

**Министерство образования и науки РФ  
Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского**

**НАУЧНЫЕ ТРУДЫ  
Калужского государственного  
университета имени К.Э. Циолковского**

**Серия  
Естественные науки**

**2018**

**Калуга – 2018**

**УДК 50**  
**ББК 20**  
**Н 34**

Печатается по решению  
Редакционно-издательского совета  
КГУ им. К.Э. Циолковского

**Научные труды Калужского государственного университета имени К.Э. Циолковского. Серия: Естественные науки. 2018. – Калуга: Издательство КГУ имени К.Э. Циолковского, 2018. – 368 с.**  
**ISBN 978-5-88725-530-9**

В настоящее издание включены материалы докладов естественнонаучных секций региональной университетской научно-практической конференции.

Сборник трудов рассчитан на научных работников, специалистов, преподавателей и студентов, интересующихся актуальными вопросами естественных наук.

Редакционная коллегия:

Доможир В.В. (гл. редактор)  
Воронин И.В. (отв. секретарь)  
Бурмистрова Н.В.  
Коненкова Н.В.

Ларионова В.М.  
Серёжкин Л.Н.  
Степович М.А.  
Эндебера О.П.

© КГУ им К.Э. Циолковского, 2018

**ISBN 978-5-88725-530-9**

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Тимофеева М.А., Чернова Г.В., Сидоров В.В.**

Особенности проявления некоторых показателей системы эритрона у здоровых новорожденных..... 9

**Бабкина В.В., Чернова Г.В., Эндебера О.П., Колтаков А.М.**

Проявление фоточувствительности *Drosophila melanogaster* к воздействию красных светоизлучающих диодов ( $\lambda=660\pm 15$  нм)..... 17

**Петросян В.В., Чернова Г.В.**

О значимости исследования концентрации тиреотропного гормона в крови у детей раннего неонатального периода развития..... 22

**Лисовская Л.П., Полуяхтов А.В.**

Естественнаучная грамотность учащихся: пути ее формирования в свете требований школьных ФГОС..... 28

**Ергольская Н.В.**

Оценка рекомбинационной эффективности электромагнитного излучения крайне высокой частоты у *Drosophila melanogaster*..... 33

**Зайцева И.В., Симаков И.С.**

К вопросу о профилактике и мерах борьбы с африканской чумой свиней..... 40

**Зайцева И.В., Симаков И.С.**

Изучение распространения африканской чумы свиней в Калужской области..... 47

**Кузьмичев В.Е., Якушов Р.Е.**

Мониторинг радиационной обстановки в городской застройке района Правобережье г. Калуги..... 56

### ХИМИЯ И МЕТОДИКА ЕЁ ОБУЧЕНИЯ

**Ларионова В.М., Федякова В.В.**

Исследование поваренной соли на содержание йода..... 60

**Никулина С.Н., Рогожина М.А., Васюков А.Е., Метелкина Ю.И.**

Некоторые метрологические характеристики методики определения коэффициента идентификации минерального состава природных вод кондуктометрическим методом..... 65

<b>Ахлебинин А.К., Рыбкин А.А.</b> Использование ресурсов Internet в курсе «Молекулярная спектроскопия».....	74
<b>Ларионова В.М., Пустовит С.О., Нежданова Н.И.</b> Современная роль учебной и производственной практики в освоении студентом основной профессиональной образовательной программы по химии.....	78
<b>Пустовит С.О.</b> Формирование у учащихся умений пользоваться химическим языком на занятиях элективного курса.....	83
<b>Лазыкина Л.Г.</b> Самостоятельная работа студентов на практических занятиях по химии.....	89
<b>Лазыкина Л.Г., Кулишов С.А., Лазыкина А.Ю.</b> Исследование пигментов растений.....	95

