование современных цифровых учебных ресурсов, создание условий для активной самостоятельной работы учащихся, гибкую организацию процесса обучения.

В итоге это должно способствовать достижению большинством уча-

щихся образовательных результатов адекватных новым требованиям рынка труда и современной социальной жизни.

Библиографический список

- [1] Ванина Е.Ю. Технологии мультимедиа в учебном процессе // Высшее образование сегодня. — 2008. — № 2. — С. 73–75.
- [2] Ефимов В.Ф. Использование информационно-коммуникативных технологий в начальном образовании школьников // Начальная школа. — 2009. — № 2. — С. 38–43.
- [3] Ляшенко Т.В. Мультимедийные образовательные технологии: психолого-педагогические основания их разработки и внедрения // Перспективы науки. — 2010. — Т. 4. — С. 36–45.
- [4] Панюкова С.В. Использование информационных и коммуникационных технологий в образовании. — М., 2010. — 221 с.

Рекомендации по проведению кружка по робототехнике

А.В. Миллер

Гимназия №42, г. Барнаул

В настоящее время в образовании происходит ряд изменений, появляются новые стандарты, а как следствие этого новые предметы и новые средства обучения. Одним из таких средств является программируемый робот. С помощью него можно решать задачи, получая информацию из окружающей среды, робота можно сделать “похожим” на человека. Используя данное средство обучения можно улучшить качество образовательного процесса, повысить интерес учащихся к обучению в целом и к отдельным предметам, тесно связанным с робототехникой. В этой статье я хочу рассказать о проведении кружка по робототехнике: о том, кто может стать участником кружка, что можно изучать на занятиях, и какие есть перспективы в изучении данного направления.

Я буду говорить о кружке по робототехнике, подразумевая обучение на данном кружке программированию робота Lego Mindstorms NXT. Конечно, для успешного участия школьников в различных конкурсах и олимпиадах понадобятся и навыки конструирования, но я на этом останавливаться не буду.

Участниками кружка могут стать учащиеся школы всех возрастных категорий. Разница между этими возрастами заключается в представлении материала на кружке, ходе объяснения материала и подборке заданий.

Когда мы говорим о том, что будет работать кружок по робототехнике, то появляется масса желающих, причем большинство этих желающих являются учениками начальных классов и среднего звена. Почему так?

Учащимся начальной школы очень интересно конструировать, придумывать различные модели, они, в основной массе, даже не подразумевают, что на этих занятиях они приобретут базу для программирования в старшей школе, научатся управлять роботом. При создании различных конструкций учащиеся реализуют свои творческие способности, тренируют пространственное мышление. Но для того, чтобы конструкция стала функциональной, обладала большим набором полезных “качеств”, необходимо научиться управлять ей. На данном этапе у учащихся появляется потребность в программировании, приходит осознание того, что без навыков программирования нельзя управлять роботом. А зная программирование, можно создавать модели, которые являются более интересными, сложными, похожими на настоящие “машины” современного мира и производства.

Для учащихся среднего звена робот интересен уже как исполнитель. Робот воспринимается учащимися не как игрушка, а как управляемая модель конструктора.

Для привлечения учащихся старшего звена необходимо продемонстрировать возможности “серьезного” программирования робота с помощью различных языков. В данном возрасте учащиеся могут управлять роботом и с помощью текстовых языков программирования, что позволяет значительно сократить код программы, сэкономить память робота и увеличить быстродействие программы. С учащимися этой возрастной категории можно программировать робота на таких языках, как Java, RobotC, NXC.

Хотелось бы обозначить еще одно направление робототехники, которое может быть реализовано в младших классах начальной школы. Это занятия с использованием набора Lego Wedo. Данный робот разработан специально для младших школьников, он также может быть сконструирован и запрограммирован различными способами.

Начиная со старших школьников начальной школы можно заниматься программированием и конструированием робота Lego Mindstorms NXT. На кружке, в зависимости от количества часов в неделю, можно изучать основные особенности робота, заложить основы программирования,

познакомиться с олимпиадными заданиями по робототехнике и дополнительными возможностями робота.

Итак, робототехникой может заниматься школьник любого возраста. Далее я приведу пример тематического планирования для кружка по робототехнике в 3 классе. Данное планирование рассчитано на изучение робототехники один час в неделю.

Календарно-тематическое планирование для 3 класса на 2012/2013 учебный год

№ занятия	Тема занятия	Количество часов
Раздел 1. Основные понятия		
1	Информация, информатика, робототехника, автоматы.	1
2-3	Понятие “Робот”. Знакомство с набором Lego Minstorms и его комплектующими. Сборка простейшей конструкции робота.	2
Раздел 2. Программирование стартовой конструкции робота		
4	Знакомство со средой программирования NXT. Знакомство с понятием линейной программы.	1
5-8	Движение робота по заданной траектории. Использование линейных программ.	4
9	Условие. Реализация условия в среде программирования NXT.	1
10-13	Движение робота по заданной траектории с применением условия.	4
14	Цикл. Реализация цикла в среде программирования NXT	1
15-18	Движение робота по заданной траектории с применением циклов	4
Раздел 3. Работа с цветовым сенсором		
19	Цветовой сенсор. Установка сенсора на робота и знакомство с принципом работы сенсора цвета	1

20-23	Решение задач с применением цветового сенсора (линейные задачи и задачи на ветвление).	4
24-29	Цветовой сенсор. Решение задач с применением цветового сенсора (циклические задачи).	6
30-35	Решение и разбор олимпиадных задач.	6

Данное планирование не является универсальным, так как, занимаясь робототехникой один час в неделю, можно познакомиться только с некоторыми особенностями робота. Если кружок проводится по два часа в неделю, то к этому планированию можно добавить следующие направления:

№ занятия	Тема занятия	Количество часов
Раздел 4. Работа с сенсором ультразвука		
36	Сенсор ультразвука. Установка сенсора на робота и знакомство с принципом работы ультразвукового сенсора	1
37-40	Решение задач с применением ультразвукового сенсора (линейные задачи и задачи на ветвление).	4
41-46	Ультразвуковой сенсор. Решение задач с применением сенсора ультразвука (циклические задачи).	6
47-53	Решение и разбор олимпиадных задач.	7
Раздел 5. Работа с сенсором касания		
54	Сенсор касания. Установка сенсора на робота и знакомство с принципом работы сенсора касания.	1
55-58	Решение задач с применением сенсора касания (линейные задачи и задачи на ветвление).	4
59-64	Сенсор касания. Решение задач с применением сенсора касания (циклические задачи).	6

65-70	Решение и разбор олимпиадных задач.	6
-------	-------------------------------------	---

Если в наборе есть сенсор аудио, то можно построить изучение данного сенсора по такому же принципу. Также можно включить в изучение вывода информации на дисплей робота. Решение данных задач вызывает у школьников большой интерес, но при решении олимпиадных заданий используется редко. Таким образом, проводя кружок по робототехнике хотя бы два часа в неделю, можно достойно подготовить учащихся к соревнованиям по робототехнике на уровне школы, района, края. Если мы говорим о соревнованиях более высокого уровня, то занятия должны проводиться практически каждый день.

Возвращаясь к кружку по робототехнике, но говорю теперь о старших школьниках. Можно проводить занятия по тому же самому планированию, только программировать робота не с помощью NXT-G, а на текстовых языках программирования, таких как Java, RobotC, NXC. На данных занятиях большее внимание придется уделить особенностям самого языка, так как с особенностями робота учащиеся уже знакомы.

Если мы говорим о перспективах направления робототехника, то мы подразумеваем робота не только как исполнителя при решении различных задач, но и как универсальную систему для сбора данных из окружающей среды. Дело в том, что к роботу Lego Mindstorms NXT можно подключать не только датчики, входящие в стандартный набор. К роботу может подключаться дополнительный набор датчиков, используя который возможности робота значительно увеличиваются. Например, появляется возможность измерять температуру окружающей среды, давление, освещенность, магнитное поле, силу тока, напряжение. Используя такие датчики можно применять робота на таких предметах, как физика, химия, биология. Грамотное применение данных датчиков возможно, если учащиеся понимают принцип работы датчика и могут грамотно запрограммировать робота, чтобы правильно снять показания с датчика. Таким образом, мы снова сталкиваемся с необходимостью обучения учащихся программированию.

Таким образом, педагог, имея необходимое оборудование, может построить непрерывную модель обучения робототехнике в школе. С первоклассниками изучаем особенности работы Lego Wedo, далее Lego Mindstorms NXT и его программирование на языке NXT-G, далее можно

программировать на различных текстовых языках и расширять возможности робота с помощью различных датчиков. Таким образом, можно вовлечь в процесс обучения с помощью роботов не только учащихся, но и учителей различных предметов. А выпускники, активно участвующие в различных мероприятиях, связанных с робототехникой, будут иметь большой багаж знаний не только по программированию, но и по физике, конструированию, химии и другим предметам.

Использование информационно-коммуникативных технологий в процессе изучения дисциплин психолого-педагогического цикла

З.А. Никитина
АлтГК, г. Барнаул
zaloznov49@yandex.ru

История педагогики богата не только новациями в области методов и организационных форм обучения. На разных этапах шло интенсивное внедрение всевозможных средств наглядности, технических средств и новых технологий в практику обучения. Профессиональное образование в этом не исключение. Последовательное, систематическое внедрение в педагогический процесс информационно-коммуникативных технологий способствует расширению существующего арсенала методических средств, изменению существующих форм обучения. С помощью современных компьютерных технологий обеспечивается овладение навыками самостоятельного поиска необходимой информации, формирование у обучающихся умений применить её на практике, умений оперативно ею обмениваться с потенциальными партнёрами, приобщение студентов к современным методам работы. Поэтому сфера их применения в процессе изучения психолого-педагогических дисциплин значительно возрастает.

Компьютер даёт возможность применять информационно-коммуникативные, мультимедийные технологии в процессе профессионального обучения и пользоваться на занятиях и во внеурочное время услугами сети Интернет. Педагогу важно иметь достаточно полное, но в то же время доступное его стилю мышления представление обо всём комплексе этих услуг. Возможности анимации, перемещения объектов, изменения элементов при помощи цвета, шрифта позволяют задей-

ствовать визуальные, аудиальные и кинестетические каналы усвоения информации.

Мультимедийность создаёт психологические моменты, способствующие восприятию и запоминанию материала с включением подсознательных реакций обучающегося: например, подведение итогов или выдача задания могут в каждой лекции курса предвлекаться каким-либо звуком или мелодией, настраивая обучающегося на определённый вид работы. Это обеспечивается заранее в процессе подготовки курса и не требует сосредоточения внимания педагога.

На занятии, при изучении нового материала используются мультимедийные презентации, созданные как педагогом так и студентами. Они позволяют доступно преподнести сложную информацию в большом объёме, иллюстрировать речь преподавателя. На этапе закрепления материала студенты работают на компьютерах, выполняя задания по построению словесно-логических схем, заполнению таблиц, формированию портфолио, рецензированию презентаций, выполненных самостоятельно. На уроке контроля знаний с помощью презентации можно организовать тестирование обучающихся.

Мультимедийная презентация повышает эффективность урока, практически, любого вида: лекции, семинара, практического занятия, конференции, даёт возможность через гиперссылки выйти на необходимое содержание темы с любого этапа урока. Эти особенности позволяют использовать презентации в качестве электронного методического пособия.

Современные средства представления информации на экране позволяют существенно повысить степень наглядности и облегчить работу обучающихся: можно выбрать размер и тип шрифта, разместить в тексте рисунки, вставить фрагменты или видеоклипы. В результате отпадает потребность в довольно трудоёмких процессах выполнения записей на бумаге, а затем перевод информации в электронную форму при написании рефератов по дисциплине «Общая и профессиональная психология», выполнении курсовых проектов в рамках изучения дисциплин «Общая и профессиональная педагогика», «Организация и методика профессионального обучения», а в дальнейшем при выполнении выпускной квалификационной работы. Форма курсового проекта или информация другого характера, распространяется через локальную сеть колледжа, что даёт возможность каждому студенту работать на занятии с электронным вариантом, выбирая индивидуальный темп деятельности. Налицо экономия времени при выполнении, проверке и коррекции материала.

Поиск информации психолого-педагогического характера кажется достаточно простым делом, но только на первый взгляд. Студенты испы-

тывают затруднения при поиске специфической информации – трудов учёных, опубликованных в разные годы, критических статей, биографических данных, законодательных актов в области образования. Поэтому интегрированные уроки помогают в решении данной проблемы. Интеграция знаний при изучении дисциплин “Общая и профессиональная психология” и “Информатика и вычислительная техника” даёт целостное восприятие вопросов, изучаемых по определённой теме. Компьютер даёт возможность использования рабочей тетради не только в традиционном бумажном виде, но и в электронном варианте. Что значительно упрощает организацию занятий – тетрадь всегда на рабочем столе компьютера – и повышает интерес студентов к учебной работе, способствует формированию познавательных способностей.

Обучающий видео фильм в образовательном процессе

А.Н. Петрова, Е.В. Ищенко, И.В. Молодкина

КПК, г. Камень-на-Оби

peleenn@mail.ru

В числе приоритетов модернизации среднего профессионального образования выступает метод педагогического проектирования, в процессе реализации которого у студентов формируются информационные, деятельностно-творческие, учебно-познавательные, коммуникативные и исследовательские компетенции. При этом у них развиваются:

– способность самостоятельно осуществлять отбор и анализ литературы с точки зрения ее значимости и эффективности; – способы организации целеполагания, планирования, анализа, рефлексии, самооценки; – умение задавать вопросы к фактам, отыскивать причины явлений; – умение представлять результаты своего исследования.

Обращение к исследованию позволяет изменить способ подготовки педагога, который проявляется в обращенности его к появлению профессиональных компетентностей в организации совместной деятельности педагогов и студентов.

Характерной особенностью современного развитого общества становится его информатизация. Информатизация общества – это глобальный социальный прогресс, особенность которого состоит в том, что доминирующим видом деятельности в сфере общественного производства является сбор, накопление, обработка, хранение, передача и использование информации, осуществляемые на основе современных средств вычислительной

техники, а также на базе разнообразных средств информационного обмена.

Невероятно высокие темпы современного научно-технического развития заставляют по-новому взглянуть на сложившиеся 20–30 лет назад подходы к применению в учебном процессе обучающих видеофильмов.

Обучающие видеофильмы позволяют глубже раскрыть содержание учебных дисциплин, организовать активную деятельность учащихся, разнообразить учебные приемы, переключать учащихся с одного вида учебной деятельности на другой, тем самым способствуя развитию у учащихся внимания и интереса к изучаемому вопросу.

Видеофильм позволяет создать положительную мотивацию учения, прежде всего благодаря высокой наглядности представления информации и внесения элемента новизны: данный видеофильм позволяет моделировать и демонстрировать различные особенности изучаемого материала. Яркие иллюстрации, анимированные процессы и звуковое сопровождение привлекают внимание учащихся, повышают их интерес к рассматриваемой теме.

Объект: процесс создания видеофильма

Предмет: программные средства по созданию и монтажу видеофильма.

Цель: Создать обучающий видеофильм “Алгоритмы и типы алгоритмов”

Этапы создания видеофильма:

1 этап: подготовительный

Этот этап носил информационно-мотивационный характер. На этом этапе определили тему, цель видеофильма и программные средства для создания видеофильма.

Тема выбрана “Алгоритмы и типы алгоритмов”, так как для подготовки детей к жизни в современном информационном обществе в первую очередь необходимо развивать логическое мышление, способности к анализу и синтезу. Наиболее доступный материал для развития мышления – это изучение темы “Алгоритмы” и обучение построению алгоритмов при решении любой задачи. Алгоритмическое мышление является необходимой частью научного взгляда на мир. В то же время оно включает и некоторые общие мыслительные навыки, полезные и в более широком контексте. К таким относится, например, разбиение задачи на подзадачи.

Обучение школьника основам алгоритмического мышления базируется на понятии исполнителя. Основой для введения исполнителей служат задачи. Исполнители, используемые в курсе, традиционны. Единожды введенные исполнители в дальнейшем активно используются на протя-

жении всего курса. Общая схема подачи материала в курсе следующая: от частного к общему, от примера к понятию.

Проанализировав программные средства, остановились на Pinnacle Studio — помимо монтажа видеофрагментов позволяет создавать презентации и интерактивные обучающие видеоролики. Pinnacle Studio может осуществлять захват изображения экрана и сохранять эту информацию в видеофайл. Весь процесс записи происходит в режиме реального времени. Для максимального удобства в программе есть возможность создание интерактивного оглавления. С помощью Pinnacle Studio можно создавать интерактивные файлы справки, проводить демонстрацию новых возможностей программ.

Возможности Pinnacle Studio для создания обучающего видеофильма:

- Точная запись происходящего на экране, включая запись веб-камеры, звука, системных звуков и т.д.
- Добавление множества визуальных эффектов
- Предварительное представление записанного
- Добавление, вырезание, соединение и разрезание видеоклипов
- Добавление и редактирование аудио
- Добавление выразительности
- Сохранение готового видео в форматах AVI, SWF, FLV, MOV, WMV, RM, GIF и CAMV

2 этап: Разработка сценария.

Сценарий представляет собой рабочий “чертеж”, на основании которого делается фильм. В нем подробно изложили замысел. В законченном виде это документ, где детально описали содержание каждого эпизода и сопровождающая изображение фонограмма. На первом этапе возникли определенные сложности в написании подробного сценарного плана. Продумывали каждый эпизод, намечали содержание каждого кадра.

Фильм складывали из кадров, сцен и эпизодов. Снимаемый кадр несколько длиннее того, который будет виден на экране после монтажа фильма. Для каждого кадра выбирали наиболее подходящий для него план, масштаб съемки. Решающим в этом являлось выразительность кадра и необходимость передачи каких-либо содержащихся в нем сведений.

3 этап: Проведение видеосъемок, монтаж фильма.

Когда написали сценарий, выбрали соответствующие сюжеты, пристушили к составлению монтажного плана. То есть, составили перечень кадров, составленный в том порядке, в котором эти кадры должны быть расположены в фильме. Такой план ускорил работу по монтажу, позволил ориентироваться в форме, облегчил написание текста и озвучивание. План составлялся после тщательного ознакомления со всем снятым материалом и определением основной концепции монтажа фильма.

Разработали конструкцию, объединяющую содержание в единое целое. Основная роль тут отводилась систематизации видеоматериала в определенном логическом порядке в соответствии с требованиями. Длинным был рабочий материал для просмотра и хранения в архиве, а фильм создали кратким, лаконичным, емким по содержанию, выразительным и точно отвечающим своей главной задаче - ради чего он снимался. Подробное пошаговое описание данного этапа представлено в работе.

Основные понятия, с которыми учащиеся знакомятся в видео фильме в курсе изучаемого раздела это - алгоритм, исполнитель алгоритма, система команд исполнителя, способы записи алгоритма, формальное исполнение алгоритма, алгоритмический язык, блок схема, линейный, разветвляющийся, циклический, и вспомогательный алгоритмы, системы программирования.

В обыденной жизни дети не встречаются с этими понятиями дословно, но они находят применение алгоритмов в различной деятельности человека, о чем важно сообщить детям на первом же уроке и подтвердить это примерами.

В настоящем постиндустриальном обществе роль информационных технологий чрезвычайно важна, они занимают сегодня центральное место в процессе интеллектуализации общества, развития его системы образования и культуры. Их широкое использование в самых различных сферах деятельности человека диктует целесообразность наискорейшего ознакомления с ними, начиная с ранних этапов обучения и познания. Система образования и наука являются одним из объектов процесса информатизации общества. Информатизация образования в силу специфики самого процесса передачи знания требует тщательной отработки используемых технологий информатизации и возможности их широкого тиражирования.

Информационная компетентность учителя – одно из условий эффективности современного урока математики

В.В. Пономарева

Профессиональный лицей № 19, г. Барнаул

vera_pon81@mail.ru

Информационная компетентность – интегративное качество личности, системное образование знаний, умений и способности субъекта в сфере информации и информационно-коммуникационных технологий и опыта их использования, а также способность совершенствовать свои знания, умения и принимать новые решения в меняющихся условиях или непредвиденных ситуациях с использованием новых технологических средств.

Для современного общества характерна постоянно возрастающая роль информационно-коммуникационных технологий. Формирование и дальнейшее развитие информационной компетентности взрослых людей является важной задачей, ведь именно способность работать с информацией определяет социокультурную жизнь человека, служит одним из основных средств реализации межличностных отношений. Необходимость развития компетентности педагогов в сфере информационной деятельности обусловлена реалиями времени.

Результативность и эффективность деятельности современного преподавателя-предметника достигается благодаря навыкам плодотворного сотрудничества с учащимися и коллегами на основе информационного взаимодействия, умения осуществлять подбор, структурирование и оценивание информации, необходимой для решения широкого круга образовательных задач.

Такие проблемы современного образования как повышение профессионального уровня учителя, освоение новых образовательных технологий, переход от принципа “образование на всю жизнь” к “образованию через всю жизнь” сегодня оказываются напрямую связанными с информационно-коммуникационными технологиями. На процесс формирования информационной компетентности существенное влияние оказывают внешние и внутренние мотивы изучения информационных технологий: внешние – материальные стимулы (рост конкурентоспособности педагога в среде своих коллег, повышение зарплаты, повышение квалификационной категории и т.д.), внутренние – мотивы личностной самореализации и профессионального роста.

Информационно-образовательная среда не может возникнуть стихийно. Ее формирование - это целенаправленный процесс. Сегодня в системе повышения квалификации предприняты серьезные шаги, стимулирующие стремление учителей к овладению компьютерными технологиями:

- организуются разнообразные курсы;
- проводятся различного рода конкурсы (уроков, разработок, социальных проектов и т.д.);
- оформление методических разработок, рабочих учебных программ, аттестационных материалов, конкурсных работ осуществляется в печатном виде с приложением электронной версии материала;
- одним из ключевых моментов при прохождении аттестации педагогических и руководящих кадров является вопрос об информационной компетентности.

ИКТ, активизирующие познавательную деятельность учащихся, нашли широкое применение в нашем лицее. Сегодня педагоги имеют возможность использовать их в разных областях: урок, внеклассные мероприятия, родительские собрания, внеурочная деятельность по предмету (конкурсы, олимпиады, фестивали). Активно применяются информационные средства и ресурсы в методической работе. Математика как учебный предмет характеризуется большим объемом письменных работ, в связи с чем ИКТ могут помочь преподавателю при:

- объяснении нового материала;
- наглядной демонстрации свойств объектов;
- проверке уровня усвоения знаний и сформированности умений;
- проведении нетрадиционных форм урока;
- организации внеурочных занятий и т.д.

Рассмотрим применение средств ИКТ на примере изучения темы "Преобразование графиков тригонометрических функций". Тема "Графики тригонометрических функций" является обязательной при изучении математики как на базовом, так и на профильном уровнях. На предыдущем уроке были изучены основные тригонометрические функции и их графики. Основная цель урока: научиться строить графики функций указанных видов, зная графики основных тригонометрических функций. Преобразование графиков изучается в курсе алгебры 8 класса, и потому многие учащиеся нуждаются в повторном изучении темы. При традиционном проведении урока преподавателю приходится строить в одной системе координат график исходной функции, а также график функции после каждого преобразования. Для функций вида $y = k \sin(ax + b) + m$ таких преобразований 4, значит, преподавателю нужно будет построить 5 различных графиков, используя мел разных цветов, причем у учащихся

ся зачастую возникают трудности в “опознании” нужного графика. Напротив, при использовании ИКТ преподаватель экономит большое количество времени, объяснение становится более наглядным, появляется возможность в любой момент вернуться к нужной информации. Изучение нового материала сопровождается презентацией Microsoft PowerPoint, средствами которой очень удобно показывать сдвиг графика вверх/вниз или влево/вправо, а также сжатие/растяжение графиков. Презентация настроена так, что при возникновении трудностей есть возможность возврата к правилам или примерам, демонстрирующим то или иное преобразование графиков.

После первичной отработки нового материала учащиеся разбиваются на группы, для каждой из которых предлагается построить график тригонометрической функции указанного выше вида. Последовательность действий, а также правильные ответы проверяются с помощью той же презентации Microsoft PowerPoint.

За счет экономии времени возможно проведение лабораторной работы с помощью программы Microsoft Excel, которая включает в себя два вида заданий. На листе “Тренинг” учащиеся могут вводить различные параметры и следить за тем, как ведет себя график функции. На листе “Задача” предлагается обратная проблема: по данному графику нужно определить параметры, задающие функцию. Предлагается 36 различных вариантов. Электронное тестирование, созданное в программе MyTest является завершающим этапом изучения темы.

При подведении итогов урока все учащиеся отмечали доступность и увлекательность изложения материала. На последующих уроках, а также при выполнении контрольной работы по теме задания такого рода у большинства учащихся затруднений не вызвали.

Компьютер не может заменить педагога и, более того, может стать эффективным средством обучения только тогда, когда компьютерное обучение будет сочетаться с традиционными его формами. Необходимо искать такие формы взаимодействия ученика с компьютером, чтобы на любом этапе урока создавались условия для развития учащегося. Необходимо обеспечивать особый режим его мышления, чтобы у учащегося возникало бы ощущение полноценности собственной деятельности, он чувствовал бы себя субъектом собственных действий. Даже самая умная машина не сможет заменить живое общение учителя и ученика, яркого, грамотного, эмоционального Слова учителя. А умелое влечение в канву урока ИКТ сделает урок интересным и современным.

Библиографический список

- [1] Компетенции и компетентностный подход в современном образовании. “Оценка качества образования”. — М. : Московский центр качества образования, 2008. — 96 с.
- [2] Тришина С.В. Информационная компетентность как педагогическая категория // Интернет-журнал “Эйдос”. — 2005. — 10 сентября. — <http://www.eidos.ru/journal/2005/0910-11.htm>.
- [3] Шутенко А.В. Методы проведения учебных занятий с использованием средств информационных и коммуникационных технологий. — URL: <http://pedsovet.su/publ/26-1-0-841> (дата обращения: 05.04.2010).

Изучение основ робототехники в процессе дистанционного обучения детей с ограниченными возможностями здоровья

Е.В. Пузырная, О.С. Мишина

АлмГПА

evp@uni-altai.ru, ok_san@list.ru

До начала 21 века огромное количество детей с ограниченными возможностями оставалось практически оторванными от жизни. Дистанционное обучение позволяет включить этих детей в процесс обучения, научить их самостоятельно решать возникающие проблемы, помочь адаптироваться в социуме.

С 2009 года на базе Алтайского краевого педагогического лицея работает центр дистанционного образования детей-инвалидов. Каждый ребенок, обучаясь дома, получил комплект специального оборудования: компьютер, сканер, веб-камера, микрофон, планшет, наушники. В состав комплекта вошел конструктор ПервоРобот Lego WeDo.

Первый вопрос, который мы педагоги слышали на уроках информатики: “Когда будем заниматься с роботом?”. Ограниченность урока по времени, не всегда быстрый темп работы учеников, но вместе с тем повышенный интерес к конструктору подтолкнули нас к идее разработки дистанционного курса “Lego - программирование. ПервоРобот Lego WeDo”.

Сочетание конструирования и программирования в курсе “Lego - программирование. ПервоРобот Lego WeDo” дает возможность объединить преподавание информатики и математики с развитием инженерного мышления. Конструктор Lego помогает детям воплощать в жизнь свои

задумки, строить и фантазировать, увлечённо работая и видя конечный результат. На занятиях при решении практических задач и поиска оптимальных решений учащиеся осваивают понятия баланса конструкции, ее оптимальной формы, прочности, устойчивости, жесткости и подвижности, а также передачи движения внутри конструкции. Конструктор Lego предоставляет широкие возможности для знакомства детей с зубчатыми передачами, рычагами, шкивами, маховиками, основными принципами механики, а также для изучения энергии, подъемной силы и равновесия.

Организация работы с конструктором Lego Wedo базируется на принципе практического обучения. Учащиеся сначала обдумывают, а затем создают различные модели. При этом активизация усвоения учебного материала достигается благодаря тому, что мозг и руки “работают вместе”. При сборке моделей, учащиеся не только выступают в качестве юных исследователей и инженеров. Они еще вовлечены в игровую деятельность, что достаточно важно для детей с особыми потребностями. Сконструированный самостоятельно робот не может обидеть ребенка, сделать ему замечание, он постоянно побуждает мыслить и решать возникающие проблемы.

Обучение с Lego Wedo состоит из 4 этапов:

- установление взаимосвязей;
- конструирование;
- рефлексия;
- развитие [2].

На каждом из вышеперечисленных этапов учащиеся как бы накладывают новые знания на те, которыми уже обладают, расширяя, таким образом, свои познания [2]

Индивидуальный подход особенно важен при обучении детей с ограниченными возможностями.

Обучаясь на курсе каждый ребенок работает в удобное для него время, в собственном темпе и имеет возможность получить консультацию педагога, задав ему вопросы в форуме или посредством чата.

Структура каждого занятия включает лекцию, практические задания и задания для самостоятельного выполнения (домашнее задание).

На изучение темы и выполнение домашнего задания отводится две недели. За это время дети выполняют различные задания. Ответы и решения присылаются в виде текстовых файлов, фотографий, видео, составленных программ и пояснений к ним.

Курс “Lego - программирование. ПервоРобот Lego WeDo” включает в себя следующие разделы:

1. Введение в робототехнику.
2. Программирование и конструирование моделей из Комплекта заданий.

3. Творческие проекты учащихся.

Ученикам предлагается выполнить различные домашние задания:

- написать эссе на одну из тем “Роботы и люди”, “Роботы будущего”;
- создать рисунок робота в графическом редакторе;
- собрать модель, представленную в лекции или самостоятельно придуманную;
- прислать видео-доклад по теме занятия.

Занятия конструированием, программированием, написание отчетов, а также постоянное общение с педагогом и сверстниками как в форуме, так и посредством программы Skype, способствуют разностороннему развитию учащихся.

Занятия робототехникой на дистанционном курсе позволяют:

- наладить межпредметные связи;
- незаметно и ненавязчиво вмешиваться преподавателю в учебный процесс, так как оценка, данная машиной, понятна ребенку и воспринимается им объективно;
- в работе создавать различные проблемные учебные ситуации (при этом учитываются индивидуальные особенности каждого ребенка), для решения которых можно попробовать различные варианты.

Робототехника в школе представляет учащимся технологии 21 века, способствует развитию их коммуникативных способностей, развивает навыки взаимодействия, самостоятельности при принятии решений, раскрывает их творческий потенциал. Ученики лучше понимают, когда они что-либо самостоятельно создают или изобретают. При проведении занятий по робототехнике этот факт не просто учитывается, а реально используется на каждом занятии.

Благодаря технологиям дистанционного обучения, сегодня мы можем поделиться своим опытом работы с образовательными конструкторами с другими людьми, желающими работать в данном направлении, оказать им поддержку в их творчестве, обеспечить необходимыми материалами.

Библиографический список

- [1] Накано Э. Введение в робототехнику / пер.с яп. канд. техн. наук А.М. Филатова. — М. : Мир, 1998. — 334 с.
- [2] ПервоРобот LegoWeDo™ – книга для учителя.
- [3] Попов Е.П., Письменный Г.В. Основы робототехники : Учеб. для вузов по спец. “Робототехнические системы и комплексы”. — М. : Высш. шк., 1990. — 224 с.
- [4] Ушаков А.А. Задачи для факультатива робототехники: Сборник задач. - Демонстрационный вариант. — Барнаул : Гимназия №42, 2009. — 12 с.
- [5] Филлипов С.А. Робототехника для детей и родителей / Под ред. А.Л. Фрадкова. — СПб. : Наука, 2010. — 195 с.
- [6] Юревич Е.И. Основы робототехники. — 2-е изд. — СПб. : БХВ-Петербург, 2005. — 416 с.
- [7] Lego Mindstorms NXT : Второе поколение роботов. — 2006-2011. — URL: <http://www.prorobot.ru> (online; accessed: 20.01.2011).

Использование информационных и коммуникационных технологий: практические советы учителю — словеснику

Н.Г. Пышнограй, О.Ю. Смокотина
СОШ № 114, г. Барнаул
pyshnograyng@mail.ru

Модернизацию образования невозможно представить без применения информационных и коммуникационных технологий (ИКТ). Именно они являются одним из важнейших инструментов обеспечения доступности образования, именно они обуславливают эффективность всех процессов школьной жизни от обучения до воспитания. Информационно-коммуникационные технологии не только облегчают доступ к информации, но и позволяют построить такую образовательную систему, в которой ученик был бы активным и равноправным участником образовательной деятельности.

Новые педагогические технологии в образовании предполагают широкое использование в учебной деятельности такого вида выступлений, как презентации. Под презентацией мы понимаем любое выступление с использованием изображения, воспроизводимого с компьютера или видеомagneтoфона, а также представление проектов, товаров, программ, отчетов и т.п. Помимо убеждения и побуждения к действию, презентация помогает выступающему донести до слушателей новую информацию, то есть является эффективной формой обучения.

Рассмотрим порядок работы над презентацией. Первый этап этой работы — подбор материала для выступления. Следующий — распределение в определенном порядке содержания, группировка его по блокам, которые аудитория могла бы усвоить как единое целое, и в этом поможет план презентации. Специалисты советуют использовать стандартную композицию: вступление, основная часть (в которой нужно выделить не более 3–5 блоков) и заключение. На вступление и заключение приходится по 10% информации, на основную часть — 80%.

Презентации может сопутствовать слайд-шоу, которое позволит слушателям видеть, как связаны блоки информации. Каждый слайд — это микротема выступления. Слайды позволяют оратору: структурировать материал, последовательно излагать, сократить время выступления, сосредоточить внимание на самых важных моментах, иллюстрировать выступление, обеспечить быстрое усвоение материала.

Композиция слайда также традиционна: вступление (или заголовок); основная часть (идея, содержание) и заключение (резюме и связь с последующим слайдом).

Для статических типов элементов в MS PowerPoint возможно использовать интерактивный эффект, проявляющийся в изменении цвета с основного на дополнительный, при наведении на этот объект указателя мыши тем самым акцентировать внимание пользователей на определенном объекте слайда.

Следует учесть типичные ошибки при использовании слайдов:

- большой текстовый материал (слайд может содержать отдельные ключевые слова, фразы);
- неадекватное или неуместное использование рисунков, фотографий (иллюстративный материал способен воздействовать на чувства и переживания аудитории, должен соответствовать теме выступления и стилю изложения);
- чтение слайдов (содержание слайда необходимо знать наизусть, слайды не должны заменять рассказ);
- отсутствие зрительного контакта с аудиторией (выступающий дол-

жен постоянно обращаться на слушателей, стоя в полуобороте к экрану);

- избыточное количество слайдов (мешает целостности восприятия и затрудняет общение оратора с аудиторией);
- отсутствие перехода от слайда к слайду (слайды должны следовать в логической последовательности);

Для перехода от одного слайда к другому и акцентирования внимания слушателей рекомендуется использовать следующие речевые клише: “обратите внимание. . .”, “давайте посмотрим. . .”, “обратимся к следующему слайду (таблице, графику, схеме и т.п.)”, “посмотрите. . .”, “как видим. . .”, “это очень важно. . .”, “это интересно. . .” и другие.

В заключение предлагаем памятку для тех, кто готовит презентацию:
Алгоритм работы над презентацией:

- Подберите литературу по теме презентации. Выделите необходимый учебный и иллюстративный материал.
- Создайте сценарий презентации.
- Разбейте подобранный материал на отдельные слайды.
- Поработайте со слайдами:
 - выберите форму слайда
 - подберите подачу текстового материала
 - добавьте анимационных эффектов;
- Установите связи между слайдами и способ управления.

Среди технических новинок, приходящих сегодня в школу, особое место занимают интерактивные доски – комплекс оборудования, позволяющий педагогу сделать процесс обучения ярким, наглядным, динамичным, варьировать частные решения с опорой на имеющиеся готовые “шаблоны”, а также более эффективно осуществлять “обратную связь”. Разработка заданий с помощью программного обеспечения интерактивной доски помогает в создании содержательных и наглядных заданий, объединяющих внимание всех учеников в классе. Использование проекционной техники в сочетании с аудиосредствами дает возможность привлекать на занятиях при объяснении нового материала тезисы, таблицы, видео- и справочные материалы, при анализе текстов - схемы и данные электронных словарей по русскому языку.

Несомненно, использование презентаций интерактивной доски увеличивает эффективность обучения в школе. За счет чего это происходит? Приведем конкретные примеры.

- Использование пометок и записей поверх выводимых на экран изображений при изучении синтаксиса на уроках русского языка. Например, при разборе сложных синтаксических конструкций, когда предложение очень объёмно и его запись занимает много времени на уроке, можно подготовить материал на интерактивной доске, а при коллективной работе наглядно выделить разными цветами грамматическую основу, средства связи в предложении, границы предложений, начертить схему, стереть ошибочно созданные отметки.

- Все изменения, сделанные в документе, можно не сохранять, поэтому его можно использовать на уроках в других классах.

- С другой стороны, в специальном файле можно сохранить все пометки, сделанные во время урока, для дальнейшего использования. Материал можно передать любому ученику, пропустившему занятие или не успешному сделать соответствующие записи в своей тетради

- Удобно проводить совместную работу над документами, таблицами или изображениями. Например, на уроке может быть спроецирована таблица, которая в ходе обсуждения коллективно заполняется или создается опорный конспект по теме урока со схемами и рисунками.

- Через интерактивную доску возможно управление компьютером без использования самого компьютера. Эту форму удобно использовать в работе с электронными учебными пособиями.

- При организации проектной работы, при просмотре экранизаций литературных произведений, через интерактивную доску демонстрируются Интернет-ресурсы и учебные видеоролики.

- Возможно выполнение домашнего задания на компьютере и его проверка с помощью интерактивной доски. Это повышает наглядность при разборе домашнего задания на уроке.

Замечено, что представление теоретического материала в виде интерактивного учебника резко повышает интерес учащихся к уроку. Анимация и звук вызывают у них массу положительных эмоций, поэтому полезно использовать электронные пособия, основной частью которых являются электронные уроки. Демонстрация таких материалов, представленных в виде гипертекста, интерактивных таблиц и схем, сопровождается тестовыми заданиями, в том числе и из экзаменационных вариантов.

Как и любое техническое средство, интерактивная доска не может использоваться весь урок и, согласно санитарно-гигиеническим нормам, с ней разрешается работать не более 20 минут. По мнению родителей и наблюдению учителей, у учащихся сократилось время на выполнение домашнего задания. Это объясняется тем, что ребенок лучше усваивает материал на уроке. Улучшается внимание и память учащихся, снимается

стрессовая ситуация и эмоциональное напряжение. Это немаловажный фактор в оздоровлении детей.

Интернет – уроки помогают сделать занятия интересными, разнообразными, при этом возможна как индивидуальная, так и коллективная работа. Такие уроки помогают не только развить интерес к изучаемой теме, но и учат работать с информацией дома и на уроке.

Для наиболее эффективной работы с Интернет-ресурсами необходимо выполнить следующее:

- перед изучением темы предложить учащимся список заданий, чтобы у них была возможность выбора;
- в процессе постановки учебной задачи нужно указать адреса сайтов, рекомендованных для выполнения данного задания, так как поисковая работа во время урока может занимать много времени;
- дать учащимся понятие “авторское право” и рекомендовать сохранять вместе с тематическим материалом адрес сайта, разместившего данную информацию, а также следует указать на авторское право ученика в отношении созданного ресурса;
- показать практическую значимость выполняемого учащимися задания, отметив, что их работы могут потом использоваться как учебные пособия на уроках в других классах;
- нацелить школьников на трудоёмкость выполнения задания, предупредить о неожиданностях, с которыми они могут встретиться в процессе работы;
- обеспечить достаточное количество времени для выполнения задания;
- обсудить необходимый и достаточный объём работы;
- познакомить с основными возможностями программ для реализации задания;
- дать критерии оценивания работы.

Стоит отметить, что использование ИКТ на каждом уроке, конечно, нецелесообразно. Компьютер не может заменить учителя и учебник, поэтому эти технологии необходимо использовать в комплексе с имеющимися в распоряжении учителя другими методическими средствами. Необходимо научиться использовать компьютерную поддержку продуктивно, уместно и интересно.

Разработка сайта для образовательного учреждения

Р.Ю. Ракин, А.А. Лисин

АлтГПА

rrak@uni-altai.ru, alekseylisin@yandex.ru

В настоящее время информационные технологии охватили практически все сферы человеческой деятельности. Возникла потребность в использовании IT-технологий в различных отраслях. Школьная среда не явилась исключением.

Значительно возросший в последнее время объем информации, а также необходимость всестороннего анализа, прослеживания динамики изменений и оперативной корректировки образовательной деятельности школ, работающих в инновационном режиме, требуют использования информационных технологий для создания единого информационно-образовательного пространства образовательного учреждения [1].

Под единым информационным пространством школы обычно понимается система, в которой задействованы и на информационном уровне связаны все участники образовательного процесса: администрация, преподаватели, учащиеся и их родители. Одним из способов создать единое информационное пространство школы является разработка сайта образовательного учреждения.

Именно поэтому в рамках приоритетного национального проекта “Образование” все школы подключены к сети Интернет. И теперь, создание и продвижение школьного сайта, это обязательная задача, которую выполняет каждое образовательное учреждение (ОУ). Сайт – самый современный и, пожалуй, эффективный канал коммуникации с потенциальным пользователем (или вообще можно убрать “с потенциальным пользователем”). Только возможности интернет сайта позволяют в полной мере использовать все способы донесения информационного сообщения до пользователя: Текст, аудио и видео информация могут быть поданы в рамках одного сайта для ознакомления потребителя с ними [5]. Сайт необходим для систематизации, управления и облегчения работы с потоками информации.

Школьный веб-сайт создается в целях активного продвижения информационных и коммуникационных технологий в практику работы школы. Сайт позволяет разместить в сети новости, фотографии с различных школьных и внешкольных мероприятий, поучаствовать в обсуждении событий в форумах, посмотреть, о чем размышляют и что предлагают коллеги, ученики и их родители в режиме реального времени.

Все это может выполняться только в том случае, если сайт правильно организован, информация в написана и подана профессионально, а пользователям удобно с ней работать [4].

Как же правильно разработать сайт ОУ? В типовом положении об официальном сайте ОУ сформулирован ряд требований, которые помогут при решении этого вопроса. Рассмотрим их более подробно.

Чтобы быстро найти основные страницы сайта, необходима удобная навигация, включающая вложенные меню. Навигация и дизайн должны быть выдержаны в едином стиле. Используемые шрифты должны под держиваться всеми браузерами и быть читаемы, т.е. иметь достаточный размер, чёткость, контрастность. На страницах сайта необходимо исключить стилистические и орфографические ошибки, неработающие ссылки и рекламу, за исключением рекламы образовательных ресурсов. А так же организовать регулярный контроль над состоянием форумов и гостевых книг.

На официальном сайте в обязательном порядке размещается следующая информация. Главная страница должна содержать заголовок сайта, краткие сведения о школе и о директоре, контактную информацию (адрес, телефон, дни и часы приёма администрации), схема проезда. В открытом доступе должны быть основные документы: устав, лицензия, свидетельство о государственной аккредитации, программа развития, образовательная программа, публичный доклад ОУ по итогам финансового и учебного года. Пользователи сайта должны найти информацию о подготовке к ЕГЭ, о правилах школьной жизни (поведение и питание детей, требования к внешнему виду), о таких формах общественного самоуправления как управляющий совет, попечительский совет, детские общественные организации. Необходимо создать интерактивный раздел (форум, чат), в котором можно обмениваться сообщениями и задавать вопросы администрации. На отдельной странице необходимо разместить информацию об обеспечении безопасности образовательного процесса, в том числе безопасность детей в сети Интернет и указать полезные ссылки на сайт округа, образовательные ресурсы в Интернет, вышестоящие организации [6].

Каждое ОУ строго следует этим требованиям, забывая о том, что сайт должен быть интересен разным группам пользователей. Ученики считают, что этот сайт для родителей, родители думают, что это сайт для педагогов, педагоги считают, что сайт нужен исключительно администрации ОУ. Таким образом, получается бесполезный “рудимент”, который существует в ОУ. Это проблема, с которой сталкиваются большинство ОУ. Очевидно, что привлечь к сайту аудиторию, можно в том случае если

информация на сайте будет актуальной, презентабельной, современной, полезной, значимой, интересной и наглядной.

Задача является сложной, но выполнимой. В том же “Типовом положении об официальном сайте ОУ” есть пункт, который многие считают не обязательным и пропускают его. А вместе с тем именно данные требования помогут вернуть сайту популярность типовой аудитории. Рассмотрим его более подробно.

В качестве дополнительной на сайте ОУ может быть размещена информация, обеспечивающая максимальную информативность общественности о деятельности образовательного учреждения:

- История школы, традиции
- Виртуальная приёмная (диалог с директором школы)
- Сайты (страницы) классов, методических объединений, библиотек, учителей, учащихся, родителей
- Сотрудничество (международное сотрудничество, сотрудничество с высшими учебными заведениями и т.п.)
- Спортивная жизнь
- Праздники, экскурсии, экспедиции
- Достижения в области образования
- Научное общество школьников (Исследовательские работы, рефераты и др.)
- Проектные направления (социальное, прикладное проектирование)
- Клуб выпускников
- Страница психолога
- Электронный журнал успеваемости
- Школьная газета
- Школьный музей
- Творческие работы учителей и учеников
- Гостевая книга для высказывания мнений

- Фотоальбом
- Наши друзья, спонсоры, благотворители [6].

Но и это не всё, просто включив эти разделы в сайт мы ни чего не добьёмся, а в худшем случае произойдет перенасыщение. Поэтому нужно выбрать именно те разделы, которые будут востребованы, т.е. нужно учесть пожелание пользователей этого сайта (учеников, родителей, учителей, администрации ОУ и др.) и возможно привлечь их к работе по разработке ресурса. Также нужно организовать грамотное продвижение сайта, привлечение к нему внимания. Только в этом случае Сайт станет ключевым звеном в организации единого информационного пространства школы.

Библиографический список

- [1] Белова Е.В. Автоматизация организационно-управленческой деятельности как один из компонентов создания информационно-образовательной среды учебного заведения.
- [2] Журавлева Н.В. Школьный сайт как возможность самопрезентации ОУ в сети интернет // ППЖ. — 2009. — № 1.
- [3] Создание единого информационно-образовательного пространства школы. — URL: <http://www.edukids.ru/articles/328>.
- [4] Создание сайтов. — URL: <http://www.extyl.ru/articles/view/Dlja-chegonuzhen-sait>.
- [5] Структура единого информационного пространства школы. — URL: <http://inform.miniq.ru/docs/struktura-edinogo-informacionnogo-prostranstva-shkoli.pdf>.
- [6] Типовое положение об официальном сайте ОУ.

Защита информации в образовательном учреждении

Р.Ю. Ракитин, И.В. Ляпунова

АлтГПА

irinaliapunova@mail.ru

В настоящее время компьютерные технологии применяются в различных сферах человеческой деятельности. Широкое внедрение вычислительной техники и информатизация образования привели к возникновению проблемы по организации защиты информации в общеобразовательном учреждении. Количество угроз информации растет с каждым днем, изменяется нормативно-правовая база, соответственно времени должны изменяться и методы обеспечения информационной безопасности учебного процесса.

Общеобразовательные учреждения обрабатывают большое количество данных, которые можно отнести к конфиденциальным: данные учащихся и их родителей, информация о преподавателях, личные дела, бухгалтерские сведения, а так же данные представляющие коммерческую тайну и т.д. Неправомерный доступ к информации такого рода может повлечь за собой серьезные последствия, такие как утечка, хищение, утрата, искажение, подделка информации и др. На сегодня важной задачей образовательного учреждения является предотвращение несанкционированных действий по уничтожению, модификации, искажению, копированию, блокированию информации, предотвращение других форм незаконного вмешательства в информационные ресурсы и информационные системы, обеспечение правового режима документированной информации как объекта собственности.

В общеобразовательных учреждениях также необходимо защищать информацию: от сбоев оборудования, случайной потери или искажения информации, хранящейся в компьютере, преднамеренного искажения, производимого, например, компьютерными вирусами и нелегального доступа к информации.

Существуют достаточное количество документов по защите информации, описывающие циркулирующую в информационной системе и передаваемую по каналам связи информацию. Эти документы непрерывно дополняются и совершенствуются, хотя и уже после того, как злоумышленники совершают все более технологичные прорывы модели защиты информации, какой бы сложной она не была. К правовым документам относят Конституцию Российской Федерации, Федеральный закон, Трудовой кодекс РФ и др.

В основе построения системы безопасности лежат: **правовое, организационное и инженерное – техническое обеспечения.**

Правовая защита - это специальные законы, другие нормативные акты, правила, процедуры и мероприятия, обеспечивающие защиту информации на правовой основе. Правовая защита информации как ресурса признана на международном, государственном уровне и регулируется соответствующими законодательными и правовыми актами.

Для правового обеспечения информационной безопасности приняты Федеральные законы “О государственной тайне”, “Об информации, информатизации и защите информации”, “Об участии в международном информационном обмене”, а также ряд других нормативных актов. В новых Гражданском и Уголовном кодексах предусмотрена ответственность за правонарушения и преступления в информационной сфере.

Современные условия требуют и определяют необходимость комплексного подхода к формированию законодательства по защите информации, его состава и содержания, соотнесения его со всей системой законов и правовых актов РФ.

При построении системы информационной безопасности решающую роль играет *организационная защита*.

Организационная защита - это регламентация производственной деятельности и взаимоотношений исполнителей на нормативно-правовой основе, исключающей или существенно затрудняющей неправомерное овладение конфиденциальной информацией и проявления внутренних и внешних угроз. Для успешной работы все участники образовательного процесса должны четко осознавать проблему информационной безопасности. Пока же пользователи нередко нарушают порядок обработки информации, не соблюдают требования нормативно-правовых документов, регламентирующих информационную безопасность. Безопасность информации может быть обеспечена только при комплексном использовании всех средств защиты. Процесс построения системы информационной безопасности не может быть разовым мероприятием, равно как исполнение и контроль не может быть возложен на одного ответственного за информационную безопасность. Этот процесс должен быть управляемым, постоянно совершенствуемым. Такой подход – стратегическое звено во всей системе информационной безопасности, также как информация – главный защищаемый элемент.

И самым дорогостоящим на сегодняшний день является инженерно-техническая защита. **Инженерно-техническая защита** - это совокупность специальных органов, технических средств и мероприятий по их использованию в интересах защиты конфиденциальной информации [1].

По функциональному назначению средства инженерно-технической защиты классифицируются на следующие группы: **физические средства, аппаратные средства, программные средства и криптографические средства.**

Физические средства включают различные средства и сооружения, препятствующие физическому проникновению злоумышленников на объекты защиты и к материальным носителям конфиденциальной информации и осуществляющие защиту персонала, материальных средств, финансов и информации от противоправных воздействий. К физическим средствам относятся механические, электромеханические, электронные, электронно-оптические, радиотехнические и другие устройства для воспрепятствования несанкционированного доступа выноса средств и материалов и других возможных видов преступных действий.

Аппаратные средства. Это приборы, устройства, приспособления и другие технические решения, используемые в интересах защиты информации. К аппаратным средствам защиты информации относятся самые различные по принципу действия, устройству и возможностям технические конструкции, обеспечивающие пресечение разглашения, защиту от утечки и противодействие несанкционированному доступу к источникам конфиденциальной информации.

Программные средства охватывают специальные программы, программные комплексы и системы защиты информации в информационных системах различного назначения и средствах обработки данных.

Средства защиты компьютера от чужого вторжения весьма разнообразны и могут быть классифицированы на такие группы, как: *средства собственной защиты*, предусмотренные общим программным обеспечением; *средства защиты в составе вычислительной системы*, включающие защиту аппаратуры, дисков и штатных устройств, выполнение программ зависит от определенных действий, специальных мер предосторожности; *средства защиты с запросом информации*, требующие ввода дополнительной информации с целью идентификации полномочий пользователя; *средства активной защиты*, инициирующие при возникновении особых обстоятельств; *средства пассивной защиты*, направленные на предостережение, контроль, поиск улик и т.д.

Программные средства защиты имеют следующие разновидности специальных программ: идентификация технических средств, файлов и аутентификации пользователей; регистрация и контроль работы технических средств и пользователей; обслуживание режимов обработки информации ограниченного пользования; защита операционных средств ЭВМ и прикладных программ пользователей; контроль использования ресурсов;

вспомогательные программы защиты различного назначения.

Криптографические средства - это специальные математические и алгоритмические средства защиты информации, передаваемой по системам и сетям связи, хранимой и обрабатываемой на ЭВМ с использованием разнообразных методов шифрования. Преобразование математическими методами передаваемого по каналам связи секретного сообщения, телефонного разговора или компьютерных данных таким образом, что они становятся совершенно непонятными для посторонних лиц.

Исходя из требований к образовательному учреждению, необходимо проделать следующую работу для обеспечения информационной безопасности:

Целесообразно обеспечить **защиту компьютеров от внешних несанкционированных воздействий** (компьютерные вирусы, логические бомбы, атаки хакеров и т. д.). Решение данной проблемы возможно при использовании специального пограничного устройства (файрвола) между локальной сетью ОУ и внешней сетью, например Интернет. При этом Важной составляющей защиты информации для любого компьютера являются **антивирусные программы**. Они нужны для того, чтобы полностью защитить всю информацию, которая хранится в компьютере от вредоносных программ.

Так же необходимо использовать **контент-фильтры**, для фильтрации сайтов по их содержанию.

Необходимо установить строгий **контроль за электронной почтой**, обеспечив постоянный контроль за входящей и исходящей корреспонденцией. Основные задачи защиты электронной почты – защита от спама и вирусов, предотвращение утечки конфиденциальной информации.

Нелишним будет **установка паролей, в соответствии с требованиями безопасности, на персональные ЭВМ**, а также определение работы с информацией на съёмных носителях ЭВМ (дискеты, диски). Желательно, дополнительно отделить классы свободного доступа от остальной сети ОУ.

Для критических частей функционирования локальных сетей необходимо обеспечить **бесперебойную работу**. Для этого, чтобы не потерять информацию, нужно установить источники бесперебойного питания, – источники вторичного электропитания, автоматическое устройство, назначение которого – обеспечить подключенное к нему электрооборудование бесперебойным снабжением электрической энергией в пределах нормы.

Следует так же выполнять **резервное копирование** – процесс создания копии данных на носителе (жёстком диске, дискете и т. д.), пред-

назначенном для восстановления данных в оригинальном или новом месте их расположения в случае их повреждения или разрушения.

Таким образом, активное использование средств компьютерной техники и информационно-обрабатывающих технологий, а также увеличивающийся объем массивов информации в образовательных учреждениях вызывает появление новых правовых проблем, требующих от учреждения принятия мер по устранению информационных угроз.

Библиографический список

- [1] Блинов А.М. Информационная безопасность : учебное пособие. Часть 1. — СПб. : СПбГУЭФ, 2010. — 96 с.
- [2] Домарев В.В. Безопасность информационных технологий: Системный подход. — URL: <http://b23.ru/yrxq> (дата обращения: 20.10.2012).
- [3] Милютин О.В. Особенности защиты информации в образовательном учреждении. — URL: <http://b23.ru/yrxh> (дата обращения: 17.10.2012).
- [4] Парфенов А.А. Информационная безопасность школы. — URL: <http://www.menobr.ru/materials/39/4851/> (дата обращения: 18.10.2012).
- [5] Хмельков С.Б. Особенности защиты персональных данных в образовательных учреждениях // Нормативные документы образовательного учреждения. — 2011. — № 3.
- [6] Ярочкин В.И. Информационная безопасность : Учебное пособие для студентов непрофильных вузов. — М. : Междунар. отношения, 2000. — 400 с.

Особенности изучения робототехники в школе

Р.Ю. Ракитин, О.В. Петракова

АлтГПА

rrak@uni-altai.ru, o.-petrakova2008@mail.ru

В настоящее время обществу необходима личность, способная самостоятельно ставить учебные цели, проектировать пути их реализации, контролировать и оценивать свои достижения, работать с разными источниками информации, оценивать их и на этой основе формулировать собственное мнение, суждение, оценку. Современный человек должен ориентироваться в окружающем мире как сознательный субъект, адекватно

воспринимающий появление нового, умеющий ориентироваться в окружающем, постоянно изменяющемся мире, готовый непрерывно учиться [3].

За последние годы образовательные учреждения, были оснащены современными компьютерами, мультимедийными проекторами, интерактивными досками [2]. И все школы на сегодняшний день имеют постоянное подключение к сети Интернет.

В школе учащиеся получают знания с помощью компьютера, который выводит на экран красивые фотографии или фильмы. Ребенок может управлять виртуальными системами с помощью интерактивной доски, исследовать их поведение, получая адекватное представление о взаимосвязях различных элементов этой системы. Но все эти знания виртуальны. Они приходят со страниц учебников или экрана компьютера, в который они попадают с мобильных носителей информации или по каналам связи [5].

Чтобы избежать схоластичности знаний предметы естественнонаучного цикла чаще всего используют демонстрационный эксперимент и лабораторные работы. Однако зачастую приборы, составляющие основу фонда лабораторного оборудования, обладают высокой погрешностью, позволяющей оценивать результаты эксперимента скорее качественно, чем количественно [4]. Частично решением этой проблемы могут послужить конструкторы Lego. С помощью них реально создавать различные модели, например приборы, которые используются в быту и работают от электричества, солнечную систему, мобильных роботов с датчиком температуры и датчиком для измерения магнитного поля и другие.

Согласно национальной образовательной инициативе

"Наша новая школа утвержденной Д.А. Медведевым, современное образование должно соответствовать целям опережающего развития. Для этого должно быть обеспечено:

1. изучение не только достижений прошлого, но и технологий, которые пригодятся в будущем;
2. обучение, ориентированное как на знаниевый, так и деятельностный аспекты содержания образования.

Таким требованиям отвечает робототехника. Робототехника – это область техники, связанная с разработкой и применением роботов, а также компьютерных систем для управления ими, сенсорной обратной связи и обработки информации.

Введение элементов робототехники в школьные предметы позволит заинтересовать учащихся, разнообразить учебную деятельность, использо-

вать групповые активные методы обучения, решать задачи практической направленности. Программирование реального робота поможет увидеть законы математики не на страницах тетради или учебника, а в окружающем мире. Использование конструкторов Lego Mindstorms NXT позволяет взглянуть на школьные предметы по-новому. Программирование роботов позволяет без усилий организовать межпредметные связи информатики с математикой и физикой, при специальной подготовке учителя и наличии методических материалов – с кибернетикой, физиологией и психологией.

Сегодня робототехнические конструкторы используются для проведения демонстрационных учебных экспериментов по физике, химии, биологии, математике и основам безопасности жизнедеятельности. Все это позволяет познакомить ребенка с законами реального мира и особенностями функционирования восприятия этого мира кибернетическими механизмами.

Однако, существует ряд препятствий для внедрения робототехники в образовательный процесс. Чтобы осуществить обучение робототехнике, необходимо время для организации дополнительных учебных занятий и время на уроке, которое нужно научиться жертвовать для внедрения новой технологии, тем самым перестраивая учебные программы.

Ну и эти проблемы сейчас отчасти исправимы. В последнее время создано много дистанционных курсов, при помощи которых можно в индивидуальной форме изучить новую технологию и научиться работать с роботами. Такие курсы предоставляют доступный теоретический материал, практические задания и консультации по любым возникающим вопросам. Обучаться на них учащиеся могут в свободное от учебы время.

Также важно понимать, что робототехника на разных ступенях образования имеет различные цели. Поэтому рекомендуется, в зависимости от возраста учащихся, использовать конструкторы разных типов, проводить различные мероприятия, изучать всевозможные темы. Сегодня это возможно при организации специальных кружков по робототехнике, факультативов и элективных курсов.

В начальной школе рассматривают конструирование и начальное техническое моделирование. Для этого используются конструкторы Лего в любой модификации и конструктор “WeDo”, который даёт возможность построить 12 моделей по инструкции. Программируя через компьютер, ребенок может наделять интеллектом свои модели.

В основной школе усложняется как уровень моделирования, так и уровень программирования роботов, предполагающий более сложные языки программирования. В качестве базового оборудования предлагается ЛЕГО конструкторы Mindstorms NXT. Используя датчики Vernier, можно

проводить различные опыты на разных предметах.

В старшей школе углубляется изучение программирования и повышается уровень сложности конструирования робототехнических комплексов. Одним из вариантов комплексного развития робототехники является освоение станков с числовым программным управлением. Примером одного из языков программирования, который способны осваивать старшеклассники, является язык LabVIEW [1].

Безусловно, помимо основных занятий по робототехнике, нужно проводить различные внешкольные мероприятия, позволяющие привлечь интерес к данному направлению. Это могут быть конкурсы по робототехнике, круглые столы, викторины, мастер – классы по конструированию и программированию роботов, а также олимпиады, где юные таланты могут посоревноваться и поделиться собственным опытом.

На наш взгляд, возможности и формы изучения робототехники не исчерпаны. Существуют перспективы ее дальнейшего развития. Вполне реально, что использование робота станет необходимым при изучении абсолютно всех школьных предметов. Обществу всегда важно развивать науку. Именно с роботами дети создают модель автоматизированного устройства. Теоретические расчёты с множеством допущений и округлений, отличаются от того, что будет происходить на самом деле — это прямой путь к осознанию того факта, что физический эксперимент интереснее и важнее любых информационных моделей и вычислений, т.е. фактически фундамент любого учёного и инженера.

Для того, чтобы сегодня у ученика формировалась учебная успешность, нужно добиться, прежде всего, чтобы школьник осознавал, что учебная деятельность, которой он занят в данный момент в школе повлечет за собой успех в его дальнейшей деятельности. Есть много образовательных технологий развивающих критическое мышление и умение решать задачи, однако существует очень мало привлекательных образовательных сред, вдохновляющих следующее поколение к новаторству через науку, технологию, математику, поощряющих детей думать творчески, анализировать ситуацию, критически мыслить, применять свои навыки для решения проблем реального мира.

Робототехника в школе представляет учащимся технологии 21 века, способствует развитию их коммуникативных способностей, развивает навыки взаимодействия, самостоятельности при принятии решений, раскрывает их творческий потенциал. Ученики лучше понимают, когда они что-либо самостоятельно создают или изобретают. При проведении занятий и мероприятий по робототехнике этот факт не просто учитывается, а реально используется.

Библиографический список

- [1] Ершов М.Г. Роль образовательной робототехники в формировании инженерного мышления школьников. — URL: <http://confer.cschool.perm.ru/tezis/Ershov.doc> (дата обращения: 16.09.12).
- [2] Захарова И.Г. Информационные технологии в образовании : учебное пособие. — М., 2003. — 183 с.
- [3] Изучение элементов робототехники в базовом курсе информатики. — URL: <http://festival.1september.ru/articles/623491/> (дата обращения: 15.09.12).
- [4] Свистун И.В. Системный подход к использованию Лего-технологий в преподавании предмета “Информатика и ИКТ”. — URL: www.uni-altai.ru/info/journal/vestnik/6020-nomer-1-2011.html (дата обращения: 15.09.12).
- [5] Ушаков А.А. Робототехника в средней школе – практика и перспективы. — URL: www.uni-altai.ru/info/journal/vesnik/3365-nomer-1-2010.html (дата обращения: 15.09.12).

Преимущества балльно-рейтинговой системы оценки результатов обучения студентов по информатике

А.А. Смолкина, М.В. Афонина

АлмГПА

smolkina_nastya@mail.ru

В настоящее время требования к качеству знаний студентов заставляют искать принципиально новые пути повышения эффективности системы обучения за счет такой организации учебного процесса, которая как можно более широко использовала бы творческий потенциал и саморазвитие студентов. Особенно остро встает вопрос оценивания знаний, которое бы способствовало самоорганизации, самопроверке, стимулированию и мотивации работы студентов [2].

Поиск оптимальной стратегии оценивания не является проблемой исключительно российского образования. Это актуально в той или иной степени для образовательных систем всех развитых и наиболее динамично развивающихся стран.

Наиболее востребованной в образовательных систем всех развитых стран является балльнорейтинговая оценкарезультатов обучения.

Балльнорейтинговая система – система оценки знаний студентов, основана на наборе и последующем суммировании баллов по всем видам учебной деятельности студентов в семестре [3].

В отличие от традиционной системы оценивания, балльнорейтинговая оценка направлена на дифференциацию уровня освоения учебного материала обучающимся. Она позволяет заметить даже незначительные изменения в усвоении учебного материала каждым студентом. Ориентирована на стимулирование его работы в течение каждого семестра и всего учебного года и обеспечивает одинаковый подход к оценке качества обучения, т.е. объективность диагностики знаний и умений.

Целью балльнорейтингового обучения является создание условий для мотивации самостоятельности студентов средствами своевременной и систематической оценки результатов их работы в соответствии с реальными достижениями.