## **ФИЗИКА И МЕТОДИКА ЕЕ ПРЕПОДАВАНИЯ**

<b>Сережкин Л.Н., Казакова А.Ю.</b> Методические аспекты определения скорости роста кристаллов.....	102
<b>Кирюхин А.В., Сережкин Л.Н.</b> Экспериментальное исследование вибрационной жесткости и возникающих пульсаций давления в образцах разгруженных компенсаторов.....	108
<b>Чебанюк С.В.</b> Особенности органического цикла Ренкина.....	113
<b>Канарейкин А.И.</b> Применение теории подобия к изучению процесса теплообмена.....	118
<b>Кирюхина Н.В., Ермаков А.К.</b> Лабораторный и компьютерный эксперимент в учебно-исследовательских работах студентов бакалавриата «Педагогическое образование» с предметной специализацией «Физика».....	121
<b>Кирюхина Н.В., Кирюхин П.К.</b> Расчет теплофизических характеристик ядерной энергетической установки космического назначения.....	126
<b>Кирюхина Н.В., Неделькина А.А.</b> Педагогические и статистические параметры задач муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике в Калужской области.....	132



**Красин М.С., Якушова И.И.**

Развитие методологической культуры в области физического эксперимента у участников муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по физике посредством квазиэкспериментальных задач..... 138

**Гладышев Ю.А., Лошкарева Е.А., Быльцов А.И.**

К вопросу о процессе теплопередачи в многослойном цилиндре при прогревании электрическим током..... 146

**Куликов А.Н., Герасимова В.И.**

О стационарной трёхмерной гидродинамической дисперсии в осесимметричном потоке при нелинейной зависимости коэффициента диффузии от скорости течения..... 153

**Куликов А.Н., Платошин Е.В.**

О стационарной трехмерной поперечной гидродинамической дисперсии в осесимметричном фильтрационном течении..... 157

**МАТЕМАТИКА И МЕТОДИКА ЕЁ ПРЕПОДАВАНИЯ**

**Амрастанов А.Н., Серегина Е.В., Степович М.А.**

О некоторых особенностях математического моделирования нагрева поверхности однородной металлической мишени низкоэнергетическим электронным зондом..... 163

**Вирюс А.А., Степович М.А., Коровушкин В.В., Шипко М.Н.**

Об учёте результатов электроннозондовых исследований при моделировании некоторых технологических процессов..... 171

**Канарейкин А.И.**

Применение математического аппарата Берса к решению задачи теплопроводности..... 175

**Короткий В.А.**

Математическое моделирование военных операций по Осипову-Ланчестеру: сравнительный анализ..... 178

**Короткий В.А.**

Обобщённые модели Осипова-Ланчестера..... 185

**Короткий В.А., Степович М.А.**

Современные аспекты математического моделирования военных операций по Осипову-Ланчестеру: pro и contra..... 191

**Гладышев Ю.А.**

О геометрической интерпретации обобщенных степеней Берса, порожденных операторами высших степеней..... 198

<b>Серегина Е.В., Степович М.А.</b>	
Проекционный метод моделирования нестационарного процесса теплопроводности в неоднородном полупроводнике.....	201
<b>Каминская Т.П., Степович М.А., Шипко М.Н., Усольцева Н.В.</b>	
О некоторых аспектах моделирования влияния магнитоимпульсной обработки на структуру жидких кристаллов.....	208
<b>Прохоренков А.М., Истратов Р.А.</b>	
Методы оптимизации режимов работы морских транспортных узлов.....	216
<b>Савоськина И.И.</b>	
Семейства прямых в квазиэллиптическом пространстве.....	223
<b>Савотин А.И., Козлова И.А.</b>	
Уточнение оценки модуля непрерывности функции Больцано.....	227
<b>Дробышев Ю.А., Мокрушин А.Н.</b>	
Опыт использования элементов истории математики в школах Польши.....	230
<b>Калманович В.В., Манзюк И.И.</b>	
Сюжетные задачи как средство обучения школьников математическому моделированию.....	236
<b>Ануфрикова С.Е., Грунтаева Т.И.</b>	
Система упражнений для развития логической грамотности школьников на факультативе по математике.....	243
<b>Биссерова А.О., Грунтаева Т.И.</b>	
Методика работы над задачами повышенной сложности в обучении математике.....	251
<b>Зайчикова И.В.</b>	
Применение эконометрических методов в учебном процессе и практической деятельности будущих экономистов.....	257
<b>Алмазова Т.А., Громова Н.О.</b>	
Организация исследовательской деятельности учащихся при изучении вероятностно-статистической линии в школьном курсе математики.....	262
<b>Алмазова Т.А., Никаноркина Н.В., Чернова И.С.</b>	
Использование метода целесообразно подобранных задач для активизации познавательной деятельности учащихся при изучении теорем.....	270
<b>Алмазова Т.А., Шубина М.С.</b>	
Особенности активизации познавательной деятельности при изучении математических понятий в классах различных профилей.....	279

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Белан М.И., Тимошина Н.В.**

Электронная демократия..... 285

**Хромова Н.Н.**

Моделирование двумерных клеточных автоматов средствами Borland Delphi 7.0..... 291

**Бурмистрова Н.В., Грибова Е.Д.**

Особенности разработки веб-витрины..... 297

**Травкина Е.Е., Прокопенко Н.И.**

Использование ИКТ в формировании и коррекции звукопроизношения детей..... 300

**Белаш В.Ю., Годонога Е.Д.**

К вопросу о функциональном потенциале программных продуктов для построения 3D моделей..... 304

**Бурмистрова Н.В., Смольянинов В.А.**

Некоторые возможности библиотеки jQuery в создании лендинг-сайта..... 309

**Хромова Н.Н., Муравьев Е.И.**

Построение графиков функций на плоскости средствами Borland Delphi 7.0..... 316

**Никитин А.Ю.**

Использование ИКТ в проектной деятельности при изучении студентами предметов гуманитарного цикла..... 320

**Белаш В.Ю., Зуева З.И.**

К вопросу о возможностях СДО Moodle для дистанционного образования..... 327

**Виноградская М.Ю., Сайкин С.В.**

Средства разработки веб-приложений..... 332

**Журавлев Н.Е., Тимошина Н.В.**

Создание автоматизированного опроса..... 339

**Белаш В.Ю., Смирнов В.В.**

Возможности применения технологии HTML в образовательном процессе..... 344

**Бурмистрова Н.В., Макарова В.С.**

Возможности визуального редактора Adobe Muse в разработке сайта предприятия..... 348

<b>Кошкарёва А.С., Прокопенко Н.И.</b>	
Разработка электронного классного журнала.....	352
<b>Хромова Н.Н., Лысов Д.И.</b>	
Моделирование одномерных клеточных автоматов средствами Borland Delphi 7.0.....	357
<b>Белаш В.Ю., Тараканов Н.И.</b>	
Сравнение языков программирования для мобильной платформы Android.....	361

# ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 572.08

**Особенности проявления некоторых показателей системы эритрона  
у здоровых новорожденных**

**М.А. Тимофеева, Г.В. Чернова, В.В. Сидоров**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В представленной работе выявлена зависимость проявления изменчивости признаков – количества эритроцитов (RBC), концентрации гемоглобина (Hb) и средней концентрации гемоглобина в эритроците (MCHC) у новорожденных детей в зависимости от их массы тела (МТ). Данные признаки были исследованы в первые часы жизни после рождения ребенка. Приведены выявленные результаты данных показателей системы эритрона в сопряжении с массой тела детей.

*Ключевые слова:* новорожденные, эритроциты, гемоглобин, масса тела, функциональное состояние, индивидуальное развитие.

В онтогенезе человека всегда можно наблюдать связь и взаимоотношения между различными признаками. Поэтому, изучая эту взаимосвязь, в профилактической медицине ведущее место занимает разработка критериев сохранения здоровья. И как следствие, выявив эти закономерности, делается акцент на заботу о нормальном состоянии новорожденного и показателей его важнейших систем, в частности кровеносной. При исследовании количества клеток периферической крови можно оценить состояние адаптационной системы их организма.

Наблюдая за новорожденными, важно дать правильную оценку их физическому развитию, так как данные показатели помогут судить о дальнейшем развитии, а рост ребенка является самым чувствительным критерием здоровья [1, с. 58], а также с функционированием всех систем связано возникновение защитных реакций организма. В дополнение к этому происходит постепенная смена взаимоотношений всех признаков в процессе роста организма на его отдельных периодах.

Известно, что у каждого ребенка темп его развития строго индивидуален и общепринятые схемы периодизации не позволяют вполне точно отражать изменения, происходящие в каждой из функциональных систем [2, с. 34; 3, с. 108; 4, с. 304; 5, с. 928; 6, с. 384].