Ценность балльнорейтинговой системы оценивания заключается в том, что студенты сами могут спланировать свою оценку и сравнить свои успехи с успехами товарищей по количеству набранных баллов. Данная система подразумевает отказ от выставления на занятиях традиционных оценок “5”, “4”, “3”, “2”, так как есть более тонкая градация. Например, те студенты, которые получили оценку “5”, могут сильно различаться по своим способностям. Для некоторых из них оценка “отлично” – своеобразный “потолок”, а для других – лишь стартовая площадка к более высоким результатам.

Если сравнить традиционную систему оценивания с балльнорейтинговой, то можно проследить определенную закономерность, которая приведена в таблице 1:

Таблица 1. Результаты сравнения традиционной системы оценивания с балльнорейтинговой

Традиционная система	Балльнорейтинговая система
Оценка выставляется за единственный ответ	Предполагает ведение систематического учета знаний и умений
Настраивает учащихся на работу по мере приближения зачета	Требует систематической и последовательной работы
Не исключает принципа “лотереи” на зачете	Оценивает конкретные умения и навыки

Способствует пассивности занимающихся во время подготовки к сдаче зачета	Настраивает на активную деятельность и ответственность учащихся за принимаемые решения по выбору заданий
Настраивает учащихся на потребительское отношение к учебному процессу, на подготовку к занятиям только ради получения оценок	Создает свободу выбора вида заданий и продолжительности их выполнения
Приводит к неравномерности нагрузки в течение семестра, создает условия для перегрузки учащихся	Приучает учащихся отвечать за свою подготовку, не накапливать долги к концу семестра

При использовании балльно-рейтинговой системы – сроки, способы контроля, а также градация оценок должны быть четко расписаны и доведены до сведения каждого студента в начале занятий по данной дисциплине [1].

Процесс организации балльнорейтинговой системы должен быть осуществлен в несколько стадий: подготовительный, экспериментальный, основной.

Подготовительный этап предполагает проведение серьезной работы, включающей изучение опыта различных вузов по использованию балльнорейтинговой системы; разработку нормативной документации по введению данной системы в ВУЗе; создание методики подготовки рейтингпланов и технологических карт учебных дисциплин; организацию обучения научно-педагогических работников и учебновспомогательного персонала кафедр; разработку преподавателями материалов для текущего и семестрового контроля; осуществление информационноаналитического сопровождения системы.

Целью экспериментального этапа является апробация разработанной методики оценивания учебных достижений студентов, выявление преимуществ и недостатков использования данной системы, внесение необходимых коррективов в нормативную базу и процесс ее реализации.

На заключительном этапе функционирование балльнорейтинговой системы переводится в штатный режим и распространяется на все учебные подразделения ВУЗа.

Таким образом, можно сказать, что балльнорейтинговая система является фактором развития мотивации студентов к учебной деятельности, механизмом более объективной оценки их достижений, а так же средством формирования внутренней самоорганизации, дисциплинированности, инициативности и активности студентов.

Библиографический список

- [1] О балльно-рейтинговой системе контроля и оценки результатов учебной деятельности студентов. — URL: <http://studentamesipova.narod.ru/REITING.html> (дата обращения: 19.10.2012).
- [2] Рамазанова Ю.В. Использование балльно-рейтинговой технологии оценивания достижения учащихся. — URL: <http://b23.ru/yf64> (дата обращения: 08.09.2012).
- [3] Червякова Т.К., Федоров В.Д. Балльно-рейтинговая система как основной фактор активизации учебной работы студентов. — М. : Професионал-Ф, 2008. — 194 с.

Использование робототехники в образовательном процессе как метод формирования ИКТ компетентности учащихся и педагогов гимназии

И.Е. Стёпкина

Гимназия №74, г. Барнаул

ira-stepkina@mail.ru



О роботах люди мечтали с древних времен. И если само слово появилось в 1921 году благодаря Йозефу Чапеку для пьесы Карела Чапека "Рур", то механические устройства, умеющие самостоятельно выполнять какие-либо действия, люди изобретали давно. В древнем Египте, если верить источникам, существовали механические воины. В средневековье - расцвет механических кукол, которые по простейшим алгоритмам выполняли различные

действия. Но во все времена люди мечтали о механических помощниках, которые облегчат труд человека.

Робототехника. На сегодняшний день это перспективнейшее направление развития для ряда стран.

Робототехника сегодня это:

- роботизированные цеха сборки;
- медицинские роботы и роботы санитары;
- микро и нано роботы;
- военные роботы, такие как роботы- саперы, экзоскелеты, роботы для переноски тяжестей;
- бытовые роботы, например роботы- пылесосы или роботы- домашние животные;
- роботы-андроиды.

Все футурологи и фантасты едины в одном – без роботов в будущем не обойтись.

Робототехника развивается в направлении увеличения интеллекта роботов и создания самовоспроизводящихся роботов.

Наша страна после 90-х годов утратила свое лидирующее положение в робототехнике, поэтому правительство разработало концепцию развития этого направления до 2030 года, так называемую "Дорожную карту". Поскольку страна настроена ликвидировать отставание в развитии, робототехнику как специализацию вводят во многих технических вузах, а для подготовки абитуриентов робототехника приходит в школы.

Робототехника в школе. Когда мы впервые о ней задумались, это была еще экзотика, по крайней мере, у нас, на Алтае. Но, впервые увидев учебных роботов около двух лет назад, начали искать пути их приобретения для нашей гимназии. Узнав о существовании Благотворительного фонда "Кто, если не Я?", и проекта "Мой учитель" мы написали свою заявку под названием: "Научим роботов учиться".

За то время, пока благотворительный фонд искал спонсоров, образовательная робототехника проделала огромный путь. Учебные роботы различными путями помаленьку стали появляться в школах городов и районов края, образовалось сообщество Образовательной робототехники <http://robot.uni-altai.ru/>, стали проводиться соревнования.

В апреле 2012 года компания "Мегафон" полностью оплатила нашу заявку, и в Гимназию №74 г. Барнаула пришли долгожданные 15 роботов Лего "Mindstorms NXT 2.0".

В первый же день, распаковав коробки, ученики нашей гимназии приступили к их сборке. Через пару дней были собраны все базовые модели и начались эксперименты по переделке и перепрограммированию. Сразу об-

разовалась творческая группа учащихся. Летом 2012 года двое учащихся гимназии посетили профильную робототехническую лагерную смену для учащихся Алтайского края, а в сентябре уже съездили на всероссийские соревнования.

Летом этого года гимназия приобрела одного ПервоРобота Lego Wedo.

Роботы в гимназии появились, и перед нами встал вопрос о том, как же включить их в имеющийся уже учебный процесс. На текущий учебный год нами решено:

- На уроках технологии включить занятия по сборке различных моделей, кроме того на дополнительных занятиях в учебных мастерских было решено изготовить несколько тренировочных полей с разметкой.

- На уроках информатики в начальной школе, а также на уроках проектной деятельности учить сборке и составлению программ для ПервоРобота Lego Wedo.

- В курсе школьного компонента "Введение в информатику" для 5 и 6 классов ввести блоки "Алгоритмизация и программирование на основе Лего "Mindstorms NXT 2.0"."

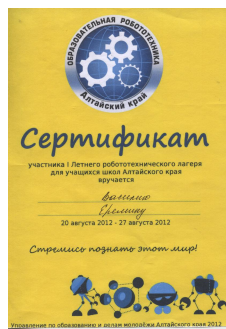
- В 9 классах изучать тему "Моделирование" на основе Лего "Mindstorms NXT 2.0".

- В качестве дополнительных занятий вести школьный кружок робототехники.

В конце года мы постараемся провести школьную олимпиаду по робототехнике и выставить свои команды на робототехническую олимпиаду Алтайского края.

Использование роботов возможно при организации проектной деятельности по всем дисциплинам школьной программы. Таким образом, использование робототехники повышает ИКТ компетентность педагогов и учащихся. К разработке проектов с использованием робототехники возможно и привлечение родителей, если исследования проводят учащиеся младших классов.

Робототехника позволяет лучше освоить информационно-коммуникационные технологии, освоить процесс моделирования, изучить програм-



мирование на более высоком уровне.



Мы еще раз благодарим Благотворительный фонд "Кто, если не Я?" за предоставленную возможность реализовать все наши замыслы. Процесс обучения в МБОУ "Гимназия №74" стал современным и интерактивным. Наши учащиеся смогли прикоснуться к самым современным разработкам, заинтересоваться перспективными направлениями, помогающим определиться с современной профессией.

Библиографический список

- [1] Асмолов А.Г. Формирование универсальных учебных действий в основной школе: от действия к мысли. — М. : Просвещение, 2011. — 159 с.
- [2] Игнатьев П.А. Программа курса "Первые шаги в робототехнику". — URL: <http://www.ignatiev.hdd1.ru/informatika/lego.htm>.
- [3] Козлов В.В., Кондаков А.М. Фундаментальное ядро содержания общего образования. — М. : Просвещение, 2009. — 48 с.
- [4] Копосов Д.Г. Уроки робототехники в школе. — 2010. — URL: <http://ito.edu.ru/2010/Arkhangelsk/II/II-0-1.html>. Ито Архангельск 2010: всерос. Научн.-практ. Конф, Архангельск 7-10 декабря.
- [5] Перспективы робототехники. — URL: <http://ecotrends.ru/archive/582-edition-09/742-2011-12-05-10-43-52>.
- [6] Планы уроков по робототехнике. — URL: <http://www.nasa.gov/audience/foreducators/robotics/lessonplans/index.html>.
- [7] Примерная программа по информатике. — М., 2009.
- [8] Федеральный образовательный стандарт основного общего образования от 17 декабря 2010 г.
- [9] Халамов В.Н. Информационно-методическое письмо о встраивании робототехники в образовательный процесс. — URL: <http://oimozlat.edusite.ru/p38aa1.html>. сайт отдела информационно-методического объединения Златоустовского городского округа.

Информационные технологии и системы на уроках географии

Ж.М. Таскарина

НОУ Школа-интернат № 20 ОАО "РЖД", г. Омск

shk-int20@mail.ru

Школа отражает новые социальные тенденции, воспроизводит стандарт знаний, умений и навыков, ценностей и форм поведения учащихся. В настоящее время в России происходят базисные экономические изменения. Знания, которые получают учащиеся, не возможны без применения новых информационных технологий. Одним из перспективных направлений по формированию ключевых компетентностей учащихся является информатизация общего среднего образования. Это процесс, который направлен на максимально эффективное использование информационного обеспечения с помощью современных компьютерных и Интернет-технологий.

Практической значимостью использования информационных технологий на уроках географии для повышения качества образования является:

- повышение интереса и мотиваций детей на приобретение знаний;
- оперативное и объективное выявление уровня освоения материала учащимися;
- открытие для учащихся возможности лучше осознать характер изучаемого объекта, процесса, выявление причинно-следственных связей;
- максимальное включение ученика во все формы активности, расширение его опыта.

Внедрение информационных технологий в образование - это важный шаг в развитии современного информационного мира в целом. Применение мультимедийных технологий на уроках географии делают уроки яркими и запоминающимися.

Цели и задачи:

- расширить кругозор учащихся, используя материал разных источников информации;
- дифференцировать урок, давая возможность детям с различными интересами и способностями;

– активизирование познавательной деятельности учащихся.

На современном этапе велика потребность школьного образования в обеспечении практико-ориентированного обучения предмету, проведение занятий-практикумов, широкое использование проектной деятельности учащихся и организация образовательного процесса в интерактивном режиме, важен выбор образовательных технологий для каждого учителя. Компьютер может быть использован на уроках географии практически на всех этапах процесса обучения от объяснения нового материала до проведения контроля ЗУН. Компьютерные программные средства могут применяться в зависимости от учебных целей и позволяют неограниченно обогащать содержание образования так как, в информационном обществе ни одна сфера деятельности специалиста не обходится без использования информационных технологий.

Интерактивные и аудиовизуальные средства обучения на уроках географии можно применять на уроках по изучению нового и закрепления пройденного материала, требующего иллюстрации закономерностей развития природы и общества, в качестве самостоятельной работы с компьютером в рамках интегрированных уроков.

Слайды с фотографиями географических объектов незаменимы при знакомстве с внешними характерными чертами изучаемых объектов. Необходимо обратить внимание на особую категорию – это карты – схемы и интерактивные карты. У них появляется новое свойство, приближающее их к геоинформационным системам – возможность изменения содержания карты. Такой подход к построению урока предъясняет особые требования к преподавателю. На таких уроках ученики непосредственно на компьютере выполняют программные практические работы. Одним их приемов изучения информационных технологий является использование электронного практического руководства или электронного учебника в 10-11 классах. В электронное пособие включаются инструкции по выполнению тех или иных операций, но учащиеся выбирают собственную траекторию познания, самостоятельно оценивают уровень усвоения материала, выполняя контрольные упражнения и тестовые задания. Если при использовании опережающего подхода учитель контролирует буквально каждый шаг освоения материала, то здесь обучение становится полностью самостоятельным занятием. Особое место в обучении географии и в выявлении обучающихся, увлеченных данным предметом, занимают телекоммуникационные проекты и конкурсы. Для организации эффективной и результативной деятельности выполнение заданий телекоммуникационных конкурсов и проектов подходит как нельзя лучше. Телекоммуникационные конкурсы предоставляют учащимся возможность

сравнения своих достижений с уровнем достижений своих сверстников из других школ. Применение информационных технологий позволяет привести учащихся к успеху, дать возможность им развить свои способности. Опыт показывает, что использование современных информационно-коммуникационных технологий в преподавании предмета несет практическое применение полученных знаний и умений в жизненных ситуациях, имеет огромное значение как для создания мощного стимула к дальнейшему приобретению знаний и прочного усвоения уже полученных, так и для формирования целостной географической картины мира. Применение современных информационно-коммуникационных технологий способствует росту профессиональной компетенции педагога [1].

Библиографический список

- [1] Селевко Г.К. Современные образовательные технологии. — М. : Народное образование, 1998.

Структура и содержание готовности студентов к обучению в условиях реализации федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования

Е.А. Хорохордина
АлтГПА
horohordina@uni-altai.ru

Внедрение и реализация федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО), а также переход от “знаниевой” образовательной парадигмы к “компетентностной”, в настоящее время влечет за собой изменение “идеологических” установок организации процесса обучения, а также необходимость разработки образовательных программ, отвечающих новой модели подготовки специалистов в рамках компетентностного подхода. При этом успешность организации процесса обучения в высшем учебном заведении в соответствии с новыми стандартами определяется во многом готовностью студентов к саморазвитию и непрерывному образованию, которая должна формироваться еще при обучении в старшей школе.

Однако, ФГОС среднего (полного) общего образования утверждены приказом Минобрнауки России только в мае 2012 г. [1], соответственно на настоящий момент выпускники школ не в полной мере готовы к восприятию модели системы высшего образования, реализуемой в рамках компетентностного подхода в обучении. Из этого следует, что приоритетной задачей вузов на настоящий момент, является создание образовательной среды, способствующей эффективной организации учебного процесса и адаптации студентов к обучению в условиях ФГОС. Процесс создания данной среды, в первую очередь, требует исследования вопроса об уровне готовности абитуриентов к обучению по новым стандартам.

Поскольку внедрение федеральных государственных образовательных стандартов призвано обеспечивать преемственность основных образовательных программ (ООП), то критерии, позволяющие оценить уровень готовности студентов к обучению в соответствии с ФГОС ВПО, естественным образом вытекают из ФГОС среднего (полного) общего образования.

Анализ содержания ФГОС среднего (полного) общего образования, в частности требований к результатам освоения основной образовательной программы, позволил выделить критерии готовности студентов к обучению по новым стандартам высшего профессионального образования, рассматривая готовность с трех точек зрения:

1. *С личностной точки зрения* – сформированность ценностных ориентаций обучающегося, отражающих его индивидуально-личностные позиции, мотивы образовательной деятельности, социальные чувства, личностные качества.

2. *С метапредметной точки зрения* – владение универсальными учебными действиями (регулятивными, коммуникативными, познавательными), т.е. такими умственными действиями обучающихся, которые направлены на анализ своей познавательной деятельности и управление ею.

3. *С предметной точки зрения* – наличие системы предметных знаний, умений и способность их использования для решения проблем в повседневной жизни, а так же сформированность определенного типа мышления, характерного для данной предметной области [1].

Приведенные критерии явились основой для определения структуры и содержания готовности студента к обучению в условиях реализации ФГОС ВПО (рис. 1).

где **Л1** – готовность и способность обучающихся к саморазвитию и личностному самоопределению;

Л2 – мотивация к обучению и целенаправленной познавательной деятельности;



Рис. 1. Структура и содержание готовности студента к обучению в условиях реализации ФГОС ВПО

Л3 – сформированность системы значимых социальных и межличностных отношений, ценностно-смысловых установок, отражающих личностные и гражданские позиции в деятельности;

М1 – наличие освоенных обучающимися межпредметных понятий и универсальных учебных действий, способность их использования в познавательной и социальной практике;

М2 – самостоятельность в планировании и осуществлении учебной деятельности и организации учебного сотрудничества с педагогами и сверстниками, способность к построению индивидуальной образовательной траектории;

М3 – владение навыками учебно-исследовательской, проектной и социальной деятельности;

П1 – наличие специфических для данной предметной области умений, освоенных обучающимися в ходе изучения учебного предмета;

П2 – владение видами деятельности по получению нового знания в рамках учебного предмета, его преобразованию и применению в учебных, учебно-проектных и социально-проектных ситуациях;

П3 – владение научной терминологией, ключевыми понятиями, методами и приёмами в данной предметной области.

Все представленные компоненты готовности студента к обучению в условиях реализации ФГОС ВПО (личный, метапредметный и предметный) тесно взаимосвязаны, ни один из компонентов не может рассматриваться обособленно от других, они взаимопроникают, взаимообуславливают и взаимодополняют друг друга.

Подводя итог, подчеркнем, что параллельность введения ФГОС на всех ступенях образования, а также связанные с этим изменения в обра-

зовательном процессе, требуют от педагогов высшей школы умения определить уровень готовности учащихся к обучению по новым стандартам, что в свою очередь является важным этапом построения образовательной среды, которая бы способствовала эффективной организации учебного процесса и адаптации студентов.

Библиографический список

- [1] Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования. — URL: <http://минобрнауки.рф/документы/1909> (дата обращения: 10.09.2012).

Секция 6. Математическое моделирование объектов науки и техники

Mathematical simulation for cross flow heat exchanger with present nanoparticles

Dr. Al-Zamily Ali Meerali, Y.A. Altukhov
Babylon University, Babylon, Iraq; AltSPA
alimeer2004@yahoo.com

Introduction:

In order to avoid the overheating or increase the heat transfer rate in different equipments such as electronic devices and heat exchangers, liquid coolant (such as water) is widely used for this purpose.

The increasing of heat exchanger effectiveness studied in many researches. Different ways have been used for increase the effectiveness, like using different tube shapes, different extended surfaces shape, different materials, . . . etc.

Conventional coolants have poor thermal properties. Recently, many researches [3] used nanoparticles in the main fluid for improving both thermal conductivity of the fluid and suspension stability is required in the various industrial fields.

Nanofluid is a new types of fluid, which consisting of uniformly dispersed and suspended nanometer-sized particles or fibers in fluids and has unprecedented thermal characteristics [5]. First research deals with nanofluid reported by Choi [3], later many researchers have discovered the attractive features of nanofluids such as high thermal conductivity at very low nanoparticles concentration [4, 5]. All papers confirmed that the presence of the nanoparticles will enhancement the heat transfer by increase the effective thermal conductivity [3, 4, 5].

In spite of it becomes well known that the enhancement of thermal conductivity of nanofluids is due to Brownian motion of nanoparticles suspended in fluid [3, 4, 5], but for yet the exact mechanism of convective heat transfer enhancement of nanofluids has not been explained in detail.

In the present study, the effect of present of the nanoparticles on the effectiveness of the cross flow heat exchanger was studied. Two different types of the nanoparticles used in the present study copper and sandstone.

Mathematical formulations:

The following assumptions are used in the present study:

1. The thermo-physical properties of fluid and nanoparticles are assumed constant.
2. The mass of the hot fluid assumed divided equally among the hot tubes. The mass of the cold fluid assumed also divided equally among the cold ducts.
3. The direction of the cold fluid is perpendicular on the direction of the hot fluid.
4. No heat transfer occurs between the surrounding and the heat exchanger. The outer walls of the exchanger are adequately insulated.
5. The cold fluid is assumed air and the hot fluid is assumed nanofluid (water with nanoparticles).
6. The nanofluid in the enclosure is considered Newtonian, steady, incompressible and is assumed to have uniform size and shape.
7. Both the fluid phase and nanoparticles are assumed to be in thermal equilibrium state.
8. Density variation of nanofluid is modeled using Boussinesq approximation
9. No slip occurs between liquid and nanoparticles phases in terms of both temperature and velocity.

Governing equations:

The main governing equations for the fluid in dimensionless form as following [4, 1]:

$$\frac{\partial \phi_h}{\partial \tau} = F_{o_{nf}} \left(\frac{\partial^2 \phi_h}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \phi_h}{\partial Y^2} + \frac{\partial^2 \phi_h}{\partial Z^2} \right) - \frac{\partial \phi_h}{\partial Y} \quad \text{For the hot fluid} \quad (1)$$

$$t_r \frac{\partial \phi_c}{\partial \tau} = F_{o_{nf}} \left(\frac{\partial^2 \phi_c}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \phi_c}{\partial Y^2} + \frac{\partial^2 \phi_c}{\partial Z^2} \right) - \lambda \frac{\partial \phi_c}{\partial X} \quad \text{For the cold fluid} \quad (2)$$

The dimensionless quantities in the above equations, as following:

$$X = \frac{x}{L}, \quad Y = \frac{y}{L}, \quad Z = \frac{z}{L}, \quad \tau = \frac{t}{t_h}, \quad \beta = \frac{W}{L}, \quad \lambda = \frac{H}{L}, \quad t_{c,h} = \frac{\rho_{c,h} V_{c,h}}{\dot{m}_{c,h}},$$

$$C_r = \frac{C_c}{C_h}, \quad E_r = \frac{\rho_c C_{pc} V_c}{\rho_h C_{ph} V_h}, \quad t_r = \frac{t_c}{t_h} = \frac{E_r}{C_r}, \quad F_{Oh} = \frac{t_h \alpha_h}{L^2}, \quad F_{Oc} = \frac{t_c \alpha_c}{L^2},$$

$$\phi_{c,h}(x, t) = \frac{T_{c,h}(x, t) - T_{c,i}}{T_{h,i} - T_{c,i}} = \frac{\theta_{c,h}(x, t)}{\theta_i}, \quad \dot{m}_h = \dot{m}_{ht}/n_h, \quad \dot{m}_c = \dot{m}_{ct}/(n_c n_{cp})$$

Where (n_h) refers to the hot tubes, (n_c) refers to the cold passes (in Z – direction), and (n_{cp}) refers to the cold ducts per pass (in Y – direction). where $\alpha_{nf} = k_{nf}/(\rho c_p)_{nf}$ is the thermal diffusivity of nanofluid. The effective density of nanofluid $(\rho)_{nf}$ at reference temperature can be defined as [4]: $\rho_{nf} = (1 - \varphi)\rho_f + \varphi\rho_s$.

The heat capacitance of nanofluid can be given as [4]: $(\rho c_p)_{nf} = (1 - \varphi)(\rho c_p)_f + \varphi(\rho c_p)_s$.

Furthermore, the effective thermal expansion coefficient (β_{nf}) and viscosity of nanofluid (μ_{nf}) were introduced by Brinkman [2]: $(\rho\beta)_{nf} = (1 - \varphi)(\rho\beta)_f + \varphi(\rho\beta)_s$ and $\mu_{nf} = \frac{\mu_f}{(1-\varphi)^{2.5}}$.

In addition, the effective thermal conductivity (k_{nf}) and electrical conductivity (σ_{nf}) of nanofluid is given by [2]: $\frac{k_{nf}}{k_f} = \frac{k_s + 2k_f - 2\varphi(k_f - k_s)}{k_s + 2k_f + \varphi(k_f - k_s)}$, $\sigma_{nf} = (1 - \varphi)\sigma_f + \varphi\sigma_s$.

The initials and boundary conditions in dimensionless form for both fluids, as following [1]:

- *The initial condition for*

$$\text{Hot fluid } \phi_{h(X,Y,Z)} = \phi_{hi} \quad \text{Cold fluid } \phi_{c(X,Y,Z)} = \phi_{ci}.$$

- *The boundary conditions for*

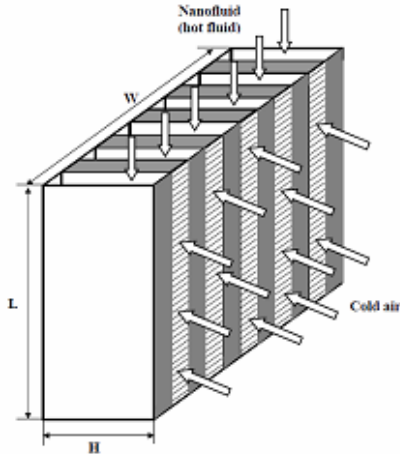
$$\text{Hot and cold fluids enter to the ducts at constant temperature} \\ \phi_{h(X,Y,Z)} = \phi_{hi} \quad \phi_{c(X,Y,Z)} = \phi_{ci}.$$

The hot/cold fluid duct insulated with environment and the heat by will transfer in contact area with the hot/cold duct fluid through the contact wall [1].

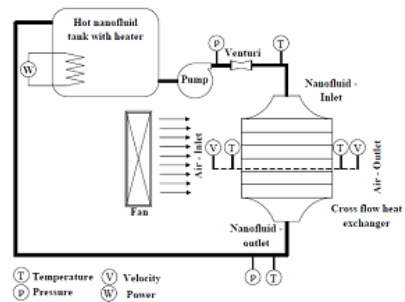
The dimensionless energy equations (equations (1-2)) are solved numerically with their suitable boundary and initial conditions using finite-volume method [6] (figure 1) and experimentally (figure 2).

In the present study, the dimensions of the rig and the case study, taken equivalent to the dimensions of the car radiator, [1].

After solving the above equations, firstly, the total heat rejected from the hot fluid calculated from the calculated temperatures. The effectiveness of the heat exchanger (ε) is commonly defined as the ratio of the actual heat transfer rate (Q_{actual}) that reject or receive from fluid to the maximum possible heat transfer rate (ideal) (Q_{max}) accruing between the heat exchanger fluid; the value of the heat exchanger effectiveness varies between 0 and 1, [1].



Pic. 1. Schematic of cross flow heat exchanger



Pic. 2. Experimental apparatus

Table 1. Fluids Data, [1]

Parameter	Hot fluid (Water)	Cold fluid (air)	Cu	Sandstone
Inlet Temperature ($^{\circ}C$)	95	25		
Flow (kg/S)	0.695	0.4		
ρ_i (kg/m^3)	961.89	1.188	8933	2.42
Cp_i ($J/kg.K$)	4211	1007	385	2021
k_i ($W/m.K$)	0.6753	0.02569	400	1.7
ν_i (m^2/sec) $\times 10^6$	0.309	15.35		
α_i (m^2/sec) $\times 10^6$	0.1672	21.47	116.3	35.3
Heat Exchanger Data,				

Dimensions	$H = 23mm, L = 133mm, W = 184mm, W_c = 4mm,$ $W_h = 3.2mm, n_h = 25, n_c = 26, n_{cp} = 30$
Material	Aluminum [$\rho = 2700kg/m^3, C = 888J/kg.K,$ $k = 237W/m.K$]
The Input Data for The Computer Program	
$N_x = 8, N_y = 32, N_z = 53, \lambda = 0.173, \beta = 1.38, \beta_c = 0.03, \beta_h = 0.0241,$ $\Delta X = 0.021625, \Delta Y = 0.0334, \Delta Z = 0.027, \tau_{max} = 700\Delta\tau$	

Table 2. Comparison between the present results and [1]

	Effectiveness of heat exchanger			
	Present study	Al-Kaby [5]	Present study	Al-Kaby [5]
NTU	$C_r = 0.1$		$C_r = 0.25$	
0.099437	0.093913	0.093631	0.092817	0.092539
0.198874	0.178053	0.177519	0.174681	0.174157
0.298312	0.253665	0.252904	0.247426	0.246684
0.397749	0.321734	0.320768	0.312354	0.311417
0.497186	0.383099	0.38195	0.370501	0.36939
0.596623	0.438487	0.437172	0.422726	0.421458
0.69606	0.488533	0.487067	0.46975	0.46834
0.795497	0.533796	0.532195	0.512186	0.510649
0.894934	0.57477	0.573046	0.550562	0.54891
0.994372	0.611893	0.610057	0.585333	0.583577
1.093809	0.645554	0.643617	0.616896	0.615045
1.193246	0.676098	0.67407	0.645595	0.643658
1.292683	0.703835	0.701724	0.671733	0.669718
1.39212	0.729041	0.726854	0.695574	0.693487
1.491557	0.751961	0.749706	0.717353	0.715201
1.590995	0.772818	0.770499	0.737276	0.735064
1.690432	0.791808	0.789433	0.755526	0.753259
1.789869	0.80911	0.806683	0.772265	0.769948
1.889306	0.824883	0.822408	0.787638	0.785275
1.988743	0.839271	0.836753	0.801774	0.799368

Data of the present case study [1] shown in the table 1. In the present study, value of (φ) has taken 0 %, 10% and 20%.

The Fortran computer program was written for solving the present finite volume equations.

In order to check the validity of the present study, the results of the

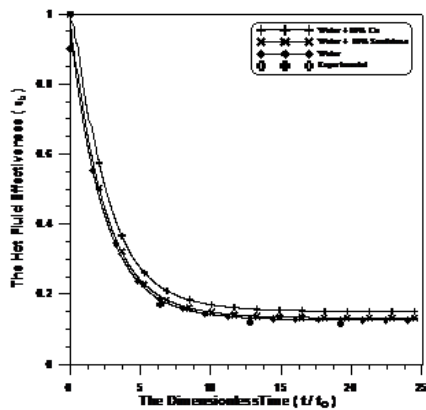
present analysis for effectiveness of cross flow heat exchanger are compared with results of study [1] in table 2 for different (NTU), ($C_r = 1 - 10$) and for zero volume fraction of the solid particles ($\varphi = 0$). The results showed that the present analysis has a good accuracy.

Numerical and experimental results showed that the present of nanoparticles in the water will increase the effectiveness of the heat exchanger, and the increment depending on the nanoparticles type (Cu or sandstone).

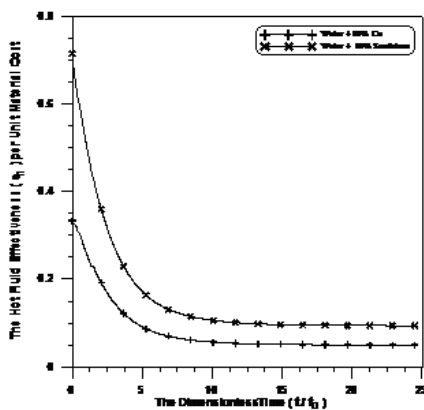
The effectiveness of the hot fluid plotted in figure 3, the effectiveness of the heat exchanger with addition Cu particles will increase greater than the effectiveness of heat exchanger with addition sandstone particles due to the thermal conductivity of the Cu greater than sandstone.

But if the unit material cost of production nanoparticles materials was taken in account, will be note that the effectiveness of the heat exchanger per cost of the materials for the sandstone greater and better than for the copper, this effect plotted in figure 4.

The conclusion of the present study showed that in spite of the sandstone is increased slowly the effectiveness of heat exchanger, but it gives a good agreement compared with its cost.



Pic. 3. Effectiveness of the hot fluid (water) with and without nanoparticles for the following data $N_h = 0.102553$, $N_c = 0.1682071$, $E_h = 0.129715$, $C_r = 1$ and $E_w = 0.0628423$



Pic. 4. Hot fluid effectiveness per unit cost for the following data $N_h = 0.102553$, $N_c = 0.1682071$, $E_h = 0.129715$, $C_r = 1$ and $E_w = 0.0628423$

Библиографический список

- [1] Al-Kaby, R. Numerical Study of the Unsteady State Cross Flow Heat Exchanger with Variable Fluid Parameters // the Iraqi Journal for Mechanical and Materials Engineering. — 2011. — Vol. 1.
- [2] Brinkman, H. The viscosity of concentrated suspensions and solution // J. of Chemical and Physics. — 1952. — Vol. 20. — P. 571–581.
- [3] Choi, S.U.S. Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles // Development and Applications of Non-Newtonian Flows / Ed. by D.A.Singer, H.P. Wang. — New York : ASME, 1995. — Vol. 231. — P. 99–106.
- [4] Eiyad Abu-Nada, Ali J. Chamkha. Effect of nanofluid variable properties on natural convection in enclosures filled with a CuO-EG-Water nanofluid // International Journal of Thermal Sciences. — 2010. — Vol. 49. — P. 2339–2352.
- [5] Kyo Sik Hwang, Seok Pil Jang, Stephen U.S. Choi. Flow and convective heat transfer characteristics of water-based Al_2O_3 nanofluids in fully developed laminar flow regime // International Journal of Heat and Mass Transfer. — 2009. — Vol. 52. — P. 193–199.
- [6] Patankar, S. Numerical heat transfer and fluid flow. — New York : Hemisphere Publishing Corporation, 1980.

Optimization of ethylbenzene production using mathematical modeling method

N.S. Belinskaya

Tomsk polytechnic university, Tomsk

ns_belinskaya@sibmail.com

Evergrowing demand on output of oil-refining and petrochemical industries issues the challenge of increase the efficiency of oil-refining and petrochemical processes. The process of benzene alkylation with ethylene is one of the most large-capacity because of the product of this process – styrene – has wide application. Taking into account the fact that in conditions of modern economics the plants aren't ready to build experimental units for research industrial processes with object of productivity increase, the

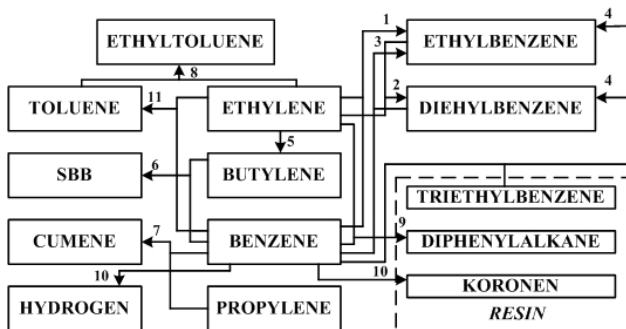
mathematical modeling and development of computer modeling system is effective instrument for solving this problem [3]. Mathematical modeling of benzene alkylation with ethylene in presence of chloric-alumina catalyst is the object of the present work.

The first stage of model development is creation of hydrocarbons transformation scheme. According to the material balance, feed flow is plural-component. After the analysis of this flow and theoretical knowledge about chemism of benzene alkylation processes the list of reactions was formed. Thermodynamical probability was confirmed by calculation of isobaric-isothermal figure – change of Gibbs energy ΔG . Calculation was realized in program Gaussian by PM3 quantum chemical method with taking into account technological conditions: temperature 395 K, pressure 1,5 MPa. The results of calculations are presented in table 1.

Table 1. Main reactions of benzene alkylation with ethylene

№	Reactions	ΔG , kJ/mol
1	Benzene + Ethylene = Ethylbenzene	- 47,9
2	Ethylbenzene + Ethylene = Diethylbenzene	- 61,4
3	Benzene + Diethylbenzene = 2* Ethylbenzene	- 13,6
4	Benzene + Triethylbenzene = Diethylbenzene + Ethylbenzene	- 15,7
5	Ethylene + Ethylene = Butylene	- 73,8
6	Benzene + Butylene = Second butylbenzene	- 11,3
7	Benzene + Propylene = Cumene	- 28,3
8	Toluene + Ethylene = Ethyltoluene	- 54,6
9	2·Benzene + Ethylene = Diphenylalkane	- 94,4
10	6·Benzene = Koronen + 12·Hydrogen	- 367,4
11	2·Benzene + Ethylene = 2·Toluene	- 138,0

According to the obtained values of Gibbs energy change, all reactions are thermodynamical probable. Thus, formalized conversion scheme is presented on the pic. 1.



Pic. 1. Formalized conversion scheme

On the base of developed conversion scheme the kinetic model was created. Expressions of reactions rates was wrote according to the law of mass action (table 2).

Table 2. Expressions for reactions rates

Type of reaction	Expression for reaction rate
Alkylation	$W_1 = k_1 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Ethylene}$
Transalkylation	$W_3 = k_3 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Diethylbenzene}$ $W_4 = k_4 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Resin}$
Resin formation	$W_9 = k_9 \cdot C_{Benzene}^2 \cdot C_{Ethylene}$ $W_{10} = k_{10} \cdot C_{Benzene}^6$
Diethylbenzene formation	$W_2 = k_2 \cdot C_{Ethylbenzene} \cdot C_{Ethylene}$
Butylene formation	$W_5 = k_5 \cdot C_{Ethylene}^2$
SBB formation	$W_6 = k_6 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Butylene}$
Cumene formation	$W_7 = k_6 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Propylene}$
Ethyltoluene formation	$W_8 = k_8 \cdot C_{Toluene} \cdot C_{Ethylene}$
Toluene formation	$W_{11} = k_{11} \cdot C_{Benzene}^2 \cdot C_{Ethylene}$

In this table k_i – rate constants, i – reaction number.

Kinetic model of benzene alkylation with ethylene:

$$dC_{Benzene}/dt = -W_1 - W_4 - W_5 - W_7 - W_8 - 2 \cdot W_{10} - 6 \cdot W_{11} - 2 \cdot W_{12}$$

$$dC_{Ethylene}/dt = -W_1 - W_2 - W_3 - 2 \cdot W_6 - W_9 - W_{10} - W_{12}$$

$$dC_{Ethylbenzene}/dt = W_1 - W_2 + 2 \cdot W_4 + W_5$$

$$dC_{Diethylbenzene}/dt = W_2 - W_3 - W_4 + W_5$$

$$dC_{Butylene}/dt = W_6 - W_7$$

$$dC_{SBB}/dt = W_7$$

$$dC_{Propylene}/dt = -W_8$$

$$dC_{Cumene}/dt = W_8$$

$$dC_{Toluene}/dt = -W_9 + 2 \cdot W_{12}$$

$$dC_{Ethyltoluene}/dt = W_9$$

$$dC_{Hydrogen}/dt = 12 \cdot W_{11}$$

$$dC_{Resin}/dt = W_3 + W_{10} + W_{11}$$

Initial conditions: $t = 0$, $C_i = C_{0i}$, where i – corresponding hydrocarbon.

The next stage of mathematical modeling is reactor model development. For the reactor model development firstly the hydrodynamic regime should be determined. In case of alkylation with ethylene process the height of reactor is greatly more than its diameter (the height is 12 880 mm, the diameter is 1 600 mm). This condition corresponds with regime of ideal displacement [1]. The hypothesis about ideal displacement regime was proved by calculation of diffusion Pekle criterion. The value of this criterion is 835 ($Pe > 200$).

Taking into account hydrodynamic regime, material balance of the reactor looks:

$$\begin{aligned} dC_{Benzene}/d\tau = & -k_1 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Ethylene} - k_4 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Diethylbenzene} - \\ & - k_5 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Resin} - k_7 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Butylene} - k_8 \cdot C_{Benzene} \cdot \\ & \cdot C_{Propylene} - 2 \cdot k_{10} \cdot C_{Benzene}^2 \cdot C_{Ethylene} - 6 \cdot k_{11} \cdot C_{Benzene}^6 - \\ & - 2 \cdot k_{12} \cdot C_{Benzene}^2 \cdot C_{Ethylene} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dC_{Ethylene}/d\tau = & -k_1 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Ethylene} - k_2 \cdot C_{Ethylbenzene} \cdot C_{Ethylene} - \\ & - k_3 \cdot C_{Diethylbenzene} \cdot C_{Ethylene} - 2 \cdot k_6 \cdot C_{Ethylene}^2 - k_9 \cdot C_{Toluene} \cdot \\ & \cdot C_{Ethylene} - k_{10} \cdot C_{Benzene}^2 \cdot C_{Ethylene} - k_{12} \cdot C_{Benzene}^2 \cdot C_{Ethylene} - \\ & - k_{13} \cdot C_{Ethylene} \cdot C_{Hydrogen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dC_{Ethylbenzene}/d\tau = & k_1 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Ethylene} - k_2 \cdot C_{Ethylbenzene} \cdot C_{Ethylene} + \\ & + 2 \cdot k_4 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Diethylbenzene} + k_5 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Resin} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dC_{Diethylbenzene}/d\tau = & k_2 \cdot C_{Ethylbenzene} \cdot C_{Ethylene} - k_3 \cdot C_{Diethylbenzene} \cdot \\ & \cdot C_{Ethylene} - k_4 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Diethylbenzene} \end{aligned}$$

$$dC_{Butylene}/d\tau = k_6 \cdot C_{Ethylene}^2 - k_7 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Butylene}$$

$$\begin{aligned}
dC_{SBB}/d\tau &= k_7 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Butylene} \\
dC_{Propylene}/d\tau &= -k_8 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Propylene} \\
dC_{Cumene}/d\tau &= k_8 \cdot C_{Benzene} \cdot C_{Propylene} \\
dC_{Toluene}/d\tau &= -k_9 \cdot C_{Toluene} \cdot C_{Ethylene} + 2 \cdot k_{12} \cdot C_{Benzene}^2 \cdot C_{Ethylene} \\
dC_{Ethyltoluene}/d\tau &= k_9 \cdot C_{Toluene} \cdot C_{Ethylene} \\
dC_{Hydrogen}/d\tau &= 12 \cdot k_{11} \cdot C_{Benzene}^6 - k_{13} \cdot C_{Ethylene} \cdot C_{Hydrogen} \\
dC_{Resin}/d\tau &= k_3 \cdot C_{Diethylbenzene} \cdot C_{Ethylene} + k_{10} \cdot C_{Benzene}^2 \cdot C_{Ethylene} + \\
&+ k_{11} \cdot C_{Benzene}^6
\end{aligned}$$

Initial conditions: $\tau = 0$, $C_i(0) = C_{i0}$, where i – corresponding hydrocarbon.

The process of benzene alkylation passes with calorification. In the alkylation reactor excess heat is lead off. The lager quantity of heat is lead off by benzene evaporation. Other part of excess heat is lead off by cold water, which circulates in the shell of alkylator and also by circulated catalyst complex. Because of this the temperature of initial flow in reactor differs from output slightly. Then the thermal balance looks:

$$\rho^{CM} C_p^{CM} \frac{dT}{d\tau} = \pm \sum_{j=1}^N (-\Delta H_j) W_j,$$

where ΔH_j – heat of j chemical reaction, J/mol; W_j – rate of j chemical reaction, $m^3/(\text{mol}\cdot\text{s})$; ρ^M – density of reaction mixture, kg/m^3 ; C_p^M – mass heat capacity of reaction mixture, $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$; T – temperature, K.

Then kinetic parameters of the model was determined, using the theory of activated complex. According to the literary data [2] the activation energy and preexponential factor in Arrhenius equation can be calculated through the change of Gibbs energy in process of transient state formation. For the bimolecular reaction:

$$E_a = \Delta G^\ddagger + RT,$$

where E_a – activation energy, J/mol; ΔG^\ddagger – change of Gibbs energy in process of transient state formation, J/mol; R – absolute gas constant, $\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ T – temperature, K.

$$k_0 = \chi \frac{k^*T}{h} \cdot e^{\frac{RT}{h}} = \chi \frac{k^*T}{h} \cdot e,$$

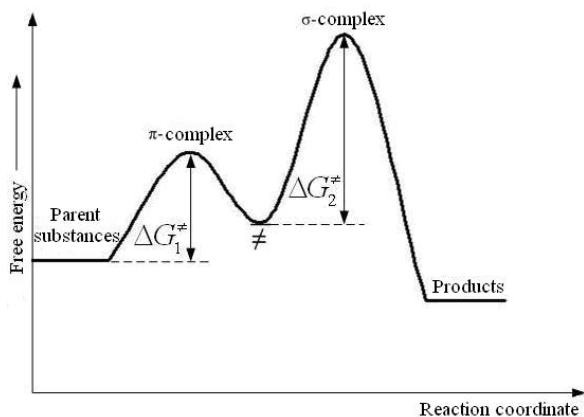
where k_0 – preexponential factor in Arrhenius equation; χ – transmission coefficient; k^* – Boltzmann constant, J/K; h – Plank constant, J·s.

For the preliminary estimation of activation energy value it is necessary to calculate change of Gibbs energy in transient state formation. In case of multi-stages mechanism for activation energy estimation it is necessary to determine change of Gibbs energy of transient state formation in limitative stage.

In case of alkylation process in presence of chloric-alumina catalyst complex reaction of alkylation passes very fast, strongly is accelerated by mechanical immixture or intensive bubbling gaseous olefins through the reaction bulk and passes in diffusion region. Its rate increases with pressure growing, but depends on temperature not enough. Also reaction of alkylation has low activation energy. In contrast to alkylation, the transalkylation passes greatly slowly and essentially accelerates with temperature growing [5]. Consequently, the reaction rate of transalkylation limits the rate of all benzene alkylation process. Because of this for the determination of transient state it is necessary consider mechanism of this reaction in detail. Mechanism of transalkylation consists of several stages:

- 1) Karbkation formation;
- 2) Interaction of benzene and karbkation with π -complex formation;
- 3) Interaction of π -complex and karbkation with σ -complex formation;
- 4) Decay of σ -complex with ethylbenzene formation/

Graphical interpretation of reaction path is expressed in the form of energy curve (pic. 2).



Pic. 2. Energy curve of reaction path

On the pic.2: \neq – transient state; ΔG_1^\ddagger – change of free energy in the process of π -complex formation; ΔG_2^\ddagger – change of free energy in the σ -complex formation.

According to the quantum chemical calculations $\Delta G_2^\ddagger = 67,7$ kJ/mol.

$$E_{\text{atransalkylation}} = 67700 + 8,314 \cdot 395 = 70\,900 \text{ J/mol} (70,9 \text{ kJ/mol}).$$

It is accepted that limitative stage in mechanism of aromatic electron-seeking substitution is the stage of σ -complex formation. Possibility of other stages to be limitative isn't proved [4]. Hence, for the activation energy estimation it is necessary to calculate thermodynamic characteristics of reactions, in which transient state forms, for this elementary stage of mechanism.

Table 3. Change of Gibbs energy in transient state formation and activation energy

№	Reaction	ΔG^\ddagger , kJ/mol	E_a , kJ/mol
1	Benzene + Ethylene = Ethylbenzene	22,0	25,3
2	Ethylbenzene + Ethylene = Diethylbenzene	16,1	19,4
3	Benzene + Diethylbenzene = 2·Ethylbenzene	67,7	70,9
4	Benzene + Triethylbenzene = Diethylbenzene + Ethylbenzene	38,1	41,3
5	Ethylene + Ethylene = Butylene	48,8	52,1
6	Benzene + Butylene = Second butylbenzene	15,2	18,5
7	Benzene + Propylene = Cumene	16,9	20,2
8	Toluene + Ethylene = Ethyltoluene	23,6	26,9
9	2·Benzene + Ethylene = 2·Toluene	22,0	25,3

Next, for the determination of kinetic parameters deviations of calculated values was minimized with experimental, using the program, developed in programming environment Delphi 7. In result of inverse kinetic problem solving the next values was founded: preexponential factors for reactions, $\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$: 1) $5,25 \cdot 10^3$; 2) $0,65 \cdot 10^2$; 3) $7,10 \cdot 10^8$; 4) $2,36 \cdot 10^7$; 5) $3,18 \cdot 10^6$; 6) $1,10 \cdot 10^6$; 7) $1,00 \cdot 10^6$; 8) $4,00 \cdot 10^4$; 9) $1,85 \cdot 10^2$. Rate constants, $\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$: 1) $2,37 \cdot 10^1$; 2) $1,77 \cdot 10^{-1}$; 3) $2,99 \cdot 10^{-1}$; 4) $8,15 \cdot 10^1$; 5) $4,10 \cdot 10^{-1}$; 6) $3,93 \cdot 10^3$; 7) $2,13 \cdot 10^3$; 8) $1,11 \cdot 10^1$; 9) $8,34 \cdot 10^{-2}$.

After determination of kinetic constants the developed mathematical model was checked up on the adequacy to the real process. Because of the model is appropriate, the optimal technological conditions of alkylation was found (the temperature is 130 °C, molar ratio “benzene:olefins” is 14:1). At the optimal regime the output of desired product – ethylbenzene – is greatly increases and the output of diethylbenzene – parent substance in target transalkylation reaction – decreases low. Also the output of the by-products increases slightly.

Thus, the carrying out process of benzene alkylation at optimal technological conditions allows to utilize natural resource and resource of plants and industrial power, that, certainly, will given more positive economical effect.

Библиографический список

- [1] Beskov V.S., Flokk V. The modeling of catalytic processes and reactors. — М. : Chimiya, 1991. — 256 p.
- [2] Emanuel N.M., Knorre D.G. The course of chemical kinetics. — М. : Vyssh. shk., 1984. — 463 p.
- [3] Fetisova V.A. Increase of efficiency the process of benzene alkylation by high olefins, using mathematical modeling method : Diss...candidate of science degree / Fetisova V.A. — Tomsk, 2012. — 144 p.
- [4] Reutov O.A., Kurc A.L., Butin K.P. Organic chemistry. Part 2. — М. : Binom. the laboratory of knowelege, 2009. — 544 p.
- [5] Sychoroslova M.M., Novikov V.T., Bondaletov V.G. Laboratorial training at chemistry and technology of organic compounds. — Tomsk : TPU, 2002. — 132 p.

Some stages of hydrodewaxing process modeling

N.S. Belinskaya, E.V. Frantsina, G.J. Silko
National Research Tomsk Polytechnic University
ns_belinskaya@sibmail.com

Important objects of oil-refining industry are:

1. Involving in processing more heavy oil with increased quantity of high-boiling fractions and residues, sulphur, tar and metals;

2. Increase intensity of refining petroleum resource;
3. Toughening of ecological requirements for quality of fuel;
4. Supplying evergrowing demand on high quality petrol.

Exacting quality requirements for petrol (first of all for sulphur and polycyclic aromatic compounds content) designate for necessity of perfection technological processes. At the same time climatic conditions in Russia determine rush on high quality waxy diesel fuel, which is supplied less than half at the present. Taking into account particular requirements for waxy characteristics of petrol in northern regions of Russia, the problem of waxy diesel fuel production, satisfactory modern and prospective ecological requirements, is actual.

Significant low temperature characteristics of diesel fuel are: cloud point temperature, chilling temperature, limit temperature of filterability.

By now there are three methods of diesel fuel production:

1. Addition light fractions in diesel oil. This way is not rational, as output of fuel decreases and flash temperature falls.

2. Addition depressor additives. These additives can decrease the chilling temperature, but not cloud point temperature. Decrease temperature characteristics by using additives is problematically, because:

- a) efficiency of additives connects with composition and quality of fuel;
- b) facility of domestic industry can't provide volume of additives manufacture;
- c) there are technological difficulties of additives using.

3. Chilling temperature, cloud point temperature and limit temperature of filterability can be decreased by change of hydrocarbon composition. The most effective way of improvement low temperature properties of diesel fuel is hydrodewaxing.

The process of hydrodewaxing assigns for manufacturing summer- and winter-grade diesel oil with ultra low sulfur and polyaromatic compounds content, corresponding to European standards for diesel fuel [3].

As pointed out above, in spite of a wide range of choice and variety of methods, which allow to improve waxy properties of diesel oil, the problem of low temperature diesel fuel manufacture didn't solved.

This problem can be carry out by mathematical modelling method, which makes a good showing as high-performance instrument for solution different objectives of oil-refining and petrochemistry industries [1]. Using this method computer modelling system of the hydrodewaxing process can be developed, which will used for optimization and increase resource efficiency of low temperature diesel fuel production.

The object of present work is mathematical modelling of hydrodewaxing process.

At this moment next problems have been solved:

1. Thermodynamic analysis of reactions, passing in the dewaxing process;
2. Formalized conversion scheme of hydrocarbons in the process flow creation;
3. On the base of formalized conversion scheme the kinetic model development and its computer realization.

Raw materials of dewaxing process are: solvent stripper from hydrofining, petrol from visbreaking, virgin diesel fraction, atmospheric gas oil. Also in reactors hydrogenous gas is fed. The process flows in 3 consistent reactors. The first and the second reactors are hydrofining reactors, the third reactor – hydrodewaxing reactor. In the first and the second reactor $NiO - MoO_3$ catalyst is used. In the third reactor – $CoO - MoO_3$. The products of dewaxing unit are: light petrol, stable petrol, fraction 180 – 240°C, fraction 240 – 340°C, fraction > 340°C. Diesel fraction 180 – 240°C and 240 – 340°C are used as components of summer- and winter-grade diesel fuel, residue – fraction, boiling at temperature more than 340°C, is directed at preparation fuel oil.

The essence of process consists of hydrogenation sulphureous, nitrogenous and oxygen-containing compounds, polyaromatic hydrocarbons and hydrodewaxing hydrocarbons C_{10+} with object of improvement low temperature properties of products.

The first stage of mathematical modelling is thermodynamic analysis, which allows to determine possibility of reaction passing and also their direction (forward, back). This analysis is possible under availability sufficiently complete information about thermodynamic properties of reacting substances.

To date for the prediction different molecular properties of chemical systems, like energy, structure, spectrum characteristics, thermochemical parameters, parameters of nuclear magnetic resonance, et cetera, the molecular-mechanical and quantum-chemical methods have wide application. They have not strong anchor to narrow classes of organic compounds and allow to consider great number of effects, like vibratory and rotational motions of atoms, electron orbital conformations, effects of double bonds coupling and others. These methods base on calculations of molecule electron structures by solution Shredding equation.

Using theoretical knowledge about chemism of hydrodewaxing process and information about technological flows on the unit the list of passing reactions was wrote.

For the estimation thermodynamic properties of hydrocarbons, participated in the chemical transformations, quantum-chemical methods,

realized in program Gaussian, were used. The method of calculation is DFT – Density Functional Theory, theoretical approximation is model B3LYP, basis 3-21G [2].

Types of reactions, passing in the hydrodewaxing process, and change of enthalpy, entropy and Gibbs energy during their flow, are presented in table 1.

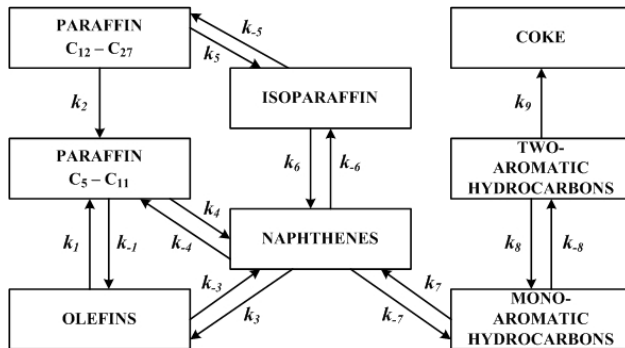
Table 1. Thermodynamic characteristics of reactions

№	Type of reactions	ΔH , kJ/mol	ΔS , kJ/mol*K	ΔG , kJ/mol
1	Hydrogenation of olefins to paraffin C ₅ – C ₁₁	– 145,11	– 143,36	– 52,31
2	Hydrocracking of paraffin C ₁₂ – C ₂₇	– 63,17	30,88	– 83,16
3	Hydrogenation of naphthenes to olefins	83,43	65,56	40,99
4	Hydrocracking of naphthenes to paraffin C ₅ – C ₁₁	– 61,71	– 77,07	– 11,82
5	Izomerization of paraffin C ₁₂ – C ₂₇	– 55,66	21,35	– 67,63
6	Cyclization of isoparaffin to naphthenes	53,18	100,08	– 11,61
7	Hydrogenation mono-aromatic compounds to naphthenes	– 242,83	32,24	– 32,24
8	Hydrogenation two-aromatic compounds to mono-aromatic	– 48,31	25,98	– 65,13
9	Coke formation	93,84	262,78	– 76,26

The condition of reaction reversibility is $-70 \leq \Delta G \leq +70$ kJ/mol. Apparently from table 1 all reaction are thermodynamic possible at the adjusted technological conditions (temperature is 648 K, pressure 8,4 MPa). Also the reactions 1, 3 – 8 are reversible and reactions of hydrocracking of paraffin C₁₂ – C₂₇ and coke formation pass only in forward direction.

As a result of thermodynamic analysis with taking into account condition of reaction reversibility the formalized conversion scheme was made (Fig. 1).

According to making formalized conversion scheme kinetic model was



Pic. 1. Formalized conversion scheme of hydrocarbons in the hydrodewaxing process

developed. Equations for rates of reactions was wrote using the law of mass action (table 2).

Table 2. Equations for rates of reactions

№	Equation for rate of reaction	
	Forward reaction	Back reaction
1	$W_1 = k_1 \cdot C_{Olefins} \cdot C_{Hydrogen}$	$W_{-1} = k_{-1} \cdot C_{Par.C5-C11}$
2	$W_2 = k_2 \cdot C_{Par.C12-C27} \cdot C_{Hydrogen}$	–
3	$W_3 = k_3 \cdot C_{Naphtenes} \cdot C_{Hydrogen}$	$W_{-3} = k_{-3} \cdot C_{Olefins} \cdot C_{Par.C5-C12}$
4	$W_4 = k_4 \cdot C_{Naphtenes} \cdot C_{Hydrogen}$	$W_{-4} = k_{-4} \cdot C_{Naphtenes}$
5	$W_5 = k_5 \cdot C_{Par.C12-C27}$	$W_{-5} = k_{-5} \cdot C_{Isoparaffin}$
6	$W_6 = k_6 \cdot C_{Isoparaffin}$	$W_{-6} = k_{-6} \cdot C_{Naphtenes} \cdot C_{Hydrogen}$
7	$W_7 = k_7 \cdot C_{Mono-arom.} \cdot C_{Hydrogen}$	$W_{-7} = k_{-7} \cdot C_{Naphtenes}$
8	$W_8 = k_8 \cdot C_{two-arom.} \cdot C_{Hydrogen}$	$W_{-8} = k_{-8} \cdot C_{mono-arom.}$
9	$W_9 = k_9 \cdot C_{two-arom.} \cdot C_{Hydrogen.}$	–

Kinetic model of dewaxing process:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dC_{Olefins}}{d\tau} = -W_1 + W_{-1} + W_3 - W_{-3} \\ \frac{dC_{Paraffin\ C_5-C_{11}}}{d\tau} = W_1 - W_{-1} + W_2 - W_4 + W_{-4} \\ \frac{dC_{Paraffin\ C_{12}-C_{27}}}{d\tau} = -W_2 - W_5 + W_{-5} \\ \frac{dC_{Isoparaffin}}{d\tau} = W_5 - W_{-5} - W_6 + W_{-6} \\ \frac{dC_{Naphthenes}}{d\tau} = -W_3 + W_{-3} + W_4 - W_{-4} + W_6 - W_{-6} + W_7 - W_{-7} \\ \frac{dC_{Mono-arom.}}{d\tau} = -W_7 + W_{-7} + W_8 - W_{-8} \\ \frac{dC_{Two-arom.}}{d\tau} = -W_8 + W_{-8} - W_9 \\ \frac{dC_{Coke}}{d\tau} = W_9 \\ \frac{dC_{Hydrogen}}{d\tau} = -W_1 + W_{-1} - W_2 - W_3 + W_{-3} - W_4 + W_{-4} + W_6 - \\ - W_{-6} - W_7 + W_{-7} - W_8 + W_{-8} - W_9 \end{array} \right.$$

Initial conditions: $\tau = 0$, $C_i = C_{0i}$, where i – corresponding hydrocarbon.

Program realization of developed kinetic model of the hydrodewaxing process is made using programming language Pascal.

Developed program is applied for inverse kinetic problem solution with object to determine kinetic parameters of passing reaction (preexponential factor in Arrhenius equation, rate constant).

Input data for inverse kinetic problem solution are: technological conditions of the process (temperature, pressure), composition, volume flow and density of raw materials, products, fresh hydrogenous gas, circulatory hydrogenous gas.

Determination of kinetic parameters was made by the way of minimization difference between calculated and experimental concentrations.

Calculations include converting volume flow to mass flow, converting concentrations from % mass. to mol/l for application they in rate equation, which was wrote using law of mass action, solution the system of differential equations of kinetic model by Euler method, converting obtained concentrations from mol/l to % mass., determination error of calculation.

Creation the conversion scheme of hydrocarbons in process of dewaxing, development and program realization of kinetic problem is important stage of mathematical modeling, because during solution of inverse kinetic problem with use of program realized kinetic model kinetic parameters are determined.

Obtained kinetic parameters will be used in mathematical model, which will based on physical-chemical laws of passing the process and allow to carry out prediction of unit work and recommended optimal technological conditions with the object of resource efficiency increase.

Библиографический список

- [1] Kravtsov A.V., Ivanchina E.D. Computer prognostication and optimization of gasoline manufacture. Physical-chemical and technological foundations. — Tomsk : STT, 2000. — 192 p.
- [2] Poleshyk O.H., Kigner D.M. Chemical researches by methods of electron structure calculations of molecules. — Tomsk : TPU, 2006. — 146 p.
- [3] Salihov A.I. Catalytic hydrodewaxing of diesel fuel and petrol on ceolit catalyst. — Ufa, 2003. — 156 p.

Математическое моделирование процесса растворного формирования полимерных пленок в условиях одноосного растяжения¹

Х.Н.А. Аль Джода, Е.С. Титова, Г.В. Пышнограй

АлмГТУ, АлмГПА

pyshnograï@mail.ru

В работе было изучено течение полимерной жидкости в одномерном приближении соответствующее процессу формирования пленки из раствора полимера. При описании этого процесса учтено, что происходит осаждение получаемой пленки, то есть наблюдается испарение растворителя и, одновременно, пленка подвергается растяжению была использована обобщенная реологическая модель Виноградова-Покровского [2, 3], параметры которой являются известными функциями концентрации.

$$\sigma_{ik} = -p\delta_{ik} + 3\frac{\eta_0}{\tau_0}a_{ik}$$

$$\frac{d}{dt}a_{ik} - \nu_{ij}a_{jk} - \nu_{kj}a_{ji} + \frac{1 + (\kappa - \beta)a_{jj}}{\tau_0}a_{ik} = \frac{2}{3}\gamma_{ik} - 3\frac{\beta}{\tau_0}a_{ij}a_{jk}$$

Здесь σ_{ik} - тензор напряжений; p - гидростатическое давление; η_0 и τ_0 - начальные значения сдвиговой вязкости и времени релаксации; ν_{ij} - тензор градиентов скорости; a_{ik} - тензор анизотропии; γ_{ik} - симметризованный тензор градиентов скорости; κ и β - феноменологические параметры модели, учитывающие в уравнениях динамики макромолекулы размеры и форму молекулярного клубка.

¹Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 12-01-00033.

В одномерном случае система уравнений динамики может быть записана в виде [1]:

$$\begin{aligned}\rho u \frac{du}{dx} &= 3 \frac{d}{dx} \frac{\eta_0}{\tau_0} (a_{11} - a_{22}) \\ u \frac{da_{11}}{dx} - 2 \frac{du}{dx} a_{11} + \frac{1 + (\kappa - \beta)(a_{11} + 2a_{22})}{\tau_0} a_{11} &= \frac{2}{3} \frac{du}{dx} - 3\beta a_{11}^2 \\ u \frac{da_{22}}{dx} + \frac{du}{dx} a_{22} + \frac{1 + (\kappa - \beta)(a_{11} + 2a_{22})}{\tau_0} a_{22} &= -\frac{1}{3} \frac{du}{dx} - 3\beta a_{22}^2 \\ \rho u \frac{dc}{dx} &= \lambda \frac{d^2c}{dx^2} - \frac{\mu}{h} (c - c_1)\end{aligned}$$

Здесь λ - коэффициент диффузии, μ - коэффициент массообмена с окружением, h - ширина пленки, c_1 - концентрация растворителя в окружающей среде. Последнее слагаемое в уравнении для концентрации учитывает испарение растворителя через поверхность пленки. Как правило, плотность растворителя близка к плотности полимера и потому это различие, по-видимому, не приводит к существенному эффекту.

Получена система обыкновенных дифференциальных уравнений для зависимости полуширины и толщины пленки от ее продольной скорости в случае одноосного растяжения, осуществлено так называемое обезразмеривание задачи. Это предоставило возможность ввести в рассмотренные безразмерные числа: Пекле, Рейнольдса, Вайсенберга и диффузионное число Нуссельта, которые являются функциями параметров модели, таких как начальная сдвиговая вязкость, начальное время релаксации, коэффициент массообмена, коэффициент диффузии, коэффициенты наведенной анизотропии на полуширину пленки и ее скорость, а также на вид получаемых зависимостей продольной скорости, температуры, ненулевых компонент тензора напряжений от расстояния до выхода из экструдера.

Полученная система уравнений представляет собой совокупность четырех обыкновенных дифференциальных уравнений, три из которых первого порядка и одно второго. Поэтому она должна быть дополнена пятью граничными условиями. Четыре из них можно поставить достаточно просто. В случае v_x эти условия имеют вид: $v_x(0) = v_0$ и $v_x(l) = kv_0$, где k - коэффициент растяжения пленки.