Неонатальный период (от момента рождения до 1 месяца) является ключевым периодом жизни для изучения всех особенностей, так как происходящие изменения функциональных систем организма обусловлены адаптацией к внеутробной жизни [3, с. 108; 7, с. 37]. Сопряженность генетического потенциала с приспособлением к внешним средовым факторам определяет работу систем и рост организма. А, как известно [8, с. 204; 9, с. 163], человек постоянно находится под их влиянием, в том числе неионизирующего излучения естественного и антропогенного происхождения. Важность таких исследований очевидна, так как это дает возможность проследить изменения гематологических нарушений у детей, у которых наблюдаются патологические состояния [10, с. 38].

Необходимо дополнить, что изучение нормальных показателей, характеризующих физический статус здорового ребенка и его функциональное состояние, требует одновременного исследования как морфологических, так и физиологических признаков, так как «по одним лишь морфологическим данным, без учета их корреляции с особенностями физиологии судить о норме или здоровье ребенка совершенно невозможно» [11, с. 48]. Поэтому были изучены эритроциты (красные кровяные клетки, дискоциты), составляющие основную массу форменных элементов и определяющие красный цвет крови. Перенос кислорода из легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким – важнейшая функция эритроцитов, внутри которых находится основной переносчик кислорода – гемоглобин [12, с. 232].

Целью данной работы явилось изучение зависимости некоторых гематологических показателей – эритроцитов (RBC) ( $\times 10^{12}/л$ ), гемоглобина (Hb) (г/л) и средней концентрации гемоглобина в эритроците (MCHC) (г/л/1 RBC) в зависимости от времени рождения детей и проявления у них одного из антропометрических признаков организма – массы тела (МТ).

В данной статье объектом наблюдения были младенцы, представляющие когорту новорожденных (детей в первые минуты и часы жизни после рождения) г. Калуги. Все они были здоровы, не проявляли дефектов развития. Параметры МТ новорожденных были получены сотрудниками родильного зала в соответствии со специально разработанными требованиями. Техника измерения описана Е.В. Нагаевой [1, с. 58]. Здесь приводим результаты

наблюдения за определенными показателями 546 мальчиков и 534 девочек, рожденных в 2011-2012гг.

На первом этапе биометрического анализа были изучены закономерности распределения детей по группам в зависимости от значения признаков. Основываясь на них, определялись средние величины и показатели разнообразия, достоверность которых определялась на уровне расчета критериев  $\chi^2$  и Стьюдента (t). Все математические расчеты проведены с использованием программы профессиональной статистики «Microsoft Office Excel».

В работе представлены результаты обследования 12 групп новорожденных мальчиков (♂) и 12 групп новорожденных девочек (♀) г. Калуги.

Результаты всех примененных способов оценки проявления признаков свидетельствовали о том, что показатели новорожденных в определенные месяцы календарного года по некоторым параметрам выражали достоверные различия. В тех случаях, если их не наблюдалось, группы младенцев объединялись. Данные такого подхода представлены в таблицах 1-2.

Таблица 1 – Изменение некоторых гематологических показателей эритроидного ряда периферической крови новорожденных мальчиков и их массы тела

♂			
Содержание Hb, (г/л)			
группы детей, рожденных в месяцы:	M±m	C <sub>v</sub> ±mc <sub>v</sub> ,%	границы нормы (M±2σ)
январь	205,59±3,33	12,86±1,15	152,73-258,45
февраль-декабрь	211,31±2,70	28,03±0,90	92,87-329,75
RBC, ( $\times 10^{12}/л$ )			
январь	5,66±0,09	12,54±1,12	4,24-7,08
февраль-декабрь	5,68±0,03	11,62±0,37	4,36-7,00
MCHC, (г/л/1 RBC)			
январь	36,18±0,43	9,43±0,84	29,36-43,00
февраль-ноябрь	37,05±0,01*	0,05±0,002	37,01-37,09
декабрь	37,36±0,36	7,33±0,68	31,88-42,84
MT, (кг)			
январь	3,682±0,05	10,86±0,97	2,882-4,482
февраль-июнь	3,481±0,07*	32,46±1,42	1,221-5,741
Июль-декабрь	3,488±0,05	21,22±1,01	2,008-4,968