Для концентрации граничные условия могут быть поставлены так: $c(0) = c_0$ и $c'(l) = 0$, Здесь c_0 - концентрация раствора полимера на выходе из фильеры. Второе условие означает, что концентрация полимера на ленте (барабане) принимает установившееся значение.

При выполнении расчетов по записанной модели необходимо получить выражение для связи ширины пленки со скоростью ее формирования. В случае моделирования течения расплава, когда объем не изменяется, такое выражение находится достаточно просто:

$$a(x) = a(0) \sqrt{\frac{u(0)}{u(x)}}$$

Для растворов необходимо учесть поправку, связанную с испарением растворителя. Пусть c_0 - концентрация растворителя на выходе из фильеры, $c(x)$ - концентрация растворителя в некоторой точке x . Тогда относительное изменение объема за счет испарения растворителя будет иметь вид:

$$\frac{V(x)}{V(0)} = \frac{1 - c_0}{1 - c} \frac{(1 - c_0)\rho_1 + c_0\rho_2}{(1 - c)\rho_1 + c\rho_2}.$$

В случае, когда $\rho_1 = \rho_2$ последнее выражение принимает вид:

$$\frac{V(x)}{V(0)} = \frac{1 - c_0}{1 - c}$$

Это выражение приводит к следующему соотношению между шириной пленки, скоростью ее получения и концентрацией полимерной системы:

$$\frac{a^2(x)u(x)}{a^2(0)u(0)} = \frac{1 - c_0}{1 - c}$$

или

$$a(x) = a(0) \sqrt{\frac{1 - c_0}{1 - c} \frac{u(0)}{u(x)}}.$$

Аналогично можно найти и зависимость толщины пленки от скорости ее формирования при изменении концентрации растворителя в полимерной системе.

Для выполнения расчетов необходимо установить зависимости параметров модели η_0 и τ_0 от концентрации. Такие зависимости можно получить, обрабатывая экспериментальные данные, и часто они носят степенной характер. Таким образом, решая одним из численных методов полученную систему уравнений, можно найти не только изменение геометрических размеров (ширина, толщина) формирующейся пленки, но зависимости компонент тензора напряжений, отвечающие за ряд потребительских свойств получаемых пленочных образцов.

Выберем параметры β и κ из условия наилучшего приближения теоретическими кривыми экспериментальные данные для растворов хитозана в уксусной кислоте и условия для независимости поведения стационарной сдвиговой вязкости от молекулярной массы полимера в целом. В этом случае было установлено, что $\beta = 0,05$ и $\kappa = 0,06$. Значения других параметров модели приведены в таблице.

Таблица 1.

c	η_0	η_1	τ_0
1,5	0,043	0,04	0,00025
2	0,073	0,07	0,0005
3	0,22	0,15	0,0055
4	0,69	0,25	0,011
5	1,55	0,45	0,015
6	3,6	0,7	0,02

Для того чтобы использовать эти данные в расчетах необходима аппроксимация этих данных. Будем использовать степенную зависимость. Результаты подбора аппроксимационных функций приведены на рисунках 1-3. При этом были получены следующие зависимости:

$$\eta_0(c) = \eta_0(c_*)(c/c_*)^{3,5}$$

$$\eta_1(c) = \eta_1(c_*)(c/c_*)^{2,2}$$

$$\tau_1(c) = \tau_1(c_*)(c/c_*)^{2,5}$$

Здесь c_* некоторое фиксированное значение концентрации в качестве которого выбрана концентрация 5 процентов.

При этом получено, что η_0/τ_0 пропорционально c . Это соотношение является следствием применения принципов статистической механики при получении реологической модели.

Из приведенного сравнения можно сделать вывод, что модифицированная реологическая модель Виноградова - Покровского применима для описания стационарного сдвигового течения и течений растяжения расплавов линейных полимеров в широком диапазоне скоростей деформирования, и что параметры модели β и κ слабо зависят от молекулярного веса и концентрации, в то время как для размерных параметров модели η_0 , η_1 и τ_0 такая зависимость хорошо аппроксимируется степенным законом. Эти результаты могут стать основой для расчетов по этой модели технологических процессов непрерывного получения полимерной пленки из раствора, например при формовании целлофановых пленок [4].

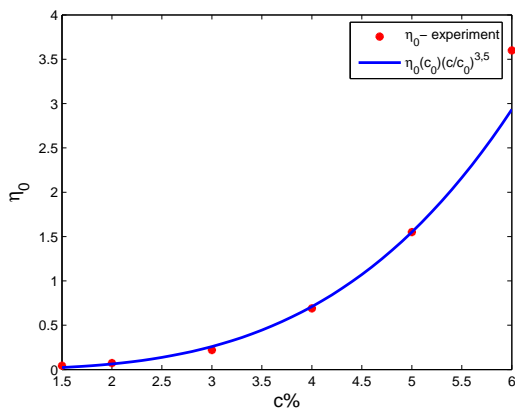


Рис. 1. Сравнение экспериментальных (точки) и аппроксимационных (сплошные линии) зависимостей неньютоновской сдвиговой вязкости от концентрации

Авторы выражают свою глубокую признательность профессору Саратовского государственного университета Шиповской А.Б. за предоставленные экспериментальные данные.

Библиографический список

- [1] Аль Джода Х.Н.А., Пышнограй Г.В., Шиповская А.Б. Математическое моделирование процесса формирования пленок из раствора полимера // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. — 2012. — Т. 9, № 2. — С. 131–135.
- [2] Обобщение закона Пуазейля для плоскопараллельного течения вязкоупругих сред / Алтухов Ю.А., Гусев А.С., Макарова М.А., Пышнограй Г.В. // *Механика композиционных материалов и конструкций*. — 2007. — № 4. — С. 581–590.
- [3] Определяющее уравнение нелинейных вязкоупругих (полимерных) сред в нулевом приближении по параметрам молекулярной теории и следствия для сдвига и растяжения / Пышнограй Г.В., Покровский В.Н., Яновский Ю.Г. и др. // *Доклады АН*. — 1994. — Т. 335, № 9. — С. 612–615.

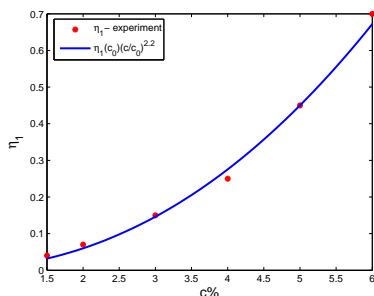


Рис. 2. Сравнение экспериментальных (точки) и аппроксимационных (сплошная линия) зависимостей ньютоновской вязкости от концентрации

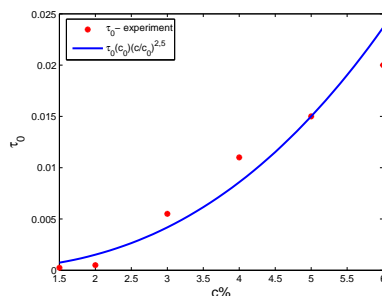


Рис. 3. Сравнение экспериментальных (точки) и аппроксимационных (сплошная линия) зависимостей времени релаксации от концентрации

- [4] Основы реологии полимеров. Течение полимеров в каналах / Янков В.И., Боярченко В.И., Первадчук В.П., Глот И.О. // Переработка волокнообразующих полимеров. В семи томах. — Москва-Ижевск : НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 2005. — Т. I.

Аналитический обзор применения принципа аналогичности в задачах прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур¹

А.В. Абрамова, Н.В. Гавриловская

АлмГУ

tasiavlad@mail.ru, gavrilovskayanv@gmail.com

Множество различных методик было разработано до введения в оперативную практику численных схем гидродинамического прогноза метеорологических факторов. Одной из таких методик является метод аналогов, который до сих пор используется в своей классической форме.

Тем не менее, все эмпирико-статистические методы прогноза метеорологических элементов имеют в своём основании принцип аналогичности, так или иначе преобразованный и уточнённый. На практике метод

¹Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (проект № 7.3975.2011 в Алтайском государственном университете).

аналогов ограничен фактом, что атмосфера не всегда точно повторяет своё прошлое состояние. Статистические идеи в методе аналогов лежат в самой процедуре поиска и ранжирования найденных аналогов в соответствии с близостью с текущим процессом. В таком случае принято считать, что данные аналогичные процессы обусловили аналогичные физические факторы [4]. Такого рода допущения, конечно, нельзя считать доказательством. Поэтому неизбежно возникает вопрос о том, какие два процесса считать аналогичными, или что можно считать критерием аналогичности.

Здесь есть много субъективных взглядов и нерешённых вопросов. Одни считают, что достаточно ограничиться сходством по небольшому району, для которого составляется прогноз. Другие же считают, что должно иметь место сходство на полушарии, при этом не только по наземным, но и по высотным картам полушария [4]. Одни считают, что аналоги можно подбирать по средним характеристикам процессов, другие предпочитают ежедневные данные.

Для оценки аналогичности полей разработан ряд объективных показателей аналогичности. Эти показатели позволяют устанавливать степень сходства между сравниваемыми полями или макропроцессами при помощи компьютерных алгоритмов.

В Гидрометцентре России на основе подбора аналогичного хода месячных аномалий температуры к исходным трём месяцам разрабатываются прогнозы температурного режима на вегетационный период. Кривые хода температуры внутри месяца берутся из года-аналога [9]. Для описания предикторов используются схемы одномерного и двумерного разложения метеорологических данных по ортогональному базису с использованием метода главных компонент. Мерой аналогичности служат евклидовы расстояния между исходными и всеми остальными векторами-предикторами с использованием соответствующих им собственных чисел в качестве весов к коэффициентам разложения.

В связи с тем, что подбор качественного аналога крайне затруднён, вследствие ограниченности рядов наблюдений, то можно попытаться создать искусственный аналог, составленный из нескольких полей, который имеет большую степень сходства с текущим процессом, чем природный [10].

В агрометеорологии принцип аналогичности тоже применим. Например, есть понятие агроклиматические аналоги – территории, сходные по климатическим условиям существования определённых экологических групп растений, сельскохозяйственных животных и приёмам земледелия [4]. Теория основывается на выявлении общности тех ведущих элементов

климата, которые определяют оптимальные условия вегетации сельскохозяйственных культур. Существенное значение при выявлении агроклиматических аналогов имеет учет таких неблагоприятных, лимитирующих произрастание растений элементов климата, как весенние и осенние заморозки, низкие температуры, сухие и засушливые периоды, периоды переувлажнения почвы и т.п. Эти ограничивающие условия приобретают решающее значение при определении климатических границ возделывания культур.

Принцип аналогичности вполне может быть применён и для прогноза урожайности озимых культур [8]. Почвенные же особенности, культуру земледелия и агротехнику конкретного года будет характеризовать достигнутый уровень урожайности выбранного по определённым критериям предшествующего года, принимаемого за год-аналог. Отличие урожайности текущего года от урожайности года-аналога определяется различием агрометеорологических условий вегетации в весенне-летний период [7].

В последнее десятилетие интерес к применимости принципа аналогичности возрос. Это можно объяснить несколькими причинами. Во-первых, с каждым годом архив наблюдений увеличивается, соответственно вероятность выявить года-аналоги возрастает. Во-вторых, современные информационные технологии и вычислительная техника позволяют обрабатывать многомерные данные, что способствует определению лет-аналогов по многочисленным факторам и показателям.

Модели любого уровня, осуществляющие прогноз урожайности сельскохозяйственных культур, должны опираться на предполагаемые погодные сценарии прогнозного года. В настоящее время важнейшие метеорологические факторы – осадки и температура воздуха, имеющие решающее значение в формировании урожая сельскохозяйственных культур, не поддаются надежному прогнозу даже на месяц вперед. Отсутствие фундаментальной теории, объясняющей наличие связи между процессами в отдельные сезоны и урожайностью, обуславливает применение в методиках в основном аппарата математической статистики, в частности кластерного и дискриминантного анализа. В результате использования данных процедур каждый год на основе различных сочетаний значений агрометеорологических характеристик может быть отнесен к одному из нескольких классов. Данные процедуры используются в технологии определения лет-аналогов.

В основе технологии определения лет-аналогов лежат принципы аналогичности и классификации агрометеорологических факторов. Под принципом аналогичности будем понимать использование информации для текущего прогноза путем выделения лет-аналогов.

Цель поиска лет-аналогов состоит в том, чтобы на основе различных характеристик объекта классифицировать его, то есть отнести к одной из нескольких групп (классов) некоторым оптимальным способом. Под оптимальным способом можно понимать либо минимум математического ожидания потерь, либо минимум вероятности ложной классификации [1].

В результате применения процедуры классификации исходная совокупность объектов разделяется на кластеры или группы (классы) схожих между собой объектов [2]. Под кластером понимают группу объектов, обладающую свойством плотности (плотность внутри кластера выше, чем вне его), дисперсией, отделимостью от других кластеров, формой, размером.

На основе принципа аналогичности предложена система моделирования погодных сценариев [3]. Решение данной задачи заключается в том, чтобы из всех подмножеств выбрать класс объектов, наилучшим образом соответствующий, согласно определенным критериям, новому элементу. Для оценки влияния погодных условий на формирование урожая требуется на основе исследования совокупности агрометеорологических параметров классифицировать ситуацию в определенный период времени, учитывая ее влияние на состояние растений, точнее, на урожайность.

Решить данную задачу можно с помощью дискриминантного анализа [5], который основан на теории распознавания образов. Первая работа в области распознавания образов в нашей стране была выполнена одним из основоположников современной теории информации академиком А.А. Харкевичем. Значительный вклад в развитие теории и практики распознавания внесли С.А. Айвазян, М.А. Айзерман, М.М. Бонгард, Э.М. Браверман, В.Н. Вапник, Н.Г. Загоруйко, Л.А. Растргин, Я.З. Цыпкин и др.

Алгоритм распознавания обеспечивает определение класса, к которому может быть отнесен неизвестный объект на основе экспериментальных измерений некоторого набора признаков. Распознавание образов предполагает отнесение исходных данных к определенному классу по некоторому решающему правилу с помощью выделения существенных признаков из общей массы несущественных деталей [6].

В настоящее время рассмотренный принцип аналогичности для формирования погодных сценариев внедряется в проект «Система информационной поддержки программных комплексов прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур». В данном проекте уже реализована методика предварительного статистического анализа и оценки достоверности экспериментальных данных, которая включает решение следующих задач:

- анализ, выбраковка и восстановление аномальных измерений или выбросов;
- группировка исходной информации при большом объеме экспериментальных данных;
- выявление статистических связей и взаимовлияния различных агрометеорологических факторов и урожайности;
- проверка законов распределения экспериментальных данных, оценка параметров и числовых характеристик наблюдаемых случайных величин или процессов.

Таким образом, предложенная технология определения лет-аналогов позволит строить прогноз урожайности будущего периода на основе имеющейся агрометеорологической информации.

Библиографический список

- [1] Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики: Учебник для вузов. — М. : ЮНИТИ-ДАТА, 1998. — 1022 с.
- [2] Врагова Е.В. Обработка экспериментальных данных с помощью пакета STATISTICA 5.0. для обеспечения фитомелиорации земель при влиянии нефти и отходов бурения // Вестник Новосибирского государственного университета Серия Информационные технологии. — 2010. — Т. 8, № 1. — С. 27–34.
- [3] Гавриловская Н.В. Методы, алгоритмы и технология прогнозирования агрометеорологических факторов в моделях продуктивности зерновых культур : Дис... канд. тех. наук: 05.13.18. / Гавриловская Н.В. — Барнаул, 2011.
- [4] Грингоф И.Г., Пасечнюк А.Д. Агрометеорология и агрометеорологические наблюдения. — СПб. : Гидрометеоиздат, 2005. — 552 с.
- [5] Калинина В.Н., Соловьев В.И. Введение в многомерный статистический анализ: Учебное пособие. — М. : ГУУ, 2003. — 66 с.
- [6] Карпеев Г.А. Проблема аналогичности метеорологических полей и классификации атмосферных процессов как одна из задач теории распознавания образов // Метеорология и гидрология. — 1969. — № 12. — С. 35–39.

- [7] Полевой А.Н. Динамико-статистические методы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур // Метеорология и гидрология. — 1981. — № 2. — С. 92–102.
- [8] Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. — Л. : Гидрометеиздат, 1983. — 175 с.
- [9] Садоков В.П., Вильфанд Р.М. Новые результаты в разработке статистических методов долгосрочных прогнозов погоды и технология их выпуска // 70 лет Гидрометцентру России. — СПб. : Гидрометеиздат, 1999. — С. 134–140.
- [10] Hung Van den Dool. Constructed analogue prediction of the East Central Tropical pacific SST through remainder of 1998 and 1999 // Climate Prediction Center, NOAA. — Maryland : Camp Springs.

Вопросы разрешимости задач одномерного движения двухфазной смеси¹

И.Г. Ахмерова

АлтГУ

iakhmerova@mail.ru

Теоретическое исследование моделей механики многофазных сред основывается на их широком применении к решению важных практических задач. К числу многофазных моделей, интересных как с математической точки зрения, так и с точки зрения приложений, относится модель описывающая движение смеси, состоящей из двух вязких жидкостей. В основе этой математической модели лежат уравнения сохранения массы, импульса каждой фазы и уравнение сохранения энергии смеси в целом [4, 5]:

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho_i v_i) = 0, \quad \rho_i \left(\frac{\partial v_i}{\partial t} + v_i \frac{\partial v_i}{\partial x} \right) = \frac{\partial \sigma_i}{\partial x} + F_i,$$

$$\sum_{i=1}^2 c_i \rho_i^0 s_i \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} + v_i \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\chi \frac{\partial \theta}{\partial x} \right).$$

¹Работа выполнена при финансовой поддержке федеральной целевой программы “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 гг.” (государственные контракты №14.740.11.0355, №14.740.11.0878).

Здесь v_i – скорость соответствующей фазы; ρ_i – приведенная плотность, связанная с истинной плотностью ρ_i^0 и объемной концентрацией s_i соотношением $\rho_i = s_i \rho_i^0$; θ – абсолютная температура среды ($\theta_1 = \theta_2 = \theta$). Условие $s_1 + s_2 = 1$ является следствием определения ρ_i . Для тензора напряжений фазы σ_i принимается аналог гипотезы Стокса: $\sigma_i = -s_i p_i + s_i \mu_i \frac{\partial v_i}{\partial x}$, где p_i – давление i -ой фазы, μ_i – коэффициент динамической вязкости фазы, c_i – теплоемкость i -ой фазы при постоянном объеме. Постулируется, что силы F_i имеют вид: $F_i = p_i \frac{\partial s_i}{\partial x} + \varphi_i + \rho_i g$, где $\varphi_1 = K(v_2 - v_1)$, $\varphi_2 = -\varphi_1$, K – коэффициент взаимодействия фаз, g – ускорение силы тяжести, χ – коэффициент теплопроводности смеси.

В основе математической модели, описывающей неизотермического движения двухфазной смеси вязких несжимаемых жидкостей с неоднородными граничными условиями и постоянной истинной плотностью лежат уравнения сохранения массы, импульса каждой фазы и уравнение сохранения энергии смеси в целом:

$$\frac{\partial s_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(s_i v_i) = 0, \quad i = 1, 2, \quad (1)$$

$$\rho_i^0 s_i \left(\frac{\partial v_i}{\partial t} + v_i \frac{\partial v_i}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_i s_i \frac{\partial v_i}{\partial x} \right) = -s_i \frac{\partial p_i}{\partial x} + \varphi_i + \rho_i^0 s_i g, \quad (2)$$

$$s_1 + s_2 = 1, \quad \varphi_1 = K(v_2 - v_1), \quad \varphi_2 = -\varphi_1, \quad p_1 - p_2 = p_c(s_1, \theta), \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^2 c_i \rho_i^0 s_i \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} + v_i \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\chi(s_1) \frac{\partial \theta}{\partial x} \right). \quad (4)$$

Здесь ρ_i^0 , μ_i , c_i – заданные положительные постоянные, $K(s_1)$, $\chi(s_1)$, $p_c(s_1, \theta)$ – заданные функции. Условие $\rho_i^0 = const$ приводит к замкнутой системе уравнений для $s_i(x, t)$, $v_i(x, t)$, $\theta(x, t)$ и $p_i(x, t)$ в области $Q_T = \{x \mid 0 < x < 1\} \times (0, T)$.

Система (1)–(4) дополняется начально-краевыми условиями:

$$v_i |_{x=0} = a_i(t), \quad v_i |_{x=1} = b_i(t), \quad v_i |_{t=0} = v_i^0(x), \quad s_1 |_{t=0} = s_1^0(x),$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial x} |_{x=0} = \theta_1(t), \quad \frac{\partial \theta}{\partial x} |_{x=1} = \theta_2(t), \quad \theta |_{t=0} = \theta^0(x). \quad (5)$$

Для системы (1)–(4) рассматривается два варианта граничных условий: $a_i(t) = b_i(t) = a(t)$ и $v_1 |_{x=0} = a_1(t)$, $v_1 |_{x=1} = b_1(t)$, $v_2 |_{x=0, x=1} = 0$. Заметим, что из уравнений (1) с учетом равенства $s_1 + s_2 = 1$ вытекает соотношение $s_1 v_1 + s_2 v_2 = h(t)$, справедливое для произвольной функции $h(t)$, $t \in [0, T]$. В первом варианте граничных

условий функция $h(t) = a(t)$, т.е. предполагается известной, а во втором варианте $-h(t) = s(0, t)a_1(t)$ и является неизвестной функцией.

Дополнительное условие для однозначного определения $p_1(x, t)$ берется в виде

$$\int_0^1 p_1(x, t) dx = 0. \tag{6}$$

Относительно функций $s_1^0(x)$, $\theta^0(x)$ предполагается выполнение неравенств следующего вида:

$$\begin{aligned} 0 < m_0 \leq s_1^0(x) \leq M_0 < 1, \\ 0 < k_1^{-1} \leq \theta^0(x) \leq k_1 < \infty \end{aligned} \tag{7}$$

для всех $x \in [0, 1]$ и при фиксированных постоянных m_0, M_0, k_1 .

Для задачи (1)–(5) доказана локальная по времени разрешимость начально - краевой задачи в пространствах С.Л. Соболева и Гельдера [2].

Система уравнений (1)–(4) является обобщением модели фильтрации Маскета-Левретта двух вязких несжимаемых несмешивающихся жидкостей [1]. В предположении малости вязкости и ускорения второй фазы (в уравнении (2) для второй фазы соответствующие слагаемые отбрасываются) из системы (1)–(4) получаем фильтрационное приближение, описываемое следующей системой уравнений [6]:

$$\frac{\partial s_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(s_i v_i) = 0, \quad i = 1, 2, \tag{8}$$

$$\rho_1^0 s_1 \left(\frac{\partial v_1}{\partial t} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_1 s_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) = -s_1 \frac{\partial p_1}{\partial x} + \varphi_1 + \rho_1^0 s_1 g, \tag{9}$$

$$-s_2 \frac{\partial p_2}{\partial x} + \varphi_2 = 0, \tag{10}$$

$$s_1 + s_2 = 1, \quad \varphi_1 = K(v_2 - v_1), \quad \varphi_2 = -\varphi_1, \quad p_1 - p_2 = p_c(s_1), \tag{11}$$

$$\sum_{i=1}^2 c_i \rho_i^0 s_i \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} + v_i \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\chi \frac{\partial \theta}{\partial x} \right). \tag{12}$$

Здесь $K = K_0(s_1)s_1^{-\beta}(s_2)^{-\beta-1}$, $\beta \geq 1$.

Система (8)–(12) дополняется начальными и граничными условиям:

$$v_i |_{x=0} = 0, \quad v_i |_{x=1} = 0, \quad s_1 |_{t=0} = s_1^0(x), \quad v_i |_{t=0} = v_i^0(x),$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0, \quad \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=1} = 0, \quad \theta \Big|_{t=0} = \theta^0(x). \quad (13)$$

Установлена глобальная разрешимость в пространствах С.Л. Соболева начально-краевой задачи (8)–(13) о движении двухфазной смеси вязких несжимаемых жидкостей в случае малости ускорения и коэффициента вязкости второй фазы; установлен факт стабилизации решения нестационарной задачи к решению стационарной задачи.

Начально-краевая задача для уравнений одномерного нестационарного движения теплопроводной двухфазной смеси в случае непостоянной истинной плотности одной из фаз имеет вид

$$\frac{\partial(\rho_1^0 s)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho_1^0 s v_1)}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial(\rho_2^0(1-s))}{\partial t} + \frac{\partial(\rho_2^0(1-s)v_2)}{\partial x} = 0, \quad (14)$$

$$\rho_1^0 s \left(\frac{\partial v_1}{\partial t} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) = -\frac{\partial(sp_1)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_1(s) \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) + F + \rho_1^0 s g, \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \rho_2^0(1-s) \left(\frac{\partial v_2}{\partial t} + v_2 \frac{\partial v_2}{\partial x} \right) &= -\frac{\partial((1-s)p_2)}{\partial x} + \\ &+ \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_2(s) \frac{\partial v_2}{\partial x} \right) - F + \rho_2^0(1-s)g, \end{aligned} \quad (16)$$

$$F = B(s)(v_2 - v_1) + p_2 \frac{\partial s}{\partial x}, \quad p_1 - p_2 = p_c(s, \theta), \quad p_2 = R\rho_2^0 \theta, \quad (17)$$

$$c_1 \rho_1^0 s \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} + v_1 \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + c_2 \rho_2^0(1-s) \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} + v_2 \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial x} (\chi(s) \frac{\partial \theta}{\partial x}), \quad (18)$$

и решается в области $Q_T = \Omega \times (0, T)$, $\Omega = (0, 1)$, при краевых и начальных условиях ($i = 1, 2$)

$$v_i \Big|_{x=0, x=1} = 0, \quad \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=0, x=1} = 0, \quad v_i \Big|_{t=0} = v_i^0(x), \quad (19)$$

$$p_2 \Big|_{t=0} = p^0(x), \quad \theta \Big|_{t=0} = \theta^0(x), \quad s \Big|_{t=0} = s^0(x).$$

Здесь (x, t) – эйлеровы координаты; ρ_i^0 , v_i – соответственно истинная плотность и скорость i -ой фазы ($i = 1$ – твердые частицы, $i = 2$ – газ), s – объемная концентрация твердых частиц, θ – абсолютная температура смеси, p_1 – эффективное давление твердых частиц, p_2 – внутреннее давление газа, g – плотность массовых сил, $c_i = const > 0$ – теплоемкость при постоянном объеме, $R = const > 0$ – универсальная газовая постоянная; кроме того, $\mu_i(s)$ – вязкости фаз, $B(s)$ – коэффициент взаимодействия фаз, $\chi(s)$ – коэффициент теплопроводности смеси, $p_c(s, \theta)$

– разность давлений (заданные функции). Истинная плотность твердых частиц ρ_1^0 принимается постоянной. Искомыми являются величины s , θ , ρ_2^0 , v_i , p_i , $i = 1, 2$.

Обосновано существование “в малом” по времени обобщенного решения нестационарной неизотермической одномерной начально-краевой задачи (14)–(19) о движении смеси твердых частиц и сжимаемого газа (истинная плотность второй фазы – функция температуры и давления) с непостоянной вязкостью фаз [3].

В случае несжимаемых сред уравнение состояния $p_2 = p_2(\rho_2^0, \theta)$ не используется и давление p_2 является искомой функцией.

Введем безразмерные переменные

$$x' = x/L, \quad t' = t/t_1, \quad p'_c = p_c/P, \quad \theta' = \theta/\theta_1,$$

$$v'_i = v_i/U, \quad p'_i = p_i/P, \quad i = 1, 2,$$

и положим

$$\delta = \rho_2^0/\rho_1^0, \quad \mu_i = \mu_i^0 \bar{\mu}_i(s),$$

$$\chi = \chi_0 \bar{\chi}(s), \quad \mu_i^0 = \text{const} > 0, \quad \chi_0 = \text{const} > 0,$$

$\bar{\mu}_i(s)$, $\bar{\chi}(s)$ – заданные функции. Кроме того, положим

$$L = Ut_1, \quad \nu = \mu_2^0/\mu_1^0, \quad P = L\rho_1^0|g|,$$

$$\chi_0 = UL\rho_1^0 c_1, \quad B' = BU/\rho_1^0|g|, \quad n = g/|g|,$$

Вместо системы (14)–(18) получим (штрихи опущены):

$$\frac{\partial s}{\partial t} + \frac{\partial(sv_1)}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial((1-s))}{\partial t} + \frac{\partial((1-s)v_2)}{\partial x} = 0,$$

$$sFr \left(\frac{\partial v_1}{\partial t} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) = -s \frac{\partial p_2}{\partial x} - \frac{\partial(sp_c)}{\partial x} +$$

$$+ \frac{Fr}{Re} \frac{\partial}{\partial x} \left(\bar{\mu}_1(s) \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) + B(s)(v_2 - v_1) + sn,$$

$$(1-s)\delta Fr \left(\frac{\partial v_2}{\partial t} + v_2 \frac{\partial v_2}{\partial x} \right) = -(1-s) \frac{\partial p_2}{\partial x} + \frac{Fr}{Re} \nu \frac{\partial}{\partial x} \left(\bar{\mu}_2(s) \frac{\partial v_2}{\partial x} \right) +$$

$$+ B(s)(v_1 - v_2) + (1-s)\delta n,$$

$$s \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} + v_1 \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{c_2}{c_1} \delta (1-s) \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} + v_2 \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial x} (\bar{\chi}(s) \frac{\partial \theta}{\partial x}), \quad p_1 = p_2 + p_c.$$

При $\delta = \nu = 0$ уравнение сохранения импульса второй фазы и уравнение сохранения энергии принимают вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial p_2}{\partial x} &= \frac{B(s)}{1-s}(v_1 - v_2), \quad p_1 = p_2 + p_c, \\ s \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} + v_1 \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) &= \frac{\partial}{\partial x} (\bar{\chi}(s) \frac{\partial \theta}{\partial x}). \end{aligned} \quad (20)$$

Система уравнений (14), (15), (17), (20) дополняется начальными и граничными условиями:

$$\begin{aligned} v_i |_{x=0, x=1} = 0, \quad \frac{\partial \theta}{\partial x} |_{x=0, x=1} = 0, \quad v_i |_{t=0} = v_i^0(x), \\ p_2 |_{t=0} = p^0(x), \quad \theta |_{t=0} = \theta^0(x), \quad s |_{t=0} = s^0(x). \end{aligned} \quad (21)$$

Здесь истинная плотность твердых частиц ρ_1^0 принимается постоянной, $p_c(s)$ – разность давлений (заданная функция насыщенности). Искомыми являются величины s, θ, v_i, p_i . Система уравнений (14), (15), (17), (20) замыкается предположением о несжимаемости газа ($\rho_2^0 = const > 0$).

Установлена разрешимость “в целом” по времени в классе сильных решений нестационарной неизотермической одномерной начально-краевой задачи о движении смеси твердых частиц и несжимаемого газа с непостоянной вязкостью фаз, а так же доказана сходимость при неограниченном росте времени решения нестационарной задачи с постоянной вязкостью к решению стационарной [7].

Библиографический список

- [1] Антонцев С.Н., Кажихов А.В., Монахов В.Н. Краевые задачи механики неоднородных жидкостей. — Новосибирск : Наука, 1983. — 316 с.
- [2] Ахмерова И.Г. Разрешимость краевой задачи для уравнений одномерного движения двухфазной несжимаемой жидкости // Известия АлтГУ. — 2011. — № 1/2. — С. 7–14.
- [3] Ахмерова И.Г. Разрешимость краевой задачи для уравнений одномерного движения двухфазной смеси // Журнал СФУ Математика и Физика. — 2012. — № 5(1). — С. 25–35.
- [4] Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред – Ч.2. — М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. — 360 с.

- [5] Рахматулин Х.А. Основы газодинамики взаимопроникающих движений сжимаемых сред // Прикл. математика и механика. — 1956. — Т. 20, № 2. — С. 183–195.
- [6] Gard S.K., Pritchett J.W. Dynamics of gas - fluidized beds // Journal of Applied Physics. — 1975. — Vol. 46, no. 10. — P. 4493–4500.
- [7] Papin A.A., Akhmerova I.G. Solvability of the system of equations of one-dimensional motion of a heat-conducting two-phase mixture // Mathematical Notes. — 2010. — Vol. 87, no. 2. — P. 230–243.

Разработка двумерных математических моделей процесса теплопереноса в почве при наличии криволинейных границ и границ раздела¹

А.В. Боярская, А.В. Павлова

АлмГУ

hla@math.asu.ru

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений агрономической науки и производства растениеводческой продукции является точное земледелие, в основе которого лежит представление о возможности значительного повышения урожаев, существенной экономии ресурсов и снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду за счет применения пространственно-дифференцированных агротехнологий, связанных с пространственной изменчивостью почвенных и иных факторов продуктивности в пределах отдельного сельскохозяйственного поля [1, 7, 8].

В практике исследования и эксплуатации почвы весьма важна информация о ее температуре. В естественных условиях температурный режим почвы оказывает влияние на функционирование экосистемы в целом и течение почвообразовательного процесса, а на сельскохозяйственном поле влияет на качественные и количественные показатели урожая [6, 5].

Именно тепло и влага определяют интенсивность пищевого режима, жизнедеятельность микроорганизмов, отвечают за рост и развитие корневой системы растений, которые в свою очередь, зависят от различных

¹Работа выполнена в рамках государственного задания “Изучение процессов конвекции и теплопереноса в анизотропных областях и областях с границами раздела” № 7.3975.2011.

факторов, характеризующих неоднородный состав почвы и ее минералогию.

Проведение постоянных наблюдений температурного режима трудоемко и дорого, поэтому большое практическое значение имеет его моделирование. Разработка математических моделей в рамках концепции точного земледелия, корректно учитывающих процессы тепло- и влагопереноса, а также динамику азота в почве, является сложной и актуальной задачей [4, 3].

Математические модели, связанные с описанием явления теплопереноса в пределах почвенного компартмента, основаны на нестационарных уравнениях параболического типа. Теплота, поступающая на поверхность почвы, под действием создаваемого градиента температур перераспределяется в объеме некоторого почвенного компартмента Ω .

Рассмотрим двумерную аппроксимацию задачи о распределении температуры в массивах почвы, имеющих вертикальную (относительно направления силы тяжести) границу раздела, связанную с неоднородностью структурных пластов почвы.

Пусть неоднородный почвенный компартмент Ω состоит из двух участков (рис. 1), значительно отличающихся по влиянию характеристик поля на продукционный процесс посева и на движение почвенных растворов (в действительности свойства почвы меняются от точки к точке непрерывно и случайным образом). Целью “размежевания” поля на единицы управления является уменьшение теоретически бесконечной вариабельности условий произрастания к ограниченному набору вариантов. Тогда $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2$, где $\Omega_1 = \{-x_1 \leq x \leq 0; -H \leq y \leq 0\}$, $\Omega_2 = \{0 \leq x \leq x_2; -H \leq y \leq 0\}$. Здесь полагается, что границы участков Ω_1 и Ω_2 являются известными и прямолинейными. В случае криволинейных границ областей Ω_1 и Ω_2 задача также может быть сформулирована и успешно решена.

Пусть система координат выбрана таким образом, что ось Oy проходит по границе раздела областей Ω_1 и Ω_2 . Функция T_1 определяет температуру почвы в области Ω_1 , а T_2 – температуру почвы в области Ω_2 . Тогда в силу почвенной однородности областей Ω_1 и Ω_2 можно записать условия:

$$\begin{aligned} \frac{\partial T_1}{\partial x} &= 0 \quad \text{при} \quad x = -x_1; \\ \frac{\partial T_2}{\partial x} &= 0 \quad \text{при} \quad x = x_2. \end{aligned}$$

На границе раздела компартментов Ω_1 и Ω_2 ($x = 0$) должны выпол-

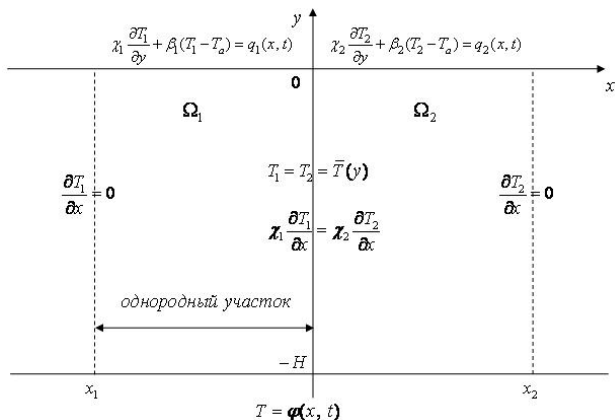


Рис. 1. Почвенный компартмент $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2$

няться условия непрерывности температур и тепловых потоков:

$$T_1 = T_2 \text{ и } \chi_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} = \chi_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} \text{ при } x = 0. \quad (1)$$

Уравнение теплопереноса в почвенном компартменте Ω в двумерном случае можно записать в виде:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\chi \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\chi \frac{\partial T}{\partial y} \right) + f(x, y, t) \quad (2)$$

где $\rho(x, y)$ – плотность почвы, $c(w(x, y))$ – теплоемкость, χ – коэффициент теплопроводности, зависящий от влажности почвы w : $\chi = \chi(w(x, y))$. Теплоперенос осуществляется вдоль координатных осей Ox, Oy ; $f(x, y, t)$ – функция источника тепла. Влажность почвы w считается здесь заданной функцией.

Численное исследование задачи о распределении температуры в областях Ω_1 и Ω_2 производится с использованием конечно-разностных методов, в данном случае с использованием продольно-поперечной конечно-разностной схемы (метод переменных направлений), формально имеющей второй порядок аппроксимации [2, 9].

Используя разностную аппроксимацию, приходим к системе линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} -a_{n,m} T_{n,m-1}^{k+1/2} + b_{n,m} T_{n,m}^{k+1/2} - c_{n,m} T_{n,m+1}^{k+1/2} &= d_{n,m}, \\ -a_{n,m} T_{n-1,m}^{k+1} + b_{n,m} T_{n,m}^{k+1} - c_{n,m} T_{n+1,m}^{k+1} &= d_{n,m}, \end{aligned}$$

соответствующей (2). Данная система решается методом прогонки. При этом в направлении y используется обычный вариант данного метода [2].

Начальные и граничные значения для температуры T_1 и T_2 : $T(P, t)|_{t=0} = T(P, 0)$ для $P \in \Omega$, $T(-H, t) = \phi_H(t)$. Для определения T_1 и T_2 на слое $(k+1)$ используем условия непрерывности температур и тепловых потоков на границе раздела (1) и представление решения (т.е. температуры в каждой из областей) в таком виде, когда $(T_1)_{n,m}$ и $(T_2)_{n,m}$ выражаются через неизвестные значения температуры $(T_1)_{N_1+1,m} = (T_2)_{1,m}$ на границе раздела $x = 0$. Представления вида

$$\begin{aligned} T_{1n,m} &= \beta_{n,m}^1 + \gamma_{n,m}^1 \cdot \bar{T}_m, \\ T_{2n,m} &= \beta_{n,m}^2 + \gamma_{n,m}^2 \cdot \bar{T}_m, \end{aligned}$$

где \bar{T}_m – температура на границе раздела областей Ω_1 и Ω_2 , позволяют организовать своеобразную прогонку с параметрами, коими являются граничные значения температуры \bar{T}_m , и найти сначала сами эти значения, а затем и распределение температуры в областях Ω_1 и Ω_2 .

Первые производные, входящие в (1), внутри расчетной области аппроксимируются традиционно симметричными конечно-разностными аналогами со вторым порядком. Первые производные на границах расчетной области аппроксимируются несимметричными конечно-разностными аналогами также второго порядка.

Общая схема численного решения задачи состоит в осуществлении следующих этапов.

1. Переход на новый временной слой t^{k+1} начинается с расчета температуры $T_1^{k+\frac{1}{2}}$ и $T_2^{k+\frac{1}{2}}$ на промежуточном временном слое $t^{k+\frac{1}{2}}$. Расчет производится в каждой из областей Ω_1 и Ω_2

2. Затем, с помощью прогонки с параметрами, вычисляются значения температур T_i^{k+1} , $i = 1, 2$, на слое $(k+1)$ одновременно в обеих областях Ω_1 и Ω_2 .

Дальнейшее математическое и численное моделирование проводится с учетом криволинейности границ раздела, а также подвижных границ раздела двух фаз и постановки на этих границах условий сопряжения и обобщенных условий Стефана.

Библиографический список

- [1] Буре В.М. Методология и программно-математический инструментарий информационного обеспечения точного земледелия : Автореф. дисс... д.т.н. / Буре В.М. — СПб., 2009. — 49 с.

- [2] Самарский А.А., Вабишевич П.Н., Матус П.П. Разностные схемы с операторными множителями. — Минск : Изд-во ЗАО “ЦОТЖ”, 1998. — 442 с.
- [3] Хворова Л.А. Математические модели в теории и практике точного земледелия // Известия АлтГУ. — 2011. — № 2. — С. 123–128.
- [4] Хворова Л.А. Модель теплового режима почвы в пространственно-дифференцированных технологиях точного земледелия // Научно-технические ведомости СПбГПУ. — № 4(128). СПб., 2011. — С. 101–106.
- [5] Чудновский А.Ф. Теплофизика почв. — М. : Наука, 1976. — 352 с.
- [6] Шеин Е.В. Курс физики почв. — М. : Изд-во МГУ, 2005. — 432 с.
- [7] Якушев В.П. На пути к точному земледелию. — СПб. : Изд-во ПИЯФ РАН, 2002. — 458 с.
- [8] Якушев В.П., Полуэктов Р.А., Смоляр Э.И. и др. Оценка технологий точного земледелия: аналитический обзор // Агрехим.вестник. — 2002. — № 3. — С. 36–40.
- [9] Яненко Н.Н. Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики. — Новосибирск : Наука, 1967. — 196 с.

Численные исследования микроконвекции жидкости и сопряженных процессов переноса тепла в прямоугольных областях¹

О.Н. Гончарова
АлтГУ
gon@math.asu.ru

Численно исследуется микроконвекция в жидкости, заполняющей длинные прямоугольные области различной длины в случае периодического потока тепла через длинные стороны. В случае, если данная прямоугольная область помещена между теплопроводными массивами, требуется исследовать сопряженные с конвекцией процессы распределения

¹Работа выполнена в рамках проекта № 7.3975.2011 (поддержан Министерством образования и науки РФ) и при поддержке РФФИ (грант 10-01-00007).

тепла в массивах. Две математические модели используются для описания конвективных движений в жидкости: классическая модель Обербека-Буссинеска и модель микроконвекции изотермически несжимаемой жидкости. В качестве результатов представлены траектории движения жидких частиц. Изучено влияние теплопроводных свойств массивов, их толщины, а также интенсивности внешнего температурного режима на вид траекторий жидкой частицы.

1. Постановка задачи.

Пусть область, занятая жидкостью, заключена между двумя прямоугольными теплопроводными массивами (см. Рис. 1). В условиях, когда параметр микроконвекции η достаточно мал, требуется применение модели микроконвекции изотермически несжимаемой жидкости для описания нестационарных конвективных процессов [2]. Здесь $\eta = gl^3/(\nu\chi)$ (l — характерный масштаб длины, \mathbf{g} — ускорение силы тяжести, $g = |\mathbf{g}|$, ν — коэффициент кинематической вязкости, χ — коэффициент температуропроводности). Система координат будет выбрана таким образом, что $\mathbf{g} = (g, 0)$. Заметим, что корректность постановок начально-краевых задач для уравнений микроконвекции в замкнутой области с твердой непроницаемой границей предполагает выполнение необходимого условия: интегральный тепловой поток через границу должен быть равен нулю [2]. Будем предполагать также, что выполняются естественные условия непрерывности температуры и тепловых потоков на границах раздела жидкой и твердых сред, а распределение температуры в твердых массивах описывается с помощью уравнения теплопроводности.

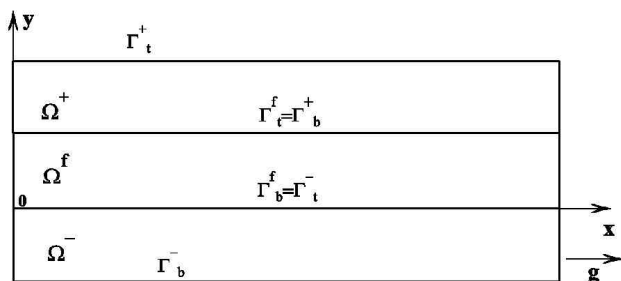


Рис. 1. Область течения и ее границы: Ω^f — область течения; Ω^+ , Ω^- — теплопроводные массивы; $\Gamma_b^f := \{(x, y) | x \in (0, x_0), y = 0\}$, $\Gamma_t^f := \{(x, y) | x \in (0, x_0), y = 1\}$; $\Gamma_l^f := \{(x, y) | x = 0, y \in (y_b^f, y_t^f)\}$, $\Gamma_r^f := \{(x, y) | x = x_0, y \in (y_b^f, y_t^f)\}$ ($I := f, +, -$), $y_b^f = y_t^- = 0$, $y_t^f = y_b^+ = 1$, $y_t^+ = 1 + y_0$, $y_b^- = -y_0$.

Уравнения Обербека-Буссинеска и микроконвекции в переменных ω (вихрь) — ψ функция тока (или модифицированная функция тока) для описания конвекции в области Ω^f (см. Рис. 1) могут быть записаны следующим образом [2, 1]:

$$\omega_t + v_1\omega_x + v_2\omega_y = \tilde{\nu}\Delta\omega + g\beta T_y + F_\omega, \quad (1)$$

$$\Delta\psi = -\omega, \quad (2)$$

$$T_t + v_1T_x + v_2T_y = \tilde{\chi}\Delta T + F_T. \quad (3)$$

Здесь $v_1 = \psi_y$, $v_2 = -\psi_x$ — компоненты скорости жидкости (или модифицированной скорости), $\tilde{\nu}$, $\tilde{\chi}$, F_ω определяются для модели микроконвекции следующим образом:

$$\tilde{\nu} = (1 + \beta T)\nu, \quad \tilde{\chi} = (1 + \beta T)\chi, \quad F_T = -\beta\chi|\nabla T|^2,$$

$$F_\omega = \beta(-T_xq_y + T_yq_x) + \nu\beta(\Delta v_2T_x - \Delta v_1T_y) + (-\beta\chi)(\omega\Delta T + \nabla T \cdot \nabla\omega) + (-\beta^2\chi^2)(\Delta T_xT_y - \Delta T_yT_x)$$

Для модели Обербека-Буссинеска имеем: $\tilde{\nu} = \nu$, $\tilde{\chi} = \chi$, $F_\omega = 0$, $F_T = 0$. При этом: T — температура, q — модифицированное давление, $q = p' - \beta\chi(\nu + \nu'/\rho_0 - \chi)\Delta T$, $p' = p/\rho_0 - \mathbf{g} \cdot \mathbf{x}$, p — давление в жидкости, ν' — вторая вязкость, ρ_0 — некоторое относительное значение плотности жидкости, β — коэффициент температурного расширения.

Распределение температуры T^+ , T^- в областях Ω^+ , Ω^- (см. Рис. 1) описывается однородным уравнением теплопроводности вида (3). При этом $\tilde{\chi} = \chi^\pm$ — это коэффициенты температуропроводности граничных массивов, а конвективные слагаемые $v_1T_x + v_2T_y$ и правая часть F_T отсутствуют.

2. Численное решение.

Уравнения (1), (3) записываются в виде

$$\Phi_t = (\tilde{\nu}\Phi_x - Bv_1\Phi)_x + (\tilde{\nu}\Phi_y - Bv_2\Phi)_y + F. \quad (4)$$

Здесь $F = g\beta T_y + F_\omega - \beta\nu\nabla T \cdot \nabla\omega$, $B = 1$, если $\Phi = \omega$; $F = F_T - \beta\chi|\nabla T|^2$, $B = 1$, если $\Phi = T$; $F = 0$, $B = 0$, если $\Phi = T^\pm$. Для решения уравнения (2) применяется метод установления, основанный также на решении уравнения (4) с итерационным параметром λ . Тогда $\tilde{\nu} = \lambda$, $F = \lambda\omega$, $B = 0$, если $\Phi = \psi$.

Для численного решения (4) применяется метод, базирующийся на методе переменных направлений, формально имеющей второй порядок

аппроксимации [1, 3]. При этом схема расчета выглядит следующим образом:

$$\frac{\Phi^{k+\frac{1}{2}} - \Phi^k}{\tau/2} = [\tilde{\nu}\Phi_x^{k+\frac{1}{2}} - B(\psi_y)\Phi^{k+\frac{1}{2}}]_x + [\tilde{\nu}\Phi_y^k + B(\psi_x)\Phi^k]_y + F^k,$$

$$\frac{\Phi^{k+1} - \Phi^{k+\frac{1}{2}}}{\tau/2} = [\tilde{\nu}\Phi_x^{k+\frac{1}{2}} - B(\psi_y)\Phi^{k+\frac{1}{2}}]_x + [\tilde{\nu}\Phi_y^{k+1} + B(\psi_x)\Phi^{k+1}]_y + F^k. \quad (5)$$

Здесь τ — шаг по времени ($t_k = k\tau$, $k = 1, 2, \dots$), $\Phi^k = \Phi(t_k, \cdot)$. Функция ψ полагается известной при вычислении $\Phi = \omega$ и $\Phi = T$. Для реализации представленной схемы (5) вводится равномерная разностная сетка (x_n, y_m) для каждой области Ω^I ($I = f, +, -$). Для производных используется разностная аппроксимация второго порядка, а конвективные слагаемые на актуальном слое аппроксимируются центральными разностями. В результате требуется решить систему линейных алгебраических уравнений.

Переход на новый временной слой t^{k+1} начинается с расчета температуры (функций $(T^\pm)^{k+\frac{1}{2}}$ и $T^{k+\frac{1}{2}}$) на промежуточном временном слое. Затем с помощью алгоритма, называемого прогонкой с параметрами, вычисляются $(T^I)^{k+1}$ ($I = f, +, -$). С найденными значениями T^{k+1} функция ω^{k+1} рассчитывается, согласно схемы (5). На каждом временном слое $(k+1)$ вводится итерационный процесс для расчета функции ψ , который считается сошедшимся, если выполнены вполне определенные критерии сходимости, в частности, $\max_{n,m} |\psi_{n,m}^{s+1} - \psi_{n,m}^s| < \varepsilon_\psi \cdot \max_{n,m} |\psi_{n,m}^{s+1}|$, где s — номер итерации, ε_ψ — заданная точность расчета ψ^{s+1} , а также критерий, позволяющий сделать вывод о выполнении граничных условий (см. [1]). Последнее требуется ввиду того, что используются разностные граничные условия для функции вихря, представляющие собой зависимости от функции тока (см. [2, 1]).

3. Результаты численного исследования.

Приведем некоторые результаты численного исследования задачи о микроконвекции в длинных прямоугольниках $\Gamma^f := \{(x, y) | x \in [0, \bar{x}], y \in [0, \bar{y}]\}$ при $\bar{x} = 10$ или $\bar{x} = 5$, $\bar{y} = 1$. Граничные условия для температуры предполагаются заданными следующим образом:

$$x = 0, x = \bar{x} : T_x = 0; \quad y = 0, y = 1 : T_y = A \sin \gamma t.$$

На рис. 2, 3 представлены траектории жидкой частицы вплоть до момента времени $t = 240$ сек., находящихся в начальный момент времени

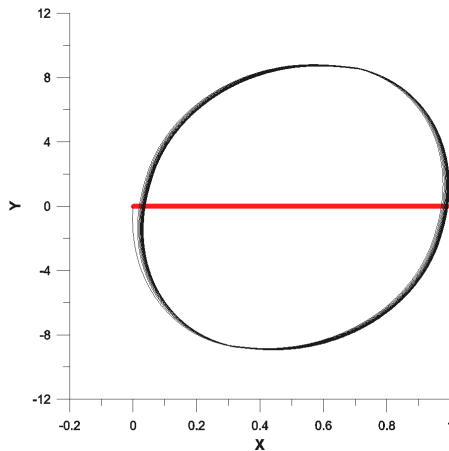


Рис. 2. Траектории движения жидкой частицы: спиралеобразные (модель микроконвекции), отрезок прямой (модель Обербека-Буссинеска); прямоугольник “10x1”; начальное положение частицы в точке $(x_0, y_0) = (5, 0.1)$.

в точках с координатами $(x_0, y_0) = (5, 0.1)$, $(x_0, y_0) = (2.5, 0.1)$. На осях отложены значения координат x и y , умноженные на 10^4 . Основные значения исходных параметров полагаются равными: $T_0 = 35$ (начальная температура), $A = 70$, $\gamma = 2$ (амплитуда и частота граничного теплового режима). Размерные параметры указаны в системе СГС. Расчеты проводятся для модельной жидкости ($\nu = 0.5$, $\chi = 0.2$, $\beta = 0.0003$) при действии микроускорений, достижимых на орбитальной станции ($g = 0.03$), т.е. в условиях малости параметра микроконвекции [2].

4. Заключение.

Проведено численное моделирование конвекции в жидкости, а также конвекции и сопряженных с нею процессов теплопроводности в граничных массивах в условиях микрогравитации. Конвекция в жидкости изучается с использованием двух математических моделей: классической модели Обербека-Буссинеска и модели микроконвекции изотермически несжимаемой жидкости. Построен численный алгоритм расчета названных процессов. Проведено тестирование алгоритма с использованием измельченных сеток и вычислением экспериментального порядка сходимости численного алгоритма по правилу Рунге. Расчеты демонстрируют отличия в результатах (количественные и качественные), получаемых на основе альтернативных моделей конвекции. Траектории, рассчитанные

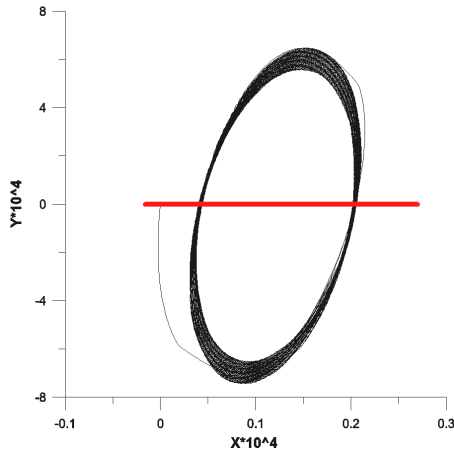


Рис. 3. Траектории движения жидкой частицы: спиралеобразные (модель микроконвекции), отрезок прямой (модель Обербека-Буссинеска); прямоугольник “5x1”; начальное положение частицы в точке $(x_0, y_0) = (2.5, 0.1)$.

с использованием модели Обербека-Буссинеска, заполняют отрезки прямых, параллельных вектору силы тяжести. Траектории, рассчитанные по модели микроконвекции, имеют спиралеобразный вид. Представлены для сравнения траектории жидких частиц в случае, когда жидкость заключена между теплопроводными граничными массивами. Численно изучено влияние теплопроводных свойств граничных массивов, характера внешнего температурного режима на вид траекторий жидкой частицы.

Библиографический список

- [1] Гончарова О.Н. Моделирование микроконвекции в жидкости, заключенной между теплопроводными массивами // ПМТФ. — 2010. — Т. 52, № 1. — С. 84–91.
- [2] Современные математические модели конвекции / Андреев В.К., Гапоненко Ю.А., Гончарова О.Н., Пухначёв В.В. — М. : Физматлит, 2009.
- [3] Яненко Н.Н. Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики. — Новосибирск : Наука, 1967.

Усреднение изотермической трехфазной задачи пороупругости¹

А.В. Зубкова, С.А. Саженков, Е.В. Саженкова

ИГиЛ СО РАН, НГУ; НГУЭУ, г. Новосибирск

zubkova.a.v1204@gmail.com, sazhenkovs@yandex.ru, sazhenkovs@yandex.ru

Введение. В механике сплошных сред большой интерес представляют многокомпонентные системы типа композитных упругих материалов, пористого грунта и насыщающей поры жидкости. Математическое моделирование таких систем приводит к дифференциальным уравнениям с быстро осциллирующими коэффициентами, для которых необходимо определить предельный стабильный (эффективный) режим возникающий при стремлении осцилляций к бесконечности. Задачи такого рода называются задачами усреднения. В настоящей работе рассматривается механическая система, описывающая малые возмущения двухфазной вязкой сжимаемой жидкости в упругом пористом грунте. Рассмотрение таких задач является актуальным в приложениях, в частности, в сейсморазведке углеводородов в подземных пластах. Математическая корректность рассматриваемой модели установлена в [4].

1. Постановка задачи. В пространственно-временном цилиндре $Q = \Omega \times (0, T)$, где T — положительная постоянная, а Ω — единичный куб в \mathbb{R}^3 ($\Omega = (0, 1)^3$), разбитый на два непересекающихся множества Ω_s и Ω_f и границу $\Gamma_0 = \partial\Omega_f \cap \partial\Omega_s$ между ними, требуется определить поля перемещения \vec{w}_1 и \vec{w}_2 в жидких частях, поле перемещений \vec{w} в твердой части, удовлетворяющие уравнениям баланса количества движения в жидких фазах

$$\begin{aligned} \rho_{if}^0 m_i \frac{\partial^2 \vec{w}_i}{\partial t^2} &= c_{\rho i} \rho_{if}^0 \alpha_i^0 \nabla_x (m_1 \div_x \vec{w}_1 + m_2 \div_x \vec{w}_2) \\ &+ \div_x \left[m_i \left(\nu_i - \frac{2}{3} \mu_i \right) \left(\div_x \frac{\partial \vec{w}_i}{\partial t} \right) \mathbb{I} + 2m_i \mu_i \mathbb{D} \left(x, \frac{\partial \vec{w}_i}{\partial t} \right) \right] \\ &+ m_i \rho_{if}^0 \mathbf{g} + (-1)^i \mathbb{F}_{12}, \quad (\vec{x}, t) \in \Omega_f \times (0, T), \quad i = 1, 2, \quad (1a) \end{aligned}$$

¹Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 10-01-00447, 12-01-00390).

где $\mathbb{F}_{12} = K_F(\partial(\vec{w}_1 - \vec{w}_2)/\partial t)$; линейному уравнению Ламэ в упругой фазе

$$\rho_s \frac{\partial^2 \vec{w}}{\partial t^2} = \left(\eta - \frac{2}{3} \lambda \right) \nabla_x \operatorname{div}_x \vec{w} + \operatorname{div}_x (2\lambda \mathbb{D}(x, \vec{w})) + \rho_s \mathbf{g},$$

$$(\vec{x}, t) \in \Omega_s \times (0, T); \quad (1b)$$

условиям на границе раздела между жидкими и упругой фазами

$$\vec{w}_1 = \vec{w}, \quad \vec{w}_2 = \vec{w}, \quad (\vec{x}, t) \in \Gamma \times (0, T); \quad (1c)$$

$$\begin{aligned} & (c_{\rho 1} \rho_{1f}^0 \alpha_1^0 + c_{\rho 2} \rho_{2f}^0 \alpha_2^0) (m_1 \operatorname{div}_x \vec{w}_1 + m_2 \operatorname{div}_x \vec{w}_2) \vec{n} \\ & + m_1 \left(\nu_1 - \frac{2}{3} \mu_1 \right) \left(\operatorname{div}_x \frac{\partial \vec{w}_1}{\partial t} \right) \vec{n} + m_2 \left(\nu_2 - \frac{2}{3} \mu_2 \right) \left(\operatorname{div}_x \frac{\partial \vec{w}_2}{\partial t} \right) \vec{n} \\ & + 2m_1 \mu_1 \mathbb{D} \left(x, \frac{\partial \vec{w}_1}{\partial t} \right) \vec{n} + 2m_2 \mu_2 \mathbb{D} \left(x, \frac{\partial \vec{w}_2}{\partial t} \right) \vec{n} \\ & = \left(\eta - \frac{2}{3} \lambda \right) (\operatorname{div}_x \vec{w}) \vec{n} + 2\lambda \mathbb{D}(x, \vec{w}) \vec{n}, \quad (\vec{x}, t) \in \Gamma_0 \times (0, T). \end{aligned} \quad (1d)$$

условиям на $\partial\Omega \times (0, T)$:

$$\vec{w}_1 = \vec{w}_2 = 0 \quad \text{на } (\partial\Omega_f \cap \partial\Omega) \times (0, T), \quad \vec{w} = 0 \quad \text{на } (\partial\Omega_s \cap \partial\Omega) \times (0, T), \quad (1e)$$

и начальным данным

$$\begin{aligned} \vec{w}_1|_{t=0} &= \vec{w}_1^0, & \vec{w}_2|_{t=0} &= \vec{w}_2^0 \quad \text{for } \vec{x} \in \Omega_f, \\ \vec{w}|_{t=0} &= \vec{w}^0 \quad \text{при } \vec{x} \in \Omega_s, \end{aligned} \quad (1f)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \vec{w}_1}{\partial t} \Big|_{t=0} &= \mathbf{v}_1^0, \\ \frac{\partial \vec{w}_2}{\partial t} \Big|_{t=0} &= \mathbf{v}_2^0 \quad \text{при } \vec{x} \in \Omega_f, & \frac{\partial \vec{w}}{\partial t} \Big|_{t=0} &= \mathbf{v}^0 \quad \text{for } \vec{x} \in \Omega_s. \end{aligned} \quad (1g)$$

Заданные функции удовлетворяют требованиям

$$\begin{aligned} \vec{w}_1^0, \vec{w}_2^0 &\in H^1(\Omega_f), \quad \vec{w} \in H^1(\Omega_s), \\ \mathbf{v}_1^0, \mathbf{v}_2^0 &\in L^2(\Omega_f), \quad \mathbf{g} \in L^2(\Omega \times (0, T)). \end{aligned} \quad (1h)$$

2. Периодическая геометрия. Считаем, что геометрия областей Ω_f и Ω_s периодична с малым периодом ε . Формальное описание геометрии пористой структуры заключается в следующем. Сначала постулируется структура внутри шаблонной единичной ячейки $\mathcal{Y} = (0, 1)^3$: предполагаем, что \mathcal{Y}_s , твердая часть, является открытой подобластью \mathcal{Y} , и \mathcal{Y}_f ,

жидкая часть - дополнение к ее замыканию $\mathcal{Y}_f = \mathcal{Y} \setminus \bar{\mathcal{Y}}_s$. Затем строится периодическое повторение \mathcal{Y}_s по всему пространству \mathbb{R}^3 . Очевидно, что полученное множество $E_s = \bigcup_{\mathbf{k} \in \mathbb{Z}^3} \{\mathcal{Y}_s^{\mathbf{k}} | \mathcal{Y}_s^{\mathbf{k}} = \mathcal{Y}_s + \mathbf{k}, \mathbf{k} \in \mathbb{Z}^3\}$ и дополнение его замыкания $E_f = \mathbb{R}^3 \setminus \bar{E}_s$ будут открытыми множествами в \mathbb{R}^3 . Накладываются следующие ограничения на \mathcal{Y}_s и E_s :

1. \mathcal{Y}_s - связное множество строго положительной меры с Липшицевой границей, \mathcal{Y}_f также имеет строго положительную меру в \mathcal{Y} ;
2. E_s и E_f имеют Липшицеву границу между ними и локально расположены по одну сторону от их границы;
3. E_s связно.

Наконец, вводим $\Omega_f^\varepsilon = \varepsilon E_f \cap \Omega$ и $\Omega_s^\varepsilon = \varepsilon E_s \cap \Omega$, предполагая для простоты, что $1/\varepsilon$ - целое положительное число.

Обозначим характеристическую функцию E_f как $\bar{\chi}(\vec{y})$

$$\bar{\chi}(\vec{y}) := \begin{cases} 1, & \vec{y} \in E_f, \\ 0, & \vec{y} \notin E_f, \end{cases} \quad (2)$$

Из построения очевидно, что $\chi^\varepsilon(\vec{x}) = \bar{\chi}(\frac{\vec{x}}{\varepsilon})$. Здесь и далее присваиваем индекс ε множествам и величинам, зависящим от ε .

3. Формулировка основного результата. Для того, чтобы сформулировать главный результат работы, сделаем ряд построений. Введем среднюю плотность

$$\rho_f = s_1 \rho_1 + s_2 \rho_2, \quad (3)$$

перемещение центра масс в жидкой фазе

$$\vec{w}_c^\varepsilon = \frac{s_1 \rho_1 \vec{w}_1^\varepsilon + s_2 \rho_2 \vec{w}_2^\varepsilon}{\rho_f}, \quad \vec{x} \in \Omega_f \quad (4)$$

и относительное перемещение

$$\vec{w}_r^\varepsilon = \vec{w}_1^\varepsilon - \vec{w}_2^\varepsilon. \quad (5)$$

Далее положим

$$\mathbf{u}_c^\varepsilon = \chi^\varepsilon \vec{w}_c^\varepsilon + (1 - \chi^\varepsilon) \vec{w}^\varepsilon, \quad (\vec{x}, t) \in Q_T = \Omega \times (0, T) \quad (6)$$

$$\mathbf{u}_r^\varepsilon = \chi \vec{w}_r^\varepsilon, \quad (\vec{x}, t) \in Q_T. \quad (7)$$

Теперь мы можем сформулировать основной результат работы.

Теорема об эффективном режиме пороупругости.

(1) При сделанных выше предположениях и построениях, имеют место предельные соотношения

$$\mathbf{u}_c^\varepsilon \rightarrow \mathbf{u}_c^* \text{ по мере,} \quad (8)$$

$$\mathbf{u}_r^\varepsilon \rightarrow \mathbf{u}_r^* \equiv 0 \text{ по мере} \quad (9)$$

при $\varepsilon \searrow 0$ с некоторым предельным распределением перемещений \vec{w}_c^* .

(2) Вектор-функция \mathbf{u}_c^* удовлетворяет нелокальному усредненному уравнению количества движения с памятью формы

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^2 \mathbf{u}_c^*}{\partial t^2} (\rho_f^0 |Y_f| + \rho_s |Y_s|) + (\rho_f^0 |Y_f| + \rho_s |Y_s|) \mathbf{g} \\ & + \operatorname{div}_x \left(\mathbb{A} \sum_{i,j=1}^3 \frac{\partial \mathbf{u}_{ci}^*}{\partial x_j} + \mathbb{C} \sum_{i,j=1}^3 \frac{\partial^2 \mathbf{u}_{ci}^*}{\partial t \partial x_j} + \int_0^t \sum_{i,j=1}^3 \frac{\partial \mathbf{u}_{ci}^*}{\partial x_j}(\vec{x}, s) E^{ij} ds \right) \\ & + 2 \sum_{i,j,k,l}^3 \left(\frac{\partial^2 \mathbf{u}_{ci}^*}{\partial x_j \partial x_l} B_{kl}^{ij} + \frac{\partial^3 \mathbf{u}_{ci}^*}{\partial x_j \partial x_l \partial t} D_{kl}^{ij} \right) \\ & - 2 \int_0^t \sum_{i,j,k,l}^3 \frac{\partial^2 \mathbf{u}_{ci}^*}{\partial x_j \partial x_l} F_{kl}^{ij}(t-s) ds = 0 \quad (10) \end{aligned}$$

4. О методах доказательства. Обоснование процедуры гомогенизации, т.е. предельный переход в исходной модели при $\varepsilon \searrow 0$, основан на методе двухмасштабной сходимости Аллера–Нгуэтсенга [3, 2]. Возникающая в результате этого предельного перехода двухмасштабная система усредненных уравнений исследуется далее стандартным методом асимптотической декомпозиции (см., например, в [1]). Как итог асимптотической декомпозиции, выводятся уравнение (10) и постановки задач на ячейках, решения которых позволяют определить компоненты \mathbb{A} , \mathbb{B} , \mathbb{C} , \mathbb{D} , \mathbb{E} и \mathbb{F} .

Библиографический список

- [1] Пятницкий А.Л., Чечкин Г.А., Шамаев А.С. Усреднение. Методы и приложения. — Новосибирск : Т.Рожковская, 2007.
- [2] Allaire G. Homogenization and two-scale convergence // SIAM J. Math. Anal. — 1992. — Vol. 23. — P. 1482–1518.
- [3] Nguetseng G. A general convergence result for a functional related to the theory of homogenization // SIAM J. Math. Anal. — 1989. — Vol. 20. — P. 608–623.

- [4] Sazhenkov S., Sazhenkova E. Small Perturbations of Two-Phase Fluids in Pores: Equations of Isothermal Microstructure // Siberian Electronical Mathematical Reports. — 2011. — Vol. 8. — P. 127–158.

Модель краткосрочного мониторинга и прогноза динамики лесных пожаров¹

М.С. Козаченко, В.В. Славский

ЮГУ, г. Ханты-Мансийск

marina-kozachenko@yandex.ru

В современной системе мер противодействия чрезвычайным ситуациям приоритет отдается комплексу мероприятий, направленных на снижение риска возникновения ЧС и смягчение их последствий. Он основан на управлении рисками ЧС, которое невозможно без информационной поддержки для подготовки и принятия управленческих решений по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Для управления риском осуществляется мониторинг состояния природной среды и объектов техносферы, анализ риска и прогнозирование ЧС [1].

В данной работе рассматривается мониторинг и прогнозирование динамики природных пожаров, возникших в течении лесопожарного периода 2012 года на территории Ханты - Мансийского автономного округа - Югры. С математической точки зрения, числовые данные есть некоторый временной ряд 1, изображенный на рисунке 1. При анализе временного ряда 1 можно видеть, что исследуемое явление имеет стохастический характер.

Важной задачей в анализе временных рядов является выделение тренда и сезонных колебаний явления. Основными инструментами при этом являются методы параметрической регрессии. Фактически рекомендуют пользоваться либо периодограммой, либо автокорреляционной функцией, но с помощью периодограммы можно выделить лишь синусоидальные составляющие, в то время как в прикладных задачах периодическая составляющая представляет интерес сама по себе, без разложения на гармоники [3].

Для непараметрической оценки длины периода и периодической составляющей, определим новое понятие для финитного сигнала - функцию T - спектра.

¹Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (гос. контракт № 02.740.11.0457), ФЦПК (Соглашение № 8206, заявка № 2012-1.1-12-000-1003-014).

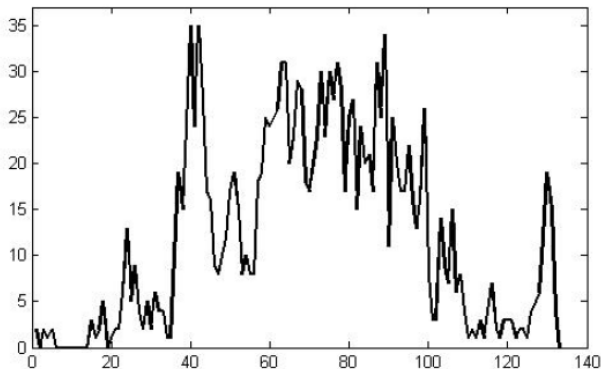


Рис. 1. Временной ряд 1

Определение. Пусть дана функция $f : [a, b] \rightarrow C$ - комплекснозначная функция класса $L^2[a, b]$, и число $0 < T < b - a$. Требуется найти функцию $g : [a, b] \rightarrow C$ класса $L^2[a, b]$, имеющую период T на отрезке $[a, b]$ то есть такую, что

$$g(t) = g(t + T), \text{ при условии } t, t + T \in [a, b],$$

наилучшим образом аппроксимирующую функцию f в пространстве $L^2[a, b]$. Другими словами, найти минимум

$$J(T) = \min_{g \in L^2[a, b]} \left\{ \|f - g\|_{L^2[a, b]} : g(t) = g(t + T); \forall t, t + T \in [a, b] \right\}.$$

Функцию $J(T)$ назовем T - спектром функции $f : [a, b] \rightarrow C$.

Теорема. Пусть период T принадлежит интервалу $[\frac{1}{n}; \frac{1}{n-1}]$, тогда минимум функционала $J(T)$ достигается при следующем выборе периодической функции $g \in L^2[0, T]$

$$g(t) = \begin{cases} \frac{f(t) + L_T f(t) + \dots + L_T^{n-1} f(t)}{n}, & 0 < t < 1 - (n - 1)T \\ \frac{f(t) + \dots + L_T^{n-2} f(t)}{n-1}, & 1 - (n - 1)T < t < T \end{cases},$$

где функция $L_T f(t) = f(t + T)$, $L_T^2 f(t) = f(t + 2T), \dots, L_T^{n-1} f(t) = f(t + (n - 1)T)$.

Доказательство. Справедливо равенство

$$\|f - \psi\|_{L^2[0,1]}^2 = \int_0^T |f(t) - \psi(t)|^2 dt + \sum_{i=1}^{n-1} \int_{iT}^{(i+1)T} |f(t) - \psi(t)|^2 dt + \int_{nT}^1 |f(t) - \psi(t)|^2 dt.$$

Начиная со второго интеграла, сделаем замены:

$$\begin{aligned} \|f - \psi\|_{L^2[0,1]}^2 &= \int_0^T |f(t) - \psi(t)|^2 dt + \\ &+ \sum_{i=1}^{n-1} \int_0^T |f(t + iT) - \psi(t + iT)|^2 dt + \\ &+ \int_0^{1-nT} |f(t + nT) - \psi(t + nT)|^2 dt = \\ &= \int_0^T |f(t) - \psi(t)|^2 dt + \sum_{i=1}^{n-1} \int_0^T |L_T^i f(t) - \psi(t)|^2 dt + \\ &+ \int_0^{1-nT} |L_T^n f(t) - \psi(t)|^2 dt. \end{aligned}$$

Введем обозначения:

$$f_1(t) = \begin{cases} f(t), & 0 \leq t \leq 1 - nT \\ 0, & 1 - nT \leq t \leq T \end{cases}, f_2(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t \leq 1 - nT \\ f(t), & 1 - nT \leq t \leq T \end{cases}.$$

Замечаем, что $f = f_1 + f_2$. Следовательно, $L_T f(t) = L_T f_1(t) + L_T f_2(t)$, $L_T^2 f(t) = L_T^2 f_1(t) + L_T^2 f_2(t)$, и.т.д. Аналогично для $\psi = \psi_1 + \psi_2$. Разбивая

все интегралы кроме последнего на суммы, получим

$$\begin{aligned}
 & \int_0^T |f(t) - \psi(t)|^2 dt + \sum_{i=1}^{n-1} \int_0^T |L_T^i f(t) - \psi(t)|^2 dt + \\
 & \quad + \int_0^{1-nT} |L_T^n f(t) - \psi(t)|^2 dt = \\
 & = \int_0^{1-nT} |f_1(t) - \psi_1(t)|^2 dt + \int_{1-nT}^T |f_2(t) - \psi_2(t)|^2 dt + \\
 & + \sum_{i=1}^{n-1} \int_0^{1-nT} |L_T^i f_1(t) - \psi_1(t)|^2 dt + \sum_{i=1}^{n-1} \int_{1-nT}^T |L_T^i f_2(t) - \psi_2(t)|^2 dt + \\
 & \quad + \int_0^{1-nT} |L_T^n f_1(t) - \psi_1(t)|^2 dt.
 \end{aligned}$$

Следовательно,

$$\begin{aligned}
 J(T) = \min_{\psi_1} & \left\{ \|f_1 - \psi_1\|^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \|L_T^i f_1(t) - \psi_1\|^2 + \|L_T^n f_1(t) - \psi_1\|^2 \right\} + \\
 & + \min_{\psi_2} \left\{ \|f_2 - \psi_2\|^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \|L_T^i f_2(t) - \psi_2\|^2 \right\}.
 \end{aligned}$$

Рассуждая аналогично, как в теореме 1, получим, что минимум достигается при следующем выборе функции

$$\psi_1 = \frac{f_1 + L_T f_1 + \dots + L_T^n f_1}{n+1}, \quad \psi_2 = \frac{f_2 + \dots + L_T^{n-1} f_2}{n}.$$

ч.т.д.

В предположении, что временные ряды являются процессами с независимыми приращениями, требуется решить задачу прогнозирования - исследовать ряды 1 и 2 на цикличность и по статистическим данным установить длину цикла каждого. В данной работе приведены результаты исследования спектра временных рядов.

С помощью имитационного моделирования в системе MatLab функция T -спектра позволяет с заданной достоверностью находить периоды конечного временного ряда для процессов с независимыми приращениями. На рисунке 2 показан график временного ряда 1 на интервале $[30, 70]$ и соответствующее графическое изображение функции T -спектра. На рисунке 3 представлен краткосрочный прогноз - график временного ряда 1 на

интервале $[30,80]$ и соответствующее графическое изображение функции T - спектра. Пунктирные линии представляют собой квантиль функции T - спектра на уровне 98%. Периоды определяются по точкам локального минимума функции T - спектра, лежащим ниже заданного квантиля. При имитационном моделировании, на полученных T - спектрах можно отметить значение периода $T=0,52 \times 40 \approx 20,8$, видимо связанным с антропогенным фактором, кроме того, можно выделить краткосрочный недельный период $T=0,18 \times 40 \approx 7,2$ в данных сезонных графиках.

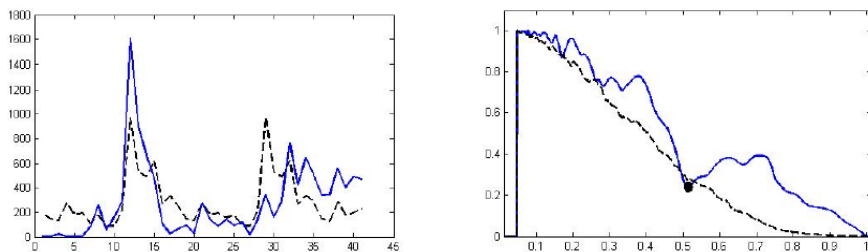


Рис. 2. Временной ряд 1 и функция T - спектра на интервале $[30,70]$

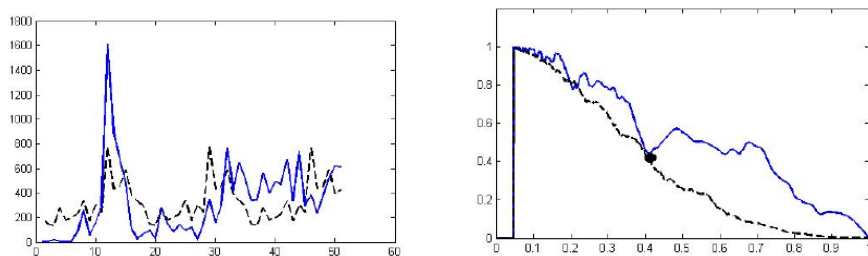


Рис. 3. Временной ряд 1 и функция T - спектра на интервале $[30,80]$

Из графиков следует устойчивость периодической составляющей, что позволяет с удовлетворительной точностью делать прогноз на 10 дней, для разработки объективных решений для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Предложенный метод мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, базирующийся на теории временных рядов, также может быть использован для создания научно-

Библиографический список

- [1] Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. — М. : Деловой экспресс, 2004. — 352 с.
- [2] Козаченко М.С., Славский В.В. Периодическая составляющая финитного сигнала в пространстве Лебега // Вестник КемГУ. — 2011. — № 3/1 (47). — С. 258–263.
- [3] Орлов А.И. Прикладная статистика. Учебник. — М. : Издательство «Экзамен», 2004. — 656 с.

Численное моделирование переноса тепла в свободном слое жидкости на основе точных решений уравнений Навье-Стокса¹

О.А. Кондратенко
АлмГУ
kondratenkooa@bk.ru

Изучается движение свободного слоя вязкой теплопроводной жидкости в случае действия дополнительных касательных напряжений на свободных границах. Исследования позволяют обобщить точные решения специальных типов [4, 2] и изучить движение теплопроводного слоя жидкости в условиях невесомости в случае, когда учитывается тангенциальное напряжение, индуцированное внешней средой [3, 1]. Уравнения Навье-Стокса и переноса тепла используются для моделирования нестационарных течений в условиях невесомости. Движение возникает из заданного начального состояния. Кинематические и динамические граничные условия должны быть выполнены на свободных границах. Предполагается, что свободные границы могут быть подвергнуты неоднородному нагреву и действию внешней газовой фазы. Построение точных решений нестационарной задачи для системы уравнений Навье-Стокса и переноса тепла

¹Работа выполнена в рамках проекта № 7.3975.2011 (поддержан Министерством образования и науки РФ) и при поддержке РФФИ (грант 10-01-00007) и федеральной целевой программы Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (государственный контракт 14.740.11.0355).

требует определенных видов зависимости температуры и тангенциальных напряжений на свободных границах от продольной координаты.

1. Постановка задачи.

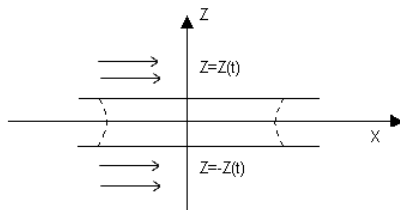


Рис. 1. Слой жидкости

Рассмотрим бесконечный плоскопараллельный слой вязкой несжимаемой теплопроводной жидкости $\Omega = \{(x, y, z): -\infty < x < +\infty, -Z(t) < z < Z(t)\}$ в условиях невесомости в двумерном случае (Рис. 1). Пусть система координат выбрана таким образом, что ось Ox направлена вдоль свободных поверхностей, а ось Oz - перпендикулярно к ним. Свободные границы остаются недеформируемыми и параллельными во все последующие моменты времени.

Искомые функции (\mathbf{v} - вектор скорости, p - давление, T - температура) удовлетворяют следующей системе уравнений в безразмерной форме

$$\mathbf{v}_t + (\mathbf{v} \cdot \nabla)\mathbf{v} = -\nabla p + \frac{1}{Re} \Delta \mathbf{v}$$

$$\text{div } \mathbf{v} = 0 \tag{1}$$

$$T_t + \mathbf{v} \cdot \nabla T = \frac{1}{RePr} \Delta T$$

и условиям на свободных границах вида

$$\mathbf{v} \cdot \mathbf{n} = w|_{z=\pm Z(t)} = \frac{dZ}{dt}, \tag{2}$$

$$-p + \frac{2}{Re} \mathbf{n} \cdot \mathbf{D}(\mathbf{v})\mathbf{n}|_{z=\pm Z(t)} = -P_g. \tag{3}$$

$$2\mathbf{s} \cdot \mathbf{D}(\mathbf{v})\mathbf{n}|_{z=\pm Z(t)} = \tau(x, t) - \frac{Ma}{RePr} T_x. \tag{4}$$

Здесь $\mathbf{v} = (u, w)$, $D(\mathbf{v})$ — тензор скоростей деформации, P_g — зависит от внешнего давления \overline{P}_g ($P_g = \overline{P}_g - \frac{2}{Re} \overline{\rho} \overline{\nu} \mathbf{n} \cdot D(\mathbf{v}_g) \mathbf{n}|_{\mathbf{z}=\pm \mathbf{z}(t)}$), $\tau(x, t)$ — касательные напряжения, индуцируемые внешней средой. Предполагаем, что именно касательные напряжения со стороны внешней среды являются преобладающими в сравнении с нормальными напряжениями, действия которых мы пренебрегаем. Re — число Рейнольдса ($Re = \frac{v_* l}{\nu}$), Pr — число Прандтля ($Pr = \frac{\nu}{\chi}$), Ma — число Марангони ($Ma = \frac{\sigma_T T_* l}{\rho \nu \chi}$), ν — коэффициент кинематической вязкости, χ — коэффициент теплопроводности, l — характерный размер (например, толщина слоя в момент времени $t = 0$), v_* — характерная скорость, $t_* = \frac{l}{v_*}$ — характерное время, T_* — характерная температура, $p_* = \rho v_*^2$ — характерное давление, ρ — плотность, $\overline{\rho}, \overline{\nu}$ — отношения плотностей и коэффициентов кинематической вязкости газа и жидкости, v_g — скорость газа (внешней среды). Поверхностное натяжение линейно зависит от температуры $\sigma = \sigma_0 - \sigma_T(T - T_0)$, $\sigma_T > 0$. Векторы нормали и касательный вектор к свободной поверхности в двумерном случае задаются, как $\mathbf{n} = (0, \pm 1)$, $\mathbf{s} = (1, 0)$.

Предполагается, что на свободных границах температура и касательные напряжения есть заданные функции. Условия для температуры должны быть дополнены условиями на бесконечности. Для замыкания постановки задачи также должны быть определены начальные условия.

2. Пример простого аналитического решения.

Пусть бесконечный плоскопараллельный горизонтальный слой несжимаемой, вязкой, теплопроводной жидкости занимает область $\Omega = \{(x, y, z) : -\infty < x < +\infty, -\infty < y < +\infty, -Z(t) < z < Z(t)\}$ [1]. В начальный момент времени слой жидкости шириной $2Z_0$ движется по закону, определяемому соотношениями:

$$u|_{t=0} = \varphi_0 x, \quad v|_{t=0} = \psi_0 y, \quad w|_{t=0} = -(\varphi_0 + \psi_0)z,$$

$$\varphi(0) = \varphi_0, \quad \psi(0) = \psi_0, \quad Z(0) = Z_0.$$

На свободных границах должны быть выполнены кинематическое и динамические условия. Температура слоя будет определяться в соответствии с линейным законом:

$$T = \frac{A_0}{\varphi_0 t + 1} x + \frac{B_0}{\psi_0 t + 1} y + C_0(\varphi_0 t + 1)(\psi_0 t + 1)z + D_0,$$

где $A_0 = \frac{RePr}{Ma} \tau_{10}$, $B_0 = \frac{RePr}{Ma} \tau_{20}$, а τ_{10} , τ_{20} — начальные касательные напряжения. Динамика жидкого слоя определяется с помощью выражений

$$u(x, y, z, t) = \frac{\varphi_0}{1 + \varphi_0 t} x, v(x, y, z, t) = \frac{\psi_0}{1 + \psi_0 t} y,$$

$$w(x, y, z, t) = - \left(\frac{\varphi_0}{1 + \varphi_0 t} + \frac{\psi_0}{1 + \psi_0 t} \right) z.$$

Движения свободной границы происходит по формуле $Z(t) = \frac{Z_0}{(1 + \varphi_0 t)(1 + \psi_0 t)}$. Выполнение динамического условия можно понимать, как согласование на свободной границе дополнительных тангенциальных напряжений $\tau_1(x, y, t)$, $\tau_2(x, y, t)$ и продольных градиентов температуры

$$\tau_1(x, y, t) = \frac{Ma}{RePr} T_x|_{z=\pm Z(t)}, \tau_2(x, y, t) = \frac{Ma}{RePr} T_y|_{z=\pm Z(t)}.$$

3. Построение решения двумерной задачи.

Пусть решение, которое определяет динамику слоя Ω ($0 < t < t_{end}$), имеет вид [4, 3]:

$$u(x, z, t) = f(t, z)x, w(x, z, t) = - \int_0^z f(t, \alpha) d\alpha. \quad (5)$$

С известной функцией $f(t, z)$ давление жидкости также может быть найдено.

Для изучения неизотермического течения вязкого слоя жидкости определяем температуру и касательные напряжения на свободных границы следующим образом:

$$T(x, \pm Z(t), t) = \frac{1}{2} A(t)x^2 + \Theta(t), \tau(x, t) = x\tilde{\tau}(t).$$

Здесь $A(t)$, $\Theta(t)$, $\tilde{\tau}(t)$ являются произвольными функциями, зависящими от времени. Эти условия должны быть согласованы с условиями на бесконечности.

Дальнейшее математическое моделирование посвящено построению решений в полуслое (симметричное движение) аналогично [3]. Функция $f(t, z)$ удовлетворяет уравнению

$$f_t + f^2 - f_z \int_0^z f(t, \alpha) d\alpha - \frac{1}{Re} f_{zz} = 0,$$

а также начальным и граничным условиям. На свободной границе $z = Z(t)$ ($0 < t < t_{end}$) динамическое условие (4) имеет вид:

$$f_z(Z(t), t) = \tilde{\tau}(t) - \frac{Ma}{RePr} A(t).$$

Положение свободной границы $z = Z(t)$ определяется с помощью уравнения (2): $\frac{dZ}{dt} = - \int_0^{Z(t)} f(t, z) dz$.

4. Построение численного алгоритма для исследования процесса переноса тепла в прямоугольной области с движущимися границами.

В случае, когда компоненты скорости продиктованы точными решениями (5) уравнений Навье-Стокса, задача сводится к численному нахождению распределения температуры в прямоугольной области $\Omega_L = \{-X_0 < x < X_0, -Z_0 < z < Z_0\}$.

На вертикальных торцах данной области должны быть поставлены температурные условия мягкого типа, являющиеся следствием условий на бесконечности и уравнения переноса тепла, например, условия следующего вида: $T_{xx} = 0$, $T_t + uT_x = \chi T_{xx}$. Для численного исследования процесса переноса тепла используется конечно-разностная схема второго порядка аппроксимации вида

$$\begin{aligned} \frac{T^{k+1/2} - T^k}{0,5\Delta t} &= \lambda_T T_{xx}^k - (K_1 T)^k + \lambda_T T_{xx}^{k+1/2} - (K_2 T)^{k+1/2}, \\ \frac{T^{k+1/2} - T^k}{0,5\Delta t} &= \lambda_T T_{xx}^k - (K_1 T)^k + \lambda_T T_{xx}^{k+1/2} - (K_2 T)^{k+1/2}. \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь $\lambda_T = \frac{1}{RePr}$, $T^k(x, z) = T(t^k, x, z)$. Конвективный член $KT = uT_x + wT_z$ представлен как сумма $K_1 T = 0,5(uT_x + (uT)_x)$ и $K_2 T = 0,5(wT_z + (wT)_z)$.

Переход на новый временной слой начинается с расчета новой пространственной сетки и проверки возможности использования того же самого значения шага по времени [2].

С помощью интерполяционных формул Ньютона вычисляем на новой пространственной сетке значения всех искомым функций, известных на предыдущем временном слое.

Проведено тестирование численного алгоритма с использованием точного решения уравнения теплопроводности вида: $T = e^{-\lambda t} \sin x \sin y$. На

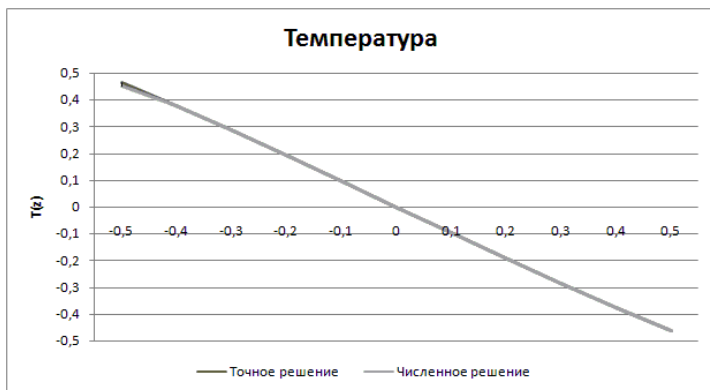


Рис. 2. Сравнение результатов расчета (численное решение) и теоретических расчетов (точное решение). Сравнение приведено для значения $x = -7,998$ при $t = 0,2$. Здесь $X_0 = 10, Z_0 = 0,5, Re = 1, Pr = 17, h_x = 0,002, h_z = 0,1$.

рисунке 2 представлены результаты тестирования, демонстрирующие хорошее совпадение численного и точного решений.

5. Заключение.

Представлен общий алгоритм расчета распределения тепла в области с движущимися границами в случае различных типов мягких граничных условий. Представлены результаты тестирования численного алгоритма, проведенного на основе точных решений общей задачи [1].

Автор выражает благодарность научному руководителю Гончаровой О.Н. за постановку задачи и обсуждение результатов.

Библиографический список

- [1] Гончарова О.Н., Кондратенко О.А. Деформация вязкого теплопроводного слоя в условиях дополнительных касательных напряжений // Известия АлтГУ. — 2011.
- [2] Пухначева Т.П. Численное решение задачи о деформировании вязкого слоя терموкапиллярными силами // Симметрия и дифференциальные уравнения. — 2000. — С. 183–186.
- [3] Goncharova O.N., Kabov O.A. Deformation of a viscous heat conducting free liquid layer by the thermocapillary forces and tangential stresses //

Analytical and numerical modeling, Microgravity sci. technol. — 2000. — Vol. 22, no. 3. — P. 407–414.

- [4] Pukhnachov V.V. Model of a viscous layer deformation by the thermocapillary forces. — Leipzig : Max-Planck-Institut fuer die Mathematik in den Naturwissenschaften, 2000. — Preprint No.50.

Решение задачи параметрической идентификации и анализа модели на чувствительность с помощью компьютерной системы поливариантных расчетов¹

И.А. Кунгуров

АлмГУ

Kungurov-666@mail.ru

Компьютерная система поливариантных расчетов представляет собой программный комплекс для параметрической идентификации и исследования чувствительности модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур AGROTOOL к вариациям ее параметров. В теории идентификации адаптация уже созданных моделей к целям исследования для решения конкретных прикладных задач является важной практической задачей и служит главным критерием оценки применимости модели к условия конкретного региона и конкретной сельскохозяйственной культуры.

Модель, реализованная в виде законченного программного продукта, содержит набор неопределенных параметров, которым для запуска модели на счет должны быть присвоены конкретные значения, которые характерны для данного типа почвы, данной культуры, сорта и отвечают за тонкие реакции растений на условия выращивания. Наличие таких параметров делает структуру модели универсальной и способной имитировать продукционный процесс различных культур, возделываемых в разных почвенно-климатических условиях. Проблема определения численных значений параметров модели с использованием экспериментальной информации является задачей параметрической идентификации.

¹Работа выполнена в рамках государственного задания “Изучение процессов конвекции и теплопереноса в анизотропных областях и областях с границами раздела” № 7.3975.2011.

Модели продуктивности сельскохозяйственных культур имеют свою специфическую структуру, реализующую конкретные цели разработчиков, и при переносе моделей на другие почвенно-климатические условия требуется идентифицировать ряд параметров, входящих в модель, характеризующих почвенно-климатические условия региона и особенности сельскохозяйственной культуры. Параметрическая идентификация динамических моделей продуктивности и их адаптация к конкретным почвенно-климатическим условиям являются главным условием их применимости, а вопросы теории и техники идентификации моделей делают эту проблему актуальной. Учитывая приближенный характер процесса моделирования и неопределенность в задании входной информации, обсуждение проблемы чувствительности модели к вариации ее параметров также является актуальной и практически важной задачей научного исследования.

Теоретические аспекты формализации и оптимизации процедуры параметрической идентификации динамических моделей производственного процесса сельскохозяйственных культур подробно рассмотрены в работах [6, 1, 4, 5, 7]. Необходимость в решении проблемы разработки оптимального алгоритма структурно-параметрической идентификации моделей связана с наличием в них при адаптации к условиям других регионов или других культур неустранимых погрешностей, возникающих из-за привлечения приближенных значений некоторых параметров, заимствованных из литературных источников, вследствие использования разработчиками триггерных схем в описании отдельных процессов модели, полуэмпирического или даже эмпирического описания части процессов, или полное отсутствие блока, принципиально важного для адекватного функционирования модели. В этой ситуации стандартные подходы к процедуре идентификации малоэффективны.

Решение поставленной задачи достигается в результате многоэтапной оптимизации процесса адаптивной структурно-параметрической идентификации методом двух критериев, которой позволяет разделить задачи идентификации.

Задача I. Параметрическая идентификация отдельных блоков модели по точностному критерию.

Задача II. Структурно-параметрическая идентификация модели по точности конечного результата.

Алгоритм метода двух критериев заключается в следующем.

Если существует вектор параметров P^* такой, что

$$|S(P^*) - S_{real}| \rightarrow \min_{P^* \in P}, \quad (1)$$

где $S(P^*)$ – переменные состояния модели, зависящие от настраиваемых параметров P^* , S_{real} – фактические значения переменных состояния, то критерием идентификации каждого блока модели, содержащего соответствующие переменные, является точностной критерий. Модельная система из состояния (X, S, P, Σ) переходит в состояние (X, S, P^*, Σ) .

Если такого вектора параметров P^* , при котором (1) выполняется для всех переменных состояния, не существует, то несовершенство модели может быть компенсировано модификацией ее структуры за счет включения в базовую модель моделей процессов, существенно влияющих на адекватное функционирование объекта моделирования, с целью достижения точности конечного результата.

Таким образом, процедура построения оптимального алгоритма для проведения структурно-параметрической идентификации рассматриваемых моделей производственного процесса при их адаптации к конкретным почвенно-климатическим условиям согласно теории оптимизации больших систем должна содержать два концептуальных этапа, точнее – решаться по частям.

В докладе обсуждаются проблемы формирования базы агрометеорологических данных для проведения идентификации параметров модели AGROTOOL и анализа модели на чувствительность к вариации значений ее параметров; алгоритм и программный комплекс для параметрической идентификации и исследования чувствительности модели к вариациям ее параметров; результаты параметрической идентификации и анализа модели на чувствительность по данным агрометеорологических, почвенных и сельскохозяйственных измерений АНИИСХОЗа ОПХ им. В.В. Докучаева; комплекс требований к информационному обеспечению модели; качество проведенной параметрической идентификации, применимость модели для оценки урожайности зерновых культур в условиях Алтайского края.

Модель AGROTOOL разработана группой сотрудников лаборатории моделирования агроэкосистем Агрофизического научно-исследовательского института (г. Санкт-Петербург). Имитационно-моделирующий комплекс AGROTOOL после идентификации необходимых параметров и адаптации его к условиям Алтайского края позволяет составлять прогноз ожидаемой урожайности сельскохозяйственных культур, выращиваемых на территории региона.

Вызываемая из оболочки модель описывает производственный процесс полевых культур и производит расчет динамики формирования урожая, начиная с посева и заканчивая уборкой. Она имеет блочную структуру и включает описание основных процессов, имеющих место в системе “поч-

ва – растительный покров – приземный слой воздуха⁷: радиационного режима посева; турбулентного режима посева; фотосинтеза и фотодыхания; развития растений (расчет физиологического времени, определяющего сроки наступления фенофаз); распределения накопленных продуктов фотосинтеза по органам растения с учетом взаимодействия C:N в растениях, их роста, формирования хозяйственного урожая; транспирации растений и испарения влаги с поверхности почвы; динамики тепло- и влагопереноса в почвенном профиле; трансформации и переноса соединений азота в почве; прогнозирования темпов развития растений; прогнозирования урожая (начиная с фазы колошения); выбора норм и сроков орошения в поливном земледелии; выбора доз азотных удобрений, норм и сроков азотных подкормок.

Обязательным для каждого нового региона является идентификация следующих блоков модели: динамики почвенной влаги, роста и развития растений и формирования урожая.

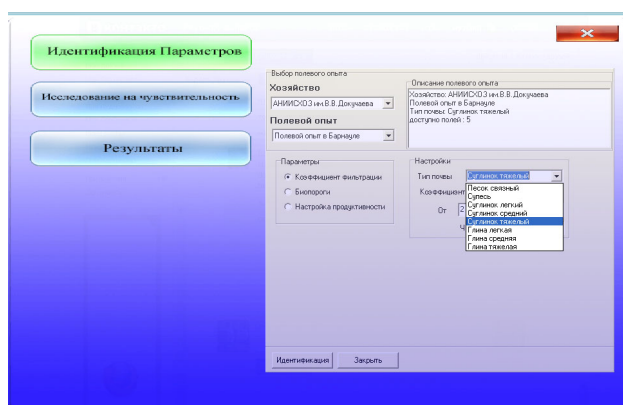


Рис. 1. Интерфейс системы

При адаптации модели к условиям региона определение параметров осуществляется в процессе многократного прогона модели, что требует длительного времени. Именно поэтому возникла необходимость в разработке автоматизированной системы идентификации параметров модели, реализующей схему поливариантных расчетов [2, 3]. В режиме поливариантных расчетов системой производится автоматический запуск модели с различными значениями искомым параметров, после чего определяются их оптимальные значения (Рис. 1).

Для иллюстрации точности расчетов, достигнутых в результате оп-

тимизационной процедуры (1), на рисунке 2 представлены результаты сравнения экспериментальных и расчетных данных по динамике влагозапаса в метровом слое почвы под посевом яровой пшеницы в 2005 г. по имитационно-моделирующему комплексу AGROTOOL.

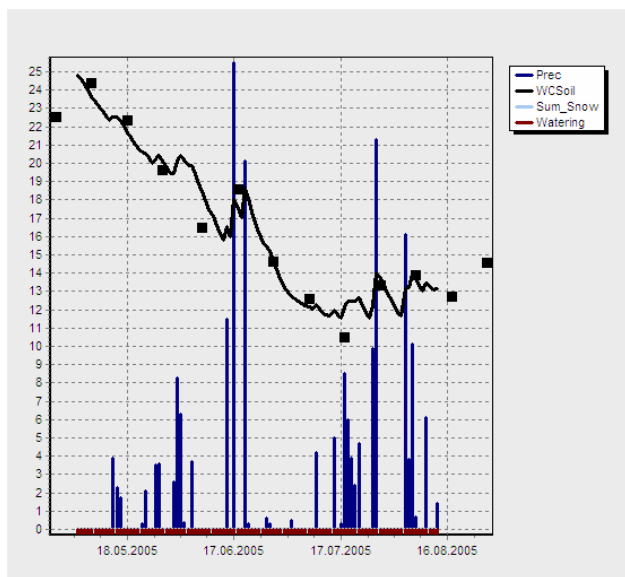


Рис. 2. Динамика влагозапасов в слое почвы 0–100 см под посевом яровой пшеницы (ОПХ им. Докучаева, 2005 г.): сплошная линия – влагозапас, рассчитанный по модели; ■ – экспериментальные значения

Вторая задача, которую решает автоматизированная система, реализующая возможность поливариантных расчетов, – исследование чувствительности модели к вариации ее параметров. Действительно, в случае, когда окажется, что выход модели слабо зависит от вариаций некоторого параметра, его величина может быть оценена приближенно. С другой стороны, при высокой чувствительности модели к вариации некоторого параметра к его экспериментальному определению должны быть предъявлены повышенные требования. Такими параметрами модели являются входные данные: дата сева, начальный влагозапас; почвенно-гидрологические параметры: максимальная гигроскопичность, влажность завядания, наименьшая и полная влагоемкости, коэффициент фильтрации и различные показатели продукционного процесса зерновых культур.

В настоящее время на хостинге asu.ru разрабатывается научный пор-

тал “AGROTOOL” совместно с Агрофизическим НИИ. На портале будет размещена общедоступная информация о модели AGROTOOL для неограниченного доступа всем желающим, законченные релизные сборки исполняемых файлов версий модели, предназначенные для свободного скачивания, тестовые демонстрационные наборы входных данных, описывающих различные типы почв, культур и сортов, программный комплекс для параметрической идентификации и исследования чувствительности модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур AGROTOOL к вариациям ее параметров.

Библиографический список

- [1] Гавриловская Н.В., Хворова Л.А. Адаптивная идентификация структуры динамических моделей продукционного процесса сельскохозяйственных растений // Известия АлтГУ. — 2010. — № 1/2. — С. 139–144.
- [2] Гейль А.И., Кунгуров И.А., Хворова Л.А. Автоматизированная система идентификации параметров модели AGROTOOL // Сборник научных трудов международной школы-семинара “Ломоносовские чтения на Алтае 2011”. — Барнаул : АлтГПА, 2011. — ч.1. — С. 236–239.
- [3] Кунгуров И.А., Хворова Л.А. Разработка программного приложения к имитационно-моделирующему комплексу AGROTOOL // Материалы XV региональной конференции по математике “МАК-2012”, Барнаул, 22–24 июня 2012. — Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2012. — С. 121–123.
- [4] Хворова Л.А. Идентификация параметров модели фенологического развития зерновых культур в условиях Алтайского края // Обзорение прикладной и промышленной математики. — М., 2010. — Вып. 3. — Т. 17. — С. 470–472.
- [5] Хворова Л.А. Оптимизация процесса структурно-параметрической идентификации моделей продуктивности агроэкосистем // Известия АлтГУ. — 2012. — № 1. — С. 171–175.
- [6] Хворова Л.А., Топаж А.Г. Динамическое моделирование и прогнозирование в агрометеорологии. — Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2010. — 263 с.
- [7] Хворова Л.А., Топаж А.Г. Построение моделей агроэкосистем и их адаптация к конкретным условиям // Научно-технические ведомости СПбГПУ. — 2011. — № 1(115). — С. 99–105.

О корректности краевой задачи для вырождающегося уравнения эллиптического типа¹

Кузиков С.С.
АлтГУ
sskuzikov@mail.ru

В прямоугольной области $D = \{(x, y) : 0 < x < a, 0 < y < b\}$ для квазилинейного уравнения

$$(K(x) + \theta_x^2)\theta_{yy} - 2\theta_x\theta_y\theta_{xy} + \theta_y^2\theta_{xx} = 0, \quad (1)$$

где $K'(x) \leq \delta < 0$, $K(a) = 0$ ставятся смешанные краевые условия:

$$\theta(x, 0) = \theta_x(0, y) = \theta_x(a, y) = 0, \theta(x, b) = \theta_0(x) \quad (2)$$

здесь $\theta_0(x)$ заданная дважды непрерывно дифференцируемая функция.

Методом регуляризации уравнения (1) доказана

Теорема. Задача (1-2) имеет единственное решение удовлетворяющее уравнению (1) почти всюду и для которого конечны следующие величины

$$\max_D |\theta(x, y)|$$

$$\text{vrai max}_D |\nabla\theta(x, y)|$$

$$\int_D K(x)(\theta_{xy}^2 + \theta_{yy}^2 + \theta_y^2\theta_{xx}^2) dx dy$$

Библиографический список

- [1] Бакельман И.Я. Геометрические методы решения эллиптических уравнений. — М. : Наука, 1965.
- [2] Бернштейн С.Н. Собрание сочинений. т. 3 (уравнения в частных производных). — М. : изд. АН СССР, 1960.

¹Работа выполнена при финансовой поддержке федеральной целевой программы "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009–2013 гг. (государственные контракты №14.740.11.0355), а так же государственного задания министерства №1.3820.2011.

- [3] Ладыженская О.А., Уральцева Н.Н. Нелинейные и квазилинейные уравнения эллиптического типа. — М. : Наука, 1964.
- [4] Соломяк Т.Б. Задача Дирихле для одного класса вырождающихся квазилинейных эллиптических уравнений // Известия высших учебных заведений. — 1970. — № 2(93).

Концептуальный анализ обобщенного плана варианта КИМ ЕГЭ 2012 г. по математике¹

М.А. Львова

АлтГПА

lvovam@gmail.com

Аннотация. В данной работе на основе анализа формальных понятий (FCA) исследуется обобщенный план варианта КИМ ЕГЭ 2012 г. по математике.

Введение в анализ формальных понятий (FCA). Понятие бинарного отношения играет фундаментальную роль в математике, в частности, в современных исследованиях по искусственному интеллекту – теории формальных понятий (Formal concept analysis) [1, 3, 2].

В теории формальных понятий рассматриваются бинарные отношения $R \subset X \times Y$ между элементами множеств X, Y . Множества X, Y интерпретируются как множество объектов и соответственно множество признаков (атрибутов). Тройка $K = \{X, Y, R\}$ в этой ситуации называется формальным контекстом.

Определение. Операторы Галуа для подмножеств $A \subseteq X$ и $B \subseteq Y$ определяется как:

$$A' = \bigcap_{x \in A} (xR),$$
$$B' = \bigcap_{y \in B} (Ry).$$

Оператор '' (композиция двух применений оператора ') является оператором замыкания: он идемпотентный ($A''' = A''$), монотонный ($A \subset B$

¹Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (гос. контракт № 02.740.11.0457), ФЦПК «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы, тема «Фундаментальные проблемы анализа и геометрии» (номер заявки в информационной компьютеризированной системе «2012-1.1-12-000-1003-014»)

влечет $A'' \subset B''$) и экстенсивный ($A \subset A''$). Множество объектов $A \subset X$, такое, что $A'' = A$, называется замкнутым. Аналогично для замкнутых множеств признаков – подмножеств множества Y .

Формальным понятием (концептом) называется пара (A, B) , $A \subseteq X$ и $B \subseteq Y$ такая, что $B = A'$, $A = B'$. Множества A и B замкнуты и называются (формальным) объемом и (формальным) содержанием концепта (A, B) соответственно. Концепты (A_1, B_1) и (A_2, B_2) связаны отношением частичного порядка $(A_1, B_1) \prec (A_2, B_2)$, если $A_1 \subset A_2$ (что эквивалентно $B_2 \subset B_1$). В этом случае, (A_1, B_1) называют менее общим понятием чем понятие (A_2, B_2) , а (A_2, B_2) – обобщением понятия (A_1, B_1) .

Упорядоченное множество всех концептов контекста $K = \{X, Y, R\}$ образует полную решетку $L(K)$, называемую концептуальной решеткой. Решеточные операции для концептуальной решетки определяются следующей теоремой.

Теорема. Пусть $K = \{X, Y, R\}$ есть формальный контекст, а $L(K)$ есть множество всех концептов контекста K . Тогда $L(K)$ есть полная решетка, в которой операции пересечения и объединения задаются следующим образом:

$$\inf \{(A_j, B_j)\} = (\cap_j A_j, (\cup_j B_j)''),$$

$$\sup \{(A_j, B_j)\} = ((\cup_j A_j)'', \cap_j B_j).$$

Пример. Контекст животных [2].

Таблица 1. Контекст животных

Животные	хищник	летает	птица	млекопитающие
ЛЕВ	X			X
ВОРОБЕЙ		X	X	
ОРЕЛ	X	X	X	
ЗАЯЦ				X
СТРАУС			X	

Естественной визуализацией решеток концептов, как и каждого частично-упорядоченного множества, являются диаграммы (называемые иногда диаграммами Хассе), в которых два соседних по отношению порядка концепта (то есть такие, между которыми нет других концептов) связаны ребром, причем более общий концепт в диаграмме всегда лежит выше менее общего. Если помечать каждый концепт его объемом и содержанием, то изображение не будет наглядным. Поэтому используется сокращенная пометка, в которой каждый объект и каждый атрибут изображаются всего один раз на диаграмме [2]. Имя объекта приписывается

наименьшему из концептов, в объем которого входит этот объект, а имя свойства – наибольшему концепту, в содержании которого присутствует это свойство. Такие диаграммы называются линейными диаграммами (рис. 1).

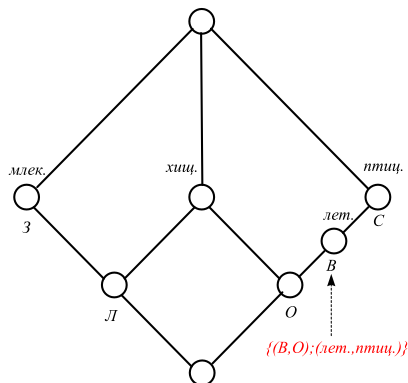


Рис. 1. Линейная диаграмма

Наряду с исследованием системы понятий, важной задачей формального концептуального анализа является нахождение зависимостей между атрибутами.

Определение. Под зависимостью на множествах атрибутов понимается следующее. Пусть $K = \{X, Y, R\}$ есть формальный контекст, $B_1, B_2 \subset Y$ подмножества множества атрибутов Y . Тогда $B_1 \Rightarrow B_2$ – “ B_1 влечет B_2 ”, если все объекты из $A \subset X$ обладающие множеством атрибутов B_1 , обладают также множеством атрибутов B_2 , т.е. $B'_1 \subset B'_2$.

Ниже указан базисные зависимости для данного формальный контекст, полученные с помощью пакета **conexp-1.3** <http://conexp.sourceforge.net/>.

1. $\langle 1 \rangle$ хищ. птиц. \Rightarrow лет.;
2. $\langle 0 \rangle$ млек. птиц. \Rightarrow хищ. лет.;
3. $\langle 2 \rangle$ лет. \Rightarrow птиц.;

Замечание. На практике бинарное отношение $R \subset X \times Y$ между объектами X и признаками Y часто задается списком в виде:

$$R = \bigcup_j A_j \times B_j, \quad j = 1, \dots, p$$

где $A_j \subset X$ – группа объектов, $B_j \subset Y$ – группа признаков отвечающих группе A_j . В этом случае имеем:

$$xR = \cup \{B_j : x \in A_j\}, QR = \cup \{B_j : Q \cap A_j \neq \emptyset\}, Q' = \cap_{x \in Q} (\cup_{x \in A_j} B_j).$$

Обобщенный план варианта КИМ ЕГЭ. Обобщенный план варианта КИМ ЕГЭ 2012 г. по математике содержится в таблице 2, и вспомогательных таблицах “Кодификатор требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для проведения в 2012 году единого государственного экзамена по математике (КТ)” и “Кодификатор элементов содержания по математике для составления контрольных измерительных материалов (КЭС)” взятых с официального сайта <http://www.ege.edu.ru/ru/main/demovers/>. Из таблицы 2 в данной работе использованы 2 и 4 столбца.

Таблица 2. Обобщенный план варианта КИМ ЕГЭ 2012 г.

№	Обозначение задания в работе	Коды проверяемых требований (умений) (по КТ)	Коды проверяемых элементов содержания (по КЭС)	Уровень сложности задания	Максимальный балл	Время выполнения (баз. уровень)	Время выполнения (проф. уровень)
1	B1	6.1	1.1.1, 1.1.3, 2.1.12	Б	1	5	3
2	B2	3.1, 6.2	3.1, 3.2, 3.3, 6.2.1	Б	1	5	3
3	B3	4.1, 1.2, 1.3	5.1.1, 5.5.1, 1.1, 1.2, 1.4	Б	1	10	3
4	B4	6.2, 6.3	1.4.1, 2.1.12, 6.2.1	Б	1	15	7
5	B5	2.1	2.1	Б	1	8	3
6	B6	4.1, 5.2	5.1.1, 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4, 5.5.5	Б	1	10	3
7	B7	1.1, 1.2, 1.3	1.1, 1.2, 1.3, 1.4	Б	1	10	3
8	B8	3.1, 3.2, 3.3	4.1, 4.2	Б	1	10	3

9	B9	4.2	5.3, 5.5	Б	1	10	3
10	B10	5.4	6.3	Б	1	10	3
11	B11	4.2	5.2, 5.3, 5.4, 5.5	Б	1	15	5
12	B12	6.2, 6.3	2.1, 2.2	Б	1	20	8
13	B13	5.1	2.1, 2.2	Б	1	22	8
14	B14	3.2, 3.3	4.1, 4.2	Б	1	20	10
15	C1	2.1, 2.2, 2.3	2.1, 2.2	П	2	30	20
16	C2	4.2, 4.3	5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6	П	2	40	25
17	C3	2.3	2.1, 2.2	П	3	40	30
18	C4	4.1	5.1	П	3	40	30
19	C5	2.1, 2.2, 2.3	2.1, 2.2, 3.2, 3.3	В	4	40	30
20	C6	5.1, 5.3	1.1, 1.2, 1.3, 1.4	В	4	40	40

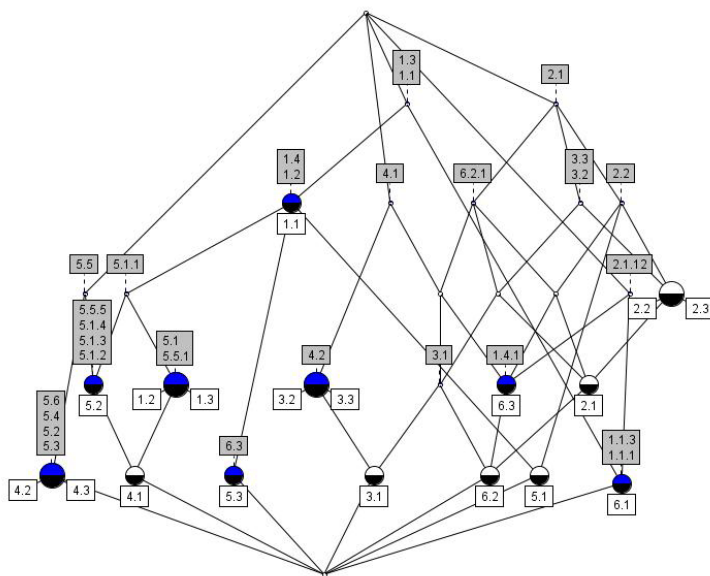


Рис. 2. Решетка концептов КИМ ЕГЭ

Данная таблица определяет бинарное R отношение между двумя множествами: X – множеством проверяемых умений (требований по КТ) и множеством Y – проверяемых элементов содержания (по КЭС). Бинарное отношение $R \subset X \times Y$ между объектами X и признаками Y задается списком в виде:

$$R = \bigcup_j A_j \times B_j, \quad j = 1, \dots, 20$$

где $A_j \subset X$ – группа объектов КТ соответствующая j -ому заданию, $B_j \subset Y$ – группа признаков КЭС отвечающих группе A_j . Обработка таблицы 2 проводилась средствами MatLab. По таблице готовились массивы ячеек $s1$ и $s2$ длины 20 содержащие строки из имен для КТ и КЭС входящих в данное задание. Далее в системе MatLab вычислялся входной файл `ssss.cxt` для пакета **conexp-1.3** <http://conexp.sourceforge.net/>. Данный пакет использовался для построения по матрице бинарного отношения R решетки формальных понятий рисунок 2.

Библиографический список

- [1] Морозов А.С., Львова М.А. О вычислимых формальных понятиях в вычислимых формальных контекстах // Сиб. матем. журн. — 2007. — Т. 48, № 5. — С. 1083–1092.
- [2] Karl Erich Wolff. A first course in formal concept analysis // SoftStat'93 Advances in Statistical Software 4 / Ed. by Faulbaum F. — 1993. — P. 429–438.
- [3] Lecture Notes in Artificial Intelligence // Formal Concept Analysis. 9th International Conference, ICFCA 2011 / Nicosia, Cyprus, May 2-6. — Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2011.

О численном исследовании напряженно-деформированного состояния в окрестности тоннелей

Е.С. Луконина

АлтГУ

lykoninakatja@rambler.ru

Численное моделирование играет важную роль при исследовании концентрации напряжений вблизи тоннелей. В данной работе рассматривается конечно-элементное моделирование напряженно-деформированного состояния в окрестности тоннелей. Для этого используется программный комплекс Abaqus Student Edition, который имеет большую библиотеку конечных элементов и позволяет учитывать физические и геометрические нелинейности в различных моделях материалов.

Задача о напряженно-деформированном состоянии в окрестности тоннелей решается в плоской постановке. При численном моделировании используются основные параметры тоннеля под проливом Ла-Манш [1]. Так как данный тоннель представляет собой систему из трех параллельных тоннелей, исследуемая область выбирается с учетом симметрии и представляет собой прямоугольник с двумя отверстиями в виде круга и полу-круга. В окрестности отверстий предполагается упругое поведение материала [4, 2].

При расчетах рассматриваются свободные от напряжений или закрепленные отверстия. На верхней границе прямоугольника задается нормальное напряжение, которое учитывает как удельный вес породы (известняка) и глубину от дна пролива, так и глубину от поверхности воды и удельный вес воды. При определении нормального напряжения на боковой границе используется коэффициент бокового распора породы [3].

Решение поставленной задачи в программном комплексе проводится на основе поэтапного построения модулей, которые включают в себя: построение области, задание материала и сечения области, определение шагов анализа, задание граничных условий, построение сетки, создание и инициализацию задания, визуализацию результатов расчета.

Построено распределение эквивалентного напряжения в исследуемой области. Проведенный сравнительный анализ и оценка влияния характерных параметров на напряженно-деформированное состояние показывают, в частности, что эквивалентное напряжение в области намного меньше предела текучести материала [2]. Изменение расстояния между отверстиями влияет на перераспределение напряжений в окрестности тоннелей,

но не приводит к существенному повышению их значений.

Библиографический список

- [1] Лысиков Б.А., Каплюхин А.А. Использование подземного пространства. — Донецк, 2005.
- [2] Мейз Дж. Теория и задачи механики сплошных сред. — М. : Мир, 1974.
- [3] Попов А.Н., Головкина Н.Н., Исмаков Р.А. Определение коэффициента бокового распора пористых горных пород по промысловым данным: Учебное пособие. — Уфа, 2005.
- [4] Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. — М. : Наука, 1975.

Вероятностная оценка факторов, влияющих на работу электродвигателей в сельском хозяйстве

Е.О. Мартко
АлмГУ
martnight@mail.ru

В условиях свободных рыночных отношений в связи с разукрупнением предприятий (в том числе до фермерских хозяйств) инвестиции со стороны государства не сопоставимы с уровнем инвестиций до 1991 года, оборотные фонды хозяйств малы за счет высокой стоимости горюче-смазочных материалов, электроэнергии и низкой цены на сельскохозяйственную продукцию. Практически не ведутся работы по анализу текущего состояния сезонно используемого оборудования, а централизованный контроль со стороны государства на данный момент отсутствует.

Одним из основных видов используемого электрооборудования в сельском хозяйстве являются электродвигатели (ЭД), предназначенные для преобразования электрической энергии. Анализ статистических данных показал, что в настоящее время 60% отказов ЭД в этой отрасли приходится на время их работы в посевной и уборочный сезоны. При возникновении ситуации отказа ЭД, установленного на ответственном технологическом оборудовании, зачастую отсутствует регламентированный

подменный резерв, вследствие чего продолжительность простоя производственных мощностей может составлять несколько недель, а убытки от отказа значительно превосходят стоимость покупки нового ЭД и наносят значительный ущерб финансовому состоянию хозяйства [1, 3].

Проблема надежности электрооборудования возникла еще в 50-х годах, когда начался процесс быстрого усложнения систем, вводились в действие новые объекты. В это время появились первые публикации, определяющие основные понятия и относящиеся к надежности, была создана методика оценки и расчета надежности устройств вероятностно-статистическими методами. Надёжность – это комплексное свойство любого технического изделия и зависит, главным образом, от назначения и условий его эксплуатации. В частности, надёжность ЭД, заложенная при проектировании и изготовлении, “расходуется” с момента начала его эксплуатации. Стоит отметить, что срок службы ЭД в сельском хозяйстве не достигает установленного срока (5 лет) в связи с малым временем использования в течение суток, низким коэффициентом использования, сезонностью работы, эксплуатации в агрессивных средах (высокая концентрация аммиака, двуокиси серы, углекислого газа и др.) и влиянием внешних воздействий. Причем в условиях сельскохозяйственного производства отрицательные факторы оказывают свое воздействие в совокупности и одновременно, что приводит к более сильному износу изоляционных материалов.

Повысить надёжность ЭД, используемых сезонно, возможно, за счёт улучшения параметров окружающей среды (там, где это возможно), то есть создания нормального микроклимата в производственных помещениях [5]. Данные результатов исследований, проведенных у нас в стране и за рубежом, показывают, что обеспечение высокой эксплуатационной надёжности ЭД становится возможным не только при создании благоприятных условий их эксплуатации, но и при использовании эффективных методов диагностики, а также наличии современных средств измерений и контроля технического состояния двигателей как в периоды их эксплуатации, так и в периоды хранения.

Таким образом, для наиболее полного и точного решения задач, связанных с проектированием, моделированием работы ЭД, и процессов, связанных с их функционированием, а также оценке его надежности необходимо точно определять входные параметры, влияющие на выходные параметры ЭД.

Любую электроустановку можно рассматривать как систему (Рис. 1).

Состояние системы определяется значением характеристик компонентов системы. Фактическое состояние электроустановки и ее выходные па-



Рис. 1. Графическое представление системы

параметры, например, состояние изоляции обмотки ЭД, в любой момент времени зависят как от истории ее функционирования в различных режимах работы под влиянием внешних воздействий, так и от физико-механических характеристик элементов ее конструкции.

Согласно рисунку 1, методы расчета выходных параметров электроустановки можно разрабатывать независимо от внешних воздействий, но влияние внешних воздействий на компоненты системы должны быть установлены заранее, когда еще не известны конкретные конструктивные решения электроустановки. Общие параметры внешних воздействий могут быть найдены независимо от конкретной электроустановки, на которую они воздействуют.

Внешние воздействия на электроустановку, по времени воздействия и степени влияния их на выходные параметры, можно классифицировать следующим образом. В первую группу факторов входят:

- постоянные воздействия, которые оказывают влияние на параметры ЭУ в течение всего срока эксплуатации;
- переменные воздействия, оказывающие влияние на параметры ЭУ в течение всего срока эксплуатации, меняющие свое значение в различные моменты времени;
- кратковременные воздействия, оказывающие влияние на параметры ЭУ в течение времени, значительно меньшего, чем срок эксплуатации;
- маловероятные воздействия, оказывающие влияние на параметры ЭУ вследствие малой вероятности событий.

Во вторую группу факторов входят:

- статические воздействия, которые не вызывают значительных изменений характеристик и параметров самой системы, так и выходных параметров ЭУ;
- динамические воздействия, которые вызывают значительные изменения характеристик и параметров самой системы, так и ее выходных параметров.

Величины и параметры, характеризующие внешнее воздействие, не могут быть заданы четкими числами или детерминированными функци-

ями. Это объясняется тем, что часть входных параметров носит вероятностный характер, поэтому и выходные параметры также будут иметь вероятностный характер, поэтому возникает необходимость в определении законов распределения случайных величин, которыми являются входные параметры.

Для выбора статистической модели распределения вероятностных свойств входных параметров можно использовать подбор аппроксимирующего распределения эмпирических данных. Для этого могут быть использованы как общие, так и специальные методы.

Общие методы основаны на получении распределений методом функциональных преобразований, суть которого сводится к получению новых распределений случайных величин Y по известным распределениям X путем преобразования

$$Y = f(X).$$

Применение метода оправдано в том случае, если получаемое распределение будет соответствовать исходным предпосылкам относительно распределений случайной величины X и механизма преобразования. Как известно [2], семейства распределений Джонсона получены путем преобразования нормированной нормально распределенной случайной величины. В общем виде преобразование имеет вид

$$x = \gamma + \eta\tau(y, \varepsilon, \lambda),$$

где τ – произвольная функция; $\gamma, \eta, \varepsilon, \lambda$ – параметры распределений. После преобразования рассматривается x – нормированная случайная величина, распределенная по нормальному закону.

Специальные методы основаны на задании плотностей распределения вероятностей, в первую очередь это одномерные распределения Пирсона, которые вводятся как решение дифференциального уравнения

$$\frac{df(x)}{dx} = \frac{(x+b)f(x)}{c_0 + c_1x + c_2x^2}. \quad (1)$$

Все константы уравнения (1) могут быть выражены через три центральных момента. Плотности распределения для семи различных семейств распределений Пирсона.

Для выбора функции плотности вероятностей из семейства Джонсона или Пирсона необходимо знать четыре начальных момента: $\alpha_1 - \alpha_4$, которые определяются из экспериментальных данных, образующих выборку

из генеральной совокупности их значений. Затем определяют центральные моменты μ_s :

$$\mu_s = \sum (-1)^j \frac{s!}{j!(s-j)!} \alpha_{s-j} \alpha_1^j,$$

коэффициент асимметрии

$$\beta_1 = \frac{\mu_3}{(\mu_2)^{1,5}},$$

и показатель эксцесса

$$\beta_2 = \frac{\mu_4}{\mu_2^2}.$$

По значениям параметров β_1 и β_2 определяется тип распределения [4].

Таким образом, учет внешних воздействий окружающей среды, влияющих на срок работы ЭД, является важным фактором при эксплуатации ЭД в сельском хозяйстве.

При этом преимущества вероятностных моделей очевидны:

- величины внешних воздействующих факторов рассматриваются не постоянными, а имеющими вероятностный характер;
- рамочные условия значительно расширяются;
- “картина работы” ЭД представляется более полной;
- расчет суммарного влияния факторов позволит рационально организовать работу, учитывая сезонность его работы;
- появляется возможность более точного прогнозирования остаточного ресурса ЭД.

Библиографический список

- [1] Вероятностный подход к оценке факторов, влияющих на работу электроустановок / Хомутов О.И., Мартко Е.О., Белицын И.В. и др. // Ползуновский вестник. — 2007. — № 4. — С. 215–224.
- [2] Корольюк В.С., Портенко Н.И., Скороход А.Ф. Справочник по теории вероятностей и математической статистики. — М. : Наука, 1985. — 640 с.
- [3] Мартко Е.О., Хомутов О.И., Белицын И.В. Распределение Пирсона и его применение для задач энергетики // Материалы X-ой международной научно-технической конференции “Измерение, контроль, информатизация”. — Барнаул : АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 2009. — С. 195–202.

- [4] Плескунин В.И., Воронина Е.Д. Теоретические основы организации и анализа выборочных данных в эксперименте / Под ред. А.В. Башарина. — Л. : изд-во Ленинград. ун-та, 1979. — 232 с.
- [5] Сырых Н.Н. Эксплуатация сельских ЭД. — М. : Агропромиздат, 1986. — 255 с.

Многомодальное приближение в мезоскопической теории текучих полимерных сред¹

Д.А. Мерзликина, Г.В. Пышноград

АлтГТУ, АлтГПА

pyshnogrui@mail.ru

Известно, что поведение полимерных материалов существенно отличается от поведения традиционных объектов изучения (ньютоновских жидкостей или упругих сред). Это обусловлено сложностью структуры полимерных материалов, которая совмещает порядок твердых тел и хаос жидкостей. В силу особенностей строения полимерные материалы обладают уникальными свойствами: способностью к большим необратимым деформациям в состоянии высокоэластичности; твердостью и текучестью в зависимости от времени (частоты) деформирования. Исходя из этого, можно сделать вывод, что при изучении движения полимерной системы в различных узлах технологического оборудования требуется построение реологического определяющего соотношения, с помощью которого можно описать механические свойства полимера. При этом встречающиеся на практике полимеры обладают существенной полидисперсностью и разветвленной структурой. Это приводит к необходимости учета многих релаксационных процессов при записи реологического уравнения состояния. В данной работе для построения реологического определяющего соотношения используется модифицированная реологическая модель Покровского-Виноградова, обобщенная на случай учета нескольких невзаимодействующих мод. Каждая из таких мод соответствует учету в тензоре напряжений вкладов той или иной полимерной фракции, и характеризуется своим временем релаксации и вязкостью. Также необходима модификация закона внутреннего трения. Это сделано путем введения

¹Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 12-01-00033.