Таблица 2 – Изменение некоторых гематологических показателей эритроидного ряда периферической крови новорожденных девочек и их массы тела

♀			
Содержание Hb, (г/л)			
группы детей, рожденных в месяцы:	M±m	C <sub>v</sub> ±mC <sub>v</sub> , %	границы нормы (M±2σ)
январь	200,61±3,01	10,72±1,07	157,61-243,61
февраль-декабрь	207,67±3,08	32,56±1,05	72,43-342,91
RBC, (×10 <sup>12</sup> /л)			
январь	5,51±0,07	9,07±0,90	4,51-6,51
февраль-декабрь	5,53±0,03	11,93±0,38	4,21-6,85
MCHC, (г/л/1 RBC)			
январь	36,06±0,25	4,91±0,49	32,52-39,60
февраль-март	36,85±0,002**	0,05±0,003	36,81—36,89
апрель-май	36,52±0,01***	0,27±0,02	36,32-36,72
июнь-июль	37,16±0,003***	0,05±0,004	37,12-37,20
август-сентябрь	37,11±0,02*	0,46±0,04	36,77-37,45
октябрь-ноябрь	37,70±0,003***	0,05±0,004	37,66-37,74
декабрь	37,65±0,21	4,57±0,39	34,21-41,09
MT, (кг)			
январь	3,363±0,07	14,87±1,47	2,363-4,363
февраль-декабрь	3,426±0,06	38,53±1,24	0,786-6,066

В приведенных таблицах показаны: M – средняя величина признака, CV – коэффициент вариации, m – ошибка репрезентативности. При расчетах, в которых использовались соответствующие математические подходы, были выявлены достоверные различия при  $\rho \leq 0,05$  – \*,  $\rho \leq 0,01$  – \*\*,  $\rho \leq 0,001$  – \*\*\* при сравнении с предыдущей сформированной группой. Производили формирование групп в зависимости от времени рождения и вели все расчеты с помощью статистико-математических методов.

Из табл. 1 (♂) следует, что по показателям MCHC (г/л/1 RBC) достоверные изменения характеризовали мальчиков, рожденных в феврале-ноябре (M±m = 37,05±0,01) (\*) по сравнению с группой январских. Отличительными особенностями MT (кг) детей явилось ее понижение февральских-июньских (M±m = 3,481±0,07) (\*) также по сравнению с январскими.

Из табл.2 (♀) можно заметить, что по показателям MCHC (г/л/1 RBC) достоверные изменения характеризовали девочек, рожденных в феврале-марте (M±m = 36,85±0,002) (\*\*) по сравнению с январской группой; девочек,



рожденных в апреле-мае ( $M \pm m = 36,52 \pm 0,01$ ) (\*\*\*) по сравнению с группой февраль-март; группу июнь-июль ( $M \pm m = 37,16 \pm 0,003$ ) (\*\*\*) ; август-сентябрь ( $M \pm m = 37,11 \pm 0,02$ ) (\*); октябрь-ноябрь ( $M \pm m = 37,70 \pm 0,003$ ) (\*\*\*) . По остальным признакам достоверных различий не было выявлено.

Некоторые показатели системы эритрона определялись с использованием современных автоматических гематологических анализаторов общепринятыми методами лабораторной диагностики [13, с. 436; 14, с. 368]. Биометрический анализ полученных данных включал расчеты параметров и проводился в соответствии с теорией репрезентативности [15, с. 800].

Изменчивость их параметров у мальчиков (♂) и девочек (♀): МТ (кг) и характеристики RBC ( $\times 10^{12}$  /л), Hb (г/л), МСНС (г/л/RBC) представлены на рис. 1-4.

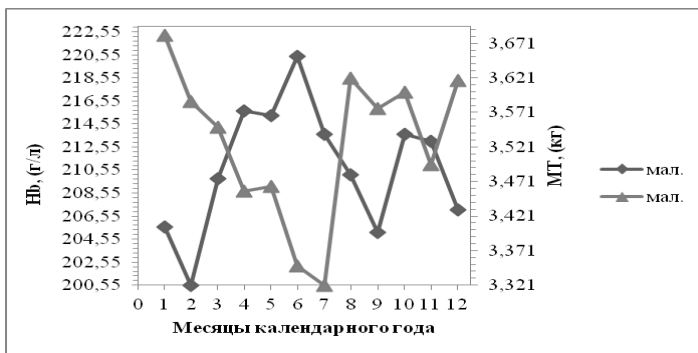


Рисунок 1 – Зависимость изменчивости показателей Hb, МТ в зависимости от времени рождения у новорожденных мальчиков