зависимости коэффициентов наведенной анизотропии от первого инварианта тензора анизотропии. При этом удалось существенно расширить применимость реологической модели по частоте внешнего воздействия на полимер и, таким образом, появляется возможность описания с единых теоретических позиций достаточно медленных течений как полидисперсных линейных, так и разветвленных полимеров.

Решение задач методом регрессии на главные компоненты в архитектуре MapReduce

П.В. Нуждин, С.И. Жилин

АлтГУ, г. Барнаул

pnzhdin@gmail.com

Построение регрессии на главные компоненты (РГК) [1] представляет собой задачу восстановления линейной зависимости с некоторой ошибкой между предикторами и зависимой переменной, где, используя метод главных компонент (МГК), в пространстве предикторов предварительно выполняется устранение мультиколлинеарности и понижение размерности. Устранение мультиколлинеарности является необходимым этапом для нахождения устойчивого решения в задаче линейной регрессии.

Существующие алгоритмы решения задачи РГК имеют полиномиальную сложность. Несмотря на это решение конкретных практических задач может занимать недопустимо много времени при обработке большого объема данных.

Для решения задач обработки больших массивов данных, в том числе РГК, на вычислительных кластерах, может быть применена концепция MapReduce [5], представляющую собой высокоуровневую модель распределенных вычислений, ориентированную на задачи, допускающие распараллеливание по данным. Модель MapReduce позволяет абстрагироваться от вопросов технического характера (распределение нагрузки, восстановление после сбоев, и т.п.), возлагая их решение на исполняющую среду. Наиболее известной исполняющей средой является Java-фреймворк с открытыми исходными кодами Apache Hadoop [4]. Использование Hadoop достаточно распространено для обработки большого объема данных, а компания Amazon предоставляет возможность аренды Hadoop-кластера [2].

В данной работе алгоритм построения регрессии на главные компоненты для обработки больших данных в архитектуре MapReduce, его реализация для фреймворка Apache Hadoop.

Идея алгоритма заключается в распределении компонентов сумм для вычисления эмпирической ковариационной матрицы по узлам вычислительной сети в соответствии с моделью MapReduce.

Алгоритм состоит из следующей последовательности шагов:

1. Центрирование и шкалирование (по необходимости) данных.
2. Вычисление эмпирической ковариационной матрицы.
3. QL-разложение ковариационной матрицы.
4. Выбор главных компонент из числа собственных вектор.
5. Перевод данных в новый базис из главных компонент.
6. Построение модели линейной регрессии для данных в новом базисе.

В модели MapReduce решаются все задачи, за исключением задачи нахождения собственных чисел и векторов ковариационной матрицы. Время решения этой задачи последовательным алгоритмом, реализованным в Apache Commons Math [3], для данных с количеством переменных до 1000 сегодня занимает менее минуты. Это время сопоставимо с накладными расходами на запуск задачи в Apache Hadoop.

Алгоритм РГК был реализован для фреймворка Apache Hadoop и испытан в синтетическом тесте (1000000 образцов, 500 переменных). При помощи реализованного алгоритма также была решена задача классификации на данных спектрометрической съемки в инфракрасном диапазоне (1955731 образцов, 148 переменных), произведенной вдоль русла одной из рек Норвегии. Испытания производились в арендованном у компании Amazon кластере Hadoop, состоящем из 10 вычислительных узлов. Алгоритм показал приемлемое ускорение, но текущая реализация существенно зависит от объема доступной оперативной памяти вычислительных узлов.

Библиографический список

- [1] Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ. — М. : Финансы и статистика, 1987. — 717 с.
- [2] Amazon Elastic MapReduce. — URL: <http://aws.amazon.com/elasticmapreduce/>.
- [3] Apache Commons Math. — URL: <http://commons.apache.org/math/>.
- [4] Apache Hadoop. — URL: <http://hadoop.apache.org>.

- [5] Dean J., Ghemawat S. Simplified data processing on large clusters // Operating Systems Design and Implementation. — 2004. — P. 137–149.

Движение подземных вод в условиях промерзающего грунта ¹

А.А. Папин, Д.П. Хворых

АлтГУ

papin@math.asu.ru, darina.ps@gmail.com

Рассматривается движение грунтовых вод в области, граничащей с водоемом и промерзшим грунтом. Схематическая картина движения приведена на рисунке. Область Ω представляет собой деформируемую среду, в порах которой происходит совместное движение воды и воздуха. Поэтому следует рассматривать трехфазное движение воды ($i = 1$), воздуха ($i = 2$) и скелета почвы ($i = 3$). Уравнения модели в эйлеровых координатах (\vec{x}, t) ($\vec{x} \in \Omega, t \in I = \{t \mid 0 < t < T\}$) имеют вид [2, 3]:

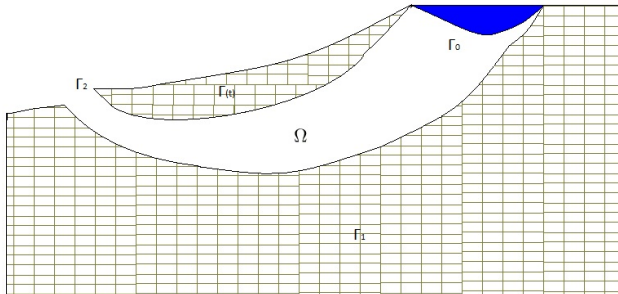


Рис. 1. Схема движения грунтовых вод

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho_i \vec{v}_i) = \sum_{j=1}^3 J_{ji}, \quad i = 1 - 3, \quad J_{ji} = -J_{ij}, \quad J_{ii} = 0,$$

¹Работа выполнена при финансовой поддержке федеральной целевой программы "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009–2013 гг. (государственные контракты №14.740.11.0355, №14.740.11.0878), а так же государственно-го задания министерства №1.3820.2011.

$$\rho_i \frac{d_i \vec{v}_i}{dt} = \nabla^k \sigma_i^k + \rho_i \vec{g}_i + \sum_{j=1}^3 (P_{ji} - J_{ji} \vec{v}_i), \quad P_{ji} = -P_{ij} = R_{ji} + J_{ji} \vec{v}_{ji},$$

$$\rho_i \frac{d_i u_i}{dt} = \nabla \cdot (\vec{c}_i - \vec{q}_i) - \vec{v}_i \cdot \nabla^k \sigma_i^k +$$

$$+ \sum_{j=1}^N (E_{ji} - J_{ji} (u_i + \frac{1}{2} |\vec{v}_i|^2) - R_{ji} \cdot \vec{v}_i - J_{ji} (\vec{v}_{ji} - \vec{v}_i) \cdot \vec{v}_i),$$

$$\rho_i = \alpha_i \rho_i^0, \quad \sum_{j=1}^3 \alpha_j = 1.$$

Здесь \vec{v}_i - скорость соответствующей фазы; ρ_i - приведенная плотность, связанная с истинной плотностью ρ_i^0 и объемной концентрацией α_i соотношением $\rho_i = \alpha_i \rho_i^0$; J_{ji} - интенсивность перехода массы из j-й в i-ю составляющую в единице объема смеси и в единицу времени; σ_i - тензор напряжений; \vec{P}_{ji} и E_{ji} - соответственно интенсивность обмена импульсом и энергией между i-й и j-й составляющими; \vec{R}_{ji} - межфазная сила, $J_{ji} \vec{v}_{ji}$ - обмен импульсом из-за фазовых превращений, \vec{v}_{ji} - скорость вещества i-й фазы на границе с j-й ($\vec{v}_{ji} = \vec{v}_{ij}$); \vec{g}_i - внешняя сила; u_i - удельная внутренняя энергия; $\vec{c}_i \cdot \vec{n}$ - характеризует работу внешних поверхностных сил (в частном случае $\vec{c}_i \cdot \vec{n} = \sigma_i^n \cdot \vec{v}_i$), \vec{q}_i - вектор потока тепла через границу области.

На границе области Ω задаются следующие условия: на границе Γ_0 происходит втекание воды, на границе Γ_2 - вытекание воды, воздуха и, возможно, твердых частиц грунта (механическая суффозия [1, 4]). Граница Γ_1 между водой и промерзшим грунтом является поверхностью фазового перехода. Для вывода условий на Γ_1 используются соотношения на сильном разрыве и диаграммы фазового перехода (см., например [5]).

Библиографический список

- [1] Кузнецов А.Ю., Пославский С.А. Исследование математической модели механической суффозии // Вестник Харьковского национального университета. Серия "Математика, прикладная математика и механика". — 2009. — № 875. — С. 57–68.
- [2] Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред : ч. 1, 2. — М. : Наука, 1987.

- [3] Папин А.А. Краевые задачи двухфазной фильтрации. — Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2009.
- [4] Поляков В.Л. О механической суффозии грунтов под действием цилиндрического стока переменной интенсивности // Прикладная гидромеханика. — 2006. — Т. 8, № 4. — С. 43–52.
- [5] Теплоперенос в промерзающих и протаивающих грунтах / Васильев В.И., Максимов А.М., Петров Е.Е., Цыпкин Г.Г. — М., 1997.

Об учете диффузии примеси в твердой фазе и «диффузионном переохлаждении» в задаче затвердевания бинарной смеси¹

А.Н. Пергаева, А.Г. Петрова

АлтГУ

jan.batist.klod.sharden@gmail.com

Хорошо известная термодиффузионная задача, описывающая фазовый переход в бинарной смеси, существование решения которой в малом по времени доказано в работе [2], часто подвергается критике из-за возникновения «диффузионного переохлаждения» [1].

Рассматриваются два варианта постановки задачи: с учетом и без учета диффузии примеси в твердой фазе. Для этих вариантов исследуются автомодельные решения двух типов: с автомодельной переменной $\xi = x - Vt$ и законом движения границы раздела фаз $x = Vt$, а также с автомодельной переменной $\xi = x/\sqrt{t}$ и законом движения границы $x = \beta\sqrt{t}$. Анализируется влияние учета диффузии в твердой фазе на поведении решений, в частности, на условия возникновения переохлаждения.

Библиографический список

- [1] Иванцов Г.П. «Диффузионное» переохлаждение при кристаллизации бинарного сплава // ДАН СССР. Новая серия. — 1951. — Т. LXXXI, № 2. — С. 179–182.

¹Работа выполнена при финансовой поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (государственные контракты №14.740.11.0355, №14.740.11.0878) а так же государственного задания министерства №1.3820.2011.

- [2] Петрова А.Г. Локальная разрешимость термодиффузионной задачи Стефана // Динамика сплошной среды. — 1982. — Вып.58. — С. 156–163.

Некоторые задачи механики полимерных сред¹

И.Г. Пышнограй

АлтГТУ

pyshnograei@mail.ru

Система уравнений динамики текучих полимерных сред записана на основе законов сохранения и реологического определяющего соотношения. Для получения реологического определяющего соотношения были использованы принципы статистической механики, примененные к суспензии нелинейных невзаимодействующих релаксаторов - гантелей. Записывая уравнение Смолуховского для описания диффузии бусинок гантели относительно друг друга, после подстановки его в уравнения динамики гантели можно получить релаксационные уравнения для корреляционных моментов. При этом форму и ориентацию гантелей в потоке можно охарактеризовать тензором гирации и после преобразований получить замкнутое реологическое определяющее соотношение.

На основе полученной реологической модели были численно исследованы стационарные визкозиметрические функции: вязкость, первая и вторая разности нормальных напряжений при простом сдвиге и вязкость при одноосном растяжении как функции постоянного градиента скорости. Также исследовалось влияние молекулярного веса на сдвиговую и продольную вязкости. Заметим, что если удовлетворять условию независимости асимптотического поведения сдвиговой вязкости от молекулярного веса, то можно получить связь между введенными в уравнениях динамики макромолекулы параметрами анизотропии.

В работе рассмотрены одномерное движение между параллельными плоскостями и в бесконечной трубе под действием постоянного перепада давления при различных граничных условиях: прилипание и проскальзывание. При этом получены непараболический профиль скорости и зависимость между удельным расходом и перепадом давления. Произведено сравнение полученных зависимостей с экспериментальными данными и полученными ранее приближенными аналитическими зависимостями.

¹Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 12-01-0033).

Полученные результаты позволяют перейти к расчетам более сложных двух- и трехмерных течений. В качестве примера выбрано течение в канале с квадратным сечением. Система уравнений сохранения записана в предположении отсутствия вторичных течений и представляет собой систему семи дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка. В результате решения этой системы были найдены профиль скорости и составляющие тензора напряжений как функции точки пространства и реологических параметров полимерной жидкости. При этом были рассмотрены два типа граничных условий (прилипание и проскальзывание) и проведено сравнение расчетов.

Производительность различных реализаций распределённого алгоритма простой интервальной регрессии

В.Д. Пятков

АлтГУ

vldpyatkov@gmail.com

При построении наиболее употребимой линейной по параметрам регрессии задача оценивания множества допустимых значений параметров сводится к решению нескольких задач линейного программирования. Поэтому вычислительная сложность алгоритма построения ИР определяется эффективностью методов линейного программирования: при увеличении числа наблюдений время построения модели, как минимум, растет полиномиально. При обработке большого объема данных распределение процесса построения модели ИР на несколько вычислительных узлов может оказаться единственным способом решить задачу за обозримое время.

Метод построения регрессионной зависимости по экспериментальным данным при интервальной ошибке в выходной переменной [1] широко применяется на практике эмпирического моделирования и для краткости именуется *простой интервальной регрессией* (ИР). Идея метода сводится к оцениванию множества допустимых значений параметров регрессии, совместных как с используемой моделью регрессии, так и с набором ограничений, вытекающих из интервального характера ошибки наблюдения выходной переменной.

Настоящая работа направлена на поиск и оценку производительности

способов распределенного решения задачи. Изучены следующие возможности распределённого решения задачи построения ИР.

1. *Использование параллельных методов линейного программирования.* В частности, при использовании симплекс-метода ускорение может быть достигнуто за счет распараллеливания обхода многогранника, являющегося множеством решений задачи построения ИР.

2. *Параллельное решение независимых задач оптимизации, возникающих при построении ИР.* Каждый из вычислительных узлов занимается решением только своего подмножества задач оптимизации, а итоговая модель получается агрегацией решений частных задач на одном из вычислителей.

3. *Распараллеливание по данным с применением концепции MapReduce [2, 3].* Входной набор наблюдений дробится на порции, для каждой из которых на отдельном вычислительном узле решается подзадача построения модели ИР. Далее модели, построенные на каждом вычислителе, агрегируются в общую результирующую модель (соответствующую полной совокупности наблюдений). За счет отсеивания на каждом из вычислительных узлов неинформативных наблюдений, размерность итоговой задачи оптимизации существенно сокращается.

Результаты численных экспериментов свидетельствуют о целесообразности использования приемов 2 и 3 при обработке наборов данных с количеством наблюдений, достаточным для того, чтобы сформировать для вычислительных узлов подзадачи, время решения которых превышает накладные расходы на распараллеливание. Выигрыш же от использования параллельного симплекс-метода оказывается незначительным.

Библиографический список

- [1] Ерохин Г.Н., Камышников А.И., Оскорбин Н.М. Обработка больших баз данных методами линейного программирования // Управление, математическое моделирование и оптимизация на базе ПЭВМ: Межвуз. сб. науч. работ. — Барнаул : АГУ, 1993. — С. 143–147.
- [2] Оскорбин Н.М., Максимов А.В., Жилин С.И. Построение и анализ эмпирических зависимостей методом центра неопределённости // Известия Алтайского государственного университета. — 1998. — № 1(5). — С. 37–40.
- [3] Dean J., Ghemawat S. Simplified data processing on large clusters // Operating Systems Design and Implementation. — 2004. — P. 137–149.

Двухслойные течения с учетом испарения на границе раздела¹

Е.В. Резанова

АлмГУ

katerezanova@mail.ru

В данной работе проводится моделирование стационарных конвективных течений жидкости и газа с учетом испарения на границе раздела. Двухслойная система жидкости и газа заполняет горизонтальные слои с твердыми непроницаемыми границами и находится под действием продольного градиента температуры. В качестве математической модели течений используется система уравнений Навье-Стокса в приближении Обербека-Буссинеска. На границе раздела выполняются кинематическое и динамическое условия, условия непрерывности скоростей и температур, а также условия, характеризующие перенос массы через границу раздела. На верхней и нижней твердых границах выполняются условия прилипания для скорости и задана температура. На верхней твердой границе следует задавать условие для концентрации пара. В данной работе рассматривается условие равенства нулю концентрации пара либо его потока.

Система уравнений для нахождения компонент скорости, давления и температуры жидкости записывается в стационарном случае в следующем виде [1]:

$$\begin{aligned}
 u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial u_1}{\partial y} &= -\frac{1}{\rho_1} \frac{\partial p'_1}{\partial x} + \nu_1 \left(\frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_1}{\partial y^2} \right), \\
 u_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial y} &= -\frac{1}{\rho_1} \frac{\partial p'_1}{\partial y} + \nu_1 \left(\frac{\partial^2 v_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_1}{\partial y^2} \right) + g\beta_1 T_1, \\
 \frac{\partial u_1}{\partial x} + \frac{\partial v_1}{\partial y} &= 0, \\
 u_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial T_1}{\partial y} &= \chi_1 \left(\frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_1}{\partial y^2} \right). \tag{1}
 \end{aligned}$$

Верхний слой представляет собой смесь газа и незначительного количества пара жидкости и понимается, как вязкая несжимаемая жидкость. Для определения искомым функций, а именно: скорости газа, давления,

¹Работа выполнена в рамках проекта № 7.3975.2011 (поддержан Министерством образования и науки РФ) и при поддержке РФФИ (грант 10-01-00007).

температуры и концентрации пассивной примеси (пара), имеет место следующая система уравнений. При этом учитывается эффект Дюфура.

$$\begin{aligned}
 u_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} + v_2 \frac{\partial u_2}{\partial y} &= -\frac{1}{\rho_2} \frac{\partial p'_2}{\partial x} + \nu_2 \left(\frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_2}{\partial y^2} \right), \\
 u_2 \frac{\partial v_2}{\partial x} + v_2 \frac{\partial v_2}{\partial y} &= -\frac{1}{\rho_2} \frac{\partial p'_2}{\partial y} + \nu_2 \left(\frac{\partial^2 v_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_2}{\partial y^2} \right) + g(\beta_2 T_2 + \gamma_2 C), \\
 \frac{\partial u_2}{\partial x} + \frac{\partial v_2}{\partial y} &= 0, \\
 u_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} + v_2 \frac{\partial T_2}{\partial y} &= \chi_2 \left(\frac{\partial^2 T_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_2}{\partial y^2} + \delta \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) \right), \\
 u_2 \frac{\partial C}{\partial x} + v_2 \frac{\partial C}{\partial y} &= D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right). \tag{2}
 \end{aligned}$$

Здесь u_i, v_i проекции вектора скорости на оси Ox - и Oy декартовой системы координат, $p'_i = p_i - \rho_i \mathbf{g} \cdot \mathbf{x}$ - модифицированное давление (отклонение от гидростатического), p_i - давление, T_i - температура, C - концентрация, ρ_i - плотность, ν_i - коэффициент кинематической вязкости, χ_i - коэффициент температуропроводности, D - коэффициент диффузии, β_i - коэффициент теплового расширения, γ_i - концентрационный коэффициент плотности, коэффициент δ характеризует эффект Дюфура. Здесь $i = 1, 2$, причем функции или параметры с индексом $i = 1$ - характеризуют нижний слой, а с индексом $i = 2$ - верхний слой.

На рисунке 1 изображена система двух бесконечных горизонтальных слоев вязких несжимаемых жидкостей. Система координат выбрана таким образом, что вектор силы тяжести направлен противоположно оси Oy .

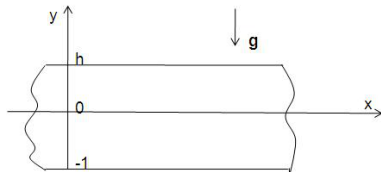


Рис. 1. Геометрия области течения

Пусть решение систем уравнений (1) и (2) имеет вид:

$$u_i = u_i(y), \quad v_i = 0, \quad T_i = (a_1^i + a_2^i y)x + \vartheta_i(y) \quad C_i = (b_1^i + b_2^i y)x + \phi_i(y), \quad (3)$$

где a_j^i и b_j^i - некоторые постоянные. Вследствие условия непрерывности температуры на границе раздела имеем $a_1^i = A = const$.

В ходе решения задачи (1)-(2) с учетом формул (3) вычисляются искомые функции. Скорости каждой из сред описываются полиномами четвертой степени, а распределение температуры в обоих слоях и концентрация пара в верхнем слое — полиномами седьмой степени.

Определим граничные условия, которым должны удовлетворять решения системы. На верхней и нижней твердых границах выполняются условия прилипания для скорости жидкости:

$$u_2(h) = 0, \quad u_1(-1) = 0.$$

Для температуры задается линейное распределение относительно горизонтальной координаты:

$$T_1|_{y=-1} = (A + a_2^1(-1))x + \vartheta^- = A_1x + \vartheta^-,$$

$$T_2|_{y=h} = (A + a_2^2 h)x + \vartheta^+ = A_2x + \vartheta^+.$$

На границе раздела сред полагаются выполненными условия непрерывности скоростей и температур:

$$u_1(0) = u_2(0), \quad T_1(0) = T_2(0).$$

Температура на границе раздела удовлетворяет следующему условию с учетом эффекта Дюфура:

$$\kappa_1 \frac{\partial T_1}{\partial y} - \kappa_2 \frac{\partial T_2}{\partial y} - \delta D_2 \frac{\partial C_2}{\partial y} \Big|_{y=0} = -\lambda M_0.$$

Здесь λ - теплота испарения, а M_0 - масса жидкости, испаряющаяся с единицы площади поверхности в единицу времени, κ_1 и κ_2 - коэффициенты теплопроводности.

Условие для концентрации пара на границе $y = h$ может задаваться в двух вариантах. В первом случае полагаем, что поток концентрации на верхней границе равен нулю:

$$(C_2)_y(h) = 0.$$

Второй вариант состоит в предположении, что концентрация пара на верхней границе равна нулю (см. [2]):

$$C_2(h) = 0.$$

Условие для концентрации пара на границе раздела представляет собой уравнение баланса масс, имеющее следующую форму

$$M_0 = -D_2\rho_2 \frac{\partial C_2}{\partial y} \Big|_{y=0}.$$

Концентрация насыщенного пара должна находиться с помощью уравнения Клапейрона-Клаузиуса:

$$C_2(0) = C_* \exp \left[\frac{\lambda\mu}{RT_0^2} T_2 \Big|_{y=0} \right].$$

Здесь C_* - концентрация насыщения пара при $T_2 = 0$, μ - молекулярный вес испаряющейся жидкости, R - газовая постоянная, T_0 - абсолютная температура, принятая за начало отсчета (20^0C).

Кроме вышеперечисленных условий на термокапиллярной границе раздела двух сред должны выполняться кинематическое и динамическое условия. Проекция последнего на касательный вектор записывается следующим образом:

$$\rho_1\nu_1 u_{1y} = \rho_2\nu_2 u_{2y} + \sigma_T T_x.$$

Окончательный вид условия зависит от величины σ_T . В случае нормального термокапиллярного эффекта имеем

$$\sigma = \sigma_0 + \sigma_T(T - T_0), \quad \sigma_T < 0.$$

В случае недеформируемой границы раздела рассмотрим условие замкнутости потока для каждого слоя (см. [2]):

$$\int_{-1}^0 u_1 dy = 0, \quad \int_0^h u_2 dy = 0.$$

Отметим, что кинематическое условие выполняется автоматически. Таким образом, определяются необходимые константы в выражениях для нахождения профилей скорости и температуры для обеих сред и концентрации пара в газе.

В работе приведены примеры профилей скорости, иллюстрирующие двухслойные течения систем “бензин - воздух” и “этанол - азот” с учетом испарения бензина или этанола. Некоторые результаты приведены

на рисунках (2) и (3). Графики (2) получены при использовании условия равенства нулю концентрации пара на верхней границе для системы “бензин-воздух”. На рисунке (3) представлены профили скоростей двух сред при условии отсутствия потока пассивной примеси (пара) на верхней твердой границе (при $y = h$). В данном случае в качестве жидкости нижнего слоя взят этанол, а в качестве смеси верхнего слоя - азот и пары этанола.

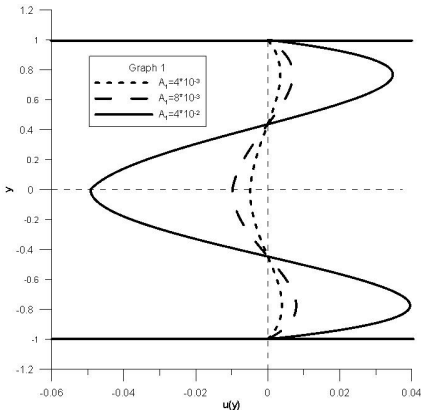


Рис. 2. Профили скоростей в системе “бензин-воздух” при различных A_1 , $h = 1$ см, $g = 981$ см/сек²

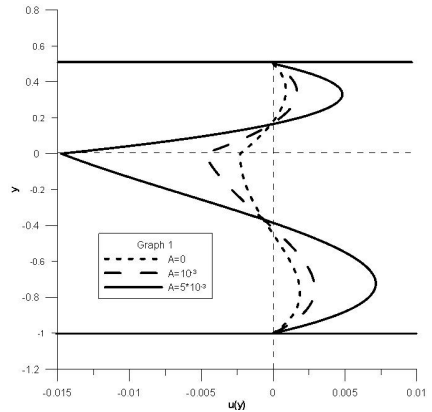


Рис. 3. Профили скоростей в системе “этанол-азот” при $h = 0.5$ см, $A_1 = 4 * 10^{-3}$ град/см, $g = 981$ см/сек²

В заключение автор выражает глубокую благодарность научному руководителю О.Н. Гончаровой за постановку задачи и обсуждение результатов.

Библиографический список

- [1] Современные математические модели конвекции / Андреев В.К., Гапоненко Ю.А., Гончарова О.Н., Пухначев В.В. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 368 с.
- [2] Шлиomis М.И., Якушин В.И. Конвекция в двухслойной бинарной системе с испарением // Гидродинамика. — 1972. — № 4. — С. 129–140.

Эффективная вязкоупругость пористого грунта, насыщенного двухфазной жидкостью¹

С.А. Саженков, Е.В. Саженкова, А.В. Филатов

ИГиЛ СО РАН, НГУ; НГУЭУ; ЦФТ, г. Новосибирск

sazhenkovs@yandex.ru, sazhenkovs@yandex.ru, fila_anton@mail.ru

Введение. Рассматривается модельная линейная задача о малых возмущениях двухфазной вязкой сплошной среды в упругом пористом грунте. Взаимодействие вязких фаз подчиняется условию Рахматулина. В исходной микроскопической модели точки физического пространства, занятые упругим твердым телом и вязкой сжимаемой жидкостью, различаются. При этом считается, что размер пор относительно мал по отношению к размеру всего пористого тела, но при этом совокупный объем пор значителен. Поэтому можно говорить, что рассматриваемая модель дает описание механической системы на микроскопическом уровне. Ее математическая корректность следует из результатов статьи [6]. Изучение решений такой модели, в частности, проведение численных расчетов, сильно затруднено, поскольку физические характеристики жидкостей и твердого скелета сильно различаются, что приводит к необходимости рассматривать быстро осциллирующие режимы плотности, вязкости и т.п. Вместе с этим хорошо известно, что на масштабах целого тела вся структура обладает устойчивыми «средними» физическими характеристиками, поэтому одним из методов рассмотрения таких задач является построение предельных соотношений при стремлении малого параметра (соотношения размеров микро- и макроскопических уровней) к нулю, то есть проведение и обоснование процедуры гомогенизации для рассматриваемой модели. В настоящей работе предполагается, что пористый скелет имеет периодическую структуру с малым периодом $\varepsilon > 0$. Главный результат работы состоит в следующем: доказано, что эффективная модель, получающаяся в результате предельного перехода при стремлении ε к нулю, является моделью однофазного вязкоупругого тела с памятью формы.

1. Постановка задачи. В ограниченной области $\Omega \subset \mathbb{R}^3$, разделенной на два непересекающихся множества Ω_f и Ω_s с границей $\Gamma = \partial\Omega_f \cap \partial\Omega_s$ между ними, необходимо найти поля перемещений w_1 и w_2 в жидкой части и поле w — в твердой, удовлетворяющие следующим уравнениям в Ω_f и Ω_s и соотношениям на Γ .

¹Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 10-01-00447, 12-01-00390).

При $x \in \Omega_f$, $t > 0$ выполнены линейризованные уравнения количества движения в жидкой фазе

$$s_1 \rho_1 \frac{\partial^2 \vec{w}_1}{\partial t^2} = \operatorname{div}_x (-s_1 p_* \mathbb{I} + s_1 k_1 \operatorname{div}_x \vec{w}_1 \mathbb{I} + s_1 \mathbb{M}_1 : \nabla_x \frac{\partial \vec{w}_1}{\partial t}) + s_1 \rho_1 \vec{f} - \mathbb{F}_{12}, \quad (1a)$$

$$s_2 \rho_2 \frac{\partial^2 \vec{w}_2}{\partial t^2} = \operatorname{div}_x (-s_2 p_* \mathbb{I} + s_2 k_2 \operatorname{div}_x \vec{w}_2 \mathbb{I} + s_2 \mathbb{M}_2 : \nabla_x \frac{\partial \vec{w}_2}{\partial t}) + s_2 \rho_2 \vec{f} + \mathbb{F}_{12}, \quad (1b)$$

линеаризованные уравнения состояния (уравнения для давлений)

$$p_1 = p_* - k_1 \operatorname{div}_x \vec{w}_1, \quad (1c)$$

$$p_2 = p_* - k_2 \operatorname{div}_x \vec{w}_2 \quad (1d)$$

и уравнение межфазного взаимодействия между жидкими фазами

$$\mathbb{F}_{12} = K_F \frac{\partial(\vec{w}_1 - \vec{w}_2)}{\partial t}. \quad (1e)$$

При $x \in \Omega_s$, $t > 0$ выполнены уравнения Ламэ линейной теории упругости

$$\rho_s \frac{\partial^2 \vec{w}}{\partial t^2} = \operatorname{div}_x (\Lambda : \nabla_x \vec{w}) + \rho_s \vec{f}. \quad (1f)$$

На границе раздела между жидкими и твердой фазами $\Gamma = \partial\Omega_f \cap \partial\Omega_s$ выполнены условия неразрывности

$$\vec{w}_1 = \vec{w}, \quad \vec{w}_2 = \vec{w}, \quad \vec{x} \in \Gamma, \quad t \geq 0 \quad (2a)$$

и условие равенства нормальных напряжений, выражающее собой закон сохранения количества движения на Γ :

$$\begin{aligned} & (-p_* \mathbb{I} + s_1 k_1 \operatorname{div}_x \vec{w}_1 \mathbb{I} + s_1 \mathbb{M}_1 : \nabla_x \frac{\partial \vec{w}_1}{\partial t} + \\ & s_2 k_2 \operatorname{div}_x \vec{w}_2 \mathbb{I} + s_2 \mathbb{M}_2 : \nabla_x \frac{\partial \vec{w}_2}{\partial t}) \vec{n} = (\Lambda : \nabla_x \vec{w}) \vec{n}, \\ & \vec{x} \in \Gamma, \quad t \geq 0 \end{aligned} \quad (2b)$$

Модель (1)–(2) замыкается однородными условиями на фиксированной границе

$$\vec{w}_1 = 0, \quad \vec{w}_2 = 0, \quad \vec{x} \in \partial\Omega \cap \partial\Omega_f, \quad t \geq 0, \quad (3a)$$

$$\vec{w} = 0, \quad \vec{x} \in \partial\Omega \cap \partial\Omega_s, \quad t \geq 0 \quad (3b)$$

и начальными условиями

$$\begin{aligned} \vec{w}_1|_{t=0} = \vec{w}_1^0, \quad \vec{w}_2|_{t=0} = \vec{w}_2^0, \quad \frac{\partial w_1}{\partial t}|_{t=0} = \vec{v}_1^0, \quad \frac{\partial \vec{w}_2}{\partial t}|_{t=0} = \vec{v}_2^0, \\ \vec{w}|_{t=0} = \vec{w}^0, \quad \frac{\partial \vec{w}}{\partial t}|_{t=0} = \vec{v}^0, \quad \vec{x} \in \Omega. \end{aligned} \quad (4)$$

В уравнениях (1)–(2) $s_1, s_2 = const > 0$ — средние насыщенности жидких фаз в естественном состоянии покоя, $s_1 + s_2 = 1$; ρ_1, ρ_2 и ρ_s — средние постоянные значения плотностей жидких и твердой фаз в естественном состоянии покоя; $\mathbb{M}_1, \mathbb{M}_2$ — постоянные ограниченные положительно определенные симметричные тензоры вязкости 4-го ранга; Λ — постоянный положительно определенный симметричный тензор упругости 4-го ранга; \vec{f} — вектор распределенных массовых сил; \mathbb{F}_{12} — сила межфазного взаимодействия между жидкими фазами, K_F — постоянный коэффициент межфазного трения; $p_* = const$ — среднее гидростатическое давление в естественном состоянии покоя; k_1, k_2 — положительные постоянные коэффициенты, которые в реальных физических моделях зависят от истинных плотностей жидких фаз и скоростей звука в жидких фазах [5], \vec{n} — вектор нормали к Γ .

Равенство средних гидростатических давлений $p_{*1} = p_{*2} = p_*$ в жидких фазах означает, что выполняется схема Рахматулина [2].

2. Периодическая геометрия. Считаем, что Ω — единичный куб, а геометрия областей Ω_f и Ω_s периодична с малым периодом ε . Формальное описание геометрии пористой структуры заключается в следующем. Сначала постулируется структура внутри шаблонной единичной ячейки $\mathcal{Y} = (0, 1)^3$: предполагаем, что \mathcal{Y}_s , твердая часть, является открытой подобластью \mathcal{Y} , и \mathcal{Y}_f , жидкая часть — дополнение к ее замыканию $\mathcal{Y}_f = \mathcal{Y} \setminus \bar{\mathcal{Y}}_s$. Затем строится периодическое повторение \mathcal{Y}_s по всему пространству \mathbb{R}^3 . Очевидно, что полученное множество $E_s = \bigcup_{\mathbf{k} \in \mathbb{Z}^3} \{\mathcal{Y}_s^k | \mathcal{Y}_s^k = \mathcal{Y}_s + \mathbf{k}, \mathbf{k} \in \mathbb{Z}^3\}$ и дополнение его замыкания $E_f = \mathbb{R}^3 \setminus \bar{E}_s$ будут открытыми множествами в \mathbb{R}^3 . Накладываются следующие ограничения на \mathcal{Y}_s и E_s :

1. \mathcal{Y}_s — связное множество строго положительной меры с Липшицевой границей, \mathcal{Y}_f также имеет строго положительную меру в \mathcal{Y} ;
2. E_s и E_f имеют Липшицеву границу между ними и локально расположены по одну сторону от их границы;
3. E_s связно.

Наконец, вводим $\Omega_f^\varepsilon = \varepsilon E_f \cap \Omega$ и $\Omega_s^\varepsilon = \varepsilon E_s \cap \Omega$, предполагая для простоты, что $1/\varepsilon$ - целое положительное число.

Обозначим характеристическую функцию E_f как $\bar{\chi}(\vec{y})$

$$\bar{\chi}(\vec{y}) := \begin{cases} 1, & \vec{y} \in E_f, \\ 0, & \vec{y} \notin E_f, \end{cases} \quad (5)$$

Из построения очевидно, что $\chi^\varepsilon(\vec{x}) = \bar{\chi}(\frac{\vec{x}}{\varepsilon})$. Здесь и далее присваиваем индекс ε множествам и величинам, зависящим от ε .

3. Формулировка основного результата. Для того, чтобы сформулировать главный результат работы, сделаем ряд построений. Введем среднюю плотность

$$\rho_f = s_1 \rho_1 + s_2 \rho_2, \quad (6)$$

перемещение центра масс в жидкой фазе

$$\vec{u}_c^\varepsilon = \frac{s_1 \rho_1 \vec{w}_1^\varepsilon + s_2 \rho_2 \vec{w}_2^\varepsilon}{\rho_f}, \quad \vec{x} \in \Omega_f \quad (7)$$

и относительное перемещение

$$\vec{u}_r^\varepsilon = \vec{w}_1^\varepsilon - \vec{w}_2^\varepsilon. \quad (8)$$

Далее положим

$$\vec{w}_c^\varepsilon = \chi^\varepsilon \vec{u}_c^\varepsilon + (1 - \chi^\varepsilon) \vec{w}^\varepsilon, \quad (\vec{x}, t) \in Q_T = \Omega \times (0, T) \quad (9)$$

$$\vec{w}_r^\varepsilon = \chi \vec{u}_r^\varepsilon, \quad (\vec{x}, t) \in Q_T. \quad (10)$$

Теперь мы можем сформулировать основной результат работы.

Теорема об эффективном режиме пороупругости.

(1) При сделанных выше предположениях и построениях, имеют место предельные соотношения

$$\vec{w}_c^\varepsilon \rightarrow \vec{w}_c^* \text{ по мере,} \quad (11)$$

$$\vec{w}_r^\varepsilon \rightarrow \vec{w}_r^* \equiv 0 \text{ по мере} \quad (12)$$

при $\varepsilon \searrow 0$ с некоторым предельным распределением перемещений \vec{w}_c^* .

(2) Вектор-функция \vec{w}_c^* удовлетворяет нелокальному усредненному уравнению количества движения с памятью формы

$$\bar{\rho} \frac{\partial^2 \vec{w}_c^*}{\partial t^2} = \text{div}_x \left[\mathbb{B}_1 : \nabla_x \vec{w}_c^*(\vec{x}, t) + \mathbb{A}_1 : \nabla_x \frac{\partial \vec{w}_c^*}{\partial t}(\vec{x}, t) + \int_0^t \mathbb{A}_2(t - \tau) : \nabla_x \vec{w}_c^*(\vec{x}, \tau) d\tau \right] + \bar{\rho} \vec{f}. \quad (13)$$

В (13) тензоры 4-го порядка \mathbb{A}_1 , $\mathbb{A}_2(t)$ и \mathbb{B}_1 однозначно определяются данными микроструктуры, то есть значениями s_1 , s_2 , K_F , k_1 , k_2 , p_ и компонент тензоров \mathbb{M}_1 , \mathbb{M}_2 , Λ .*

(3) Уравнение (13) является уравнением динамики вязкоупругого тела с памятью формы.

4. О методах доказательства. Обоснование процедуры гомогенизации, т.е. предельный переход в исходной модели при $\varepsilon \searrow 0$, основан на методе двухмасштабной сходимости Аллера–Нгуэтсенга [4, 3]. Возникающая в результате этого предельного перехода двухмасштабная система усредненных уравнений исследуется далее стандартным методом асимптотической декомпозиции (см., например, в [1]). Как итог асимптотической декомпозиции, выводятся уравнение (13) и постановки задач на ячейках, решения которых позволяют определить компоненты тензоров \mathbb{A}_1 , $\mathbb{A}_2(t)$ и \mathbb{B}_1 .

Библиографический список

- [1] Пятницкий А.Л., Чечкин Г.А., Шамаев А.С. Усреднение. Методы и приложения. — Новосибирск : Т.Рожковская, 2007.
- [2] Рахматулин Х.А. Основы газодинамики взаимопроникающих движений сжимаемых сред // ПММ. — 1956. — Т. 20. — С. 184–195.
- [3] Allaire G. Homogenization and two-scale convergence // SIAM J. Math. Anal. — 1992. — Vol. 23. — P. 1482–1518.
- [4] Nguetseng G. A general convergence result for a functional related to the theory of homogenization // SIAM J. Math. Anal. — 1989. — Vol. 20. — P. 608–623.
- [5] Nigmatulin R.I. Dynamics of Multiphase Systems. — Washington : Hemisphere, 1990. — Vol. 1.
- [6] Sazhenkov S., Sazhenkova E. Small Perturbations of Two-Phase Fluids in Pores: Equations of Isothermal Microstructure // Siberian Electronical Mathematical Reports. — 2011. — Vol. 8. — P. 127–158.

Проникание твердого тела в жидкость через слой покрытия¹

А.Н. Сибин

АлмГУ

sibin_anton@mail.ru

В работе рассматривается задача о движении твердого тела в слое льда, находящегося на поверхности воды. При построении математической модели используются следующие гипотезы: 1) плотность льда меняется только на ударной волне и определяется интенсивностью волны; 2) тензор напряжений в среде за фронтом волны является шаровым; 3) частицы среды движутся в плоскостях, нормальных скорости проникания тела, направленной по оси симметрии ("гипотеза плоских сечений" [1, 3]); 4) твердое тело является телом вращения.

Задача рассматривается в цилиндрических координатах (r, θ, z) , ось z направлена по оси симметрии тела вниз [2]. Уравнения движения и неразрывности для льда в сечении $z = const$, имеют вид:

$$\rho_0 r \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -(r + u) \frac{\partial p}{\partial r},$$

$$\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial r} (r + u)^2 = \frac{\rho_0}{\rho} r,$$

где r - координата Лагранжа, u - перемещения частицы, ρ_0, ρ - начальная и текущая плотность льда, p - давление. Законы сохранения массы и импульса на фронте $r = r^*$ ударной волны в сечении $z = const$ записываются в виде:

$$\rho_0 D = \rho(D - \dot{u}^*),$$

$$\rho D \dot{u}^* = p^* - p_0,$$

где D - скорость ударной волны, \dot{u}^* - скорость частиц на ударной волне, p_0 - давления перед фронтом волны, p^* - давление на ударной волне.

В данной постановке рассматриваются острый конус и цилиндр. Пусть в момент времени t вершина конуса (основание цилиндра) находится на глубине $H(t)$, а его скорость равна $\dot{H}(t)$. Исследуется движение среды в некотором произвольном сечении z . Ввиду симметрии твердого тела и

¹Работа выполнена при финансовой поддержке федеральной целевой программы "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009–2013 гг. (государственные контракты №14.740.11.0355, №14.740.11.0878), а так же государственно-го задания министерства №1.3820.2011.

перечисленных гипотез, для нахождения $H(t)$ достаточно привлечь уравнение движения центра масс:

$$m\ddot{H}(t) = -(F + \mathcal{F}),$$

$$F = 2\pi \int_0^H p_i R(t) \sin \varphi dz,$$

$$\mathcal{F} = 2\pi \int_0^H p_w R(t) \sin \varphi dz,$$

где $R(t)$ - линия пересечения поверхности тела с рассматриваемой плоскостью z , φ - угол между касательной к образующей тела и осью симметрии (для цилиндра $\varphi = 90^\circ$), p_i, p_w - соответственно давления во льду и в воде, действующие на поверхность проникающего тела [2].

В случае конуса переходящего в цилиндр с углом раствора 2γ и высотой конической поверхности h сила сопротивления во льду $F = \lambda H^3 \ddot{H} + \alpha H^2 \dot{H}^2 + \beta H^2$, в воде $\mathcal{F} = \lambda_w H^3 \ddot{H} + \alpha_w H^2 \dot{H}^2$ где $\lambda = \pi\gamma^4 \frac{\rho_0}{3b} \ln(\frac{1}{1-b})$, $\alpha = \pi\gamma^4 \frac{\rho_0}{2b} (\ln(\frac{1}{1-b}) + b)$, $\beta = \pi\gamma^2 p_0/2$, $\lambda_w = \lambda\gamma^4 \rho_w (-\frac{2}{3} \ln \gamma + \ln 2 - 1)$, $\alpha_w = \pi\gamma^4 \rho_w (-\ln \gamma + 3 \ln 2 - 1)$. В зависимости от глубины проникания удобно рассматривать 4 этапа:

1. Глубина проникновения $H \leq h$. Уравнение движения тела имеет вид

$$\ddot{H} = -(\lambda H^3 \ddot{H} + \alpha H^2 \dot{H}^2 + \beta H^2), \dot{H}(0) = v_0.$$

Скорость задается формулой

$$\dot{H} = \left(-\frac{\beta}{\alpha} + (v_0^2 + \frac{\beta}{\alpha})\right) \left(1 + \frac{\lambda}{m} H^3\right)^{-2\alpha/3\lambda}^{1/2}.$$

2. Глубина проникновения $H \in (h, l]$. Тогда

$$\ddot{H} = -(\lambda h^3 \ddot{H} + \alpha h^2 \dot{H}^2 + \beta h^2), \dot{H}(h) = V_h.$$

Скорость задается формулой

$$\dot{H}^2 = -\frac{\beta}{\alpha} + (V_h^2 + \frac{\beta}{\alpha}) \exp\left(-\frac{2\alpha h^2}{m + \lambda h^3} (H - h)\right).$$

3. Глубина $H \in (l, l + h]$.

$$\ddot{H} = -(\lambda(h^3 - \tilde{H})\ddot{H} + \alpha(h^2 - \tilde{H})\dot{H}^2 + \beta(h^2 - \tilde{H}) + \lambda + \lambda_B \tilde{H}^3 \dot{H} + \alpha_B \tilde{H}^2 \dot{H}^2),$$

$$\dot{H}(l) = V_B.$$

4. Глубина $H > l + h$.

$$\ddot{H} = -(g(\tilde{H}, \alpha)\ddot{H} + f(\tilde{H}, \alpha)\dot{H}^2), \quad \dot{H}(l + h) = V.$$

В случае цилиндра с радиусом \mathcal{R} сила сопротивления во льду $F = \lambda H^3 \dot{H} + \alpha H^2 \dot{H}^2 + \beta H^2$, в воде $\mathcal{F} = \lambda_w H^3 \dot{H} + \alpha_w H^2 \dot{H}^2$ где $\lambda = 2\pi \mathcal{R}^2 \frac{\rho_0}{3b} \ln(\frac{1}{1-b})$, $\alpha = 2\pi \mathcal{R}^2 \frac{\rho_0}{2b} (\ln(\frac{1}{1-b}) + b)$, $\beta = 2\pi \mathcal{R} p_0$, $\lambda_w = \lambda \mathcal{R}^2 \rho_w (-\frac{2}{3} \ln \gamma + \ln 2 - 1)$, $\alpha_w = 2\pi \mathcal{R}^2 \rho_w (-\ln \gamma + 3 \ln 2 - 1)$. В зависимости от глубины проникновения удобно рассматривать 2 этапа:

1. Глубина проникновения $H \leq l$. Уравнение движения тела имеет вид

$$\ddot{H} = -(\lambda H^3 \ddot{H} + \alpha H^2 \dot{H}^2 + \beta H^2), \quad \dot{H}(0) = v_0.$$

Скорость задается формулой

$$\dot{H} = (-\frac{\beta}{\alpha} + (v_0^2 + \frac{\beta}{\alpha})(1 + \frac{\lambda}{m} H^3)^{-2\alpha/3\lambda})^{1/2}.$$

2. Глубина $H > l$

$$\ddot{H} = -(g(\tilde{H}, \alpha)\ddot{H} + f(\tilde{H}, \alpha)\dot{H}^2), \quad \dot{H}(l + h) = V.$$

Результаты численного решения для конуса массой 10 кг, с углом полураствора $\gamma = 10^\circ$, высотой конической части $h = 0,5$ м и при толщине льда $l = 4h$ представлены на рис. 1а.

Результаты численного решения для цилиндра массой 100 кг с радиусом $\mathcal{R} = 0,05$ м при толщине льда $l = 4h$ представлены на рис. 1б.

Библиографический список

- [1] Купрадзе В.Д. Трехмерные задачи математической теории упругости и термоупругости. — М., 1976.
- [2] Сагомоян А.Я. Удар и проникание тел в жидкость. — М. : Московский университет, 1986. — 20 с.
- [3] Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. — М., 1975.

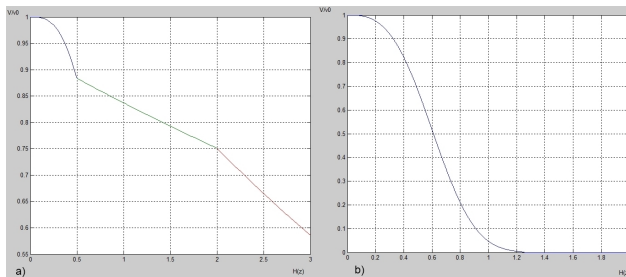


Рис. 1. а) результаты расчета зависимости скорости конуса от глубины проникновения, б) результаты расчета зависимости скорости цилиндра от глубины проникновения

Трехмерная задача фильтрации жидкости в вязкоупругой деформируемой среде¹

М.А. Токарева

АлтГУ

tma25@mail.ru

Рассматривается модель изотермического движения жидкости в деформируемой пористой среде. Для ее описания применяются законы сохранения массы, эмпирический закон Дарси, связывающий вектор скорости и градиент давления, а также реологический закон для вязкоупругой среды [1, 2, 3, 4]:

$$\frac{\partial(1-\phi)}{\partial t} + \operatorname{div}((1-\phi)\vec{v}_s) = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial\phi}{\partial t} + \operatorname{div}(\phi\vec{v}_f) = 0, \quad (2)$$

$$\phi(\vec{v}_f - \vec{v}_s) = -\frac{k(\phi)}{\mu}(\nabla p_f + \rho_f \vec{g}), \quad (3)$$

$$\frac{1}{1-\phi} \frac{d\phi}{dt} = -\frac{\phi^m}{\nu} p_e - \phi^b \beta_\phi \frac{dp_e}{dt}, \quad (4)$$

$$p_{tot} = (1-\phi)p_s + \phi p_f = p_e + p_f. \quad (5)$$

¹Работа выполнена при финансовой поддержке федеральной целевой программы "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы (Государственные контракты №14.740.11.0355, №14.740.11.0878), а также государственного задания министерства №1.3820.2011

где $\phi, \rho_f, \rho_s, \vec{v}_f, \vec{v}_s, p_f = p_f(\rho_f), p_s$ – соответственно пористость, истинные плотности, скорости и давления жидкости и пористой среды; \vec{g} – плотность массовых сил; p_e – эффективное давление; $k(\phi)$ – проницаемость; μ – динамическая вязкость жидкости; m, b, ν, β – параметры горной породы; $d/dt = (\partial/\partial t + \vec{v}_s \cdot \nabla)$. Истинные плотности горной породы ρ_s и жидкости ρ_f принимаются постоянными, а общее давление p_{tot} задано. Согласно принципу Терцаги [7] система замыкается следующим соотношением

$$\nabla \cdot \sigma + \rho \vec{g} = 0,$$

где $\rho = (1 - \phi)\rho_s + \phi\rho_f$ – средняя плотность среды,

$$\sigma = (1 - \phi)\sigma_s + \phi\sigma_f,$$

$$\sigma_s = -p_s I + S_s, \quad \sigma_f = -p_f I + S_f.$$

Таким образом: $\sigma = -p_{tot} I + (1 - \phi)S_s + \phi S_f$.

Будем считать жидкость идеальной, т.е. $S_f = 0$, а S_s определяется следующим образом:

$$S_s = 2\nu \dot{\epsilon}_D = \nu \left(\frac{\partial \vec{v}_s}{\partial \vec{x}} + \left(\frac{\partial \vec{v}_s}{\partial \vec{x}} \right)^* \right).$$

Тогда

$$\rho \vec{g} + \text{div} \left((1 - \phi) \nu \left(\frac{\partial \vec{v}_s}{\partial \vec{x}} + \left(\frac{\partial \vec{v}_s}{\partial \vec{x}} \right)^* \right) \right) - \nabla p_{tot} = 0. \quad (6)$$

Для исследования разрешимости начально-краевой задачи (1)-(6) для стандартных условий используется следующая схема. Сначала рассматривается уравнение (1),(6) относительно ϕ и \vec{v}_s при заданных p_{tot} и \vec{g} . Данная система аналогична системе уравнений Навье-Стокса сжимаемого газа при малых ускорениях и с вязкостью, зависящей от пористости [5, 6]. Усложнением является доказательство свойства $0 \leq \phi \leq 1$. После нахождения ϕ и \vec{v}_s находится полная производная от пористости $\frac{d\phi}{dt} = \frac{\partial \phi}{\partial t} + \vec{v}_s \cdot \nabla \phi$. Но тогда из уравнения (4) находим давление p_e и, следовательно, p_f . После этого из (3) находим скорость жидкости \vec{v}_f .

Библиографический список

- [1] Бэр Я., Залславски Д., Ирмей С. Физико-математические основы фильтрации воды. — М. : Мир, 1971. — 452 с.

- [2] A numerical model for coupled fluid flow and matrix deformation with applications to disequilibrium compaction and delta stability / Morency C., Ritske S. Huismans, Beaumont C., Fullsack P. // Journal of geophysical research. — 2007. — Vol. 112.
- [3] Connolly J.A.D., Podladchikov Yu.Yu. Compaction-driven fluid flow in viscoelastic rock // Geodinamica Acta. — 1998. — Vol. 11, no. 2-3. — P. 55–84.
- [4] Fowler A.C., Yang X. Pressure solution and viscous compaction in sedimentary basins // J. Geophys. Res. — 1999. — Vol. 104. — P. 12,989–12,997.
- [5] Lions P.L. Mathematical Topics in Fluid Mechanics // Incompressible Models. — Oxf. : Clarendon Press, 1996. — Vol. 1.
- [6] Lions P.L. Mathematical Topics in Fluid Mechanics // Compressible Models. — Oxf. : Clarendon Press, 1998. — Vol. 2.
- [7] Terzaghi K. Theoretical Soil Mechanics. — New York : Jhon Wiley, 1943.

Актуальные проблемы моделирования в агроэкологии¹

Л.А. Хворова

АлмГУ

hla@math.asu.ru

22–27 июня 2012 г. в Алтайском государственном университете на базе математического факультета прошла международная школа-семинар “Фундаментальные и прикладные исследования в математической экологии и агроэкологии”. В рамках данного мероприятия обсуждались основные направления развития математического моделирования и информационных технологий в биологии, экологии, сельском хозяйстве, агрометеорологии.

Проведенный анализ актуальных проблем моделирования, выявленных в процессе дискуссий и в результате обобщения высказанных мнений, позволил определить перспективные направления развития соответствующих научных дисциплин. Указанная в ссылках литература поможет

¹Работа выполнена в рамках государственного задания “Изучение процессов конвекции и теплопереноса в анизотропных областях и областях с границами раздела” № 7.3975.2011.

более детально ознакомиться с состоянием исследований по каждой рассматриваемой проблеме.

1. Прогнозирование агрометеорологических факторов

Величина урожая сельскохозяйственных культур при принятой агротехнике в большой степени зависит от складывающихся в сезоне вегетации погодных условий. Поэтому успех в решении задачи прогнозирования урожая тесно связан с возможностью получения прогнозов будущих погодных условий. Данную задачу можно рассмотреть как задачу разработки т.н. “сценариев погоды” с тем, чтобы, подавая смоделированные данные о погоде на вход динамической модели продукционного процесса, получить на ее выходе правдоподобный результат. Проблема построения сценария погоды на отрезок времени от даты осуществления прогнозных расчетов до конца периода вегетации может быть решена только с помощью специально разработанной для этих целей *системы моделирования погодных сценариев*. С разработкой методов и алгоритмов моделирования погодных сценариев можно ознакомиться в следующих публикациях [3, 1, 9].

2. Применение принципа оптимальности в математических моделях продукционного процесса растений

Новым направлением в математическом моделировании продукционного процесса сельскохозяйственных культур является использование экстремальных принципов, а именно – концепции оптимальности в приложении к биологическим исследованиям.

Идея приложения вариационного подхода к математическому описанию биологических процессов рассматривалась в трудах классиков теории математического моделирования продукционного процесса. Так, в монографиях Тооминга [7, 8] сформулирован т.н. принцип максимальной продуктивности, согласно которому описание процесса фотосинтеза и формирования листового индекса посева может быть построено из условия максимизации видимого газообмена. Решив поставленную задачу, можно как получить формулы для оптимальных значений физиологических параметров фотосинтеза, так и описать наиболее эффективную форму побега в терминах оптимального распределения листового индекса по высоте посева.

В работе [16] был впервые сформулирован принцип Пэлтриджа, используемый для модельного описания роста корней в условиях недостаточного увлажнения. Его сущность состоит в том, чтобы заставить корни в модели самостоятельно активно “искать воду” и чтобы общий прирост фитомассы на следующем шаге оказался оптимальным.

Общий анализ перспективы использования оптимальных принци-

пов в математическом моделировании агроэкосистем дан в монографии О.Д. Сиротенко [6]. Автор формулирует следующие принципы приложения индивидуального критерия оптимальности: “Формулировка критерия оптимальности в виде требования максимума относительной скорости роста численности популяции для монокарпических растений эквивалентна требованию максимальной продуктивности, записанному в виде:

$$k_{\Sigma} = \frac{v^{\tau+1}}{v^{\tau}} \rightarrow \max, \quad (1)$$

v – число биологически полноценных семян данного вида на единице площади посева в начале (τ) и в конце ($\tau + 1$) вегетационного периода”. Автор отмечает, что использование введенного критерия позволяет сформулировать задачу определения ростовых функций, управляющих процессами распределения ассимилятов в течение вегетационного периода как многошаговую задачу управления. При этом можно ожидать, что жизненная стратегия однолетних растений будет состоять в том, чтобы сначала использовать большую часть ассимилятов для формирования листьев, которые сразу же включаются в процесс фотосинтеза и увеличивают прирост массы. Затем, начиная с фазы цветения, распределение ассимилятов будет постепенно изменяться в пользу репродуктивных органов, чтобы успеть использовать созданный ассимиляционный аппарат для формирования максимально возможного числа биологически активных семян.

Обозначенные проблемы формируют новую парадигму в моделировании продуктивности агроэкосистем – моделирование близкого к виду (1) индивидуального критерия оптимальности для математического описания всех значимых процессов регуляторного плана в растении – распределения ассимилятов между вегетативной и генеративной частями растения, описание показателей продуктивности колоса для злаков.

Принципиальные постулаты, которые необходимо положить в основу методики моделирования, сформулированы в работах [3, 10, 14]. Перспективным кажется рассмотрение вопросов описания в комплексной модели агроэкосистемы регуляторных процессов различной природы: фенологическое развитие, органогенез, устьичная регуляция, морфология и структурообразование. Причем подходы к моделированию соответствующих составляющих продукционного процесса должны базироваться на единой парадигме использования принципа оптимальности.

3. *Моделирование динамики минеральных и органических веществ в почве: азот, фосфор, калий, углерод* [3, 5, 11, 4].

4. *Моделирование влияния симбиотической азотфиксации на продукционный процесс бобовых культур*

Фиксация атмосферного азота, свойственная бобовым растениям в симбиозе с клубеньковыми бактериями, вносит существенный вклад в баланс азота почвы. Сохранение и повышение почвенного плодородия за счет использования бобово-ризобияльных систем составляет основу “биологического земледелия”.

Реализация азотфиксирующего потенциала зернобобовых культур зависит как от генотипических особенностей макро- и микросимбионта, так и от агроклиматических условий, свойств почвы, обеспеченности растений элементами минерального питания, наличия в почве специфичных клубеньковых бактерий и др. Изучение этих факторов на адекватной математической модели с целью управления процессом азотфиксации, увеличения доли биологического азота в питании растений и повышения продуктивности зернобобовых культур является весьма актуальным направлением.

На данный момент известны два подхода к моделированию процесса азотфиксации. Первый реализован в модели фиксации молекулярного азота для оптимизации пищевого режима сои [15], второй – в модели для люцерны [5, 11].

5. Модели в пространственно-дифференцированных технологиях точного земледелия [3, 12].

6. Проблема структурно-параметрической идентификации моделей

В настоящее время разработано достаточно много моделей, описывающих продукционный процесс растений в агроэкосистеме. Остановимся на одной из них.

Имитационно-моделирующий комплекс AGROTOOL (Агрофизический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург) после идентификация необходимых параметров и адаптации его к условиям Алтайского края позволяет составлять прогноз ожидаемой урожайности сельскохозяйственных культур, выращиваемых на территории региона.

Вызываемая из оболочки модель описывает продукционный процесс полевых культур и производит расчет динамики формирования урожая, начиная с посева и заканчивая уборкой. Она имеет блочную структуру и включает описание следующих процессов, имеющих место в системе “почва – растительный покров – приземный слой воздуха”: радиационного режима посева; турбулентного режима посева; фотосинтеза и фотодыхания; развития растений (расчет физиологического времени, определяющего сроки наступления фенофаз); распределения накопленных продуктов фотосинтеза по органам растения с учетом взаимодействия С:N в растениях, их роста, формирования хозяйственного урожая; транспирации растений и испарения влаги с поверхности почвы; динамики тепло-

и влагопереноса в почвенном профиле; трансформации и переноса соединений азота в почве; прогнозирования темпов развития растений; прогнозирования урожая (начиная с фазы колошения); выбора норм и сроков орошения в поливном земледелии; выбора доз азотных удобрений, норм и сроков азотных подкормок.

Обязательным для каждого нового региона является идентификация следующих блоков модели: динамики почвенной влаги, блока развития растений и формирования урожая.

Модель, реализованная в виде законченного программного продукта, содержит набор неопределенных параметров, которым для запуска модели на счет должны быть присвоены конкретные значения, которые характерны для данного типа почвы, данной культуры, сорта и отвечают за тонкие реакции растений на условия выращивания. Наличие таких параметров делает структуру модели универсальной и способной имитировать производственный процесс различных культур, возделываемых в разных почвенно-климатических условиях. Проблема определения численных значений параметров модели с использованием экспериментальной информации является задачей параметрической идентификации [13, 2].

При адаптации модели к условиям региона определение выше указанных параметров осуществляется в процессе многократного прогона модели, что требует длительного времени. В настоящее время сотрудниками лаборатории методов оптимизации АлтГУ разработана автоматизированная система идентификации параметров модели, реализующая схему поливариантных расчетов. В режиме поливариантных расчетов системой производится автоматический запуск модели с различными значениями искомых параметров, после чего определяются их оптимальные значения.

7. Анализ моделей на чувствительность к вариациям входящих в них параметров

К другой задаче, где может быть использована автоматизированная система, реализующая возможность поливариантных расчетов, относится исследование чувствительности модели к вариации ее параметров. Действительно, в случае, когда окажется, что выход модели слабо зависит от вариаций некоторого параметра, его величина может быть оценена приближенно. С другой стороны, при высокой чувствительности модели к вариации некоторого параметра к его экспериментальному определению должны быть предъявлены повышенные требования. Такими параметрами модели являются входные данные: дата сева, начальный влагозапас; почвенно-гидрологические параметры и различные показатели производственного процесса сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

- [1] Гавриловская Н.В., Топаж А.Г., Хворова Л.А. Моделирование погодных сценариев для оценки урожайности зерновых культур в условиях Западной Сибири // Известия АлтГУ. — 2011. — № 1. — С. 71–78.
- [2] Гавриловская Н.В., Хворова Л.А. Адаптивная идентификация структуры динамических моделей продукционного процесса сельскохозяйственных растений // Известия АлтГУ. — 2010. — № 1/2. — С. 139–144.
- [3] Моделирование продукционного процесса сельскохозяйственных культур / Полуэктов Р.А., Смоляр Э.И., Терлеев В.В., Топаж А.Г. — СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2006. — 396 с.
- [4] Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Компьютерная модель динамики содержания азота в корнеобитаемом слое почвы // Агрехимия. — 2010. — № 10. — С. 68–74.
- [5] Полуэктов Р.А., Хворова Л.А. Моделирование азотного цикла в системе “почва – бобовые растения” // Почва и растение – процессы и модели: Сб.статей. — СПб. : АФИ, 1992. — С. 3–11.
- [6] Сиротенко О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем. — Л. : Гидрометеоиздат, 1981. — 167 с.
- [7] Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. — Л. : Гидрометеоиздат, 1977. — 200 с.
- [8] Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. — Л. : Гидрометеоиздат, 1984. — 264 с.
- [9] Топаж А.Г. Моделирование суточных метеоданных как входного сигнала модели продукционного процесса // Почва и растение – процессы и модели: Сб.статей. — СПб. : АФИ, 1992. — С. 79–86.
- [10] Топаж А.Г. Принцип оптимальности в математических моделях агроэкосистем : Дис. . . докт. техн. наук / Топаж А.Г. — СПб., 2009. — 275 с.
- [11] Хворова Л.А. Моделирование влияния азотного питания на продукционный процесс посева люцерны : Автореф. дис. . . канд. техн. наук / Хворова Л.А. — СПб., 1992. — 18 с.

- [12] Хворова Л.А. Модель теплового режима почвы в пространственно-дифференцированных технологиях точного земледелия // Научно-технические ведомости СПбГПУ. — 2011. — № 4(128). — С. 101–106.
- [13] Хворова Л.А. Оптимизация процесса структурно-параметрической идентификации моделей продуктивности агроэкосистем // Известия АлтГУ. — 2012. — № 1. — С. 95–98.
- [14] Хворова Л.А., Топаж А.Г. Динамическое моделирование и прогнозирование в агрометеорологии. — Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2010. — 263 с.
- [15] Чупринин В.Г. Модель симбиотической фиксации азота клубеньковыми тканями однолетних бобовых растений // Сб. науч. тр. “Параметры и модели плодородия почв и продуктивности агроценозов”. — Пущино, 1985. — С. 157–162.
- [16] Paltridge G.W. Experiments on a mathematical model of a pasture // Agricultural Meteorology. — 1972. — Vol. 10, no. 1-2. — P. 39–54.

Моделирование двухслойных течений по наклонной подложке на основе точных решений¹

Г.Э. Чубарова

АлтГУ

chubarova_galina@mail.ru

Изучается двумерная стационарная задача о конвективных течениях жидкости в наклонном слое со свободной границей в условиях сопутствующего потока газа. Проводится построение точного решения системы дифференциальных уравнений, описывающих движение жидкости и газа, выявление характерных особенностей взаимодействия различных механизмов, вызывающих течение, в условиях нормальной гравитации и микрогравитации. Конвективное движение жидкости в поле силы тяжести

¹Работа выполнена в рамках проекта № 7.3975.2011 (поддержан Министерством образования и науки РФ) и при поддержке федеральной целевой программы Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (государственный контракт 14.740.11.0355).

описывается системой уравнений Обербека-Буссинеска. В качестве системы уравнений для описания изотермических движений вязкого газа применяется система уравнений Навье-Стокса вязкой несжимаемой жидкости. На твердых непроницаемых границах выполняются условия прилипания, на свободной границе — кинематическое и динамические условия, а также условие непрерывности скорости. Точное решение стационарной задачи, представленное в данной работе, может быть названо обобщением известного решения задачи конвекции жидкости в горизонтальном слое со свободной, недеформируемой границей (Бирих, 1966), и решения задачи о двухслойном течении жидкости и газа в полной постановке (Гончарова и Кабов, 2009), позволяющем выявить эффекты, порождаемые действием дополнительных касательных напряжений со стороны газа, термокапиллярных и гравитационных сил.

1. Постановка задачи.

Конвективные течения вязкой несжимаемой жидкости описываются системой уравнений Обербека-Буссинеска. Данные уравнения в размерной форме имеют вид [2]:

$$\begin{aligned} \mathbf{v}_t + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} &= -\frac{1}{\rho_0} \nabla p' + \nu \Delta \mathbf{v} - \mathbf{g} \beta T, \\ \operatorname{div} \mathbf{v} &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

$$T_t + \mathbf{v} \cdot \nabla T = \chi \Delta T.$$

Здесь $p' = p - \rho_0 \mathbf{g} \cdot \mathbf{x}$ — отклонение давления от гидростатического, p — давление, ρ_0 — плотность жидкости (относительное значение плотности), \mathbf{v} — вектор скорости, T — температура, β — коэффициент температурного расширения, χ — коэффициент теплопроводности, \mathbf{g} — вектор ускорения силы тяжести.

В качестве системы уравнений для описания движения вязкого газа в изотермическом случае примем систему уравнений Навье-Стокса вязкой несжимаемой жидкости [2]:

$$\begin{aligned} \mathbf{v}_t^g + \mathbf{v}^g \cdot \nabla \mathbf{v}^g &= -\frac{1}{\rho^g} \nabla p^g + \nu^g \Delta \mathbf{v}^g + \mathbf{g}, \\ \operatorname{div} \mathbf{v}^g &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь искомые функции и коэффициенты с индексом g определяют газовую среду.

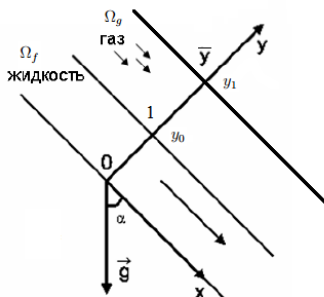


Рис. 1. Геометрия области течения

На свободной границе Γ должны быть выполнены кинематическое

$$\mathbf{v} \cdot \mathbf{n} = \mathbf{v}^g \cdot \mathbf{n} = V_n, \mathbf{x} \in \Gamma \quad (3)$$

и динамическое условия

$$P \cdot \mathbf{n} - P^g \cdot \mathbf{n} = 2\sigma H\mathbf{n} + \nabla_{\Gamma}\sigma, \mathbf{x} \in \Gamma \quad (4)$$

а также определен теплообмен с внешней средой и некоторые дополнительные соотношения. Здесь σ — коэффициент поверхностного натяжения, $2H$ — средняя кривизна свободной границы, $\nabla_{\Gamma} = \nabla - \mathbf{n}(\mathbf{n} \cdot \nabla)$, V_n — скорость движения свободной границы в направлении внешней нормали \mathbf{n} . Пусть коэффициент поверхностного натяжения линейно зависит от температуры, и имеет место закон Стокса для обеих сред. Тогда $\sigma = \sigma_0 - \sigma_T(T - T_0)$, а тензор напряжений представляется в виде: $P = -pI + 2\rho\nu D(\mathbf{v})$. Здесь $D_{ij}(\mathbf{v}) = 0.5(\partial v_i/\partial x_j + \partial v_j/\partial x_i)$, $i = 1, 2, 3$.

Система координат выбрана таким образом (см. Рис. 1), что $(g_x, g_y) = (g \sin \alpha, -g \cos \alpha)$, где $0 < \alpha < \pi/2$. Пусть жидкость и газ заполняют бесконечные слои Ω^f, Ω^g ширины $y_0, y_1 - y_0$, соответственно.

На твердых непроницаемых границах $y = 0, y = y_1$ будут выполнены условия прилипания: $\mathbf{v} = 0, \mathbf{v}^g = 0$, соответственно. Условия, определяющее граничный тепловой режим на нижней твердой границе и на свободной границе должны быть также заданы. Начальные условия не обсуждаются ввиду последующего решения стационарной задачи.

1.2 Постановка задачи в безразмерной форме.

Пусть выбор характерных единиц задачи осуществлен следующим образом: $l = y_0$ — характерный размер, v_* — характерная скорость задачи (характерная скорость движения жидкости), $t_* = l/v_*$ — характерное время, T_* — характерная температура, $p_* = \rho_0 v_*^2$ — характерное давление. Тогда области Ω^f (единичной толщины) и Ω^g (толщины $h = \bar{y} - 1$), занятые жидкостью и газом, соответственно, определяются в виде

$$\Omega^f = \{(x, y) : -\infty < x < +\infty, 0 < y < 1\},$$

$$\Omega^g = \{(x, y) : -\infty < x < +\infty, 0 < y < \bar{y}\},$$

а границы задаются соотношениями $\Gamma_0 = \{(x, y) : -\infty < x < +\infty, y = 0\}$, $\Gamma_1 = \{(x, y) : -\infty < x < +\infty, y = \bar{y}\}$ (твердые границы) и $\Gamma = \{(x, y) : -\infty < x < +\infty, y = 1\}$ (свободная граница).

Система уравнений Обербека-Буссинеска (1) в плоском стационарном случае представляется в следующей безразмерной форме

$$\begin{aligned} uu_x + vv_y &= -p'_x + \frac{1}{Re}(u_{xx} + u_{yy}) - \frac{Ra}{Re^2 Pr} \cos \alpha \cdot T, \\ uv_x + vv_y &= -p'_y + \frac{1}{Re}(v_{xx} + v_{yy}) + \frac{Ra}{Re^2 Pr} \sin \alpha \cdot T, \\ u_x + v_y &= 0, \end{aligned} \tag{5}$$

$$uT_x + vT_y = \frac{1}{RePr}(T_{xx} + T_{yy}).$$

Здесь $p' = p + (\frac{Ra}{\epsilon Re^2 Pr})(-x \sin \alpha + y \cos \alpha)$, $Ra = \epsilon gl^3 / (\nu \chi)$ — число Рэлея, $Pr = \nu / \chi$ — число Прандтля, $Re = v_* l / \nu$ — число Рейнольдса, $\epsilon = \beta T_*$ — число Буссинеска.

Система уравнений Навье-Стокса (2) записывается в безразмерном виде следующим образом:

$$\begin{aligned} u^g u_x^g + v^g u_y^g &= -\frac{1}{\rho} p_x^g + \frac{\bar{\nu}}{Re}(u_{xx}^g + u_{yy}^g) - \frac{Ra}{\epsilon Re^2 Pr} \cos \alpha, \\ u^g v_x^g + v^g v_y^g &= -\frac{1}{\rho} p_y^g + \frac{\bar{\nu}}{Re}(v_{xx}^g + v_{yy}^g) + \frac{Ra}{\epsilon Re^2 Pr} \sin \alpha, \\ u_x^g + v_y^g &= 0. \end{aligned} \tag{6}$$

Кинематическое условие (3) в рассматриваемом случае имеет вид

$$v = v^g = 0. \quad (7)$$

Динамическое условие (4) в проекциях на нормальный $\mathbf{n} = (0, 1)$ и касательный $\mathbf{s} = (1, 0)$ векторы к границе Γ записывается следующим образом:

$$-p + 2v_y = -p^g + \frac{2\bar{\rho}\bar{\nu}}{Re}v_y^g, \quad (8)$$

$$(u_y + v_x) - \bar{\rho}\bar{\nu}(u_y^g + v_x^g) = -\frac{Ma}{RePr}T_x. \quad (9)$$

Здесь $Ma = \sigma_T T_* l / (\rho_0 \nu \chi)$ — число Марангони, $\bar{\rho} = \rho_g / \rho_0$, $\bar{\nu} = \nu_g / \nu$.

2. Построение точных решений.

2.1 Моделирование стационарного потока газа.

Прямолинейный равномерный поток газа, вызванный постоянным перепадом давления \tilde{P}^g , определяется как решение Пуазейля системы уравнений (6). Данное решение ищется в виде $u^g = u^g(y)$, $v^g = 0$ и характеризуется параболическим профилем продольной скорости

$$u^g = \frac{A}{2}((y-1)^2 - h(y-1)) + U\left(\frac{1-y}{h} + 1\right). \quad (10)$$

Давление в газе определяется по линейному закону:

$$p^g = \tilde{P}^g x + \frac{\bar{\rho}Ra}{\epsilon Re^2 Pr} y \sin \alpha + p_0^g, \quad (11)$$

где

$$\tilde{P}^g = \frac{\bar{\nu}\bar{\rho}}{Re}A - \frac{\bar{\rho}Ra}{\epsilon Re^2 Pr} \cos \alpha.$$

Коэффициент \tilde{P}^g , отвечающий за перепад давления (постоянный продольный градиент), считается в дальнейшем отрицательным, что отвечает потоку газа в направлении оси Ox , а p_0^g — произвольная действительная постоянная. Здесь $h = \bar{y} - 1$.

На верхней границе слоя Ω^g при $y = \bar{y}$ выполнено условие прилипания: $u^g(\bar{y}) = 0$. На свободной границе при $y = 1$ выполнено условие непрерывности скорости $u^g(1) = u(1) = U$ (U определяется в процессе решения задачи). Касательное напряжение τ , создаваемое на свободной границе данным потоком газа, вычисляется следующим образом:

$$\tau = 2\bar{\rho}\bar{v}sD(\mathbf{v}^g)\mathbf{n} = \bar{\rho}\bar{v}\left(\frac{A}{2}(1 - \bar{y}) + \frac{U}{1 - \bar{y}}\right). \quad (12)$$

2.2 Моделирование течения жидкости в наклонном слое.

Решение системы уравнений (5), описывающее плоские стационарные движения жидкости в области Ω^f , определяется в виде

$$u = u(y), v = 0, T = \tilde{T}x + \Theta(y), p' = \tilde{A}x + q(y), \quad (13)$$

где функции u, Θ, q зависят от поперечной координаты y .

В ходе построения решения рассматриваются следующие случаи (см. [3, 1]):

1. Отсутствие продольного градиента температуры: $\tilde{T} = 0$.
2. Наличие продольного градиента температуры \tilde{T} .
3. Решение задачи в полной постановке и для случая недеформируемой свободной границы.

3. Заключение

Построенное точное решение позволяет провести моделирование конвективного движения жидкости в бесконечном наклонном слое в случае сопутствующего потока газа. Данное решение дает возможность изучить влияние различных сил на динамику и теплообмен в жидкости: действие постоянных касательных напряжений со стороны газа, действие гравитационных полей различной интенсивности, действие термокапиллярных сил, возможность управлять механизмами течения жидкости с помощью заданного расхода газа, влияние угла наклона на изменение характера течения жидкости, влияние граничного температурного режима и наличие источников тепла в жидкости.

Примеры решений, представленные в докладе в виде профилей скорости, позволяют сравнить различные типы течений.

Библиографический список

- [1] Гончарова О.Н., Южкова Ю.Е. Моделирование конвективного течения в наклонном слое с движущимися границами // Известия АлтГУ. — 2010. — № 1(65). — С. 22–29.

- [2] Современные математические модели конвекции / Андреев В.К., Гапоненко Ю.В., Гончарова О.Н., Пухначёв В.В. — М. : Физматлит, 2008. — 368 с.
- [3] Goncharova O.N., Kabov O.A. Mathematical and numerical modeling of convection in a horizontal layer under co-current gas flow // Int. J. of Heat and Mass Transfer. — 2010. — Vol. 53. — P. 2795–2807.

Влияние усадки на скорость движения фронта плавления¹

В.В. Янцен, А.Г. Петрова

АлтГУ

wowa_ne@mail.ru

В процессе моделирования влияние летних дождей на поведение границы протаивания вечной мерзлоты возникает необходимость учета разности плотностей твердой и жидкой фаз.

В работе рассматривается одномерная задача стефановского типа, в которой плотности льда и воды различны [1, 2]. Показывается, что учет скачка плотности приводит к росту скорости протаивания. Приводятся результаты расчетов при различных режимах. Приводится постановка задачи протаивания мерзлого грунта под действием теплого дождя, падающего на его поверхность.

Библиографический список

- [1] Воеводин А.Ф., Гранкина Т.Б. Численное моделирование роста ледяного покрова в водоеме // Сибирский журнал индустриальной математики. — 2006. — Т. 9, № 1(25). — С. 47–54.
- [2] Тепломассоперенос в промерзающих и протаивающих грунтах / Васильев В.И., Максимов А.М., Петров Е.Е., Цыпкин Г.Г. — М. : Наука. Физматлит, 1996. — 224 с.

¹Работа выполнена при финансовой поддержке федеральной целевой программы “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” на 2009–2013 гг. (государственные контракты №14.740.11.0355, №14.740.11.0878) а так же государственного задания министерства №1.3820.2011.

Секция 7. Математическое моделирование экономических и социальных систем и процессов

Integral Estimation of the Tightness on the Altai Labor Market¹

L.V. Rodionova, O.E. Rodionova, E.D. Rodionov

*Institute of Economics and OIP SD RAS, Center of SEI and RP, Barnaul
olesrod@yahoo.com*

One of the consequences of the global economic crisis was the increase of the tightness on the labor market. It could be noticed through the growth of registered, and general unemployment; gain of long-term, chronic, and hidden unemployment; understated levels of wages; the expansion of unpaid employment; lack of vacancies; and the expansion of latent relations in the field of employment; gain of gender, age, and territorial disproportions on the labor market, so as the dissemination of the strike movements.

Analysis of individual factors, its differentiation and classification of the regions on this base, gave contradictory results, and showed the discrepant nature of the subject. Very often, based on which factor was selected for the estimation of the tightness, the same region was falling into different, sometimes conflicting, groups of the tightness on the regional labor market. That complicated the performance of the effective managerial decisions, and requested a new methodic, based on the integral estimations. In order to build such an estimations it was necessary to:

- 1) form the system of variables, which would sufficiently reflect the characteristics of the tightness on the regional labor market;
- 2) bring different factors to the comparable base;
- 3) select the method of integration of the chosen factors into one aggregated indicator.

While solving this task, we were considering the approaches of Russian and foreign scientists in building the index of human development, integral indicators of life quality, so as the method of planning and forecasting of the scientific researches – PATTRN [1, 2, 3].

¹Research is carried out with financial support of RGNF (projects No. 12-12-22000a and No. 11-03-00667a) and administrations of Altai Krai.

The system of basic factors had to be complex, logically complete, data-intensive, and reflect the most important characteristics of the tightness on the labor market. Initially, as the result of the analysis of the state and department statistics in the field of employment and labor market, and the expert survey, the eleven factors were chosen:

- x_1 – level of the official unemployment, %;
- x_2 – level of the general unemployment, %;
- x_3 – amount of unemployed population per one vacancy, persons per vacancy;
- x_4 – fraction of youth in general unemployment, %;
- x_5 – fraction of women in general unemployment, %;
- x_6 – fraction of the unemployed, who are searching for a job longer than one year, %;
- x_7 – past due wages, in rubles per one employee;
- x_8 – hours that are not worked, as the result of part time employment or furlough by employer's initiative, hours per one employee;
- x_9 – average monthly wage per employee, in rubles;
- x_{10} – fraction of employees involved in strikes, %;
- x_{11} – fraction of people, who were desperate to find a job, among economically active and able-bodied population, %.

The first three indicators reflect the disproportions of labor force supply and demand, the next two show age and gender asymmetry on the labor market. x_6 stands for long term unemployment, x_7 and x_8 – hidden unemployment, x_9 reflects the price of the labor force, an underestimated level of which, causes a decrease in general and hidden unemployment, x_{10} shows the degree of open display of low satisfaction from the employees with their situation on the labor market, and x_{11} explains those, who want to work, ready to start work, but stopped active job search, due to being unable to find a matching vacancy.

Different factors were brought to the comparable base with the help of the following formula:

$$y_i^{rt} = (x_i^{rt} - x_{mini}^t) / (x_{maxi}^t - x_{mini}^t) \quad (1)$$

– when there was a positive connection of the factor with the tightness on the labor market;

$$y_i^{rt} = (x_{maxi}^t - x_i^{rt}) / (x_{maxi}^t - x_{mini}^t) \quad (2)$$

– when there was a negative connection, where y_i^{rt} and x_i^{rt} – unified and original meaning of the factor i ($i = 1 \dots n$, n – number of the selected factors) in region r , year t ;

x_{maxi}^t and x_{mini}^t – maximal and minimal meaning of the factor i across all the regions in year t .

Integral indicator of the tightness on the labor market (let us call it “Tightness Index”) was calculated according to the formula:

$$J_H^{rt} = a_1^t \cdot y_1^{rt} + a_2^t \cdot y_2^{rt} + a_3^t \cdot y_3^{rt} + \dots + a_n^t \cdot y_n^{rt}, \quad (3)$$

where J_H^{rt} – Tightness Index on the labor market in region r year t ;

a_i^t – coefficient of the relevant importance of the tightness factor i (is defined on the expert evaluations),

$$a_1^t + a_2^t + a_3^t + \dots + a_n^t = 1 \quad (4)$$

It would be rational, to add to the statistical estimation of the tightness on the regional labor market an individual estimations from labor market agents and experts.

Main information sources were: state data, data from federal and regional employment offices, and the data, which was obtained in the result of social surveys from population and experts.

The suggested methodic allows efficiently indicate, and react on the negative events on the labor market. It is quite universal, and with a slight modifications, could be used on international, national, and regional levels. Besides, this methodic is clear, relatively simple, and is based on applying Excel standard functions.

The described technique was tested on the example of a local labor markets of the rural regions of Altai Krai. During the first stage the system of private indicators of intensity on a labor market was created. It included eight indicators. The following indicators were excluded from the initial list: level of general unemployment, a share of despaired to find work among economically inactive population in able-bodied age, and a share of the workers participating in strikes. Since the first two indicators were not recorded at the area level, and the strikes in overwhelming majority of the rural regions of Altai Krai were absent.

Then the coefficients of the relative importance of the private signs of intensity were defined. For this purpose it was offered to experts to evaluate the selected indicators on importance degree, having appropriated the maximum rank to the most important of them, and minimum – to the least important. The next step was in calculating an average rank for each private indicator of intensity on a labor market. Then average ranks were summarized, and the weight of each of them in total amount was defined.

At the second stage the selected private indicators were brought to a comparable look on each rural area according to a formula (1) or (2).

At the calculation of the unified indicator – load of the unoccupied population per one vacancy – for the areas in which, a workforce centers were not declared to any vacancy, the assumption that in such areas was available at least on one free workplace was accepted. In this case the value of a considered indicator equaled number of citizens, unoccupied and registered in the workforce centers of the respective areas. Such methodical approach allows as to compare separate areas among themselves on the private sign called above, and rather precisely to estimate a contribution of the last to an integrated indicator.

At the third stage the way of aggregation of the unified private indicators in the uniform generalizing indicator – an intensity index (J_H^r) was defined.

$$J_H^r = 0.182 \cdot y_1^r + 0.179 \cdot y_2^r + 0.148 \cdot y_3^r + 0.131 \cdot y_4^r + \\ + 0.125 \cdot y_5^r + 0.112 \cdot y_6^r + 0.076 \cdot y_7^r + 0.047 \cdot y_8^r \quad (5)$$

where, r – an area index ($r = 1 - 60$); y_i^r the unified private indicator of intensity of i in r region (y_1^r – level of officially registered unemployment; y_2^r – amount of unemployed population per one vacancy, persons per vacancy; y_3^r – average monthly wage per employee; y_4^r – specific weight of the unemployed who are looking for work more than a year; y_5^r – past due wages per one employee; y_6^r – share of youth in a total number of the unemployed; y_7^r – hours that are not worked, as the result of part time employment or furlough by employer's initiative; y_8^r – share of women in a total number of the unemployed); y_i^r – factors of the relative importance of private indicators of the intensity on a labor market.

Discussion of results of approbation with experts allows to draw a conclusion that the developed technique gives the chance to estimate rather adequately a situation on local labor markets of Altai Krai. Selective polls of the population on problems on the rural labor market, carried out in separate areas of the region, also confirm this conclusion.

Библиографический список

- [1] Lopyxin M.M. PATTRN – Methodic of planning and forecasting of the scientific researhes. – M. : Soviet radio, 1971. – 347 p.
- [2] Medvedkov V.M. Human development index // Person and modern world. – M. : Alfa–M, 2002. – P. 241–257.

- [3] Strijkova L., Zlatoverkhovnikova T. Quality of life in Russian regions (dynamics, regional comparison) // *Economist*. — 2002. — no. 10. — P. 67–76.

Об особенностях системной оптимизации

Г.И. Алгазин

АлмГУ

algazin@socio.asu.ru

Центральный вопрос в методологии системной оптимизации – постановка формальной цели оптимизации, которая задается фиксацией в критериальном пространстве участников “желательного решения”. “Процесс решения начинается с того, что в заданном [критериями] пространстве . . . выбирается некоторая точка – желательное решение задачи” [3].

По Глушкову В.М. выбор желательной точки производится “в соответствии с моделью высшего уровня”. Он также отмечает, что “важной чертой системной оптимизации . . . является взаимодействие моделей различных уровней”, а также “в соответствии с моделью высшего уровня, управляющей выбором критериев, точка выводится из пределов допустимой области . . .” и “. . . шаги выбираются не произвольно, а в соответствии с допустимыми [моделью высшего уровня] решениями” [3]. Поэтому в исходном авторском описании системная оптимизация по своей сути – это методология (концепция) оптимизации решений в многоуровневых иерархических системах. При этом все противоречия между моделями одного и различных уровней разрешаются сверху. Для таких систем Глушковым В.М. и сотрудниками из Института кибернетики АН УССР на основе принципов системной оптимизации разработано ряд схем отраслевого планирования [2, 4, 6].

Вместе с тем не все сложные социальные и экономические системы являются многоуровневыми, и не у каждой системы задач может присутствовать надсистема. Часто это имеет место в условиях рынка. Поэтому рассчитывать здесь на вмешательство в процесс оптимизации модели высшего уровня не всегда возможно.

Кроме того есть немало систем, в которых участники занимают неравноправное положение и отношения между ними базируются на принципах иерархии, но не до такой степени, чтобы верхний уровень (центр), как это предполагается в системной оптимизации, управлял выбором значений критериев для нижних (агентов). Следует указать, что базовые в теории многоуровневых иерархических систем принципы координации (точное

предсказание взаимодействий для нижестоящих участников, оценка этих взаимодействий в виде допустимой области, “развязывание” взаимодействий между участниками в форме итерационного согласования их решений, делегирования полномочий нижестоящему уровню по достижению согласованных взаимодействий, создание коалиций участников нижестоящего уровня для согласованного взаимодействия) и способы координации (либо изменением ограничений для участников нижестоящего уровня, либо корректировкой целей некоторых из них, либо комбинацией этих способов) не предполагают в явном виде такие возможности [5].

При отсутствии или невозможности использования моделей высшего уровня последователи системной оптимизации предлагают выбор желательной точки производить экспертами [7]. Тогда для получения экспертами требуемых значений критериев предполагается проведение анализа относительно того, существует или нет соответствующая допустимая точка в пространстве инструментальных переменных.

Для достаточно простых систем такой анализ сводится к тому, что “компьютер проверяет, существует ли соответствующая точка в области решений [инструментальных переменных]. . . . Если такая точка существует, то задача решена. Однако центральную проблему здесь составляет случай, когда такая точка отсутствует. Для того чтобы она появилась необходимо в режиме диалога с компьютером осуществить перебор всех точек предпочтения. Этот процесс в сущности и есть системная оптимизация” [7].

Для сложных социальных и экономических систем со многими центрами принятия решений подобный анализ по своей сути сводится к построению механизмов (часто оригинальных в части поиска априори скрытых возможностей и с привлечением, вероятно, тех же экспертов) достижения требуемых значений критериев в пространстве инструментальных переменных с начальными условиями, которые определяются текущим состоянием системы. “Наиболее часто область [допустимых инструментальных переменных] бывает пустой, а критерии находятся в отношении противоречия, взаимодействуя друг с другом, образуя сложные системы в зависимости от вектора [желательная критериальная точка]” [7]. Ввиду чрезвычайной сложности таких механизмов “перебор всех точек предпочтения” весьма и весьма ограничен. При этом в общем случае, каждый раз не просто определится со следующей точкой.

Ввиду сказанного применение данной концепции процесса решения, основанного на переборе критериальных точек по модели высшего уровня или экспертами, не всегда может быть оправдано. В таких случаях альтернативным может быть подход, основанный на технологии систем-

ного компромисса [1].

Библиографический список

- [1] Алгазин Г.И. Модели системного компромисса в социально-экономических исследованиях: Монография. — Барнаул : Азбука, 2009. — 239 с.
- [2] Глушков В.М. ДИСПЛАН – новая технология планирования // УСиМ. — 1980. — № 6. — С. 5–10.
- [3] Глушков В.М. О системной оптимизации // Кибернетика. — 1980. — № 5. — С. 89–90.
- [4] Глушков В.М., Олеярш Г.Б. Вопросы построения диалоговой системы планирования ДИСПЛАН. — Киев, 1977. — 22 с. — препринт 77-36.
- [5] Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория многоуровневых иерархических систем. — М. : Мир, 1973. — 344 с.
- [6] Системная оптимизация в многокритериальных задачах линейного программирования при интервальном задании предпочтений / Глушков В.М., Михалевич В.С., Волкович В.Л., Доленко Г.А. // Кибернетика. — 1983. — № 3. — С. 1–9.
- [7] Яцкевич В.В. Об оптимизации классической и системной // Системные исследования и информационные технологии. — 2008. — № 4. — С. 111–120.

Математическая модель благополучия семьи

Т.Ф. Брика

АлмГПА

tatyana-brika@mail.ru

Семья – это мини-государство с определенными взаимоотношениями, законами, принципами и порядками, это зеркальное отображение общества. Именно от того, как изначально складываются взаимоотношения в семье, зависит дальнейший вклад каждого ее члена в развитие (общества) государства.

Сегодня, одной из актуальных проблем современного общества является проблема становления, устойчивости семьи. Следует отметить, что

поддержка, забота о семье является важнейшим направлением социальной политики, как Российской Федерации, так и региональной социальной политики Алтайского края.

Хотя изучению данной области посвящена масса различных работ, но практически все они носят социальный характер, либо это демографические расчеты, с математической точки зрения семейное благополучие еще не было изучено, в этом заключается новизна моей работы.

Люди, в силу природного эгоизма, склонны оценивать любые данные с точки зрения полезности для себя: становятся важны не сами количественные данные, а их интерпретация.

Классическая логика оперирует только двумя понятиями: “истина” и “ложь”, и исключая любые промежуточные значения. Аналогично этому булева логика не признает ничего кроме единиц и нулей. Попробуйте представить весь окружающий вас мир только в черном и белом цвете, вдобавок исключив из языка любые ответы на вопросы, кроме “да” и “нет”.

Большая часть используемых нами понятий по своей природе нечетки и размыты: как построить пороговую функцию принадлежности для множеств “взрослый”, “холодный”, “качественный”, “быстрый” и т.д. ?

Математическая теория нечетких множеств (fuzzy sets) и нечеткая логика (fuzzy logic) являются обобщениями классической теории множеств и классической формальной логики. Данные понятия были впервые предложены американским ученым Лотфи Заде (Lotfi Zadeh) в 1965 г. Основной причиной появления новой теории стало наличие нечетких и приближенных рассуждений при описании человеком процессов, систем, объектов.

Каждый человек по-своему понимает, что такое семейное счастье, поэтому однозначно определить факторы, влияющие на благополучие семьи не возможно.

Для дальнейшего исследования, в качестве лингвистических переменных, возьмем такие факторы, как количество браков, количество детей, количество измен и материальный достаток.

Построим функции принадлежности термов “малое”, “среднее количество”, “большое”, используемых для лингвистической оценки переменной “количество браков”. Пусть значение количества браков будет меняться от 1 до 10. Для задания термов будем использовать метод экспертных оценок. В качестве экспертов были отобраны 50 человек, состоящих в браке, проживающих в п. Курган Благовещенского района Алтайского края, возрастная категория от 24 до 75 лет.

Таблица 1. Результаты опроса экспертов для оценки термина “Количество браков”

Терм	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
малое	50	47	27	14	5	1	0	0	0	0
	1	0,94	0,54	0,28	0,1	0,2	0	0	0	0
среднее	0	3	13	15	15	5	0	0	0	0
	0	0,06	0,26	0,3	0,3	0,1	0	0	0	0
большое	0	0	10	21	30	44	50	50	50	50
	0	0	0,2	0,42	0,6	0,88	1	1	1	1

Обозначим через y – значение функции принадлежности; x – данные (количество браков).

Дальнейшие расчеты проводим в системе MATLAB:

```
plot(x, y, x,y,'ro')
s1=fitoptions('method','nonlinearleastSquares',...
'lower',[0,1],'Upper',[1,10])
g1=fitttype('1/(1+exp(a1*(x-c1)))','options',s1)
[g11,g11]=fit(x',y',g1)
g11(x) = 1/(1+exp(a*(x-c)))
a1 = 1 , c1 = 3.374
X=linspace(0,10,500)
y11=1./(1+exp(a1*(X-c1)));
hold on plot(X,y11,'g1')
f1=evalmf(x,[ \textbf{1} ], \textbf{3.374} ],'zmf')
d1=defuzz(x',y', 'centroid')
plot(x',y',d1,0,'r*')
```

Получаем дефазифицирующее значение: $d = 2,392156862745098$.

Расчеты для термов “среднее”, “большое” лингвистической переменной “количество браков”, а так же для лингвистических переменных количество детей (“мало”, “среднее количество”, “много”), количество измен (“очень редко”, “редко”, “часто”) и материальный достаток (“постоянная нехватка”, “деньги есть на все”, “удается даже откладывать”) проводим аналогично.

Сформулируем нечеткую базу знаний, то есть влияние $X = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ на значение параметра Y – семейное благополучие.

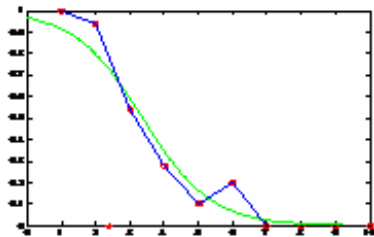


Рис. 1. Аппроксимация функции распределения и дефазифицирующее значение термина “малое влияние”

1. Если в семье детей много, количество браков много, денег хватает на все, но много измен, то в семье сложный период.

2. Если в семье мало детей, количество браков мало, деньги удастся даже откладывать, малое количество измен, то в семье сложный период.

3. Если в семье среднее количество детей, количество браков среднее, денег хватает на все, но имеется среднее количество измен, то в семье хороший период.

4. Если в семье детей мало, количество браков много, денег постоянно не хватает и много измен, то в семье сложный период.

5. Если в семье детей много, количество браков среднее, удастся откладывать деньги, но много измен, то в семье сложный период.

6. Если в семье детей среднее количество, количество браков мало, денег не хватает, мало измен, то в семье хороший период.

7. Если в семье среднее количество детей, количество браков мало, деньги удастся откладывать, но много измен, то в семье сложный период.

8. Если в семье детей много, браков было мало, деньги удастся даже откладывать, измен мало, то в семье благополучие.

9. Если в семье детей много, количество браков мало, денег хватает на все, среднее количество измен, то в семье хороший период.

10. Если в семье детей мало, количество браков много, денег постоянно не хватает, мало измен, то в семье сложный период.

В качестве схемы нечеткого вывода будем использовать упрощенный алгоритм нечеткого вывода, который является частным случаем алгоритма Мамдани.

Итак, мы построили нечеткую систему, которую в дальнейшем будем моделировать в среде MATLAB, используя пакет Fuzzy Logic Toolbox.

После построения системы приступаем к экспериментам по её исследованию.

дованию.

Учитывая курс, который государство направило на решение демографических проблем, повышение рождаемости, здоровья населения, исследование молодой семьи представляет интерес. Кроме того, очевидно, что к молодежи относится очень большая группа населения в свете чего, исследование ее проблем также представляет интерес, поскольку в их решении заинтересованы очень многие. Ну и само то, что автор работы относится к данной группе населения, определяет его личный интерес к исследуемой теме.

В нашем исследовании под молодой семьей понимается такая семья, которая состоит в браке один год, для обоих супругов этот брак первый, детей в этой семье нет, так же как и измен. Определим, через сколько лет, совместной жизни, эта семья обретет благополучие, если:

1. Она имеет минимальный доход 2000 рублей.
2. Она имеет средний доход 10000 рублей.
3. Она имеет максимальный доход 21000 рублей.

Молодые браки имеют преимущество. У молодых родителей, еще не обремененных хроническими болезнями и вредными привычками, рождаются крепкие, здоровые дети. И, наконец, чем моложе семья, тем реальнее появление в ней второго и третьего ребёнка, в чём заинтересовано и общество.

Рассмотрим первую ситуацию.

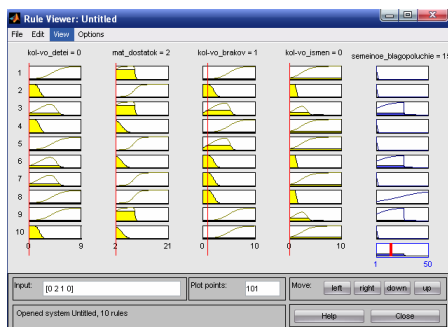


Рис. 2. Схема работы вывода для первой ситуации

1. Молодую семью, прожившую в браке всего один год, еще не обремененную детьми и изменами, с материальным достатком не более 2000 рублей благополучие ждет только после 15 лет совместной жизни. Так что, получается, что выражение “С милым Рай и в шалаше”, в наше вре-

мя уже не столь актуально?! Для ответа на данный вопрос рассмотрим еще две ситуации.

2. Молодая семья имеет доход 10 000 рублей ежемесячно, с таким материальным достатком благополучие в семье наступит через 12, 9 совместно прожитых лет.

3. Молодая семья имеет доход 21 000 рублей ежемесячно, с таким материальным достатком благополучие в семье наступит через 12, 2 совместно прожитых лет.

Получается, что не такую уж и важную роль для благополучия молодой семьи играют деньги, может быть настоящее благополучие семьи – это гармония, взаимоуважение и желание что-либо делать на благо друг друга?

В заключении отметим, что представленная модель, в силу малого количества респондентов (экспертов) и недостаточного количества определенных факторов, влияющих на благополучие семьи, носит пилотный характер исследования.

Подходы к решению задачи оптимизации депозитной политики коммерческого банка

А.В. Виноградова
АлтГПА
25aav@mail.ru

Рассматривая существующие сегодня в коммерческих банках системы формирования показателей их финансовых результатов, в том числе депозитной политики банка, в которой прибыли отводиться роль обобщающего макроэкономического показателя деятельности банка, нельзя недооценить значение промежуточных результирующих показателей по подразделениям банка, тех или иных видов банковской деятельности, банковских продуктов и услуг.

Развитие банковской системы России подтвердили необходимость повышения роли депозитной политики коммерческого банка, а следовательно, и исследования путей ее совершенствования.

Актуальными направлениями в данном исследовании являются, во-первых, оценка роли депозитной политики в обеспечении устойчивости коммерческого банка и, во-вторых, моделирование депозитной политики коммерческого банка во взаимоотношениях с клиентами.

В работе [6] предполагается, что оптимизация депозитной политики должна быть основана на расчете внутренней стоимости кредитных операций. Суть этого показателя заключается в том, что договорной процент определяется реальной ценой кредитных ресурсов и спредом – между процентными ставками, по которым банк привлекает средства и по которым выдает их заемщикам. При этом для безубыточной деятельности банка, договорная цена кредита должна быть не ниже суммы средней реальной стоимости ресурсов и достаточной маржи (M_d). Она представляет собой минимальный разрыв в ставках по активным и пассивным операциям, позволяющий банку покрывать общие расходы, не приносящие прибыль.

$$M_d = (R_o - R_p + R_a - D_p)A_d,$$

где R_o – операционные расходы банка; R_p – проценты уплаченные; R_a – расходы на содержание аппарата управления; D_p – прочие доходы; A_d – средний остаток активов, приносящих доход.

К прочим доходам относятся доходы банка от операций не кредитного характера; проценты и комиссии, полученные за прошлые периоды; штрафы, пени, неустойки.

Таким образом, договорная цена банка, покрывающая расходы, связанные с предоставлением кредита, есть минимально допустимый процент по кредитной операции, обеспечивающий безубыточность ее осуществления.

В работе [5] рассматривается еще одна, не менее важная составляющая депозитной политики коммерческого банка - ставка размещения средств. Предложена модель, экономический смысл которой состоит в том, что ставка размещения средств - это минимальная ставка размещения средств, при которой затраты по привлечению и конечному размещению средств будут покрыты доходами от этого размещения. Устанавливая нижнюю границу привлечения средств, банку целесообразно определить свою потребность в ресурсах на текущий момент и на ближайшую перспективу. Для этого банк должен владеть информацией о конъюнктуре денежного рынка своего региона.

Однако само по себе привлечение депозитов не может быть самоцелью для банка, в работе [2] исследуется модель стоимости привлечения депозитов при ограниченных доходах от их кредитного размещения. При стечении определенных обстоятельств коэффициент абсорбции депозитов может стать нулевым или отрицательным. Такая ситуация недопустима и поэтому в упреждающем порядке требуется минимизировать объем привлечения депозитов, необходимый для удовлетворения кредитных заявок клиентов коммерческого банка.

Предположим, что имеется m видов привлекаемых депозитов. Пусть Y_i - обозначает величину i -го депозита, а B_i - цену привлечения i -го депозита ($i = 1, 2, \dots, m$). Тогда функция

$$G = \sum_{i=1}^m Y_i \cdot B_i$$

представляет собой стоимость привлечения депозитов, которую требуется минимизировать.

Будем считать, что прогнозируется поступление n кредитных заявок, G_j - величина кредита по j -й кредитной заявке, а A_{ij} - часть i -го депозита, идущего на удовлетворение j -й кредитной заявки, исходя из ликвидности данного коммерческого банка. Таким образом, можем сформулировать задачу о минимизации затрат по привлечению депозитов, при условии, что

$$G = \sum_{i=1}^m Y_i \cdot B_i \geq \sum_{i=1}^m G_i; \quad G_i = \sum_{j=1}^n A_{ij},$$

т.е. депозитная работа банка будет, по крайней мере, безубыточной до тех пор, пока найденное соотношение будет меньше величины процентного дохода по удовлетворенным кредитным заявкам.

Различные подходы к анализу совокупных расходов и доходов банка дают возможность для изучения всего состава производимых банком расходов и доходов и оценки влияния на их величину не только главных факторов, но и тех, которые сложно выявить лишь на основе группировки затрат по одному признаку. Указанные анализы позволяют находить резервы повышения прибыли банка и оценивать эффективность ее использования, оптимизировать его деятельность.

Так как процентная политика является неотъемлемой частью формирования депозитной политики коммерческого банка, она должна регулировать значения процентных ставок по депозитам и ссудным операциям и устанавливать их на уровне, обеспечивающем рентабельность банковских операций.

Следовательно, оптимизационная задача депозитной политики банка на первоначальном этапе оптимизационного процесса, может выглядеть так [3]:

$$\sum_{i=1}^m W_i(U_i^w) \leq S_0,$$

$$\sum_{j=1}^n Z_j(U_j^z) \leq D_0 - SK,$$

$$\sum_{j=1}^n Z_j(U_j^z) - \sum_{i=1}^m W_i(U_i^w) \leq U,$$

$$\sum_{i=1}^m W_i(U_i^w) \geq 0; \quad \sum_{j=1}^n Z_j(U_j^z) \geq 0$$

где S_0 – предложение инвестиций; D_0 – спрос на инвестиции, SK – собственный капитал; U – желаемая величина гэпа;

В качестве целевой функции будет рассматриваться максимум процентного дохода:

$$\max \left\{ c = \sum_{j=1}^n Z_j(U_j^z) \cdot U_j^z - \sum_{i=1}^m W_i(U_i^w) \cdot U_i^w \right\},$$

где U_j^z – кредитная ставка процента, U_i^w – депозитная ставка процента, $\sum_{j=1}^n Z_j(U_j^z)$ – кредитные ресурсы, $\sum_{i=1}^m W_i(U_i^w)$ – привлекаемые ресурсы на рынке депозитов.

Данная задача исследования кредитно-инвестиционной политики банка на этапе становления рыночных отношений даже является сложной нелинейной динамической задачей, которая должна учитывать рассмотренные выше применяемые в банковской практике финансовые инструменты поддержания доходности, ликвидности и снижения рисков. Так же необходимо рассмотреть модель на региональном уровне, учесть показатели инфляции и региональные составляющие. Решение этой задачи целесообразно осуществлять при помощи имитационного моделирования. Так как в настоящее время имитационное моделирование играет огромную роль в современных информационных технологиях. Оно помогает решить возникающие практические задачи описания и исследования систем, в которых необходимо оценить влияния множества случайных факторов, учесть сложное взаимодействие элементов во времени и пространстве, провести многовариантный анализ с целью выбора наиболее эффективного решения, изучить процессы, происходящие в новых объектах [1].

Реализация имитационной модели при этом возможна в настоящие при применении двух подходов к построению модели: специализированных систем (языков) моделирования (GPSS, AnyLogic, Arena и т.д.) и универсальных языков программирования высокого уровня (C++, Delphi и т.д.).

Специализированные системы имитационного моделирования ориентированы, в основном, на построение имитационной модели как отдельного объекта для последующего анализа. Основной аспект на визуализацию процесса и результатов моделирования. Специализированные языки не обеспечивают возможность создания графического интерфейса пользователя, отвечающего требованиям программного комплекса, не имеют мощных средств работы с базами данных. В свою очередь универсальные языки не имеют характерных для языков моделирования средств формализации и описания модели, необходимых для структур хранения данных [4].

В ходе проведенного анализа было выявлено, что наиболее подходящий средой моделирования является инструмент AnyLogic. Выбор среды был обусловлен рядом основных преимуществ данного программного продукта: способность решать задачи моделирования любого масштаба и уровня абстракции, большие возможности визуализации создаваемых моделей при помощи анимаций, возможность определить сколь угодно сложную дискретно-событийную логику, наличие исключительно развитого базового языка дискретного и смешанного дискретно-непрерывного моделирования и т.д. Данная среда моделирования была применена относительно управления производственными процессами промышленных предприятий [4]. В рассмотренных ранее работах и в российской практике данная среда моделирования не была апробирована для банковской сферы, и моделирования оптимизации депозитной политики в частности. Таким образом, необходимо разработать модель оптимизации депозитной политики с учетом региональных особенностей банков и применить данный подход на практике. Применение представленных моделей позволит выявить новые подходы и границы исследования исключительно важной для практики деятельности коммерческих банков проблемы формирования и реализации депозитной политики.

Библиографический список

- [1] Амелин С.В. Организация управления производством на основе моделирования // Организатор производства. — 2008. — № 2. — С. 93–96.

- [2] Власов А.А. Оптимизация портфельной политики коммерческого банка в современных условиях : Автореферат / Власов А.А. — Самара, 2008.
- [3] Егорова Н.Е., Смулов А.М. Математические методы финансового анализа // Финансовый анализ банков. — 1998. — № 2. — С. 110–120.
- [4] Сорокин А.В. Использование имитационного моделирования для повышения эффективности управления производственными процессами промышленных предприятий. Монография. — Барнаул, 2011.
- [5] Шульков С.А. Депозитная политика и ее роль в обеспечении устойчивости коммерческого банка : Автореферат / Шульков С.А. — Саратов, 2008.
- [6] Щетинин М.Е. Оптимизация политики доходности коммерческого банка в условиях кризиса : Автореферат / Щетинин М.Е. — М., 2010.

Модель рассредоточенного рынка при асимметрии транспортных издержек: случай МОНОПСОНИИ

Ю.А. Захарова, Е.В. Понькина

АлмГУ

yliya0108@mail.ru, ponkinaelena77@mail.ru

Исследование рынка при рассредоточенности участников в пространстве началось еще в прошлом веке с работ российского экономиста В. Войтинского [1] и американских ученых Г. Хотеллинга [3] и С. Сэлопа [4]. Модели пространственной конкуренции (МПК) описывают поведение участников рынка (агентов) по месторасположению в пространстве производственных мощностей, торговых павильонов и т.д. и выбору цен реализации товаров либо объемов выпуска. МПК учитывает издержки на транспортировку и сбыт товара, лежащие на стороне потребителей (shopping model) или на стороне производителей (shipping model). Следует отметить, что модели разновидностей shopping и shipping в “чистом виде” для случаев олигополии и монополии достаточно хорошо изучены в литературе, исследования смешанного случая модели (shopping-shipping model) практически отсутствуют. В связи с этим интерес представляет исследование равновесий на рассредоточенном рынке при произвольных вариантах распределения транспортных издержек.

В качестве моделируемого объекта рассматривается рынок некоторых промежуточных продуктов, выступающих сырьем при производстве конечной продукции. На рынке действует множество агентов (потребители и производители). Производители сырья и потребители существенно рассредоточены в пространстве, т.е. издержки транспортировки и сбыта продукции оказывают значительное влияние на экономическую эффективность деятельности агентов. Аналогом данной рыночной структуры может выступать рынок зерна и продуктов его переработки, рынок молока, древесины. Обобщенная многоагентная модель рассредоточенного рынка при асимметрии транспортных затрат приведена в [2]. Исследуем влияние транспортных издержек на равновесие при одном потребителе и нескольких производителях и в условиях фиксированного расположения агентов в пространстве.

Каждый производитель i ($i = 1, 2$) выпускает продукцию в объемах x_i издержки на производство продукции описаны как $z_i = x_i^2$.

Потребителем на сырьевом рынке выступает предприятие, производящее конечную продукцию в объеме y , используя при этом сырьевые компоненты в объемах y_1 и y_2 , приобретаемые у производителей. Договорная закупочная цена на сырье $c = (c_1, c_2)$ дифференцирована для производителей. На рынке готовой продукции ценовая ситуация характеризуется величиной q . Предполагаем, что уровень цен q не оказывает воздействие на объем выпуска конечной продукции, т.е. спрос на готовую продукцию не эластичен по объему предложения.

Взаимодействие между агентами заключается в согласовании объемов поставок сырья x_i, y_i и цен c_i . Арбитраж между агентами не рассматривается.

Естественным условием адекватности взаимоотношений между участниками рынка выступает выполнение продуктового баланса:

$$y_1 + \dots + y_I = x_1 + \dots + x_I; \quad y_i = x_i. \quad (1)$$

Предполагаем, что в общем издержки транспортировки и сбыта на единицу продукции от i -ого производителя до потребителя определены функцией $t_i(\rho_i, x_i)$ и зависят от удаленности агентов, где ρ_i – расстояние между производителем i и потребителем. Введем параметр φ_i , отвечающий за распределение затрат по реализации продукции между потребителем и производителем i , $\varphi_i \in [0, 1]$. Таким образом, издержки транспортировки и сбыта продукции определяются для производителя i : $\varphi_i t_i(\rho_i, x_i) x_i$, для потребителя: $(1 - \varphi_i) t_i(\rho_i, y_i) y_i$.

Задача производителя i ($i = 1, 2$) заключается в получении макси-

мальной прибыли от производства и реализации продукции:

$$\pi_i = cx_i - x_i^2 - \varphi_i t_i x_i \rightarrow \max_{x_i \geq 0} \quad (2)$$

Задача потребителя состоит в получении максимальной прибыли от производства и реализации готовой продукции:

$$\Pi = (qa - c) \sum_{i=1, I} y_i - \left(\sum_{i=1, I} y_i \right)^2 - \sum_{i=1, I} (1 - \phi_i) t_i y_i \rightarrow \max_{y_i \geq 0} \quad (3)$$

) где a – параметр, характеризующий объем выпуска готовой продукции при переработке единицы сырья.

Система моделей (1)-(3) описывает модель рассредоточенного рынка в случае монополии при выполнении баланса интересов агентов (1). Решением являются объемы предложения $x_i = x_i(c, \varphi, t)$ и спроса $y_i = y_i(c, \varphi, t)$ на сырье, при этом пара (x_i, y_i) характеризует с одной стороны направленный поток предложения x_i , обеспечивающий максимум прибыли в задаче (2), а с другой стороны поток спроса y_i как решение задачи (3). Эффективность взаимодействия участников рынка W оценивается суммой прибылей агентов.

В модели (1)-(3) исследованы три случая распределения транспортных издержек между участниками рынка:

С-1. Издержки транспортировки полностью оплачивают производители ($\varphi_i = 1, i = 1, 2$).

С-2. Издержки транспортировки полностью лежат на потребителях ($\varphi_i = 0, i = 1, 2$).

С-3. Произвольное распределение транспортных издержек между участниками рынка (φ_i – любое, положительное).

Для (С-1)–(С-3) исследуются следующие ситуации равновесия:

А. Конкурентное равновесие – участники рынка одновременно максимизируют свою прибыль.

Б. Равновесие в условиях лидерства производителя – производители обладают информацией о зависимости спроса на сырье от цены и поэтому могут “прогнозировать” цену.

С. Равновесие при лидерстве потребителя – потребитель может регулировать цену закупки сырья.

Далее рассматривается небольшой численный пример, иллюстрирующий теоретические выводы, полученные по модели.

Приняты следующие параметры модели:

1) цена готовой продукции потребителя равна $q = 600$, параметр $a = 1,5$;

2) издержки транспортировки: $t_{ij} = \rho_{ij}b$, где $b = 5$ руб./т-км.

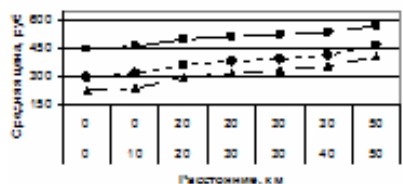
Варианты транспортных издержек в зависимости от удаленности участников рынка приведены в таблице 1.

Таблица 1.

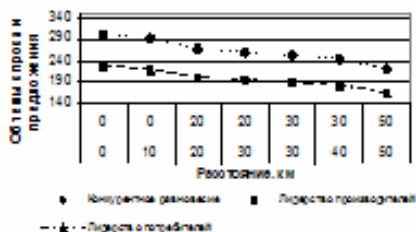
№ п/п	ρ_1	ρ_2	t_1	t_2
1	0	0	0	0
2	10	0	50	0
3	20	20	100	100
4	30	20	150	100
5	30	30	150	150
6	40	30	200	150
7	50	50	250	250

При различной степени удаленности участников рынка рассчитываются оптимальные объемы выпуска и закупа продукции, равновесная цена, частные прибыли, а также сумма их прибылей, отражающая эффективность сетевого взаимодействия агентов.

С-1. *Транспортные издержки полностью оплачивают производители* ($\varphi_1, \varphi_2 = 1$). Графики изменения оптимальной равновесной цены и объемов предложения и спроса при различной удаленности агентов представлены на рисунке 1.



а) равновесная цена



б) объем продаж продукции

Рис. 1. Результаты численного решения в случае С-1

Наименьшая равновесная цена достигается при лидерстве потребителя, т.к. он управляет ценой, а наибольшая – при лидерской позиции производителей, т.к. производители, зная зависимость спроса от цены, могут устанавливать выгодные для них объемы производства. При этом с возрастанием транспортных расходов, которые несет производитель, цена, обеспечивающая максимум прибыли всех участников, также возрастает. Однако рост цены ограничен величиной прибыли потребителя, которая не должна быть отрицательной. Результаты вычислений прибылей участников рынка приведены в таблице 2.

Таблица 2.

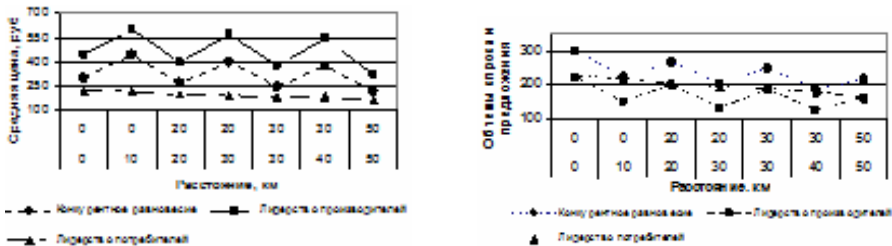
№ п/п	Конкурентное равновесие				Лидерство производителей				Лидерство потребителей			
	π_1	π_2	П	W	π_1	π_2	П	W	π_1	π_2	П	W
1	23	23	90	135	38	38	51	127	13	13	101	127
2	18	25	85	128	32	40	48	120	9	15	96	120
3	18	18	71	107	30	30	40	100	10	10	80	100
4	14	20	67	100	25	32	38	94	7	12	75	94
5	16	16	63	94	26	26	35	88	9	9	70	88
6	12	18	58	88	21	28	33	82	6	11	66	82
7	12	12	47	70	20	20	26	66	7	7	53	66

Анализ полученных данных показал, в условиях лидерства потребителя, он получает наибольшую прибыль, а производители наименьшую. В случае лидерских позиций производителя наблюдается обратная закономерность.

При этом эффективность взаимодействия участников рынка наивысшая в условиях конкурентного равновесия, а при лидерских позициях производителей и при лидерстве потребителя она одинакова. С ростом расстояния между агентами прибыль, как у производителей, так и потребителей убывает, что также влияет на эффективность их взаимодействия.

С-2. *Транспортные издержки полностью оплачивает потребитель* ($\varphi_1, \varphi_2 = 0$). На рисунке 2 представлены изменения равновесной цены и объемов предложения и спроса при разном расстоянии между участниками рынка. Оценки прибыли участников рынка для этого случая представлены в таблице 3.

При лидерстве производителей с равной степенью удаленности агентов равновесная цена будет ниже, чем при разном расстоянии между ни-



а) равновесная цена

б) объем продаж продукции

Рис. 2. Результаты численного решения в случае С-2

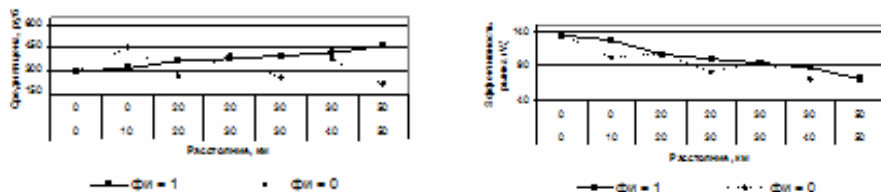
ми, т.к. производителям не выгодно поднимать цену, чтобы потребитель не переключил спрос на другого производителя.

Таблица 3.

№ п/п	Конкурентное равновесие				Лидерство производителей				Лидерство потребителей			
	π_1	π_2	П	W	π_1	π_2	П	W	π_1	π_2	П	W
1	23	23	90	135	38	38	51	127	13	13	101	127
2	0	51	51	101	0	68	23	90	12	12	101	125
3	18	18	71	107	30	30	40	100	10	10	100	120
4	0	40	40	80	0	58	13	71	9	9	99	118
5	16	16	63	94	26	26	35	88	9	9	98	116
6	0	35	35	70	0	53	9	63	8	8	97	114
7	12	12	47	70	20	20	26	66	7	7	93	107

Прибыль агентов при конкурентном равновесии, а также в случае лидерства производителей варьируется в зависимости от удаленности между ними. Наименьшая прибыль достигается при асимметрии транспортных расходов, т.к. потребитель закупает у того производителя, сотрудничество с которым принесет наименьшие транспортные издержки.

Сравнительный анализ при конкурентном равновесии (рис. 3) показал, что распределение транспортных издержек между участниками рынка оказывает существенное влияние на равновесную цену и эффективность взаимодействия участников рынка.



а) равновесная цена

б) эффективность рынка

Рис. 3. Конкурентное равновесие при различных вариантах распределения транспортных издержек

С-3. *Асимметрия распределения транспортных издержек* (φ_1, φ_2 – любые). Решая задачу потребителя, находим, что равновесие существует только тогда, когда параметр φ_1 является линейной комбинацией, удовлетворяющей следующему условию:

$$\varphi_1 = 1 - (1 - \varphi_2) \frac{t_2}{t_1}.$$

Анализ данного выражения показал, что при равной степени удаленности производителей, издержки транспортировки производители оплачивают потребителю в равных долях ($\varphi_1 = \varphi_2$); при большей удаленности одного из производителей (например, $t_1 > t_2$), то большую часть издержек оплачивает потребителю тот из производителей, который более удален ($\varphi_1 \geq \varphi_2$), а второй может оплачивать любую долю ($\varphi_2 \geq 0$).

Библиографический список

- [1] Войтинский В. Рынок и цены: Теория потребления, рынка и рыночных цен. — СПб., 1906.
- [2] Понькина Е.В., Захарова Ю.А., Калинина А.С. Модель рассредоточенного сырьевого рынка при асимметрии распределения транспортных расходов // МАК-2012: материалы пятнадцатой региональной конференции по математике. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2012. — С. 133–136.
- [3] Hotelling H. Stability in Competition // Economic Journal. — 1929. — March. — Vol. 39, no. 153. — P. 41–57.
- [4] Salop S. Monopolistic Competition with Outside Goods // Bell Journal of Economics. — 1979. — Vol. 10. — P. 141–156.

Информационное обеспечение процесса построения модели продукционного процесса сои¹

Ю.Б. Лямкина, Л.А. Хворова

АлтГУ

lyamkina@inbox.ru

Соя – ценная белково-масличная культура. По количеству и качеству содержащихся в соевом зерне полезных веществ ей нет равных среди полевых сельскохозяйственных культур. При благоприятных условиях симбиоза соя способна удовлетворить свою потребность в азоте за счет симбиотической фиксации азота воздуха клубеньковыми бактериями.

Реализация азотфиксирующего потенциала зернобобовых культур зависит как от генотипических особенностей макро- и микросимбионта, так и от агроклиматических условий, свойств почвы, обеспеченности растений элементами минерального питания, наличия в почве специфичных клубеньковых бактерий и др. Изучение этих факторов на адекватной математической модели с целью управления процессом азотфиксации, увеличения доли биологического азота в питании растений и повышения продуктивности зернобобовых культур является весьма актуальным направлением.

Выращивание бобовых культур, активно фиксирующих азот воздуха, может частично решить проблему сохранения и даже расширенного воспроизводства естественного плодородия почвы. Неоднократно предпринимавшиеся попытки освоения сои в Западной Сибири, в том числе и на Алтае, из-за отсутствия соответствующих местным условиям скороспелых сортов в большинстве случаев заканчивались неудачей. Возделывание сои на Алтае и быстрый рост площадей ее посева стали возможными с созданием в 1994 г. нового скороспелого сорта сибирского экотипа “Алтом”, успешно прошедшего в 1995–1997 гг. государственное испытание и с 1998 г. включенного в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Западной Сибири.

Для оптимального использования уникальной способности бобовых культур связывать молекулярный азот атмосферы и учета влияния бобовых в поддержании баланса азота в почве становится актуальным создание математической модели продукционного процесса бобовых растений.

¹Работа выполнена в рамках государственного задания “Изучение процессов конвекции и теплопереноса в анизотропных областях и областях с границами раздела” № 7.3975.2011.

За основу для разработки модели продукционного процесса сои с учетом симбиотической азотфиксации взят имитационно-моделирующий комплекс AGROTOOL [4], разработанный в лаборатории математического моделирования агроэкосистем Агрофизического научно-исследовательского института РАСХН, успешно адаптированный для яровой пшеницы в условия Алтайского края [5]. Структурно-параметрическая идентификация модели, учитывающей особенности роста и развития сои, а также процесс симбиотической азотфиксации клубеньковыми тканями корней сои, произведена на основе обобщения материалов исследований, проведенных совместно с ГНУ АНИИСХ. Теоретическая модель динамики азота в почве с учетом симбиотической фиксации азота описана в работах [2, 3] и в данной публикации не приводится.

Собранный экспериментальный материал для информационной поддержки модели является уникальным, т.к. впервые в условиях Алтайского Приобья изучены особенности формирования и функционирования симбиотического аппарата различных сортов сои [6], установлена взаимосвязь азотфиксирующей активности клубеньковых бактерий с плотностью стояния растений, уровнем обеспеченности элементами минерального питания [1], продуктивностью культур и потреблением питательных веществ. Уникальность экспериментального материала объясняется трудоемкостью постановки и проведения опытов по изучению различных сторон симбиотической азотфиксации.

Количественными показателями проведенных исследований являются: число клубеньков, масса клубеньков, азотфиксирующая активность (рис. 1).

Проведенные исследования показали, что формирование и азотфиксирующая активность симбиотического комплекса “соя – клубеньковые бактерии” находятся в сильной зависимости от условий увлажнения периода вегетации растений. Критической фазой для формирования бобово-ризобияльного симбиоза следует считать время адгезии и проникновения клубеньковых бактерий в ткани бобового растения. Невысокая влажность почвы в это время препятствует процессу инфицирования.

По результатам исследований более отзывчив на инокуляцию сорт “Алтом”, у которого в среднем за два года усвоение атмосферного азота увеличилось на 97%, тогда как сорт “СибНИИК 315” увеличил интенсивность азотфиксации всего на 36%. Гипотетически этот факт можно объяснить тем, что на корнях растений сои сорта “СибНИИК 315” лучше приживаются и эффективнее работают клубеньковые бактерии местной почвенной популяции, а вклад инокуляции составляет лишь треть от об-

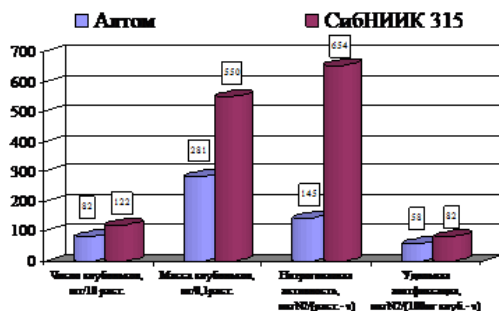


Рис. 1. Характеристики симбиотического аппарата неинокулированных сортов сои (в среднем за 2000 и 2002 гг.)

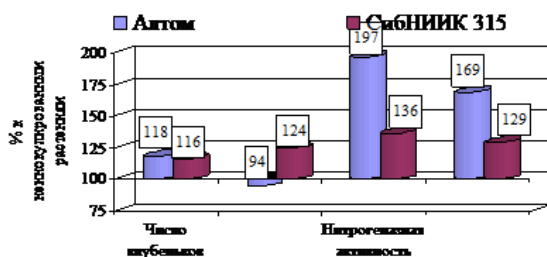


Рис. 2. Эффективность инокуляции различных сортов сои

щего показателя азотфиксации (рис. 2).

С целью определения влияния различных концентраций азота в питательном растворе на процесс клубенькообразования и формирование биомассы сои было проведено два вегетационных опыта. Исследования показали, что наибольшая биомасса формируется при высоком обеспечении растений нитратным азотом.

В результате проведенных исследований установлено, что азотные удобрения в той или иной степени подавляют процесс клубенькообразования на ранних этапах онтогенеза, отрицательно влияют на развитие клубеньков и их азотфиксирующую способность. Негативное действие азотных удобрений в большей степени проявляется на симбиозе расте-

ний сорта “Алтом”. Симбиотический аппарат сорта “СибНИИК 315” более толерантен к содержанию минерального азота в почве.

Большое влияние на симбиотическую азотфиксацию бобовыми растениями оказывает фосфор, который необходим, как для инфекционного процесса, так и для функционирования симбиотической системы. Соли калия необходимы для регуляции осмотического потенциала клетки, активации ряда ферментов и транспорта органических соединений. В процессе симбиотической азотфиксации калий играет важную роль в транспорте аминокислот и нитратном метаболизме.