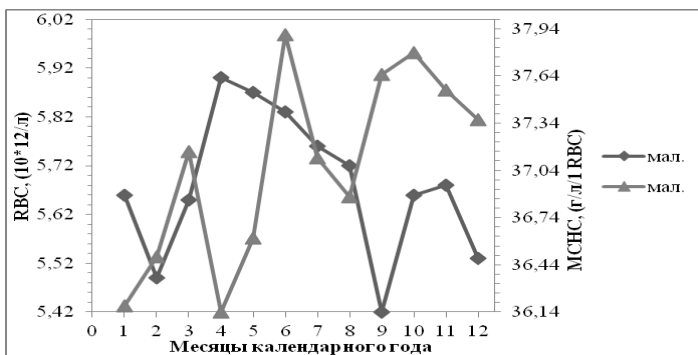


Рисунок 2 – Зависимость изменчивости показателей RBC, МСНС в зависимости от времени рождения у новорожденных мальчиков

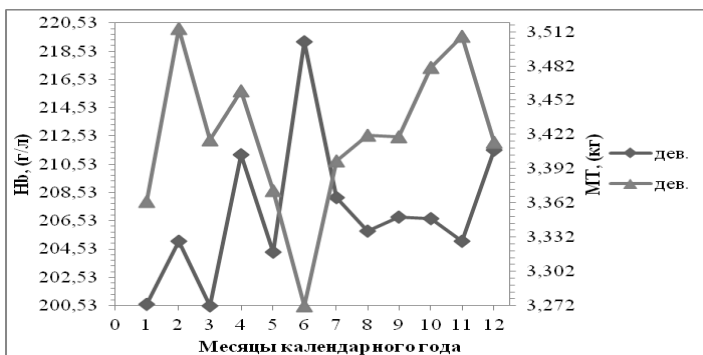


Рисунок 3 – Зависимость изменчивости показателей Hb, MT в зависимости от времени рождения у новорожденных девочек

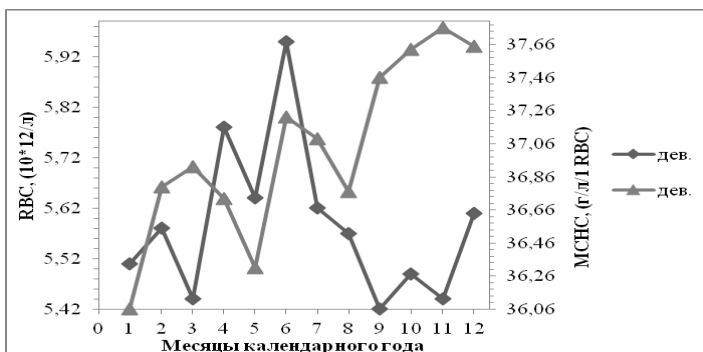


Рисунок 4 – Зависимость изменчивости показателей RBC, MCHC в зависимости от времени рождения у новорожденных девочек

Из данных рисунков следует, что дети, рожденные в разные месяцы года, имели различия в показателях RBC, Hb, MCHC в зависимости от массы тела. Они проявлялись (в том числе) на гендерном уровне. Видно, что направленность кривых как у мальчиков (рис. 1, 2), так и у девочек (рис. 3, 4) имеет довольно сходные черты.

Максимальные показатели Hb (г/л) у новорожденных мальчиков имели значения: в апреле ( $M \pm m = 215,67 \pm 3,85$ ); мае ( $215,25 \pm 2,96$ ); июне ( $220,41 \pm 3,55$ ); у девочек: в апреле ( $211,22 \pm 3,46$ ); июне ( $219,19 \pm 5,07$ ); декабре ( $211,51 \pm 2,67$ ).

Наибольшие значения RBC ( $\times 10^{12}$  /л) составили у мальчиков в следующие месяцы: в апреле ( $5,90 \pm 0,10$ ); в мае ( $5,87 \pm 0,09$ ); в июне ( $5,83 \pm 0,08$ ); у девочек – апреле ( $5,78 \pm 0,11$ ) и в июне ( $5,95 \pm 0,12$ ).

Данные по изучению МСНС (г/л/1 RBC) показали наивысшие результаты у мальчиков в следующие месяцы: в июне (37,90±0,41); сентябре (37,65±0,34) и октябре (37,79±0,24); у девочек такие значения принимали: в октябре (37,63±0,28); ноябре (37,76±0,26) и в декабре (37,65±0,21).

Показатели по МТ (кг) принимали максимальные значения: у мальчиков: в январе (3,682±0,05); августе (3,620±1,00); декабре (3,617±0,04); девочки: феврале (3,515±0,06) и в ноябре (3,508±1,00). Данные, представленные на рисунках 1-4, являются отражением зависимости изменчивости признаков от времени рождения детей.

В заключение можно указать, что при проведенном исследовании некоторых показателей эритроидного ряда периферической крови и одного из антропометрических признаков (массы тела, кг) у 12 групп новорожденных мальчиков, такого же числа групп новорожденных девочек и биометрического анализа на данном периоде онтогенеза человека происходила не только реализация генетической информации, но и ее апробация на уровне проявления исследуемых признаков.

Происходит взаимообусловленность исследованных признаков (показатели эритроидного ряда на анализируемом этапе онтогенеза) и их взаимодействие при формировании массы тела. При этом известно, что каждый из этих признаков индивидуально детерминирован на основе взаимодействия генотипа и среды. Все выявленные внутрigrупповые и междугрупповые различия отражали изменчивость признаков, которая определяется взаимодействием генотипа и среды. Очевидно, что это один из механизмов, обуславливающий различия и в проявлении признаков физического развития новорожденных.

#### Список литературы:

1. Нагаева, Е.В. Рост как критерий здоровья ребенка / Е.В. Нагаева // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2009. – Т.89, №3. – С. 58-63.
2. Чернова, Г.В. Особенности динамики гематологических показателей эритроидного ряда у здоровых детей первого года жизни / Г.В. Чернова, Ю.А. Кондратьев, А.Н. Романова, В.В. Сидоров // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2011. – Т.90, №6. – С. 34-40.
3. Киеня, А.И. Здоровый человек. Основные показатели / А.И. Киеня, Ю.И. Бандажевский. – Минск: ИП Экоперспектива, 1997. – 108 с.
4. Любимова, З.В. Возрастная физиология / З.В. Любимова, К.В. Маринова, А.А. Никинина. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2004. – 304 с.

5. Ткаченко, Б.И. Нормальная физиология / под ред. Б.И. Ткаченко. –М.: Медицина, 2005. – 928 с.
6. Обреимова, Н.И. Основы анатомии, физиологии и гигиены детей и подростков / Н.И. Обреимова, А.С. Петрухин. – М.: Академия, 2007. – 384 с.
7. Сидоров, В.В. Методические и методологические подходы к оценке физического развития и телосложения детей первого года жизни / В.В. Сидоров, А.Н. Романова, Г.В. Чернова, Н.Б. Литовка, О.П. Эндебера // Валеология. – 2014. – №3. – С. 37-44.
8. Радиационная медицина. Гигиенические проблемы неионизирующих излучений / под общ. ред. акад. РАМН Л.А. Ильина. – Т.4. – М.: Изд. АТ, 1999. – 204 с.
9. Beal, С.М. Human adaptation to climate: temperature, ultraviolet radiation, and altitude: Human biology: An evolutionary and biocultural perspective / С.М. Beal, А.Т. Steegmann. – New-York: Wiley-Liss, 2000. – P. 163-224.
10. Алакаева, И.Б. Гематологические изменения у новорожденных и детей первых месяцев жизни с врожденными инфекциями / И.Б. Алакаева, Н.В. Непокульчицкая // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2009. – Т.87, №1. – С. 38-42.
11. Аршавский, И.А. Физиология развития детей / И.А. Аршавский. – Пущино: НИИ биологической физики АНСИР, 1985. – 48 с.
12. Бельченко, Л.А. Физиология человека. Организм как целое / Л.А. Бельченко, В.А. Лавриненко. – Новосибирск. Сибирское университетское издательство, 2017. – 232 с.
13. Кост, Е.А. Справочник по клиническим лабораторным методам исследования / Е.А. Кост. – М.: Медицина, 1975. – 436 с.
14. Меньшиков, Е.Е. Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник / под ред. Е.Е. Меньшикова. – М.: Медицина, 1987. – 368 с.
15. Медик, В.А. Математическая статистика в медицине / В.А. Медик, М.С. Токмачев. – М.: Финансы и статистика. 2007. – 800 с.