Эффективность минеральных и бактериальных удобрений проявляется в изменение прироста надземной биомассы. В зависимости от условий года и генотипических особенностей сорта, соя в различной степени реагирует на ризоторфин и минеральный азот.

Улучшение азотного питания растений сои за счет дополнительного поступления как биологического, так и минерального азота способствует росту продуктивности культуры.

Таким образом, анализ материалов исследований позволил:

1. Определить эффективность симбиоза районированных сортов сои с клубеньковыми бактериями в условиях Алтайского Приобья.
2. Проанализировать действие ризоторфина на формирование симбиотического аппарата, его азотфиксирующую активность и продуктивность сортов сои.
3. Установить влияние обеспеченности растений макро- и микроэлементами на показатели симбиоза, урожайность культур и качество зерна.
4. Оценить уровень азотфиксации и продуктивность сои в зависимости от густоты стояния растений.

Структурно-параметрическая идентификация модели симбиотической фиксации молекулярного азота клубеньковыми тканями корней сои осуществлена на основе полученных и обработанных экспериментальных данных в рамках имитационно-моделирующего комплекса продукционного процесса сельскохозяйственных культур Agrotool, адаптированного к условиям Алтайского края сотрудниками лаборатории методов оптимизации МФ АлтГУ.

Библиографический список

- [1] Литвинцев П.А. Влияние фосфорных и калийных удобрений на азотфиксацию и зерновую продуктивность сои // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: Труды конф.

- молодых ученых СО РАСХН (15–16 ноября 2004 г., Краснообск). – Новосибирск, 2004. – С. 37–42.
- [2] Лямкина Ю.Б. Моделирование продукционного процесса бобовых растений на примере сои // Известия АлтГУ. – 2010. – № 1. – С. 93–96.
- [3] Лямкина Ю.Б., Хворова Л.А. Моделирование динамики азота в почве (теоретические аспекты) // Известия АлтГУ. – 2011. – № 2. – С. 95–98.
- [4] Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур / Полуэктов Р.А., Смоляр Э.И., Терлеев В.В., Топаж А.Г. – СПб. : Изд-во С.-Петербур. Ун-та, 2006. – 396 с.
- [5] Хворова Л.А., Топаж А.Г. Построение моделей агроэкосистем и их адаптация к конкретным условиям // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2011. – № 1(115). – С. 99–105.
- [6] Шотт П.Р., Старостенко В.П., Литвинцев П.А. Потребление элементов питания и белковая продуктивность сои на черноземах Алтайского Приобья // Научное обеспечение производства зернобобовых и крупяных культур: Сб. науч. тр. – Орел, 2004. – С. 342–349.

Управление качеством подготовки школьников к ЕГЭ на основе теории нечетких множеств

Т.П. Махаева
АлтГПА
makhaeva@inbox.ru

Мы считаем, что сегодня для организации управления образовательной подготовкой школьников вполне успешно могут рассматриваться известные методы прикладной статистики. К ним мы бы отнесли статистический контроль, в котором по выборочным результатам первичных баллов (ПБ) испытаний делается вывод о качестве подготовки школьников данного учебного заведения к Единому государственному экзамену (ЕГЭ) по тому или иному учебному предмету. Традиционно, если организуется данный контроль, то делается это простейшим способом - по одному альтернативному признаку, при котором возможны лишь два результата -

достаточно высокий общий балл ЕГЭ (высокое качество подготовки) или низкий балл ЕГЭ (низкое качество подготовки).

Мы предлагаем рассматривать статистический контроль качества подготовки школьников к ЕГЭ по математике сразу по двум альтернативным признакам. Обращаясь к теории нечетких множеств, это можно назвать проблемой проверки независимости двух альтернативных признаков. При этом устанавливается, соответствуют ли полученные первичные баллы отдельного школьника заданным критериям оценки. Если баллы соответствуют, то качество подготовки признается высоким (хорошим) и ему присваивается символ 0. Если же не соответствует - качество подготовки признается дефектным (плохим), а результату контроля присваивается символ 1.

Согласно Приложению 1 к приказу ФИПИ от 18 апреля 2012 г. № 13-П, получение школьником общего ПБ=15 по математике свидетельствует о высоком уровне подготовки участника экзамена, а именно, о наличии системных знаний, овладении комплексными умениями, способности выполнять творческие задания по предмету.

В изучаемой нами математической модели контроля рассматриваются два альтернативных признака - это функция $X = X(w)$, определенная на множестве результатов ЕГЭ по математике школьников данного региона $W = \{w\}$ и принимающая два значения 0 и 1. Причем $X(w) = 0$ означает, что качество общей подготовки школьника является высоким, а $X(w) = 1$ - что оно является плохим. Второй признак $Y = Y(w)$, определенный на том же множестве, по аналогии $Y(w) = 0$ означает, что качество геометрической подготовки школьника является высоким, а $Y(w) = 1$ - что оно является плохим.

Рассмотрим стандартные для статистических методов обозначения $p_1 = P(X(w) = 1)$ - входной уровень дефектности для первого признака

$p_2 = P(Y(w) = 1)$ - входной уровень дефектности для второго признака

Вероятности результатов контроля по двум признакам одновременно описываются четырьмя числами:

$$p_{00} = P(X(w) = 0, Y(w) = 0), p_{10} = P(X(w) = 1, Y(w) = 0)$$

$$p_{01} = P(X(w) = 0, Y(w) = 1), p_{11} = P(X(w) = 1, Y(w) = 1)$$

При этом справедливы соотношения:

$$p_{00} + p_{10} + p_{01} + p_{11} = 1, p_{10} + p_{11} = p_1, p_{01} + p_{11} = p_2$$

С точки зрения управления образовательной подготовкой школьников наиболее интересна вероятность p_{00} , означающая что высоким является качество как общей так и геометрической подготовки школьников.

Рассмотренные вероятности можно представить в табличном виде

Таблица 1. Вероятности результатов контроля по двум альтернативным признакам

	X=0	X=1	Всего
Y=0	p_{00}	p_{10}	$1 - p_2$
Y=1	p_{01}	p_{11}	p_2
Всего	$1 - p_1$	p_1	1

Известны три важных частных случая - поглощения, несовместности и независимости плохого качества подготовки. Другими словами: поглощения, несовместности и независимости событий $X(w) = 1$ и $Y(w) = 1$. В случае поглощения одно из этих событий содержит другое и $p_{00} = 1 - \max(p_1, p_2)$. В случае несовместности $p_{00} = 1 - p_1 - p_2$. В случае независимости $p_{00} = (1 - p_1)(1 - p_2)$. Вероятность высокого качества подготовки всегда заключена между значениями соответствующими значениям случая поглощения и несовместности. Кроме того при бесконечно малых значениях p_1 и p_2 их произведение является бесконечно малой более высокого порядка, т.е. формулы, соответствующие независимости и несовместности асимптотически совпадают.

Рассмотрим несколько примеров:

1. Пример (случай поглощения)

Пусть первичные баллы результатов ЕГЭ по математике в выборке из 100 работ школьников некоторого региона распределены по двум альтернативным признакам $X(w)$ - качество общей подготовки, $Y(w)$ - качество геометрической подготовки как указано в таблице 2.

Таблица 2. Результаты 100 испытаний по двум альтернативным признакам

	X=0	X=1	Всего
Y=0	95	0	95
Y=1	0	5	5
Всего	95	5	100

В данном случае дефектность подготовки всегда встречается парами, если плохое качество общей подготовки, то плохое качество и геометрической подготовки школьников. Входной уровень дефектности подготовки одинаковый как по каждому признаку, так и по обоим вместе 0,05. Поэтому далее целесообразно перейти к изучению только одного показателя, контроль которого проще.

2. Пример (случай несовместности)

Результаты ЕГЭ по математике в выборке из 100 работ школьников некоторого региона распределены по двум альтернативным признакам как показано в таблице 3.

Таблица 3. Результаты 100 испытаний по двум альтернативным признакам

	X=0	X=1	Всего
Y=0	90	5	95
Y=1	5	0	5
Всего	95	5	100

Теперь дефектность подготовки всегда встречается поодиночке, если присутствует плохое качество общей подготовки, то дефектности геометрической подготовки уже нет. В результате входной уровень дефектности подготовки по каждому признаку по прежнему равен 0,05, однако, входной уровень результатов, имеющих хотя бы одну дефектную подготовку в два раза выше 0,1.

3. Пример (случай независимости)

Результаты ЕГЭ по математике в выборке из 100 работ школьников некоторого региона распределены по двум альтернативным признакам как показано в таблице 4.

Таблица 4. Результаты 100 испытаний по двум альтернативным признакам

	X=0	X=1	Всего
Y=0	91	4	95
Y=1	4	1	5
Всего	95	5	100

В данном случае уровень дефектности подготовки для каждого признака по прежнему равен 0,05, в то время как одновременно для обоих признаков он равен 0,25, что на 15% больше, чем в случае несовместности и на 20% больше, чем в случае поглощения.

Проблема состоит в том, что критерии перевода первичных баллов ЕГЭ школьников в тестовые баллы, а затем в оценки разработаны для

случая одного контролируемого признака, а приведенные примеры показывают, что если таких признаков несколько, то качество подготовки не определяется однозначно по дефектности отдельных признаков. Другими словами: качество общей подготовки школьника к ЕГЭ по математике нельзя однозначно (четко) определить по общему ПБ или первичным баллам за геометрические задачи и дальнейшие исследования лежат в области нечеткой логики.

Библиографический список

- [1] Батыршин И.З. Основные операции нечеткой логики и их обобщения. — Казань : Отечество, 2001. — 101 с.
- [2] Майер Р.А., Колмакова Н.Р. Статистические методы в психолого-педагогических и социологических исследованиях. — Красноярск : РИО КГПУ, 2002.
- [3] Орлов А.И. Нечисловая статистика. — М. : Наука, 2004. — 539 с.
- [4] Zadeh L. Fuzzy sets // Information and Control. — 1965. — no. 8. — P. 338–353.

О нахождении равновесия Нэша игры двух лиц в случае независимости асимметричной информированности в среде “Maple”

Е.В. Матюнин, А.В. Жариков

АлмГУ

matyuninev@gmail.com, zharikov.av@gmail.com

В работе рассматривается игровая постановка задачи управления при асимметрии информированности. Условие асимметрии информированности учитывается наличием компонент некоторого вектора параметров в решающем правиле.

Рассмотрим игру n лиц с произвольной суммой, которое задается множеством

$$\Gamma = (I_n, \{Y_i\}_{i \in I_n}, \{K_i\}_{i \in I_n}),$$

где $I_n = \{1, 2, \dots, n\}$ – множество игроков, Y_i – множество стратегий игрока i , K_i – функция выигрыша игрока определённая на декартовом произведении множеств стратегий игроков $Y = \prod_{i \in I_n} Y_i$. Пусть $S_i \subseteq I_m$ – совокупность индексов, определяющих информационную структуру для i -го

игрока, имеющего стратегию $x_i = x_i(d_i)$, $d_i = (w_j)_{j \in S_i}$, $i \in I_n = \{1, 2, \dots, n\}$. Согласно [2] условие разной информированности игроков вводится как:

$$\frac{\partial x_i(d_i)}{\partial w_j} = 0, j \notin S_i, i \in I_n. \quad (1)$$

Игроку i не известны компоненты векторов параметров решающих правил других игроков. Множество допустимых стратегий примет вид:

$$X = \prod_{i \in I_n} X_i, x_i \in X_i, X \subset C^1[W, R^n], w \in W \subset R^n. \quad (2)$$

Функцию полезности i -го игрока запишем в виде усредненного значения:

$$J_i(x(\cdot)) = \int_W F_i(w, x(w)) \Phi(w) dw, i \in I_n. \quad (3)$$

Таким образом, игровая постановка задачи управления при несовпадающей информированности примет вид:

$$J_i(x(\cdot)) = \int_W F_i(w, x(w)) \Phi(w) dw \rightarrow \max_{x_i \in X_i}, i \in I_n. \quad (4)$$

Предполагается, что игроки имеют непротивоположные интересы. Пусть решением игры является равновесие по Нэшу. Будем рассматривать решение задачи (4) при $n=m=2$ в среде математических вычислений "Maple" для случая, когда параметры w_1 и w_2 являются независимыми случайными величинами. Задача (4) примет вид:

$$\begin{cases} M[F_1(w_1, w_2, x_1(w), x_2(w))] \rightarrow \max_{x_1}, \\ M[F_2(w_1, w_2, x_1(w), x_2(w))] \rightarrow \max_{x_2}, \end{cases} \quad (5)$$

при условии разной информированности

$$\frac{\partial x_1}{\partial w_1} = 0, \frac{\partial x_2}{\partial w_2} = 0. \quad (6)$$

Рассмотрим задачу со следующим видом функционалов:

$$\begin{aligned} F_1 &= \langle A(x_1, x_2, w_1, w_2), (x_1, x_2, w_1, w_2) \rangle, \\ F_2 &= \langle B(x_1, x_2, w_1, w_2), (x_1, x_2, w_1, w_2) \rangle, \end{aligned}$$

где $A = \begin{pmatrix} -5 & 3 & 1 & 1 \\ 3 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$, $B = \begin{pmatrix} 0 & 3 & 0 & 0 \\ 3 & -4 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ матрицы квадратичных

форм F_1, F_2 . Следовательно,

$$F_1 = -5x_1^2(w) + 6x_1(w)x_2(w) + 2x_1(w)w_1 + 2x_1(w_2)w_2 + 4x_2^2(w_1),$$

$$F_2 = 4x_2^2(w) + 6x_1(w)x_2(w) + x_2(w)w_1 + x_2(w)w_2 + x_1(w)w_1 - 4x_2^2(w).$$

Пусть информационный вектор w распределен на квадрате $W = [a, b] \times [a, b]$, $a = 0, b = 1$ с плотностью $\Phi(w)$. Тогда задача (5) при условиях (6) примет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} J_1 = \int_0^1 \int_0^1 (F_1(x_1(w), x_2(w), w_1, w_2)) \Phi(w_1, w_2) dw_1 dw_2 \rightarrow \max_{x_1 \in X}, \\ J_2 = \int_0^1 \int_0^1 (F_2(x_1(w), x_2(w), w_1, w_2)) \Phi(w_1, w_2) dw_1 dw_2 \rightarrow \max_{x_1 \in X}. \end{array} \right.$$

Полученная задача при условиях (6), по сути, является игрой двух лиц, где $J_1(x_1, x_2), J_2(x_1, x_2)$ – функции выигрыша, а x_1, x_2 – стратегии игроков. Множество допустимых стратегий X_1, X_2 будут пространства $C^1(W), C^1(W)$ соответственно. Функция плотности распределения, в случае независимых компонент случайного вектора w , имеет вид:

$$\Phi(w) = \varphi_1(w_1)\varphi_2(w_2). \quad (7)$$

Пусть w_1 и w_2 имеют показательное распределение на $[0, 1]$, тогда $\varphi_1(w_1) = \frac{1}{1 - e^{-1}} e^{-w_1}, \varphi_2(w_2) = \frac{1}{1 - e^{-1}} e^{-w_2}$.

Ситуация равновесия по Нэшу влечет выполнение следующих условий $J_1(x_1, x_2^*) \leq J_1(x_1^*, x_2^*)$. Согласно [1], рассматриваются следующие задачи максимизации для отыскания ситуаций равновесия по Нэшу:

$$J_1(x_1^*, x_2^*) = \max_{x_1 \in X} J_1(x_1, x_2^*), \quad (8)$$

$$J_2(x_1^*, x_2^*) = \max_{x_2 \in X} J_2(x_1^*, x_2). \quad (9)$$

В результате, получаем вариационную задачу отыскания максимума функционалов J_1, J_2 по $x_1(w_2), x_2(w_1)$ и соответственно.

Используя метод множителей Лагранжа, получаем необходимые условия [1]:

$$\begin{cases} \int_0^1 (-10x_1(w) + 6x_2(w) + 2w_1 + 2w_2)\varphi_1(w_1)dw_1 = 0, \\ \int_0^1 (6x_1(w) - 8x_2(w) + w_1 + w_2)\varphi_1(w_2)dw_2 = 0. \end{cases}$$

Следующий шаг – нахождение допустимых экстремалей $x_1(w_2)$ и $x_2(w_1)$. Учитывая свойства плотностей распределения составляющих w_1 и w_2 , соответственно, имеем соотношения $\int_0^1 \varphi_1(w_1)dw_1 = 1$, $\int_0^1 \varphi_1(w_2)dw_2 = 1$. Преобразуем полученную систему интегральных уравнений к виду:

$$\begin{cases} 10x_1(w) - 6 \int_0^1 (x_2(w)\varphi_1(w_1)dw_1 - 2 \int_a^b w_1\varphi_1(w_1)dw_1) = 0, \\ 8x_2(w) - 6 \int_0^1 (x_1(w)\varphi_2(w_2)dw_1 - w_1 - \int_a^b w_2\varphi_2(w_2)dw_2) = 0. \end{cases}$$

Данная система является системой интегральных уравнений Фредгольма 2-го рода с вырожденным ядром. Символьное решение данной системы уравнений, полученное в среде математических вычислений “Maple” имеет вид:

$$\begin{cases} x_2^*(w_1) = \frac{53}{44} \frac{(-1 + 2e^{-1})}{(-1 + e^{-1})} + \frac{1}{4}w_1, \\ x_1^*(w_2) = \frac{59}{55} \frac{(-1 + 2e^{-1})}{(-1 + e^{-1})} + \frac{1}{5}w_2. \end{cases}$$

Таким образом, мы показали, что функции $x_1(w)$ и $x_2(w)$ имеют линейную зависимость в случае независимых компонент w_1 и w_2 . Покажем, что найденные $x_1(w)$ и $x_2(w)$ являются равновесием по Нэшу. Для этого рассмотрим разность для функционала J_1 , где $h_1 \in C(W)$:

$$J_1(x_1^* + h_1, x_2^*) - J_1(x_1^*, x_2^*) =$$

$$\int_0^1 \int_0^1 (-5h_1^2 + (10x_1^* + 6x_2^* + 2w_1 + 2w_2)h_1)\Phi(w_1, w_2)dw_1dw_2.$$

Имеем $J_1(x_1^* + h_1, x_2^*) - J_1(x_1^*, x_2^*) = \int_0^1 \int_0^1 (-5h_1^2)\Phi(w_1, w_2)dw_1dw_2$. Аналогично, рассматривая приращение функционала J_2 , получаем $J_2(x_1^*, x_2^* + h_2) - J_2(x_1^*, x_2^*) = \int_0^1 \int_0^1 (-4h_2^2)\Phi(w_1, w_2)dw_1dw_2$,

где $h_2 \in C(W)$. Следовательно, для рассматриваемой задачи пара (x_1^*, x_2^*) является равновесием по Нэшу.

Найденные экстремали $x_1(w)$, $x_2(w)$ доставляют следующие максимумы функционалам J_1 , J_2 :

$$J_1 = 3.29, J_2 = 2.68.$$

Таким образом мы получили символьное решение задачи (5) при условии (6) в концепции равновесия по Нэшу в среде математических вычислений “Maple”.

Библиографический список

- [1] Жариков А.В. Разработка математических моделей поддержки принятия решений при информационных ограничениях : Дисс... канд. физ.-мат. наук / Жариков А.В. — Барнаул, 2011. — 122 с.
- [2] Максимов А.В., Оскорбин Н.М. Многопользовательские информационные системы: основы теории и методы исследования: монография. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2005. — 250 с.

Моделирование оптимальной траектории слабо формализованного объекта с иерархической структурой

О.В. Махныткина

АлтГУ

Olesya.Mahnitkina@yandex.ru

На практике распространена задача оценивания сложных объектов, описываемых многими показателями. При этом многие социальные, экономические, технические объекты можно отнести к слабоформализованному типу, тогда оценка усложняется качественной природой параметров предметной области, неоднородностью шкал измерений параметров, нелинейным характером взаимосвязи характеристик.

При моделировании таких объектов и разработке методов структурирования информации широко используется иерархический подход как методологический прием расчленения формально описанной системы на уровни. В общем виде задачу оценки объекта с иерархической структурой можно записать в следующем виде.

Обозначим: $M = \{1, 2, \dots, m\}$ – множество частных критериев, оценки $x_p \in X_p$ по которым принимают значения из множеств X_p , $p \in M$, $y_0 \in Y_0$ – интегральный показатель оценки, который вычисляется в соответствии с процедурой агрегирования $F(\cdot) : X' \rightarrow Y_0$ или с учетом иерархической структуры:

$$\begin{cases} y_{ij\dots kl} = F_{ij\dots kl}(x_p) \\ y_{ij\dots k} = F_{ij\dots k}(y_{ij\dots kl}) \\ \dots \\ y_i = F_i(y_{ij}) \\ y_0 = F_0(y_i) \end{cases}$$

где $x = (x_1, x_2, \dots, x_m) \in X' = \prod_{p \in M} X_p$, $i = \overline{1, m_i}$, $j = \overline{1, m_j}$, $k = \overline{1, m_k}$,

$l = \overline{1, m_l}$ – индексы уровней иерархии, m_i – количество показателей на уровне иерархии i , $F_{ij\dots k}$ – процедура агрегирования на $ij\dots k$ -ом уровне иерархии.

Такой подход используется в теории комплексного оценивания. Наибольшее распространение в последние годы получили матричные процедуры комплексного оценивания, в которых существует набор частных показателей, измеряемых в дискретной шкале, которые сворачиваются попарно (дихотомическая – бинарная – процедура). Задачи построения матричных систем комплексного оценивания возникают в различных прикладных областях: управление развитием приоритетных направлений науки и техники [7], региональное управление [3], управление научными [11], производственными [5], и образовательными системами [8] и т.д.

Другой подход заключается в использовании “метода анализа иерархий” Т.Саати для иерархической композиции оценок состояния и способен адекватно и эффективно решать указанные задачи [6, 14].

Одним из перспективных направлений являются гибридные экспертные системы (ГЭС) – метод решения неформализованных задач, который позволяет представить задачу в виде иерархического дерева подзадач и указать для каждой из них свой метод решения [9]. ГЭС получили широкое распространение и практическое применение [1, 10, 12, 13].

Однако, не смотря на широкое распространение подходов к оценке слабоформализованных объектов, практически отсутствуют методы анализа развития таких объектов во времени, что необходимо для принятия управленческих решений. Таким образом, моделирование оптимальной траектории слабоформализованного объекта является актуальной задачей. Под траекторией будем понимать – последовательную смену состояний объекта во времени. Оптимальной называется траектория, обеспечивающая на протяжении изучаемого периода лучшие результаты относи-

тельно заданного общего критерия качества системы.

Для моделирования траектории представим y_0 динамической системой. Переход системы из состояния y_0^t в состояние y_0^{t+1} осуществляется под воздействием u^t управляющих воздействий соответствии с функциональной зависимостью $y_0^{t+1} = F^{t+1}(y_0^t, u^{t+1})$. В начальный момент времени система находится в состоянии y_0^0 . На 1-м шаге под действием переменной управления u^1 система переходит из состояния y_0^0 в состояние y_0^1 , то есть $y_0^1 = F^1(y_0^0, u^1)$. На последнем n -м шаге под действием переменной управления u^n система переходит из состояния y_0^{n-1} в состояние y_0^n , то есть $y_0^n = F^n(y_0^{n-1}, u^n)$.

Запишем задачу с учетом иерархической структуры. Пусть в момент времени t система показателей описывается вектором $x^t = \{x_p^t\}$ (значения показателей развития). Предполагается воздействие каждого x_p^t сразу на несколько показателей $y_{ij\dots kl}^t$ нижнего уровня иерархии показателей, которые в свою очередь влияют на показатели верхних уровней иерархии. Получаем:

$$\begin{cases} y_{ij\dots kl}^{t+1} = F_{ij\dots kl}^{t+1}(y_{ij\dots kl}^t, x^{t+1}, u^{t+1}) \\ y_{ij\dots k}^{t+1} = F_{ij\dots k}^{t+1}(y_{ij\dots k}^t, y_{ij\dots kl}^{t+1}) \\ \dots \\ y_i^{t+1} = F_i^{t+1}(y_i^t, y_{ij}^{t+1}) \\ y_0^{t+1} = F_0(y_0^t, y_i^{t+1}) \end{cases}$$

В основе решения задач динамического программирования лежит принцип, сформулированный Р. Беллманом [4]: каково бы ни было состояние системы в результате какого-либо числа шагов, на ближайшем шаге нужно выбирать управление так, чтобы оно в совокупности с оптимальным управлением на всех последующих шагах приводило к оптимальному выигрышу на всех оставшихся шагах, включая данный.

Решение задачи нахождения оптимальной траектории представляет собой набор векторов $s = \{(x^0, u^0), \dots, (x^{n-1}, u^{n-1}), x^n\}$ для каждого периода времени t . Обозначим показатель эффективности процесса управления в момент времени t через

$$Z^t = g^t(x^t, u^t)$$

Поиск оптимальной траектории осуществляется за счет нахождения набора управляющих воздействий, обеспечивающего достижение оптимального значения показателя эффективности:

$$Z = \sum_{t=0}^n g^t(x^t, u^t)$$

Таким образом, поиск решения осуществляется согласно следующим рекуррентным соотношениям:

$$\hat{Z}^n = \max_{u^n \in \Omega^n} g^n(x^n, u^n),$$

$$\hat{Z}^{t-1} = \max_{u^{t-1} \in \Omega^{t-1}} \left[g^{t-1}(x^{t-1}, u^{t-1}) + \hat{Z}^t \right].$$

В результате решения указанной оптимизационной задачи получаем перечень управляющих воздействий u^t , значений показателей x^t и рассчитываемых показателей $y_{ij\dots kl}^t, y_{ij\dots k}^t, \dots, y_i^t, y_0^t$, по всем периодам t .

Процесс нахождения решения задачи определения оптимальной траектории осложняется характером слабоформализованных объектов:

1. качественная природа параметров предметной области, отсутствие количественных достоверных исходных данных;
2. неоднородность шкал измерений параметров;
3. нелинейный характер взаимосвязи характеристик, отсутствие формальных (математических) методов получения оптимальных результатов решения слабоформализованных задач по совокупности исходных данных.

Таким образом, решение задачи нахождения оптимальной траектории невозможно аналитическими методами, а большая размерность задачи не позволяет находить решение непосредственным перебором. Одним из решений этой проблемы может быть адаптация численных методов оптимизации для нахождения траектории слабоформализованного объекта с иерархической структурой, например, метода ветвей и границ [2].

Библиографический список

- [1] Авдеев А.С., Пятковский О.И. Адаптивная модель прогнозирования временных рядов на примере продаж автомобилей в регионе // Нейроинформатика, её приложения и анализ данных: материалы XVII Всеросс. Семинара. — Красноярск : ИВМ СО РАН, 2009. — С. 9–12.

- [2] Алексеева Е.В., Кутненко О.А., Плясунов А.В. Численные методы оптимизации: Учеб. пособие. — Новосибирск : Новосиб. ун-т., 2008. — 128 с.
- [3] Андронникова Н.Г., Бурков В.Н., Леонтьев С.В. Комплексное оценивание в задачах регионального управления. — М. : ИПУ РАН, 2002. — 54 с.
- [4] Беллан Р. Динамическое программирование. — М. : ИЛ, 1960. — 180 с.
- [5] Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять организациями. — М. : Синтег, 2004. — 400 с.
- [6] Горбатков Д.Г. Алгоритм поиска рассогласованных оценок предпочтительности для метода анализа иерархий // Вестник университетского комплекса: Сб. науч. тр. / Под ред. профессора Н.В. Василенко. — Красноярск : ВСФ РГУИТП, НИИ СУВПТ, 2005. — С. 234–238.
- [7] Кузьмицкий А.А., Новиков Д.А. Организационные механизмы управления развитием приоритетных направлений науки и техники. — М. : ИПУ РАН, 1993. — 68 с.
- [8] Новиков Д.А., Глотова Н.П. Модели и механизмы управления образова-тельными сетями и комплексами. — М. : Институт управления образованием РАО, 2004. — 142 с.
- [9] Пятковский О.И. Интеллектуальные компоненты автоматизированных информационных систем управления предприятием: Монография. — Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 1999. — 355 с.
- [10] Пятковский О.И., Лепчугов Д.В., Бондаренко В.В. Скоринговая система оценки кредитоспособности физических лиц на основе гибридных экспертных систем // Ползуновский альманах. — 2008. — № 2. — С. 127–129.
- [11] Семенов И.Б., Чижов С.А., Полянский С.В. Комплексное оценивание в задачах управления социально-экономическими системами. — М. : ИПУ РАН, 1996. — 54 с.
- [12] Тишков О.И., Пятковский О.И. Оценка инновационного потенциала организаций региона на основе гибридных экспертных систем // Программные продукты и системы. — 2010. — № 2. — С. 44–49.

- [13] Томашев М.В. Прогнозирование востребованности специальности с использованием гибридной экспертной системы // Ползуновский вестник. — 2006. — № 1. — С. 208–211.
- [14] Чернышева Т.Ю., Захарова А.А., Мицель А.А. Иерархическая модель оценки состояния социально-экономического развития муниципального образования // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 313, № 6. — С. 44–48.

Задача институционального управления в теоретико-игровой модели корпоративной производственной системы с использованием принципов системного компромисса

Т.В. Михеева

АлмГУ

miheeva-t@yandex.ru

Институциональное управление – целенаправленное воздействие на ограничения и нормы деятельности участников организационной системы [4].

Институциональное управление является наиболее жестким и заключается в том, что субъект управления целенаправленно ограничивает множества возможных действий и результатов деятельности объекта управления. Такое ограничение может осуществляться явными или неявными воздействиями – правовыми актами, распоряжениями, приказами, выделяемыми ресурсами и т.д., или морально-этическими нормами, корпоративной культурой и т.д.

В институциональном управлении выделяют управление ограничениями деятельности и управление нормами поведения.

В данной работе рассматривается институциональное управление ограничениями деятельности корпоративной производственной системы, которое сводится к изучению институциональной структуры производства с ограничениями производственных факторов (издержки производства, выпуск продукции, ресурсное обеспечение и т.д.).

Будем рассматривать теоретико-игровую модель системного компромисса корпоративной производственной системы [2], состоящую из центра и активных производственных агентов, т.е. обладающих собственными

предпочтениями и способностью самостоятельно предпринимать некоторые действия.

В системе имеется n предприятий, выпускающих некоторую продукцию в течение одного планового периода T , состоящего из нескольких периодов оперативного вмешательства t ($t = \overline{1, l}$). Основной задачей корпоративного центра является установление планового задания \underline{X}^T по объемам выпуска продукции подразделениям корпорации на плановый период T с учетом коэффициента отчислений x_0 от прибыли предприятия в пользу центра.

Также введем следующие обозначения: $F_0(\cdot)$ – целевая функция корпоративного центра, $f_i(\cdot)$ – целевая функция элемента нижнего уровня (i -го предприятия), x_0 – коэффициент отчислений прибыли центром элементам нижнего уровня, x^T общий выпуск корпорации за период T , X_0 , X^T – множества выборов переменных x_0, x_i^T , соответственно, α_c и $\alpha_c \leq \alpha_s$ – информированность центра и подсистем о множестве X^T , соответственно.

Примем гипотезу рационального поведения [3, 5], заключающуюся в том, что агент с учетом всей имеющейся у него информации выбирает действия, которые наиболее предпочтительны с точки зрения значений его целевой функции. В рассматриваемом случае это множество является множеством альтернатив, на которых достигается максимум целевой функции.

Пусть каждый агент способен выбирать действие x_i^T из множества $X^T(\alpha_s)$ множества допустимых действий. Выигрыш агента определяется не только его собственными действиями, но и значением параметра $x_0 \in X_0$, определяемого центром.

В результате выбора действия $x_i^T \in X^T(\alpha_s)$ и реализации управляющего воздействия $x_0 \in X_0$ агент получает выигрыш $f_i^T(x_0, x_i^T)$, где $f_i^T : X_0 \times X^T(\alpha_s) \rightarrow \mathbb{R}^1$ – целевая функция.

Таким образом, выбор агента из множества $X^T(\alpha_s)$, максимизирующий его целевую функцию $f_i^T(\cdot)$, есть

$$C(f_i^T, X^T(\alpha_s)) = \text{Arg} \max_{x_i^T \in X^T} f_i^T(x_0, x_i^T) \quad (1)$$

Для решения задачи выбора оптимального управляющего воздействия (объектами этого воздействия в рассматриваемой системе являются параметры x_0 и \underline{X}^T) центр должен уметь предсказывать поведение управляемых агентов.

Задачей центра, т.е. задачей институционального управления – как управления ограничениями, является выбор ограничения $\underline{X}^T \subseteq X^T$

$(X^T(\alpha_s) \subseteq X^T)$ множества допустимых действий агента и определение управляющего параметра $x_0 \in X_0$ с учетом того, что последний выберет действие из множества $C(f_i^T, \underline{X}^T) = \text{Arg} \max_{x_i^T \in X^T} f_i^T(x_0, x_i^T)$.

Таким образом, задача институционального управления в теоретико-игровой модели корпоративной производственной системы заключается в выборе оптимального институционального управления $\underline{X}^{T*} \subseteq X^T$, т.е. допустимого управления, имеющего максимальную эффективность:

$$\underline{X}^{T*} = \text{Arg} \max_{x_0 \in X_0} \max_{\substack{x_i^T \in C(f_i^T, \underline{X}^T) \\ \underline{X}^T(\alpha_c) \in \underline{X}^T}} F_0^T(x_0, x_i^T, \underline{X}^T(\alpha_c)). \quad (2)$$

Библиографический список

- [1] Алгазин Г.И. Математические модели системного компромисса: Монография. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 1999. — 133 с.
- [2] Алгазин Г.И., Михеева Т.В. Применение игровых имитационных моделей системного компромисса для анализа функционирования корпоративных производственных систем // Вестник КАЗНУ им. Аль-Фараби. Серия математика, механика, информатика. — 2008. — Т. 13, № 3(58). — С. 68–78.
- [3] Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. — М. : Синтег, 2002. — 148 с.
- [4] Новиков Д.А. Институциональное управление организационными системами. — М. : ИПУ РАН, 2004. — 68 с.
- [5] Новиков Д.А., Петраков С.Н. Курс теории активных систем. — М. : Синтег, 1999. — 108 с.
- [6] Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики. — М. : “Начала”, 1997. — 180 с.
- [7] Олейник А.Н. Институциональная экономика. — М. : ИНФРА-М, 2000. — 416 с.

Использование мультиномиальных логистических моделей для анализа рынка труда¹

С.В. Неризько, Ю.А. Перекаренкова, Л.В. Родионова
ИЭОПП СО РАН
pua@dc.asu.ru

Этот класс моделей мы использовали для изучения зависимости положения сельских жителей на рынке труда от социально-демографических факторов. В качестве зависимой переменной (y_i) выступает статус сельских жителей на рынке труда. Эта переменная принимает значение 1, если респондент относится к категории занятых, 2 – к категории безработных, 3 – категории экономически неактивных. К объясняющим характеристикам (x_i) относятся пол (мужской, женский), возраст (до 20 лет, 20-29 лет, 30-39 лет, 40-49 лет, 50-59 лет, 60-72 лет), образование (начальное и отсутствие образования, основное общее, среднее (полное) общее, начальное профессиональное, среднее профессиональное и неполное высшее, высшее), размер сельского поселения (до 500 чел. жителей, от 501 до 1000 чел., от 1001 до 2000 чел., более 2000 чел.). Информационную базу для построения моделей составили данные социологического опроса сельских жителей, проведенного в 2011 г.

Уравнение мультиномиальной логистической регрессии имеет следующий вид:

$$p_i = \frac{1}{1 + e^{-y}}, \quad (1)$$

где p_i – вероятность попадания респондента в группу занятых, безработных и экономически неактивных;

$y = \beta_0 + \beta_i x_i$, β_0 и β_i – коэффициенты регрессии;

x_i – фактор для конкретной модели.

В каждом случае получаем столько уравнений, какова размерность изучаемого фактора. Например, для расчета влияния уровня образования на статус занятости, необходимо построить 6 уравнений.

• Влияние пола и размера поселения на статус занятости. Результаты мультиномиального логистического анализа показали, что между полом респондента и его статусом занятости связь незначима: незначимы как сама модель ($p = 0,279$) в целом, так и отдельные ее переменные

¹Исследование проводится при финансовой поддержке РГНФ (проекты № 12-12-22000а и № 11-03-00667а) и Администрации Алтайского края.

($p = 0,279$). В данном случае можно сделать вывод о том, что занятые, безработные и экономические неактивные с одинаковой частотой встречаются как среди женщин, так и среди мужчин.

Зависимость статуса занятости от размера поселения также не подтвердилась – незначимы как сама модель, так и изучаемый фактор (модель объясняет лишь 0,9% совокупной дисперсии, а ее p -значение больше 0,05 и равно 0,155).

• Влияние возраста на статус занятости. Что касается зависимости между статусом занятости и принадлежностью индивида к конкретной возрастной группе, то по результатам расчетов значимыми являются и сама модель, и исследуемый фактор (уровень значимости $p = 0$). К тому же, полученная модель объясняет 43,2% совокупной дисперсии зависимого признака (статус занятости), объясняемой независимой переменной (возраст). Полученные зависимости для разных возрастных категорий описываются следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} y_{\text{менее 20}} &= 2,93 + 0,63x_{\text{менее 20}}, \\ y_{20-29} &= 2,93 + 4,05x_{20-29}, \\ y_{30-39} &= 2,93 + 5,3x_{30-39}, \\ y_{40-49} &= 2,93 + 4,6x_{40-49}, \\ y_{50-59} &= 2,93 + 3,4x_{50-59}, \\ y_{60-72} &= 2,93 \end{aligned} \quad (2)$$

На основе полученных параметров логистической модели были рассчитаны вероятности попадания лица определенного возраста к группе занятых, безработных или экономически неактивных. Графическое представление влияния возраста на занятость изображено на рис. 1

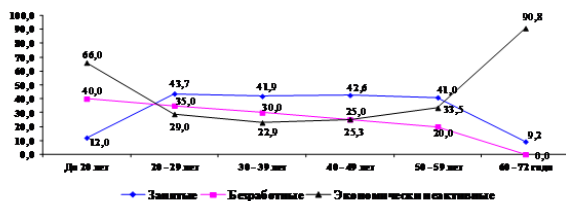


Рис. 1. Влияние возраста на статус занятости, %

Очень низкие шансы найти работу имеют молодые люди в возрасте до

20 лет. Для лиц более старших возрастных категорий шансы трудоустройства приблизительно одинаковые (за исключением пенсионеров - для них, как и для первой возрастной группы, вероятность занятости очень низкая. Для крайних возрастных групп очень высока вероятность оказаться в категории экономически неактивного населения, в то время как для лиц в возрасте от 20 до 59 лет она существенно ниже и колеблется от 29 до 33,5%. Риск безработицы в молодых возрастах наивысший и с переходом в более старшие возрастные группы устойчиво сокращается.

• Влияние уровня образования на статус занятости. Полученная модель зависимости между уровнем образования и статусом занятости дает менее точные результаты, чем предыдущая модель - она объясняет лишь 19,7% совокупной дисперсии зависимого признака, хотя модель в целом и включенные в нее факторы значимы. Полученные зависимости для разных образовательных групп описываются следующими уравнениями:

$$\begin{aligned}
 y_{\text{нач. и отсутствие обр.}} &= 1,54 - 23,99x_{\text{нач. и отсутствие обр.}}, \\
 y_{\text{осн. обр.}} &= 1,54 - 2,6x_{\text{осн. обр.}}, \\
 y_{\text{ср. обр.}} &= 1,54 - 1,3x_{\text{ср. обр.}}, \\
 y_{\text{нач. проф.}} &= 1,54 - 0,87x_{\text{нач. проф.}}, \\
 y_{\text{ср. проф. и неполн. высш.}} &= 1,54 - 1,02x_{\text{ср. проф. и неполн. высш.}}, \\
 y_{\text{высш. проф.}} &= 1,54.
 \end{aligned} \tag{3}$$

На рис. 2 показано влияние уровня образования на статус занятости.

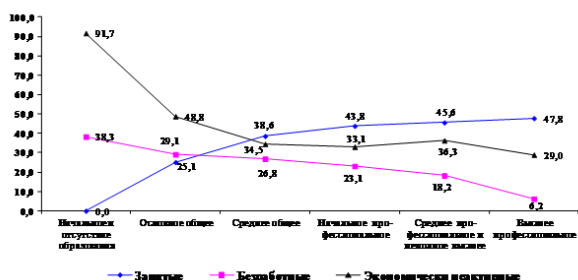


Рис. 2. Влияние уровня образования на статус занятости, %

Как видно на рисунке, шансы оказаться в категории занятых увеличиваются с повышением уровня образования. Наибольшую вероятность

быть в числе занятых, что вполне логично, имеют люди с высшим профессиональным образованием. Что же касается категории экономически неактивного населения, то здесь прямо противоположная тенденция – риск оказаться в этой группе снижается по мере роста уровня образования. Самые высокие риски у людей, имеющих низкий уровень образования или не имеющих вовсе, и почти нулевые риски у лиц с высшим образованием. Наивысшая вероятность попадания в категорию безработных у лиц с начальным и ниже образованием, а наименьшая – у лиц с высшим образованием.

Таким образом, использование логистических моделей расширяет возможности для анализа рынка труда.

Математическое моделирование социальных и экономических систем по произведениям А.С. Пушкина

Н.М. Оскорбин
АлмГУ
osk46@mail.ru

Методы математического моделирования традиционно применяются не только для исследования систем различной природы, но и для обоснования технических, управленческих решений в прикладных областях.

Схематически процесс математического моделирования представлен на рисунке 1, где выделены главные составляющие: проблемная область; математическая модель; результаты моделирования, в том числе теоретические (новые знания) и прикладные, направленные на решение рассматриваемой проблемы.

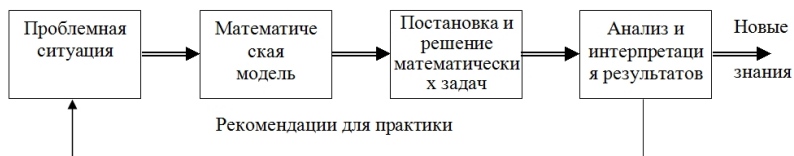


Рис. 1. Процесс решения проблемы с использованием математической модели

Методы математического моделирования не являются универсальными и представляют особые требования исследуемой проблемной ситуа-

ции. Наиболее существенными из них является нетривиальность решаемой проблемы и ее начальная структурированность. Простые проблемы с незначительными ущербами лучше решать интуитивно на основе "здорового смысла". Требование структурированности проблемы является более сложным, связанным со специальной обработкой проблемной области, выявлением главных факторов и существенных связей. Характерным примером гениальной структурированности является формулировка закона всемирного тяготения, в формуле которого используется две материальные точки массой m_1 и m_2 находящиеся на расстоянии r . Модель записана предельно просто. Сила сближения тел определена так: $F = \gamma m_1 \cdot m_2 / r^2$. Как будет показано ниже, в ряде произведений А.С. Пушкина некоторые проблемные области идеально подготовлены для их математического моделирования.

Другим аспектом математического моделирования является абстрактность получаемых результатов. На примере закона всемирного тяготения видно, что в чистом виде реально моделируемой системы не существует, однако теоретическое и прикладное значение этого закона трудно переоценить. По этому поводу можно привести слова А.С. Пушкина: "Сказка ложь, но в ней намек! Добрым молодцам урок". В нашем контексте сказка это математическая модель.

В данном докладе с использованием этих математических подходов рассматриваются математические модели по трем произведениям А.С. Пушкина: "Выстрел", "Сказка о попе и о его работнике Балде", "Сказка о золотом петушке".

В начале покажем как схема решения проблемы (рис. 1) представлена в "Сказке о золотом петушке". Проблемная ситуация у А.С. Пушкина описана так:

Воеводы не дремали,
Но никак не успевали:
Ждут, бывало, с юга, глядь, –
Ан с востока лезет рать.
Справят здесь, – лихие гости
Идут от моря. Со злости
Инда плакал царь Дадон,
Инда забывал и сон.
Что и жизнь в такой тревоге!

Далее описывается способ решения проблемы: обратиться к мудрецу звездочету и скопцу. Следует отметить, что предложенный им способ решения проблемы Дадона в полной мере соответствует приложениям математического моделирования. Он лежит в рамках, исследованных к на-

стоящему времени математических моделей теории управления. Вместо принципа обратной связи рекомендовано использовать принцип упреждающего управления [5, с. 20]. А.С. Пушкин описывает это так:

”Посади ты эту птицу, –
Молвит он царю, – на спицу;
Петушок мой золотой
Будет верный сторож твой:
Коль кругом все будет мирно,
Так сидеть он будет смирно,
Но лишь чуть со стороны
Ожидать тебе войны,
Иль набега силы бранной,
Иль другой беды незваной,
Вмиг тогда мой петушок
Приподнимет гребешок,
Закричит и встрепенется
И в то место обернется”.

Обратим внимание, как А.С. Пушкин описывает результат такого упреждающего управления:

И соседи присмирели,
Воевать уже не смели:
Таковой им царь Дадон
Дал отпор со всех сторон!

Еще один значимый ”намеки” А.С. Пушкина в анализируемом произведении о роли науки актуален и для настоящего времени.

Основная часть произведения А.С. Пушкина касается стабильности договорных отношений, и она затронута в каждом из трех выделенных нами произведений А.С. Пушкина. Эта проблема с использованием математических методов активно исследуется в рамках теории игр и в последние годы в этой области получены значительные результаты [1, 3].

В сказке о попе... затронуты две проблемы, которые непосредственно подготовлены для исследования их методами математического моделирования. Первая относится к исследованию поведения работника в трудовых процессах, вторая – к гармонизации отношений в системе ”работник – работодатель”.

Рассмотрим количественное выражение потенциала трудовой активности работника и его фактическое поведение в условиях стимулирующих сред [5, с. 35-38]. Подход и результаты формализации этих процессов, представленные в работе [5], можно пояснить на основе анализа

некоторых высказываний А.С. Пушкина. Его Балда "...работает за семерых". Зададим вопрос: Это возможно в реальности? Математический ответ предполагает построение математической модели и идентификации ее параметров. А.С. Пушкин подсказывает меру для объема работы. Это объем работы, который выполняет среднерыночный работник. В [4] введена такая мера – часовая норма труда (ЧНТ) – объем работы, который среднерыночный работник выполняет за рабочий час. За рабочий день ($T_H = 8$ раб.час) он выполнит объем работы равный T_H ЧНТ. Примем, что индивидуальный работник отличается от среднего по интенсивности труда ($k_{и} \in [0.5, 1.5]$), по продолжительности времени рабочего дня ($T_d \leq 4$ раб.ч) и по квалификации ($k_{кв} \in [0.5, \bar{k}_{кв}]$). Приведенные интервалы – оценки автора. Параметр $\bar{k}_{кв}$ оценим ниже. Тогда объем работы $V_{и}$, который в среднерыночных условиях оплаты и стимулирования труда выполнит индивидуальный работник, выразится формулой:

$$V_{и} = k_{и} \cdot k_{кв} (T_H + T_d). \quad (1)$$

В (1) для среднерыночного работника следует принять $k_{и} = 1$, $k_{кв} = 1$, $T_d = 0$.

Для ответа на поставленный выше вопрос необходимо определить $\bar{k}_{кв}$. Исключим уникальные профессии (футбольный тренер сборной России), особые условия труда, как у Алексея Стаханова и рассмотрим справедливое вознаграждение менеджеров Гарвардского клуба, которое примерно в 30 раз выше среднего уровня. Вычисления по формуле (1) при $k_{и} = 1.5$, $T_d = 4$, $T_H = 8$ дают оценку для $\bar{k}_{кв}$ равную 13. Полагаем, что есть современные "Балды", квалификация которых на порядок выше среднерыночной. При использовании приведенных выше данных можно оценить коэффициент квалификации Пушкинского Балды, который близок к 3 и входит в оценочный интервал.

Для иллюстрации организованности и интенсивности труда Балды А.С. Пушкин пишет:

До света все у него пляшет,
Лошадь запряжет, полосу вспашет,
Печь затопит, все заготовит, закупит,
Яичко испечет, да и сам облупит.

Более подробно математическая модель поведения работников в трудовых процессах в условиях рыночной экономики и результаты ее интерпретации приведены в работах [4, 5]. Коснемся двух аспектов отношений "работник – работодатель". В настоящем, а еще более в будущем для России является проблема гастробайтеров. Здесь актуальны слова

А.С. Пушкина: "Не гонялся бы ты, поп, за дешевизной". В данном контексте поп – современные работодатели, которые, по сути, используют низко оплачиваемый рабский труд. Второй аспект проблемы отношений "работник – работодатель" касается фразы "Закажи Балде службу, чтобы стало ему невмочь; а требуй выполнить ее точь-в-точь". В работе [2, с. 206-211] представлена математическая модель системы контроля, анализ которой показывает невозможность выполнения заданий точь-в-точь, а требования к максимальному увеличению этой точности является стратегией "наказания" исполнителя. Анализ А.С. Пушкина в данном случае оказывается не менее точным и содержательным, чем современные интерпретации результатов исследования свойств соответствующей математической модели.

В заключительной части данной работы рассмотрим математическую интерпретацию основного содержания рассказа А.С. Пушкина "Выстрел". Исследование проведем с использованием математической модели процесса обучения, линейный вариант которой запишем в следующем виде:

$$x(t+1) = \alpha x(t) + \beta V(t) + \gamma Z(t), \quad t = 1, 2, \dots, \quad (2)$$

где $x(t)$ – уровень обученности учащегося в дискретный момент времени t ; $V(t)$ – объем тренировочных; $Z(t)$ – теоретических занятий учащегося в период времени t ; α , β , γ – неотрицательные параметры модели.

Первое слагаемое характеризует процесс переноса приобретенных навыков с периода t на период $(t+1)$. Параметр α характеризует степень потери навыков ($\alpha < 1$). Второе слагаемое описывает вклад тренировки, а третье – теоретического обучения. Параметры β и γ отражают эффективность этих способов обучения для рассматриваемого индивида или группы учащихся. Уровень обученности может быть оценен и измерен с использованием проверочных тестов для учеников или объема выполненной работы для работников в заданных временных рамках.

Мы покажем, что А.С. Пушкин не только понимал процесс обучения, но и в рассказе "Выстрел" привел достаточно числовых данных для идентификации ее параметров. Обратимся к тексту рассказа.

Главный герой – **Сильвио** (так назову я его – пишет А.С. Пушкин). Ему около 35 лет, штатский, живет среди молодых гусаров, когда-то сам гусар, вышел в отставку.

Граф. На дуэли после своего неудачного выстрела, ожидая ответного выстрела, ест черешню. Сильвио решает отложить свой выстрел.

Автор. А.С. Пушкин, исследует процесс тренировки Сильвио. Выдержки из рассказа "Выстрел":

1. "Главное упражнение его состояло в стрельбе из пистолета. Стены его комнаты были все источены пулями, все в скважинах, как соты пчелиные. Богатое собрание пистолетов было единственной роскошью бедной мазанки, где он жил. Искусство, до коего достиг он, было неизменно, и если бы он вызвался пулей сбить грушу с фуражки кого б то ни было, никто б в нашем полку не усомнился подставить ему своей головы".
2. Далее "...Мы пришли к Сильвио и нашли его на дворе сажающим пулю на пулю в туза, приклеенного к воротам".
3. Далее отмечен общий период по времени тренировки: "Шесть лет тому назад я получил пощечину, и враг мой еще жив".

Пушкин точно описывает динамику навыка стрельбы из пистолета. Хороший стрелок (заметьте, не самый лучший) описан так: "В тридцати шагах промаху в карту не дам, разумеется, из знакомых пистолетов". Граф четыре года не стрелял. А.С. Пушкин замечает: "Тогда, бьюсь об заклад, Вы в карту не попадете и с двадцати шагов: пистолет требует ежедневного упражнения". Далее текст от А.С. Пушкина: "Случилось мне месяц не стрелять, пистолеты были в починке. Так я 4 промаха сделал, стреляя по бутылке с 25 шагов".

По этому описанию А.С. Пушкина можно математически исследовать процесс тренировки. Запишем систему нелинейных уравнений для идентификации параметров модели (2) процесса тренировки по приведенным данным, используя также наши экспертные оценки:

$$\begin{aligned}\alpha \cdot x_C(\infty) + \beta \cdot 3 &= x_C(\infty); \\ \alpha \cdot 30 + \beta \cdot 1 &= 30; \\ \alpha^{30} \cdot 30 + \beta \cdot 0 &= 5.\end{aligned}$$

Здесь принято: степень обученности стрелка измерять в шагах до мишени (игральной карты), в которую он попадает с первого выстрела; единичный период времени равен одному дню; $x_C(\infty)$ – максимальная квалификация Сильвио – стационарное решение уравнения (2); $Z(t) = 0$, $\forall t = 1, 2, \dots$; стационарный уровень облученность хорошего стрелка – 30; уровень облученности после месяца (30 дней) без тренировки – 5; режим тренировки Сильвио – 3 упражнения в день; режим тренировки хорошего стрелка в среднем – одно упражнение в день.

Решение приведенной системы уравнений, найденное с использованием пакетов программ, имеет вид: $\alpha = 0,942$; $\beta = 1,74$; $x_C(\infty) = 90$.

Решение показывает, что Сильвио поддерживал свою квалификацию в стрельбе на уровне 90 шагов. Из уравнения (2) следует, что хороший и обученный стрелок теряет в день (и приобретает за день упражнений) – 1,74, а Сильвио теряет в день (и приобретает за день упражнений) уровень обученности в 5,22 шага.

Полученные результаты по нашему мнению в полной мере согласуются с описанием процесса тренировки в рассказе "Выстрел".

Библиографический список

- [1] Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. — М. : Наука, 1973. — 383 с.
- [2] Мамченко О.П., Оскорбин Н.М. Моделирование иерархических систем : учебник для вузов. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2007. — 317 с.
- [3] Мулен Э. Теория игр с примерами из математической экономики. Пер. с франц. — М. : Мир, 1985. — 200 с.
- [4] Оскорбин Н.М. Исследование систем управления. Программа и конспект курса. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2007. — 20 с.
- [5] Оскорбин Н.М., Журавлева В.В. Математические методы и модели исследования систем управления: учебное пособие. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та., 2012. — 86 с.

Экономический рост как фактор формирования спроса на рынке труда Алтайского края¹

Ю.А. Перекаренкова
ИЭОПП СО РАН
pua@dc.asu.ru

В современных условиях развитие экономики Алтайского края является важнейшей стратегической задачей. Количественным измерением происходящих процессов развития в регионе служат показатели экономического роста.

¹Исследование проводится при финансовой поддержке РГНФ (проекты № 12-12-22000а и № 11-03-00667а) и Администрации Алтайского края.

Одним из традиционных показателей, свидетельствующим о росте экономики, является показатель произведенных товаров/оказанных услуг на территории региона. Отмечаемый рост экономики Алтайского края за период с 1995 по 2010 гг. характеризовался неустойчивостью его темпов. Ежегодный рост данного показателя по абсолютному значению не всегда сопровождался приростом его темпов. За рассматриваемый период существенное влияние на снижение роста экономики Алтайского края оказали кризисные события 1990-х гг. и мирового финансового кризиса 2008 г. Следовавшие за обозначенными периодами спада темпы роста в 1999–2000 гг. и 2010 г. явились не более, чем восстановлением после спада.

Динамика темпов регионального валового продукта напрямую зависит от сформированной отраслевой структуры ВРП территории. За период с 1995 по 2010 гг. произошло изменение в отраслевой структуре производимого ВРП в крае. Наибольший удельный вес в структуре отраслевого ВРП образовывался за счет оказания услуг. За рассматриваемый период наибольший прирост по итоговому показателю созданного продукта и/или оказанных услуг был зафиксирован в сфере оптовой и розничной торговли. Третья часть из всех организаций в Алтайском крае в 2007–2012 гг. была сосредоточена именно в этой сфере. Подобная тенденция соответствует общероссийской в направлении развития торгового капитализма и может послужить основой роста экономики, однако не является основой развития. Более того, малейшее колебание на уровне национальной экономической системы, например, падение уровня потребительского спроса, снижение покупательной силы денежной единицы и т.п., может привести к возникновению кризисной ситуации в Алтайском крае. Результатом данного процесса станет сокращение организаций в сфере торговли и уменьшение занятости в регионе.

Экономический рост связан с увеличением трудовых и капитальных ресурсов в экономике, возрастанием инвестиционной активности. Совокупность данных факторов является основой формирования новых рабочих мест в экономике, техническим и технологическим переоснащением материально-технической базы существующих предприятий, а также возможностью создания новых предприятий – потенциальных работодателей на рынке труда.

На современном этапе разработка новых технологий и создание с их помощью нового продукта представляется важным направлением развития экономики Алтайского края. Особая актуальность данной темы проявляется в связи с имеющейся степенью износа материально-технической базы организаций всех сфер экономической деятельности. За период с 1995 г. по 2010 г. степень износа основных фондов организаций Алтай-

ского края увеличилась на 13,6 п.п. В сравнении со средним уровнем по российской экономике, износ основных фондов предприятий Алтайского края превзошел российский показатель на 3,2 п.п. и составил 48,9% [1].

Среди основных финансовых средств, необходимых для обновления производственно-технологической базы предприятий, являются инвестиции в основной капитал. В общем объеме вкладываемых средств инвестиционные вложения в основной капитал в Алтайском крае преобладают в сравнении с остальными нефинансовыми активами. По данным статистики, за последние 9 лет в структуре инвестиций в нефинансовые активы инвестиции в основной капитал в экономике Алтайского края составляли в среднем 97–99% в год. Поддержанию объема инвестиций на данном уровне в 2003–2011 гг. способствовали привлеченные средства. За счет данного источника финансирования осуществлялось примерно 2/3 финансовых вложений в основной капитал. В период с 2005 по 2009 гг. отмечена явная тенденция роста привлекаемых средств для инвестиций в основные средства, достигших в 2011 г. 59,2% от всего объема источников финансирования.

Однако на сегодняшний момент инвестируемые средства в основной капитал, даже по ведущим отраслям, не отражаются на техническом перевооружении предметов и средств труда предприятий и организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств Алтайского края, во-первых, в направлении улучшения условий труда занятых на них наемных работников. Так, по данным статистики, в 2010 г. в Алтайском крае среди общей численности занятых в сфере обрабатывающих производств 31,2% работали в условиях, не отвечающих гигиеническим нормативам, и 12,3% были заняты на физически тяжелых работах [2, с. 324–326]. По данным социологического опроса 2011 г., проведенного в сельских территориях Алтайского края, среди проблем в области условий труда 47,5% респондентов указывают на тяжесть своего труда, его вредные условия и интенсивность. В основном это касается занятых в сфере сельскохозяйственных работ и строительстве.

Во-вторых, современный уровень оснащенности является причиной низкого уровня производительности, частых простоев из-за поломок оборудования ввиду его изношенности, снижения чистой прибыли предприятий и т.д. При таком состоянии реального сектора экономики края имеющиеся темпы экономического роста не могут оказать существенного влияния на увеличение спроса на рынке труда.

Библиографический список

- [1] Данные Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю. — URL: www.ak.gks.ru.
- [2] Труд и занятость в России. 2011 : стат. сб. / Росстат. — М., 2011.

Институциональные факторы в социально-экономических системах

Е.В. Понькина¹, П.В. Комаров, А.С. Маничева²

АлтГУ

¹*ponkinaelena77@mail.ru*, ²*manicheva.a.s@gmail.com*

В экономическом развитии регионов, как социально-экономических систем, и страны в целом важную роль играют институты. Согласно данным Всемирного банка, особо значимыми являются восприимчивость экономики к институциональным инновациям, способность к экспорту собственных институтов и их заимствованию из других систем. В условиях современной экономики актуальным является исследование роли и степени значимости различных институциональных факторов в развитии экономики как в национальном, так и в региональном масштабах.

Под институциональными факторами в экономической литературе понимается группа факторов, связанных с управлением, регулированием отдельных сфер и областей, экономических и общественных отношений. Существуют разнообразные группировки институциональных факторов, в значительной степени обуславливающие результаты и интенсивность развития региональной экономики.

Так, например, в работе [2, с. 17] факторы институциональной среды группируются по сфере приложения на институты государственного управления, рыночные институты, общественные институты, институты самоорганизации.

Более точной представляется следующая группировка институциональных факторов по влиянию на различные сферы функционирования социально-экономической системы (рис.):

- государственное и муниципальное управление;
- социальные институты;
- финансово-экономическая сфера;
- сфера безопасности, страхования рисков;
- рыночная инфраструктура.

Совершенствование условий функционирования институтов в любой сфере позволит сформировать эффективную институциональную среду, обеспечивающую устойчивое существование и развитие региональной социально-экономической системы. С другой стороны, функционирование одних институтов влечет изменение в деятельности других институтов: категории (параметры), характеризующие эффективность действия институтов государственного управления, влияют на эффективность рыночных и общественных институтов [1].



Рис. 1. Влияние различных групп институциональных факторов на функционирование экономической системы

Социально-экономическая система (СЭС), функционирующая в определенной институциональной среде, подвержена влиянию множества факторов, обуславливающих ее эффективность. Воздействие институциональной среды может быть прямым (например, объем субсидий, ставки субсидий на производство продукции) или косвенным (например, развитие инфраструктуры транспортного сообщения способствует увеличению торговой активности).

С позиции системного подхода СЭС описывается конструктом вида:

$$CES = \langle W, X, Y, f(\cdot) \rangle,$$

где W – множество факторов, оказывающих существенное воздействие на результат функционирования системы: $W = \{w \in R^N : w \in [\underline{w}, \bar{w}]\}$; X – множество вариантов решений по управлению СЭС: $X = \{x \in R^L : G(x, w) = 1, \forall w \in W\}$, $G(x, w)$ – условия принятия решений; Y – множество результативных свойств СЭС: $Y = \{y \in R^K : y = f(x, w), \forall x(w) \in X(w), \forall w \in W\}$, где $X(w)$ –

множество решений при определенном состоянии факторов внешней среды: $X(w) = \{x \in R^L : G(x, w) = 1\}$, $w \in W$.

Пусть N_i – множество институциональных факторов сферы i . Совокупность институциональных факторов можно разделить на внутренние $n1_i \subset N_i$ и внешние $n2_i \subset N_i$, очевидно, что данные множества – непересекающиеся. Соответственно, факторное пространство W декомпозируется на сферы: $W = W1 \cup n1_1 \cup \dots \cup n1_I \cup n2_1 \cup \dots \cup n2_I$, где $W2$ – множество факторов, не являющихся институциональными.

Задача исследования институциональных факторов, оказывающих влияние на результаты функционирования СЭС, заключается в решении следующих проблем:

- 1) формирование пространства решений $X(W1, n1, n2)$;
- 2) спецификация и идентификация взаимосвязей в СЭС $f(W1, n1, n2, x)$;
- 3) анализ реакции результативных свойств СЭС $Y(W1, n1, n2)$;

В настоящее время указанные задачи составляют предмет научных исследований, как общетеоретических, так и прикладных, в различных отраслях и уровнях представления СЕС. Методологические подходы к исследованию воздействия институциональных факторов на СЕС, как правило, ограничиваются изучением конечного числа факторов. Исследование всей совокупности институциональных факторов не представляется возможным. Проблемы в области методологии связаны, с одной стороны, с гносеологическими особенностями, с другой стороны, с несовершенством теоретического аппарата и инструментария для выполнения практических исследований. Часть институциональных факторов носит скрытый (или латентный) характер и оценивается по косвенным признакам, либо экспериментальным путем (административные барьеры, предпринимательская активность). Поэтому, как правило, методика исследования базируется на сценарных расчетах, в коронных один из факторов n_{ij} изменяемый, а остальные заданы сценарно. Отсюда получают оценки “изолированного” воздействия фактора n_{ij} на результат функционирования СЕС. Такая методика может использоваться для ограниченного числа факторов в случае минимальной межфакторной взаимосвязи.

Библиографический список

- [1] Вайнберг А., Рыбникова Т. Институциональные и социально-экономические факторы развития регионов РФ и их взаимосвязь. – URL: <http://data.cemi.rssi.ru/GRAF/center/projects/regions/9.htm>.

- [2] Санникова Т.Д. Институциональные аспекты системного инновационного развития региональной экономики : Автореф.дис... канд.экон.наук / Санникова Т.Д. ; АлтГУ.— Барнаул, 2009. — 24 с.

Нечеткая модель оценки напряженности на сельском рынке труда¹

И.В. Пономарев, В.В. Славский

АлтГПА

igorpon@mail.ru

Под напряженностью на рынке труда будем понимать совокупность негативных социально-экономических явлений, обусловленных несоответствием цены, спроса и предложения рабочей силы.

В работе [2] был предложен алгоритм построения интегрального показателя напряженности на сельском рынке труда Алтайского края. В основу этой методики были положены экспертные оценки коэффициентов влияния набора факторов на напряженность.

В основу рассматриваемой модели был положен алгоритм нечеткого логического вывода [1, 3]. Модель нечеткого логического вывода по своей структуре напоминает классическую модель "черного ящика". На вход подаются сигналы X_1, \dots, X_k , а на выходе получается сигнал Y . Особенностью является то, что выходной сигнал зависит не только от качества входного сигнала и устройства "ящика", но и от набора операционных правил — базы знаний (см. рис. 1).

Для построения модели нечеткого логического вывода показателя напряженности на сельском рынке труда в Алтайском крае будем основываться на тех же факторах: X_1 — уровень официальной безработицы, %; X_2 — нагрузка незанятого населения на одну вакансию, чел.; X_3 — среднемесячная заработная плата, руб.; X_4 — фонд неотработанного рабочего времени по экономическим причинам, час на одного работника; X_5 — просроченная задолженность по заработной плате, руб. на чел.; X_6 — удельный вес безработных, ищущих работу более года, %.; X_7 — доля мо-

¹Работа выполнена при поддержке Российского гуманитарного научного фонда (грант № 12-12-22000-а(р)) и администрации Алтайского края, а также Совета по грантам Президента РФ для поддержки молодых российских ученых и ведущих научных школ (грант НШ-921.2012.1), ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (гос. контракт №02.740.11.0457).

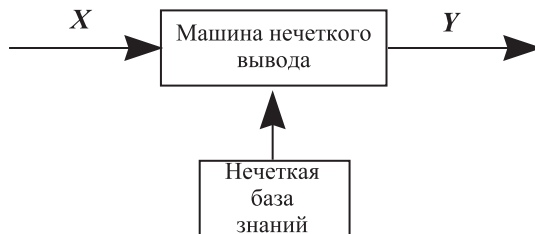


Рис. 1. Схема нечеткого логического вывода

лодежи в общей численности безработных, %; X_8 – доля женщин в общей численности безработных, %.

Как и в большинстве случаев, рассмотрим критические положения факторов. Т.е. терм-множеством укажем пограничные состояния, а именно “низкий”, “средний” и “высокий”. Таким образом, каждому фактору будет соответствовать три нечетких множества.

Формирование нечеткой базы знаний производилось экспертным путем. Было сформулировано 21 правило, отражающие теоретическое представление о функционировании регионального рынка труда.

В результате апробации модели на ретроспективном материале получили значение интегрального показателя напряженности J (см. приложение 3). Вычисляя коэффициент корреляции полученного показателя J с результатами представленным в работе [2] ($r = 0,7658$) и опираясь на значимость корреляции ($t_{набл} = 9,07 > t_{кр} = 2$), можно говорить об адекватности построенной модели.

Кроме численного значения показателя J , можно рассмотреть некоторые особенности влияния факторов на значение этого показателя.

Рисунки 2-4 представляют зависимости индекса J от пары факторов и являются весьма наглядными.

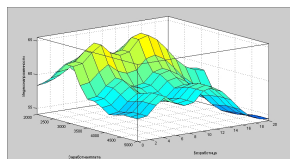


Рис. 2. Зависимость величины J от X_1 и X_3

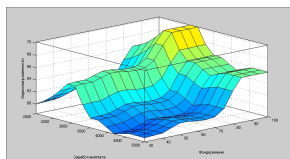


Рис. 3. Зависимость величины J от X_3 и X_4

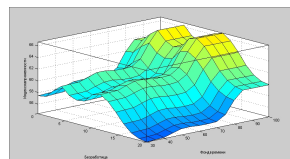


Рис. 4. Зависимость величины J от X_1 и X_4

В дальнейшем предполагается внести коррективы в разработанную модель, а также построить новые нечеткие модели, полнее учитывающие материально-технические, социально-экономические и организационно-управленческие факторы формирования и развития регионального рынка труда в условиях модернизации экономики.

Библиографический список

- [1] Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MatLab и fuzzyTECH. — СПб. : БХВ-Петербург, 2005. — 736 с.
- [2] Родионова Л.В., Родионова О.Е. Методические рекомендации по интегральной оценке напряженности на сельском рынке труда в регионе. — Барнаул : Изд. АлтГУ, 2007. — 12 с.
- [3] Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MatLab. — М. : Горячая линия-Телеком, 2007. — 288 с.

Связь долговременных инфляционных факторов в России на федеральном и региональном уровнях (на примере Алтайского края)

Д.Ю. Поползин
АлтГПА
popolzin_danil@mail.ru

Начиная с 2007 года ЦБ, совместно с Правительством РФ, в рамках достижения поставленных стратегических целей экономической политики страны, предполагающих создание условий для долгосрочного экономического роста и повышения уровня жизни населения, определил своей приоритетной задачей снижение уровня инфляции на трехлетний период, и постепенный переход с режима регулируемого валютного курса к режиму таргетирования инфляции.

К числу основных макроэкономических агрегированных показателей, изменение которых оказывает инфляционное давление на экономику, Банк России, на протяжении 2009-2011 годов, традиционно относит изменение мировых цен на энергоносители и продовольственные товары,

численность занятого населения, объём производства, реальные располагаемые личные доходы, расходы населения на покупку товаров и услуг в реальном выражении, объём инвестиций в основной капитал, уровень спроса, оказывающий в свою очередь влияние на разрыв между потенциальным и фактическим выпусками, изменение условий заимствований на всех уровнях финансового рынка, изменение курса рубля по отношению к бивалютной корзине.

Вместе с тем, ряд экспертных мнений, показывает, что причины инфляционных процессов могут выходить за рамки приводимых Центробанком факторов. К числу вероятных причин относят: растущее конкурентное давление на фирмы в мировой экономике [1], повышения уровня цен называет рост экспортных цен на сырьё [4], рост тарифов ЖКХ, который за период с 1992 по 2009 в 40 раз превысил кумулятивный индекс инфляции, рост тарифов на жилищные услуги в 64,7 раза, а на коммунальные – в 30,3 раза [2].

Одним из методов измерения эффективности экономической политики является регрессионный анализ импульсного влияния трансмиссионного механизма на состояние экономической системы. Спецификация модели такого влияния формируется эмпирически, хотя набор переменных, характеризующих данный инструмент, определяет исследователь. Данный метод подразделяет все системные параметры на экзогенные и эндогенные переменные. К тому же он включает ошибку, размер которой иногда не позволяет продолжить исследование. Однако по институциональным факторам воздействия на экономику, он вполне успешно применяется в экономических исследованиях [3]. Вместе с тем, очевидно, что использование эконометрической методологии на ограниченном промежутке времени при таком многообразии вероятных факторов затрудняет получение достоверных оценок количественной связи уровня цен с изменениями, происходящими в макроэкономических процессах, служащих генераторами инфляционных процессов. В такой ситуации, когда различные факторы оказывают неравномерное и непостоянное воздействие на уровень цен, представляется наиболее актуальным обнаружить долговременные, стабильно воздействующие на инфляционные процессы изменения в макроэкономических агрегированных показателях.

В проведенное исследование по обнаружению долговременных инфляционных факторов были включены различные макроэкономические агрегированные показатели в период с 01.07.2009 до 01.07.2012.

Для того чтобы проследить качественное воздействие отобранных факторов-регрессоров на результирующий показатель – уровень инфляции, необходимо сначала определить характер приведенных временных

рядов. Необходимо понять, как меняются вероятностные характеристики каждого из рассматриваемых рядов с течением времени. Вместе с тем, важно не только обнаружить, но и определить характер нестационарности, поскольку ошибочное определение типа нестационарного временного ряда несет в себе опасность выявления “кажущейся” регрессии, при которой сделанные экономические выводы о качественной и количественной связи рассматриваемых процессов могут оказаться неправомочными. Для проверки каждого из рассматриваемых рядов на стационарность был использован расширенный тест Дики-Фуллера и тест Филлипса-Перрона.

В результате проверки на стационарность выяснилось, что 16 из 33 рассмотренных временных рядов, в том числе и уровень цен, относятся к типу DS. Это говорит о том, что при наличии причинности по Грэнджеру между уровнем инфляции возможна долговременная коинтеграционная связь. После проведения теста на причинность выяснилось, что лишь индекс цен на перевозки автотранспортом, объем выданных кредитов юридическим лицам и предпринимателям и объем экспорта проявляют по отношению к общему уровню цен предшествующую связь.

Для определения коинтеграционного соотношения, наиболее близкого по отношению к истинному процессу порождения данных были проведены тесты

Энгла-Грэнджера, Филипса-Оулиариса и Йохансена на наличие коинтеграции, в результате проведения которых, на основе информационных критериев Акаике и Шварца, были определены оптимальные среди моделей прошедших диагностику остатков, коинтеграционные соотношения (1) и (2) для уровня цен на товары и услуги соответственно:

$$Y_1 = 77,7 - 0,0000027 \cdot X_{16} + 0,00117 \cdot X_{27}; \quad (1)$$

$$Y_2 = 79,9 - 0,0000043 \cdot X_{16} + 0,0136 \cdot X_{27}. \quad (2)$$

Для сокращения чрезмерной точности вычислений, оценки параметров были заменены приближёнными значениями, в которых верные в широком смысле цифры десятичной записи приближённого числа определялись с учётом погрешностей вычисления и округления.

Долговременная связь уровня цен с объемом выданных кредитов юридическим лицам и предпринимателям (X_{16}) может объясняться превышение уровня цен производителей товаров и услуг, неэластичных по цене, например по добыче полезных ископаемых, цен производителей электроэнергии, газа и воды, цен производителей на ж/д перевозки и трубопроводный транспорт, которые, в свою очередь, ложатся непосредственно на производителей конечной продукции. В такой ситуации, своевременное

предоставление ликвидности служит сдерживающим фактором неизбежной инфляции издержек.

С учётом традиционного преобладания в российском экспорте доли минерального сырья и энергоресурсов (до 2/3 доли от общего объёма экспорта), наличие коинтеграционной связи уровня цен с объёмом экспорта (X_{27}) подтверждает действие в экономической системе России механизма “Голландской болезни”. Этот макроэкономический феномен представляет собой процесс снижения конкурентоспособности отраслей экономики, производящих торгуемые товары вследствие улучшения торгового баланса. Последнее, в свою очередь, приводит к укреплению национальной валюты, тем самым создавая благоприятные условия для импорта торгуемых товаров, составляющих конкуренцию отечественным. На фоне общего улучшения благосостояния граждан, сектор экономики, производящий неторгуемые товары не испытывает подобного конкурентного давления в силу нетранспортабельности выпускаемой продукции, что приводит к ускорению выпуска неторгуемых товаров.

Аналогичные расчёты по определению долговременной связи с уровнем цен были проведены на региональном уровне, на примере Алтайского края, где в качестве переменных были приняты аналогичные результирующие факторы, агрегированные в пределах региона. В результате были получены следующие коинтеграционные соотношения (3) и (4) для цен на товары и услуги соответственно:

$$RY_1 = 76,4 - 0,171 \cdot RX_5 + 0,00071 \cdot X_{27}; \quad (3)$$

$$RY_2 = 80,4 - 0,061 \cdot RX_4 + 0,00095 \cdot X_{27}. \quad (4)$$

Присутствие в обоих коинтегрирующих соотношениях связи уровня цен с объёмом экспорта говорит о тесной связи процессов, происходящих на федеральном уровне и региональном уровнях, кроме того, в обоих соотношениях присутствуют переменные, характеризующие индексы цен производителей сельскохозяйственной продукции (индекс цен производителей продукции растениеводства и овощеводства (RX_4) и индекс цен производителей продукции и услуг сельского хозяйства и охоты (RX_5), который включает в себя показатель (RX_4)) говорит о наличии в структуре цен по Алтайскому краю аграрной инфляции. Причины роста цен в сфере производства сельхозпродукции, лежат в увеличении цен на энергоносители, электроэнергию, газ, воду. Кроме того важное влияние оказывают климатические условия и уровень конкуренции в данном сегменте производства.

Библиографический список

- [1] Головнин М. Теоретические подходы к проведению денежно-кредитной политики в условиях финансовой глобализации // Вопросы экономики. — 2009. — № 4. — С. 42–58.
- [2] Дмитриева О., Ушаков Д. Инфляция спроса и инфляция издержек: причины формирования и формы распространения // Вопросы экономики. — 2011. — № 3. — С. 40–52.
- [3] Сухарев О.С. Эффективность экономической политики: методы оценки // Экономический анализ: теория и практика. — 2009. — № 11.
- [4] Фетисов Г. Динамика цен и антиинфляционная политика в условиях “голландской болезни” // Вопросы экономики. — 2008. — № 3. — С. 20–36.

Секция 8. Физика конденсированного состояния вещества

Определение морозостойкости растений резонансным методом

Ф.М. Бетеньков

АлмГПА

bfm1982@yandex.ru

Географические районы РФ с резко континентальным климатом относятся к зонам рискованного земледелия, что, в свою очередь, создает большие трудности для аграрно-промышленного комплекса. Специалисты в области садоводства и земледелия постоянно работают над селекцией морозоустойчивых сортов достаточно широкого спектра плодовых и плодово-ягодных культур. Для успешной селекционной работы необходимы доступные и высокоэффективные методы определения морозостойкости и зимостойкости растений.

На сегодняшний день известен полевой и целый ряд лабораторных методов определения зимостойкости и морозостойкости растений. Полевой метод испытаний, несмотря на все свои достоинства, имеет один существенный недостаток – длительность испытания (для надежной оценки устойчивости требуются десятки лет). Основным лабораторным методом является моделирование низких температур в контролируемых условиях, как правило, используя стационарные морозильные камеры. Обязательным условием при этом способе является дальнейшая оценка жизнеспособности растений после действия повреждающих факторов. Также применяются методы отращивания и оценки повреждений по побурению тканей; по выходу электролита из клеток; с помощью солей тетразолия и др.

Так или иначе, все перечисленные методы направлены на определение лишь результатов гибели клеток после воздействия низкотемпературной составляющей.

Способом определения морозоустойчивости непосредственно в процессе замерзания является метод дифференциального термографического анализа, основанный на фиксации выделения тепла при замерзании переохлажденной воды в сердцевидных лучах древесины. Кроме того, известен способ определения морозостойкости измерением скорости звука

в свежесрезанном листе растения при температурах от 0 до -40°C на частоте 1 Гц методом свободных крутильных колебаний.

Из известных решений наиболее близким по назначению и сущности к заявляемому в данной статье способу является способ определения порога морозостойкости растительных тканей с помощью звука. Измеряют скорость звука в свежесрезанном листе вечнозеленого растения *Magnolia* при температурах от 0 до -40°C на частоте 1 Гц методом свободных крутильных колебаний. Скорость понижения температуры 0,6 град./мин. Критерием границы морозостойкости предложено считать положение характерного излома на температурной зависимости скорости звука в образце.

На практике, в странах с холодным климатом, наибольший интерес для исследования представляет анализ жизнеспособности растительной ткани не только в период вегетации и не столько вечнозеленых растений, сколько листопадных культур во время т.н. "зимней спячки", когда вероятность повреждения ткани воздействием низких температур наиболее высока. Особенно важным это оказывается при селекционной работе, когда на ранних стадиях необходим отбор растений, максимально устойчивых к наиболее распространенным повреждающим факторам (низкие температуры), что не всегда оказывается возможным при использовании традиционных методов.

Сущность предлагаемого нами метода оценки морозостойкости плодовых культур заключается в следующем. Для определения порога морозостойкости растительных тканей проводят их промораживание при температурах, плавно повышающихся от -70°C , и параллельно измеряют показатель, характеризующий их состояние, согласно предложенной методике при каждой температуре в тканях материала возбуждают резонансные консольно-изгибные колебания и измеряют механические потери, строят график зависимости тангенса угла механических потерь от температуры, а порогом морозостойкости считают температуру, соответствующую максимуму механических потерь в данном образце, что повышает достоверность и точность определения. Образец одревесневшей ткани плодовой культуры в виде тонкой пластинки размером $(50-70) \times (5-7) \times (0,5-2)$ мм, взятый из свежесрезанного побега, помещается в криокамеру резонансного прибора "язычкового" типа и подвергается быстрому (до 20 минут) замораживанию до температуры $-120^{\circ}\text{C} \div -70^{\circ}\text{C}$. Определение вязкоупругих характеристик проводится резонансным методом и предполагает нахождение тангенса угла механических потерь при постепенном увеличении температуры образца, производимом путем естественного прогревания, скорость которого определяется температурой окружа-

ющей среды и остаточным количеством криогенной жидкости и в среднем составляет $1^{\circ}\text{C} / \text{мин}$. Глубокой и быстрой первоначальной заморозкой достигается "мгновенная" фиксация состояния материала на момент начала измерений и снижается вероятность приспособления (адаптации) растительной ткани к условиям окружающего пространства с изменением при этом молекулярной структуры, которое может иметь место при медленном охлаждении. Температура, соответствующая процессу фазового или релаксационного перехода в компонентах древесины (характеристическая температура), связана с температурой морозостойкости древесного вещества. Это обусловлено тем, что обе температуры непосредственным образом связаны со строением вещества древесины в целом и отдельных ее компонентов в частности, а также с наличием воды в клетках и межклеточном пространстве и ее взаимодействием с активными группами макромолекул растительных клеток. Следовательно, зная характер изменения характеристической температуры, в зависимости от вида растения, его возраста и прочих факторов, можно предсказать характер зависимости температуры морозостойкости.

Определение коэффициента термического давления полимеров

П.Д. Голубь, Н.Н. Денисова, А.Д. Насонов, Т.И. Новичихина

АлтГПА

genphys@uni-altai.ru

При эксплуатации деталей из полимерных материалов они нередко подвергаются значительным внешним нагрузкам. Известно [6], что внешнее давление может существенно влиять на прочностные и деформационные характеристики полимеров. По этой причине исследования по воздействию высоких давлений на механические свойства пластмасс представляют определенный интерес для инженеров и технологов.

Вместе с тем, эксперименты по изучению процессов деформации полимеров и изменению их характера под действием высоких давлений являются весьма трудоемкими. Так, в работе [7] для более точного установления подобных закономерностей рекомендуются контрольные опыты, проводимые в течение 5-8 тысяч часов. Еще более серьезные проблемы возникают при необходимости выявления особенностей воздействия давлений в несколько тысяч атмосфер в широком интервале температур. Намного проще проводятся эксперименты по исследованию влияния температуры

на механическое поведение полимеров, методика которых разнообразна и хорошо разработана (например, [5]).

Именно этот факт использован теоретиками, которые в качестве альтернативы предлагают использовать принцип эквивалентного действия давления и температуры [1]. Суть этого принципа состоит в том, что изменение объема вещества можно добиться как воздействием давления, так и воздействием температуры.

Действительно, при нагревании полимера относительное изменение объема dV/V считается прямопропорциональным изменению температуры dT . Введя коэффициент пропорциональности, которым в этом случае является температурный коэффициент объемного расширения α_v , можно записать равенство:

$$dV/V = \alpha_v dT. \quad (1)$$

С другой стороны, образец полимера, подвергнутый сжатию внешним давлением dP , также изменяет свой объем. При этом относительное изменение объема dV/V считается прямопропорциональным dP . Коэффициентом пропорциональности в этом случае является сжимаемость — величина обратная объемному модулю упругости K . Тогда имеет место выражение:

$$dV/V = dP/K. \quad (2)$$

Приравнивая правые части уравнений (1) и (2) получим:

$$dP/dT = \alpha_v dT. \quad (3)$$

Учитывая, что для изотропных сред, к которым относятся практически все полимеры в естественном состоянии, температурный коэффициент объемного расширения α_v равен утроенному значению температурного коэффициента линейного расширения α ($\alpha_v = 3\alpha$), окончательно запишем:

$$dP/dT = 3\alpha K. \quad (4)$$

Таким образом, зная величины α и K полимеров, можно оценить значения их коэффициента термического давления dP/dT , физический смысл которого можно трактовать так: он показывает насколько необходимо изменить внешнее давление, действующее на образец, чтобы вызвать в последнем такие же изменения механических характеристик, какие возникают при изменении температуры образца на один градус.

Ранее [5, 2] нами получены значения объемного модуля упругости K и температурного коэффициента линейного расширения α ряда полимеров при низких температурах (т.е. находящихся в стеклообразном состоянии) с помощью ультразвуковых измерений, что позволяет определить

величину dP/dT для исследованных материалов. Расчеты, выполненные согласно уравнению (4), приведены в таблице 1 для температур жидкого гелия (4,2 К), жидкого азота (77 К) и при 240 К.

В разумности полученных результатов можно убедиться, сравнив их с данными работы [4], где по анализу кривых ползучести при давлениях до 500 кг/см^2 для политетрафторэтилена получены значения коэффициента dP/dT около $15 \text{ кг/см}^2 \text{ град}$ с уменьшением при изменении температуры до $8 \text{ кг/см}^2 \text{ град}$. У всех исследованных нами полимеров величина dP/dT укладывается в интервале от $7,5 \cdot 10^5 \text{ Па/К}$ до $14,16 \cdot 10^5 \text{ Па/К}$. С учетом, что $1 \text{ кг/см}^2 \approx 10^5 \text{ Па}$, отмечаем хорошее согласование наших данных с результатами, приведенными в [4].

Анализ результатов, представленных в таблице, показывает, что наиболее высокими значениями коэффициента термического давления характеризуются линейные кристаллические полимеры-найлоны (их степень кристалличности порядка 40%). Самые низкие значения параметра dP/dT относятся к полимерам, содержащим в цепях громоздкие боковые привески. Так, полистирол и поли-4-метилпентен-1 в качестве боковых привесков содержат массивные бензольные кольца C_6H_5 , именно этим полимерам соответствуют наиболее низкие коэффициенты dP/dT .

Таблица 1. Коэффициенты термического давления полимеров

№ п/п	Полимер	$K \cdot 10^{-9}, \text{ Па}$		$\alpha \cdot 10^5, 1/\text{К}$		$dP/dT \cdot 10^{-5}, \text{ Па/К}$	
		4,2 К	240 К	4,2 К	240 К	4,2 К	240 К
1	Н-6	9,7	8,0	4,3	5,9	12,51	14,16
2	Н-7	8,7	6,8	4,2	5,5	10,95	11,22
3	Н-11	8,3	5,8	4,5	6,6	11,19	11,49
4	Н-12	8,1	6,0	4,5	6,6	10,80	11,88
5	ПВХ	7,3	6,1	4,6	5,2	10,08	9,51
6	ПВФ	8,5	6,9	4,4	4,9	11,22	10,14
7	ПП	6,8	5,8	5,4	6,1	11,02	10,61
8	ПС	5,6	4,1	5,0	6,1	8,40	7,50
9	ПММА	7,7	6,7	4,2	4,6	9,69	9,24
10	ПАМПИ	4,4	3,3	6,7	8,2	8,85	8,13

Полимеры с асимметричными потенциальными барьерами, имеющие в

цепях легкие боковые привески в виде метильной группы CH_3 (пропилен) или атомов фтора и хлора (соответственно поливинилфторид и поливинилхлорид), характеризуются несколько большими величинами dP/dT по сравнению с ПС и П4МП1. Полиметилметакрилат содержит в основной цепи боковую эфирную группу $COOCH_3$, ему соответствует промежуточное значение коэффициента термического давления.

Объяснение подобному распределению значений dP/dT в полимерах можно получить в рамках теории свободного объема. Ранее [3] нами проведена оценка свободного объема ряда полимеров при низких температурах. Например при 4,2 К свободный объем V_o у Н-6 равен $10,4 \text{ см}^3/\text{моль}$, у ПП $V_o=12,1 \text{ см}^3/\text{моль}$, у ПВХ $V_o=16,0 \text{ см}^3/\text{моль}$, у ПММА $V_o=17,7 \text{ см}^3/\text{моль}$ и у ПС $V_o=21,8 \text{ см}^3/\text{моль}$.

Из приведенных данных становится понятным: чем больше свободный объем в полимере, тем меньшее значение давления необходимо к нему приложить из вне, чтобы добиться такого же эффекта, как и при изменении температуры на одинаковое число градусов.

С другой стороны, уменьшение температуры в области стеклообразного состояния у нейлонов не вызывает существенных изменений в структуре их надмолекулярных образований, а приводит к некоторому изменению молекулярной подвижности. В то же время внешнее давление даже в сотни атмосфер не оказывает сколь-нибудь заметного влияния на молекулярном уровне, однако такого давления оказывается достаточно для изменений в надмолекулярной организации полимера [6].

Следовательно, при одинаковом изменении свободного объема от действия температуры и давления температура вызывает изменение свойств по всему объему, а при воздействии давления изменение объема носит локальный характер за счет уплотнения дефектных областей структуры. Именно в этом и состоит принципиальное отличие действия давления и температуры на механическое поведение полимеров.

С этих позиций становится понятным различие величин dP/dT у разных по структуре полимерных веществ. В частности, нейлоны являются частично кристаллическими полимерами, в то время как остальные разветвленные полимеры имеют аморфную структуру. В результате наложения внешнего воздействия для изменения объема на некоторую величину в нейлонах требуются заметно большие давления, чем для такого же изменения объема в разветвленных полимерах. Причина этого состоит в том, что кристаллические нейлоны характеризуются менее дефектной структурой, чем остальные из исследованных аморфных полимеров, а именно дефектные области в упаковке этих материалов оказываются наиболее чувствительными к воздействию давления.

Исходя из подобных представлений, просто объясняется уменьшение величины коэффициента термического давления с повышением температуры у аморфных полимеров от гелиевой до азотной и далее до 240 К. Известно [5, 2], что при нагревании образца возрастает интенсивность подвижности боковых привесков, его свободный объем увеличивается, поэтому для уменьшения его до исходных значений требуются заметно меньшие давления, чем при низких температурах (см. табл.).

Вместе с тем, с этой точки зрения затруднительно понимание эффекта возрастания коэффициента dP/dT у кристаллических нейлонов при увеличении температуры их от 4,2 К до 240 К (см. табл.) На наш взгляд, дело здесь обстоит в химическом строении этих полимерных веществ, которые представляют собой линейные макромолекулы с отсутствием боковых привесков. В таких полимерах в области от гелиевых до азотных температур молекулярная подвижность практически отсутствует [5, 2]. Об этом же свидетельствуют и незначительные изменения параметра dP/dT в этом интервале температур. При нагревании от 77 К до 240К в этих полимерах размораживается подвижность фрагментов основной цепи, представляющих собой 3-4 метиленовые группы CH_2 . По-видимому, энергия теплового движения таких фрагментов цепи настолько высока, что способна препятствовать уплотнению макромолекул в надмолекулярных образованиях полиамидов, которое осуществляется за счет энергии поперечной деформации, вызываемой внешним давлением. Поэтому с повышением температуры требуется более высокое давление для сжатия полиамидных цепей до начального объема.

Строго говоря, при использовании уравнения (4) для расчета коэффициента термического давления следует помнить, о его приближенном характере. Действительно при выводе соотношения (4) из выражений (1) и (2) негласно предполагалось, что коэффициенты пропорциональности α и K являются постоянными. На самом деле при увеличении температуры они изменяются: α – в сторону увеличения, а K – в сторону уменьшения (см. табл.). И хотя произведение $\alpha \cdot K$ в уравнении (4) несколько нивелирует изменение этих коэффициентов, результаты расчетов величины dP/dT не являются точными.

Однако такое предложение никоим образом не отрицает справедливость самого принципа эквивалентности действия, температуры и давления на полимерные образцы. А параметр dP/dT может использоваться как эффективный инструмент для анализа изменений характера релаксационных процессов, определяющих многие механические свойства полимеров, при одновременном воздействии на полимер температуры и давления [4].

Библиографический список

- [1] Айнбиндер С.Б. Успехи реологии полимеров. — М. : Химия, 1970. — 253 с.
- [2] Голубь П.Д. Исследование молекулярного движения и релаксационных процессов в полимерах ультразвуковым методом при гелиевых температурах : Дис. . . канд. физ.-мат. наук / Голубь П.Д. ; МО-ПИ. — М., 1973.
- [3] Голубь П.Д., Старостенков М.Д. Свободный объем в стеклообразных полимерах // Сборник научных трудов Удмуртского университета. — 1990. — № 10. — С. 37–42.
- [4] Ольховик О.Е. Влияние температуры и гидростатического давления на релаксационные свойства политетрафторэтилена при сдвиге // Высокмолекулярные соединения. — 1977. — Т. XIX, № 1. — С. 129–136.
- [5] Перепечко И.И. Свойства полимеров при низких температурах. — М. : Химия, 1977. — 272 с.
- [6] Свойства полимеров при высоких давлениях / Айнбиндер С.Б., Алксне К.И., Тюнина Э.Л., Лака М.Г. — М. : Химия, 1973. — 260 с.
- [7] Уржумцев Ю.С., Максимов Р.Д. Прогностика деформативности полимерных материалов. — Рига : Зинатне, 1975. — 416 с.

Структурные превращения, сопровождающие кристаллизацию металла: двухмерная компьютерная модель¹

Г.М. Полетаев, Д.В. Дмитриенко, В.В. Дябденков,
В.Р. Микрюков, М.Д. Старостенков
АлмГТУ
gmpoletaev@mail.ru

В последнее время большое внимание уделяется металлическим материалам с очень малым размером зерен – ультрамелкозернистым материалам со средним размером зерен от 10 до 100 нм. Повышенный интерес к ним связан с их уникальными физико-механическими свойствами.

¹Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №12-08-98046-р_сибирь_a, №12-02-98000-р_сибирь_a, №12-01-06067-г

Они имеют высокие прочностные свойства, более пластичны, чем обычные поликристаллы, обладают уникальными тепловыми и магнитными свойствами, относительно высоким коэффициентом самодиффузии и т.д. Наличие этих свойств обусловлено, как считает большинство исследователей, относительно высокой плотностью границ зерен и тройных стыков [4, 7]. Изучение структуры и процессов, происходящих вблизи тройных стыков, на атомном уровне находится на начальном этапе. В настоящее время остается много вопросов, касающихся как структуры и структурно-энергетических параметров тройных стыков, так и кинетики процессов, происходящих с их участием.

Ранее, в работе [5] с помощью молекулярно-динамического моделирования нами было показано, что тройной стык, образованный границами наклона и ориентированный вдоль общей оси разориентации зерен, не является особым дефектом кристаллической структуры в том смысле, что его энергия образования близка к нулю и он, по сути, является частью стыкующихся границ зерен. Более того, для многих тройных стыков границ наклона наблюдалось образование небольшой бездефектной области (размером 5-7 Å) в центре тройного стыка в результате взаимного отталкивания зернограницных дислокаций.

Для дополнительной проверки полученного в работе [5] результата была поставлена задача изучить атомную структуру тройных стыков, получающихся в результате кристаллизации из расплава на примере двухмерной модели. Двухмерная модель была выбрана по трем причинам. Во-первых, все границы зерен, возникающие в двухмерной модели, являются границами наклона [3, 6]. Это обусловлено тем, что при описании межатомных взаимодействий изотропным потенциалом двухмерная модель кристалла всегда соответствует плоскости (111) ГЦК решетки. Во-вторых, поликристаллическая структура в двухмерной модели образуется при любой скорости охлаждения расплава [6], когда как для кристаллизации в трехмерной модели требуются относительно меньшие скорости охлаждения, ниже определенной критической скорости, при превышении которой уже образуются аморфные металлы [2]. То есть при моделировании кристаллизации в двухмерной модели требуется существенно меньше затрат машинного времени. И, наконец, в-третьих, при одном и том же количестве атомов в двухмерной и трехмерной моделях (то есть при одинаковой скорости счета на компьютере) двухмерная модель содержит гораздо больше зерен и границ между ними.

Исследования проводились на примере никеля. Двухмерный расчетный блок содержал 6400 атомов (21×18 nm). Межатомные взаимодействия описывались парным потенциалом Морза, параметры которого были взя-

ты из работы [1], где они были рассчитаны по параметру решетки, модулю всестороннего сжатия, энергии сублимации. Радиус действия потенциалов ограничивался пятью координационными сферами.

На рис.1 (а) изображен расчетный блок со структурой, соответствующей жидкости. Для плавления задавалась температура существенно выше температуры плавления металла – 2500 К. Граничные условия по оси X накладывались периодические, по оси Y – свободные. Наложение свободных условий вдоль одной из осей связано с тем, что в процессе плавления-кристаллизации объем расчетного блока (точнее, его площадь) мог существенно изменяться.

После сверхбыстрого охлаждения, скорость которого имела значение приблизительно 10^{16} К/с, структура двухмерного Ni стала поликристаллической со средним размером зерен порядка нескольких нанометров (рис.1 б). Сверхбыстрое охлаждение в молекулярно-динамической модели осуществлялось путем многократного обнуления скоростей атомов, которые производились тогда, когда колебания величины кинетической энергии достигали максимумов. Продолжительность такой процедуры в модельном времени обычно составляла 10-15 пс (1000-1500 итераций при шаге по времени 0,01 пс).

На рис. 2 изображен (с помощью визуализатора свободного объема) пример структуры двухмерного Ni, полученной при сверхбыстром охлаждении из расплава, на разных этапах структурной релаксации. На рисунке условно выделены мало- и большеугловые границы зерен. Для малоугловых границ характерно относительно редкое расположение зернограничных дислокаций, для большеугловых, напротив, высокая плотность избыточного свободного объема. Соотношение мало- и большеугловых границ было примерно одинаковое. Помимо границ зерен в расчетном блоке, полученном сразу после сверхбыстрого охлаждения, присутствовал ряд других дефектов: вакансии, поры, отдельные дислокации, дисклинации.

Тройные стыки границ зерен практически во всех случаях не обладали структурными особенностями, выделяющими их как особые дефекты. Зачастую, как видно из рис. 2, углы между границами в стыках значительно отличались от 120° . Особенно это было характерно для начальных стадий релаксации. В целом, углы между границами в стыке определяются “натяжением” границ, которое в свою очередь определяется их энергией образования. Из приведенных примеров на рис. 2 видно, что большеугловые границы имеют более высокое “натяжение”, чем малоугловые, что подтверждается соотношением их энергий образования [1].

В структуре двухмерного металла, полученной сразу после сверхбыст-

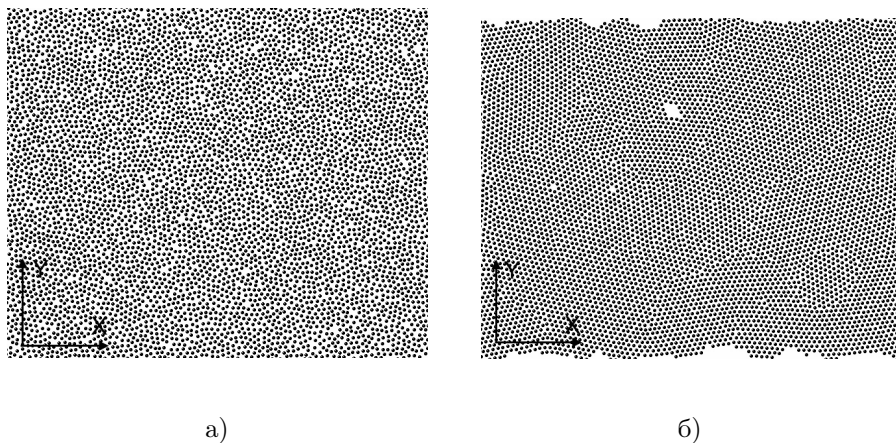


Рис. 1. Структура двумерного Ni : а) расплавленного при температуре 2500 К; б) сверхбыстро охлажденного до температуры около 0 К.

рого охлаждения, наблюдалась высокая концентрация различных дефектов. В течение релаксации многие дефекты были сорбированы границами зерен или вышли на свободные границы расчетного блока.

При рассмотрении последовательности структурных изменений при релаксации было отмечено, что интенсивнее трансформируются и участвуют во взаимодействии с другими дефектами большеугловые границы. По всей видимости, это связано с более высокой энергией таких границ по сравнению с малоугловыми. В результате релаксации при температуре 300 К в течение 10 пс исчезли два маленьких зерна – на рис.2 (б) это место отмечено цифрой 1. На месте, где были эти зерна, остались вакансии и две дислокации. Кроме этого, залечилась пора и были сорбированы большеугловой границей дефекты в области, отмеченной цифрой 2. Интересным моментом при структурообразовании в течение релаксации являлось вращение некоторых зерен относительно других. На рис.2 (б) места, где произошло вращение зерен, отмечены цифрой 3. Следует заметить, что при кристаллизации и последующей структурной релаксации чаще вращались те зерна, которые контактировали со свободной поверхностью.

Таким образом, как показало молекулярно-динамическое исследование кристаллизации на примере двумерной модели никеля, тройные стыки границ наклона не являются особыми дефектами, то есть не содержат

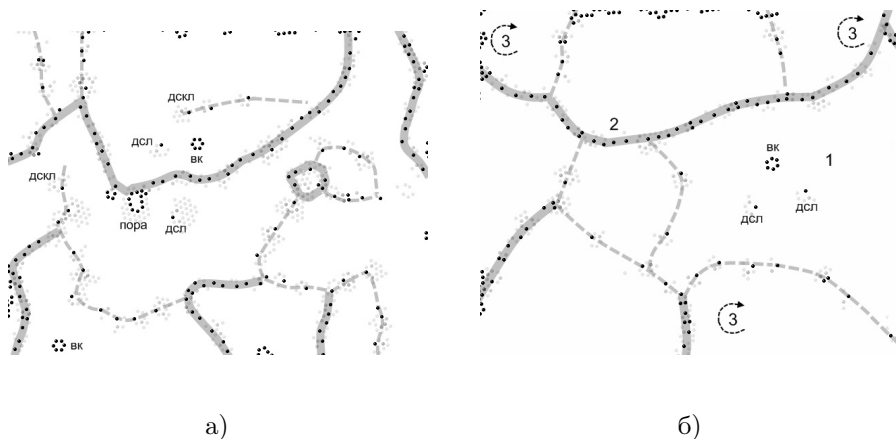


Рис. 2. Изображение с помощью визуализатора свободного объема дефектов в двухмерном Ni после сверхбыстрого охлаждения из расплава и последующей релаксации: а) сразу после сверхбыстрого охлаждения; б) после релаксации при температуре 300 К в течение 10 пс. Толстыми серыми линиями условно обозначены большеугловые границы, тонкими прерывистыми – малоугловые. Обозначения на рисунках: вк – вакансия, дсл – краевая дислокация, дскл – дисклинация.

никаких структурных особенностей, выделяющих их на фоне образующих эти стыки границ зерен. По сути, они являются не более чем продолжением и частью этих границ. Следует, конечно, заметить, что сделанные в настоящей работе выводы относятся к равновесным стыкам границ наклона, когда как большинство границ в поликристаллах, как правило, общего типа. Следующим этапом, очевидно, должно быть исследование структуры тройных стыков общих границ.

В настоящей работе было также получено, что в процессе структурной релаксации, сопровождающей кристаллизацию, интенсивнее трансформируются большеугловые границы. Кроме того, в процессе кристаллизации и роста зерен, помимо миграции границ, участвовал дополнительный механизм – вращение зерен.

Библиографический список

- [1] Атомные механизмы структурно-энергетических превращений вблизи границ зерен наклона в ГЦК металлах и интерметаллиде Ni_3Al /

- Полетаев Г.М., Юрьев А.Б., Громов В.Е., Старостенков М.Д. — Новокузнецк : изд-во СибГИУ, 2008. — 160 с.
- [2] Краснов В.Ю., Полетаев Г.М., Старостенков М.Д. Исследование структуры аморфного никеля // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. — 2006. — № 4. — С. 37–45.
- [3] Механизмы диффузии по границам зерен в двумерных металлах // *Ракитин Р.Ю., Полетаев Г.М., Аксенов М.С., Старостенков М.Д. // Письма в ЖТФ*. — 2005. — Т. 31, № 15. — С. 44–48.
- [4] Мулюков Р.Р. Структура и свойства субмикрорекристаллических металлов, полученных интенсивной пластической деформацией : Автореф. дис. . . д.ф.-м.н. / Мулюков Р.Р. — М., 1996. — 34 с.
- [5] Полетаев Г.М., Дмитриенко Д.В., Старостенков М.Д. Атомная структура тройных стыков границ наклона в никеле // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. — 2012. — Т. 9, № 3. — С. 344–348.
- [6] Полетаев Г.М., Старостенков М.Д. Затвердевание из расплава двумерных металлов при сверхбыстром охлаждении // *Изв. ВУЗов. Физика*. — 2002. — Т. 44, № 8 (приложение). — С. 113–117.
- [7] Kumar K.S., Van Swygenhoven H., Suresh S. Mechanical behavior of nanocrystalline metals and alloys // *Acta Materialia*. — 2003. — Vol. 51. — P. 5743–5774.

Исследование методом компьютерного моделирования атомной структуры и механизма диффузии вдоль межфазной границы $Ni - Al$ ¹

Г.М. Полетаев, А.В. Санников, В.Р. Микрюков

АлмГТУ

gmpoletaev@mail.ru

На границе фаз может возникнуть ситуация, качественно аналогичная той, которая имеет место на границе кристаллов одной фазы, то есть на границах зерен. В связи с этим в определенных условиях возможно ускорение диффузионного переноса вещества вдоль межфазных границ, что имеет подтверждение в экспериментальной практике [2, 3]. Принципиальное отличие между границами фаз и границами зерен заключается в том, что вторая фаза, как правило, существует в виде изолированного включения в матрице, то есть границы фаз не образуют единой разветвленной сети, подобно границам зерен. Кроме того дислокации, характерные для межфазных границ, образуются не только в результате разориентации контактирующих кристаллов (как в случае границ зерен), но и вследствие несоответствия параметров решеток фаз (так называемые дислокации несоответствия) [3, 7]. В работах [2, 3] отмечается, что из-за несовершенства структуры границы фаз могут обнаруживать высокую диффузионную проницаемость, в некоторых случаях даже более высокую, чем границы зерен. Считается, что возможен и обратный случай, когда диффузия вблизи границы фаз идет медленнее, чем в объеме зерна.

Ранее, в работе [5], при исследовании диффузии по межфазной границе $Ni - Al$ в двухмерной модели было выяснено, что дислокации несоответствия играют ключевую роль в миграции атомов вблизи границы. Отмечалось, что диффузия может происходить как за счет образования циклических смещений атомов вблизи ядер дислокаций, так и образования цепочек смещенных атомов от одного ядра дислокации к ядру соседней.

Настоящая работа посвящена исследованию методом молекулярной динамики атомной структуры межфазной границы $Ni - Al$ (в трехмерной модели) и механизма диффузии вдоль нее в условиях твердофазного

¹Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №12-08-98046-р_сибирь_a, №12-02-98000-р_сибирь_a, №12-01-06067-г

контакта. В работе рассматривались ориентации межфазной границы в плоскостях (100) и (111). В качестве металлической системы была взята система, состоящая из двух ГЦК металлов *Ni* и *Al* с параметрами решеток 3,52 и 4,05 Å соответственно. Значительное отличие параметров решеток приводит к формированию высокой плотности дислокаций несоответствия на границе раздела *Ni* – *Al*. Кроме того, система *Ni*-*Al* является одной из систем, в которых возможен самораспространяющийся высокотемпературный синтез, - перспективный технологический процесс, с помощью которого получают интерметаллиды.

Межфазная граница создавалась в центре расчетного блока (рис. 1). Плоскость границы имела ориентацию (100) или (111). Размеры блока подбирались таким образом, чтобы вдоль межфазной границы можно было использовать периодические граничные условия. То есть вдоль осей *X* и *Y* на рис. 1 имитировалось бесконечное повторение расчетного блока. Вдоль оси *Z* были наложены жесткие условия, – атомам вблизи поверхностей расчетного блока, параллельных плоскости границы, в процессе компьютерного эксперимента не позволялось двигаться (на рис. 1 жестко закрепленные атомы показаны темно-серым цветом).

Количество атомов в расчетном блоке составляло от 15000 до 20000. Расчетный блок имел форму близкую к форме куба с длиной граней от 5 до 7 нм.

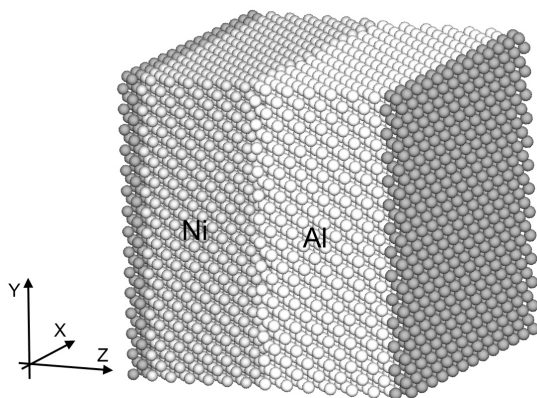


Рис. 1. Расчетный блок с межфазной границей *Ni* – *Al* (100). Вдоль осей *X* и *Y* наложены периодические граничные условия. Атомам, окрашенным в темно-серый цвет, в процессе компьютерного эксперимента двигаться запрещалось (жесткие граничные условия вдоль оси *Z*)

Для приведения структуры расчетного блока в равновесное состояние (в данных условиях) проводилась структурная релаксация. В результате релаксации температура расчетного блока повышалась, поэтому после ее завершения расчетный блок охлаждался до 0 К. Шаг интегрирования по времени в методе молекулярной динамики варьировался от 5 до 10 фс. При описании межатомных взаимодействий использовались парные потенциалы Морзе, параметры которых были взяты из работы [1].

При создании межфазной границы разориентация кристаллов Ni и Al не производилась, поскольку было выяснено, что при любой разориентации алюминий вблизи границы стремится имитировать кристаллическую ориентацию никеля. В результате этого, если Al первоначально был разориентирован относительно Ni , в Al образовывалась граница зерен, параллельная межфазной границе.

В процессе структурной релаксации, в ходе которой происходило сопряжение фаз Ni и Al , на межфазной границе образовывались дислокации несоответствия (рис. 2 и рис. 3). Они возникали, как было уже сказано выше, в результате несоответствия параметров решеток контактирующих фаз.

На рис. 2 изображены распределения свободного объема в плоскости межфазной границы. Визуализация свободного объема осуществлялась путем расчета среднего расстояния от каждого атома до ближайших атомов. Если среднее расстояние незначительно отличалось от расстояния, соответствующего идеальному кристаллу, атом не изображался. В противном случае атом закрашивался в тот или иной оттенок серого цвета. Черный цвет соответствует наличию вблизи данного атома свободного объема, примерно равного объему вакансии, то есть, как если бы вблизи рассматриваемого атома находилась вакансия.

На рис. 2 отчетливо видны ядра дислокаций несоответствия, которые в случае границы (100) образуют сетку с квадратными ячейками, состоящую из двух систем дислокаций, а в случае границы (111) – сетку с треугольными ячейками, состоящую из трех систем дислокаций. Эта сетки похожи на сетки винтовых зернограницных дислокаций на границах кручения с ориентациями в тех же плоскостях (100) и (111) [6, 4]. Однако, в данном случае дислокации не винтовые, а краевые. Это хорошо видно на рис. 3, где изображена проекция расчетного блока, содержащего границу $Ni - Al$ (100), на плоскость (110). Дислокации несоответствия, изображенные на рис. 3, аналогичны тем, которые были получены в двухмерной модели межфазной границы $Ni - Al$ [5].

Атомный механизм диффузии исследовался с помощью визуализатора атомных смещений относительно начальных положений. Смещения

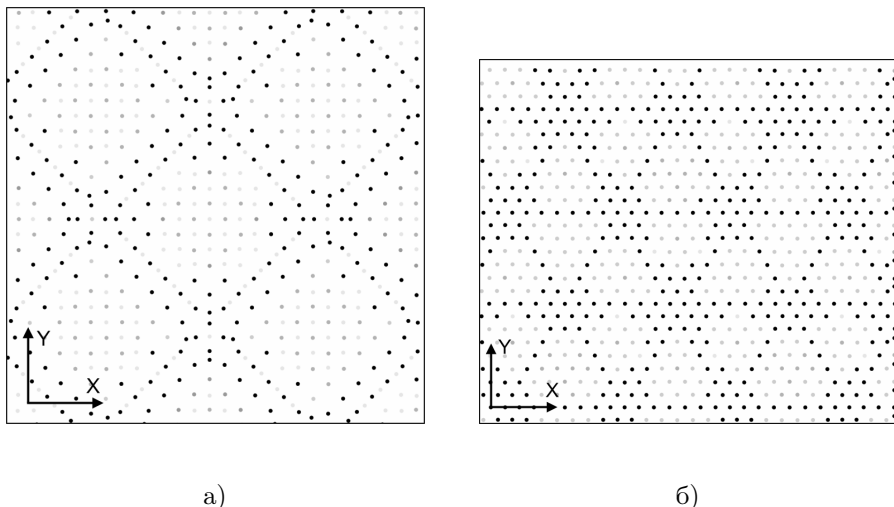


Рис. 2. Изображение дислокаций несоответствия на границах $Ni - Al$ (100) (а) и (111) (б) с помощью визуализатора свободного объема (чем темнее атом, тем больше вокруг него свободного объема)

атомов визуализировались программой непосредственно в процессе компьютерного эксперимента, что позволяло наблюдать смещения атомов в динамике.

Было выяснено, что дислокации несоответствия играют ключевую роль в диффузии вблизи межфазной границы в условиях твердофазного контакта. Это согласуется с выводами работы [5]. На рис. 4 изображены примеры картин атомных смещений вдоль межфазной границы в процессе компьютерного эксперимента. Как видно, смещения атомов происходят преимущественно вдоль ядер дислокаций несоответствия. Более отчетливо это видно на примере границы (100) (рис.4 а), где плотность дислокаций не такая высокая, как в случае границы (111). Следует заметить, что местоположение самих ядер дислокаций со временем может колебаться, как это видно на рис. 4 (а), что делает диффузионный канал (канал преимущественной миграции атомов) шире с ростом температуры.

Таким образом, с помощью метода молекулярной динамики в настоящей работе показано, что на межфазной границе $Ni - Al$ формируется сетка краевых дислокаций несоответствия (квадратная из двух систем дислокаций для границы (100) и треугольная из трех систем для гра-

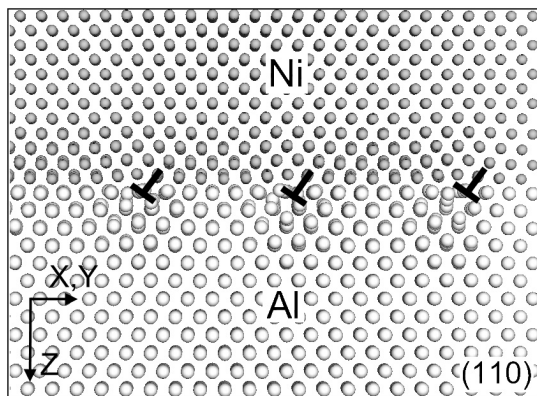


Рис. 3. Дислокации несоответствия в проекции расчетного блока, содержащего границу $Ni - Al$ (100), на плоскость (110)

ницы (111)), играющих ключевую роль в диффузии вблизи межфазной границы при твердофазном контакте. Атомы мигрируют преимущественно вдоль ядер дислокаций. Было выяснено, что атомы Al диффундируют вдоль границы интенсивнее, чем атомы Ni .

Следует заметить, что проведенные исследования относятся к структурно правильным и равновесным межфазным границам. В действительности контактирующие фазы на границе содержат различные несовершенства. Их роль в диффузии будет рассмотрена в последующих работах.

Библиографический список

- [1] Атомная структура АФГ и ее влияние на состояние решетки вблизи дислокации в упорядоченных сплавах со сверхструктурой $L1_2$ / Царегородцев А.И., Горлов Н.В., Демьянов Б.Ф., Старостенков М.Д. // ФММ. — 1984. — Т. 58, № 2. — С. 336–343.
- [2] Бокштейн Б.С. Диффузия в металлах. — М. : Металлургия, 1978. — 248 с.
- [3] Влияние величины несоответствия параметров решеток фаз на диффузионную проницаемость межфазных границ / Бокштейн С.З., Болберова Е.В., Игнатова И.А. и др. // Физика металлов и металлургия. — 1985. — Т. 59, № 5. — С. 938–942.

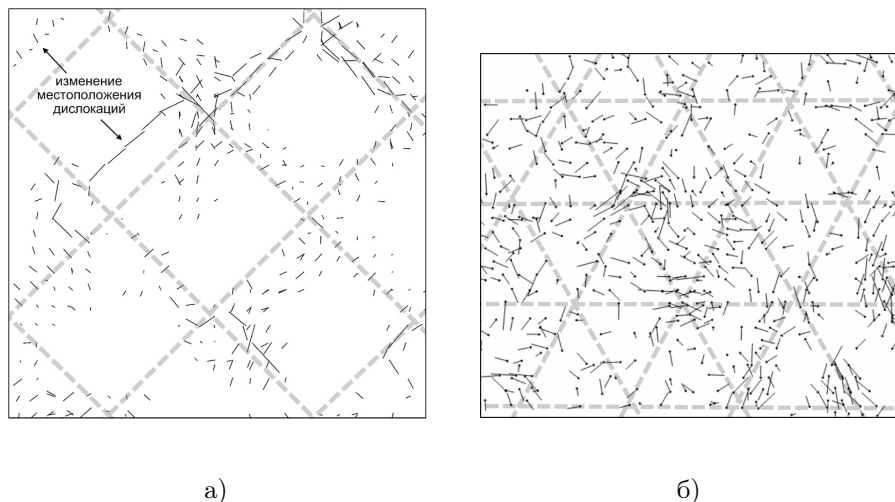


Рис. 4. Миграции атомов в плоскости межфазной границы $Ni - Al$: а) (100) при температуре 700 К в течение 40 пс; б) (111) при температуре 900 К в течение 150 пс. Смещения атомов изображены черными отрезками. Серыми жирными прерывистыми линиями показаны примерные положения дислокаций несоответствия

- [4] Мартынов А.Н., Полетаев Г.М., Старостенков М.Д. Атомный механизм диффузии по малоугловым границам кручения в ГЦК металлах // Письма о материалах. — 2011. — Т. 1, № 1. — С. 43–46.
- [5] Молекулярно-динамическое исследование механизмов диффузии вблизи границы раздела Ni и Al в условиях твердофазного контакта / Полетаев Г.М., Кобзарь Л.М., Кулабухова Н.А., Старостенков М.Д. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. — 2009. — № 4. — С. 111–115.
- [6] Полетаев Г.М., Мартынов А.Н., Старостенков М.Д. Структура и энергия границ зерен кручения в ГЦК металлах // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. — 2010. — Т. 7, № 4. — С. 27–34.
- [7] Тхорик Ю.А., Хазан Л.С. Пластическая деформация и дислокации несоответствия в гетероэпитаксиальных системах. — Киев : Наукова Думка, 1990. — 321 с.

Содержание

Информационные технологии и системы в образовании	3
<i>Belinskaya N.S.</i> Software implementation of frame-based model for decision making in case of faults in dehydrogenation plant working	3
<i>Адодина М.В.</i> Преимущества и недостатки математического пакета wxMaxima	6
<i>Акинъшин А.А.</i> Применение численных методов для решения задач биоинформатики	11
<i>Борданенко Т.Ю.</i> Информационно-методическое обеспечение учебного процесса в вузе	16
<i>Борзенко Е.К., Ерёмин А.М.</i> Электронные учебные пособия в преподавании математических дисциплин в вузе	21
<i>Григорьева А.В., Климмин А.П.</i> Применение информационных технологий при изучении физики и электротехники	26
<i>Дронова Е.Н., Третьякова Н.В.</i> Использование информационных технологий на уроках математики в школе	28
<i>Евтушенко А.Б.</i> Опыт использования ИКТ на уроках истории и обществознания	33
<i>Королева Т.В.</i> Применение информационных технологий в начальной школе	40
<i>Королькова М.Н.</i> Использование проектной деятельности и информационных технологий на уроке физики	42
<i>Кошева Д.П., Нечаева А.А.</i> Формирование информационной компетентности студентов с использованием дистанционных образовательных технологий	47
<i>Кравченко Г.В.</i> Возможности систем дистанционного обучения для организации учебного процесса в вузе	51
<i>Кускочева А.Г.</i> Методические особенности изучения стереометрии в школьном курсе математики	57

<i>Лиготина Ж.В.</i> Развитие информационно-образовательного пространства колледжа посредством разработки и внедрения электронных образовательных продуктов	61
<i>Лукьянова Н.В.</i> Создание 3D изображений на уроке информатики	65
<i>Милёшина Т.В.</i> О необходимости подготовки учителя сельской общеобразовательной школы к применению информационных и коммуникационных технологий в педагогической деятельности	69
<i>Миллер А.В.</i> Рекомендации по проведению кружка по робототехнике	71
<i>Никитина З.А.</i> Использование информационно-коммуникативных технологий в процессе изучения дисциплин психолого-педагогического цикла	76
<i>Петрова А.Н., Ищенко Е.В., Молоджина И.В.</i> Обучающий видео фильм в образовательном процессе	78
<i>Пономарева В.В.</i> Информационная компетентность учителя – одно из условий эффективности современного урока математики	82
<i>Пузырная Е.В., Мишина О.С.</i> Изучение основ робототехники в процессе дистанционного обучения детей с ограниченными возможностями здоровья	85
<i>Пышиноград Н.Г., Смокотина О.Ю.</i> Использование информационных и коммуникационных технологий: практические советы учителю — словеснику	88
<i>Ракитин Р.Ю., Лисин А.А.</i> Разработка сайта для образовательного учреждения	93
<i>Ракитин Р.Ю., Ляпунова И.В.</i> Защита информации в образовательном учреждении	97
<i>Ракитин Р.Ю., Петракова О.В.</i> Особенности изучения робототехники в школе	101
<i>Смолкина А.А., Афонина М.В.</i> Преимущества балльно-рейтинговой системы оценки результатов обучения студентов по информатике	105

<i>Стёпкина И.Е.</i> Использование робототехники в образовательном процессе как метод формирования ИКТ компетентности учащихся и педагогов гимназии	108
<i>Таскарина Ж.М.</i> Информационные технологии и системы на уроках географии	112
<i>Хорожордина Е.А.</i> Структура и содержание готовности студентов к обучению в условиях реализации федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования	114
Математическое моделирование объектов науки и техники	118
<i>Dr. Al-Zamily Ali Meerali, Altukhov Y.A.</i> Mathematical simulation for cross flow heat exchanger with present nanoparticles	118
<i>Belinskaya N.S.</i> Optimization of ethylbenzene production using mathematical modeling method	124
<i>Belinskaya N.S., Frantsina E.V., Silko G.J.</i> Some stages of hydrodewaxing process modeling	131
<i>Аль Джода Х.Н.А., Титова Е.С., Пышиноград Г.В.</i> Математическое моделирование процесса растворного формования полимерных пленок в условиях одноосного растяжения	137
<i>Абрамова А.В., Гавриловская Н.В.</i> Аналитический обзор применения принципа аналогичности в задачах прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур	142
<i>Ахмерова И.Г.</i> Вопросы разрешимости задач одномерного движения двухфазной смеси	147
<i>Боярская А.В., Павлова А.В.</i> Разработка двумерных математических моделей процесса теплопереноса в почве при наличии криволинейных границ и границ раздела	153
<i>Гончарова О.Н.</i> Численные исследования микроконвекции жидкости и сопряженных процессов переноса тепла в прямоугольных областях	157

<i>Зубкова А.В., Сажженков С.А., Сажженкова Е.В.</i> Усреднение изотермической трехфазной задачи поропругости	163
<i>Козаченко М.С., Славский В.В.</i> Модель краткосрочного мониторинга и прогноза динамики лесных пожаров	167
<i>Кондратенко О.А.</i> Численное моделирование переноса тепла в свободном слое жидкости на основе точных решений уравнений Навье-Стокса	172
<i>Кунгуров И.А.</i> Решение задачи параметрической идентификации и анализа модели на чувствительность с помощью компьютерной системы поливариантных расчетов	178
<i>Кузиков С.С.</i> О корректности краевой задачи для вырождающегося уравнения эллиптического типа	184
<i>Львова М.А.</i> Концептуальный анализ обобщенного плана варианта КИМ ЕГЭ 2012 г. по математике	185
<i>Лукомина Е.С.</i> О численном исследовании напряженно-деформированного состояния в окрестности тоннелей	191
<i>Мартко Е.О.</i> Вероятностная оценка факторов, влияющих на работу электродвигателей в сельском хозяйстве	192
<i>Мерзлякина Д.А., Пышиноград Г.В.</i> Многомодальное приближение в мезоскопической теории текучих полимерных сред	197
<i>Нуждин П.В., Жилин С.И.</i> Решение задач методом регрессии на главные компоненты в архитектуре MapReduce	198
<i>Папин А.А., Хворых Д.П.</i> Движение подземных вод в условиях промерзающего грунта	200
<i>Пергаева А.Н., Петрова А.Г.</i> Об учете диффузии примеси в твердой фазе и «диффузионном переохлаждении» в задаче затвердевания бинарной смеси	202
<i>Пышиноград И.Г.</i> Некоторые задачи механики полимерных сред	203
<i>Пятков В.Д.</i> Производительность различных реализаций распределённого алгоритма простой интервальной регрессии	204
<i>Резанова Е.В.</i> Двухслойные течения с учетом испарения на границе раздела	206

<i>Сажеников С.А., Саженикова Е.В., Филатов А.В.</i> Эффективная вязкоупругость пористого грунта, насыщенного двухфазной жидкостью	211
<i>Сибин А.Н.</i> Проникание твердого тела в жидкость через слой покрытия	216
<i>Токарева М.А.</i> Трехмерная задача фильтрации жидкости в вязкоупругой деформируемой среде	219
<i>Хворова Л.А.</i> Актуальные проблемы моделирования в агроэкологии	221
<i>Чубарова Г.Э.</i> Моделирование двухслойных течений по наклонной подложке на основе точных решений	227
<i>Янцен В.В., Петрова А.Г.</i> Влияние усадки на скорость движения фронта плавления	233
Математическое моделирование экономических и социальных систем и процессов	234
<i>Rodionova L.V., Rodionova O.E., Rodionov E.D.</i> Integral Estimation of the Tightness on the Altai Labor Market	234
<i>Алгазин Г.И.</i> Об особенностях системной оптимизации	238
<i>Брика Т.Ф.</i> Математическая модель благополучия семьи	240
<i>Виноградова А.В.</i> Подходы к решению задачи оптимизации депозитной политики коммерческого банка	245
<i>Захарова Ю.А., Понькина Е.В.</i> Модель рассредоточенного рынка при асимметрии транспортных издержек: случай монополии	250
<i>Лямкина Ю.Б., Хворова Л.А.</i> Информационное обеспечение процесса построения модели продукционного процесса сои	257
<i>Махаева Т.П.</i> Управление качеством подготовки школьников к ЕГЭ на основе теории нечетких множеств	261
<i>Матюнин Е.В., Жариков А.В.</i> О нахождении равновесия Нэша игры двух лиц в случае независимости асимметричной информированности в среде “Maple”	265

<i>Махнытжина О.В.</i> Моделирование оптимальной траектории слабо формализованного объекта с иерархической структурой	269
<i>Михеева Т.В.</i> Задача институционального управления в теоретико-игровой модели корпоративной производственной системы с использованием принципов системного компромисса	274
<i>Неризько С.В., Перекаренкова Ю.А., Родионова Л.В.</i> Использование мультиномиальных логистических моделей для анализа рынка труда	277
<i>Оскорбин Н.М.</i> Математическое моделирование социальных и экономических систем по произведениям А.С. Пушкина	280
<i>Перекаренкова Ю.А.</i> Экономический рост как фактор формирования спроса на рынке труда Алтайского края	286
<i>Понькина Е.В., Комаров П.В., Маничева А.С.</i> Институциональные факторы в социально-экономических системах	289
<i>Пономарев И.В., Славский В.В.</i> Нечеткая модель оценки напряженности на сельском рынке труда	292
<i>Поползин Д.Ю.</i> Связь долговременных инфляционных факторов в России на федеральном и региональном уровнях (на примере Алтайского края)	294
Физика конденсированного состояния вещества	299
<i>Бетеньков Ф.М.</i> Определение морозостойкости растений резонансным методом	299
<i>Голубь П.Д., Денисова Н.Н., Насонов А.Д., Новичихина Т.И.</i> Определение коэффициента термического давления полимеров	301
<i>Полетаев Г.М., Дмитриенко Д.В., Дябденков В.В., Микрюков В.Р., Старостенков М.Д.</i> Структурные превращения, сопровождающие кристаллизацию металла: двухмерная компьютерная модель	306
<i>Полетаев Г.М., Санников А.В., Микрюков В.Р.</i> Исследование методом компьютерного моделирования атомной структуры и механизма диффузии вдоль межфазной границы $Ni - Al$	312

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

Научное издание

**Сборник научных статей
международной школы-семинара
”Ломоносовские чтения на Алтае”
Барнаул, 20-23 ноября, 2012
Часть II**

Ответственный за выпуск - Л.В. Скорлупина
Оригинал-макет подготовлен
И.В. Пономаревым

Подписано в печать 28.11.2012 г.
Объем 20,3 уч.-изд.л. Формат 60 × 84/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс Нью Роман. Тираж 100 экз. Заказ №135.
Отпечатано в типографии ”Концепт”,
656049, г.Барнаул, пр-т Социалистический, 85,
т./ф.: (3852) 36-82-51