**Проявление фоточувствительности *Drosophila melanogaster*  
к воздействию красных светоизлучающих диодов ( $\lambda=660\pm 15$  нм)**

**В.В. Бабкина, Г.В. Чернова, О.П. Эндебера, А.М. Колтаков<sup>1</sup>**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

<sup>1</sup>*ООО «КолесоКалуга», Калуга*

Эффекты низкоинтенсивных неионизирующих излучений представляют интерес для радиобиологии, физиотерапии, восстановительной медицины, растениеводства и животноводства, ветеринарии. В данной работе приведены результаты исследования чувствительности организма *D. melanogaster* к воздействию красных светоизлучающих диодов на уровне критерия выживаемости. Показана выраженная фоточувствительность исследуемого объекта к данному фактору, которая определяется как индивидуальными особенностями организма, так и внешними условиями среды.

*Ключевые слова:* красные светоизлучающие диоды, фоточувствительность, дрозофила, выживаемость.

Медицинская аппаратура на основе светоизлучающих диодов (СИД) в красной области спектра ( $\lambda=660\pm 15$  нм) широко применяется для неинвазивного лечения различных заболеваний человека и животных как самостоятельно, так и в комплексе с другими методами лечения [1, с. 64]. Использование красного света апробировано и положительно зарекомендовало себя в качестве одного из методов восстановительной медицины – фототерапии – при заболеваниях различной этиологии, в том числе в педиатрии, косметологии, спортивной медицине и др. Применение излучения красной области спектра для биостимуляции является одним из перспективных направлений в животноводстве и растениеводстве [2, с. 56]. Вместе с тем, несмотря на известные преимущества (эффективность, неинвазивность, удобство в использовании, экономичность) наиболее значимой трудностью в использовании данного фактора на практике является недостаточная прогнозируемость результатов, которая связана с различной выраженностью и неоднозначной направленностью эффектов воздействия [3, с. 193].

Эффекты низкоинтенсивного излучения (НИ) оптического диапазона весьма интересны с позиций радиобиологии, восстановительной медицины и физиотерапии. Исследование их проявлений направлено на понимание механизмов действия излучений определенного оптического диапазона. Оно составляет основу для совершенствования методов применения неионизиру-

ющих излучений как природных и искусственных физических факторов, в том числе, в медицине для улучшения эффективности профилактических и лечебно-реабилитационных мероприятий, а так же в других отраслях деятельности человека. Под фоточувствительностью понимают способность организма реагировать на воздействие света [4, с. 645], а так же изменения, происходящие на уровне фотобиологических процессов [5, с. 27]. В нашем исследовании она рассматривается как один из видов радиочувствительности, поэтому представляется важным обратить внимание на различие ее индивидуальных, возрастных и сезонных проявлений [6, с. 29]. В эксперименте критерием фоточувствительности на уровне организма было выбрано изменение выживаемости модельного объекта в результате освещения в определенных дозах [6, с. 33].

Цель нашей работы – исследование воздействия СИД красной области спектра на уровне выживаемости как основного показателя фоточувствительности модельного объекта. Объект исследования – лабораторные линии *D. melanogaster* Д-32 (линия дикого типа) и *vestigial* (мутантная линия с меньшей степенью приспособленности организма). Размножение и развитие дрозофил проводилось в условиях темноты [7, с. 26]. Экспериментальных особей подвергали воздействию НИ 100 красных светодиодов типа КИПД-35 (Россия) в составе светоизлучающей матрицы с плотностью излучения 3 мВт/см<sup>2</sup> и площадью воздействия не менее 10 см. Воздействие проводилось однократно, в непрерывном режиме. Дозы НИ СИД составили 0,9; 1,8; 2,7; 3,6; 4,5; 5,4; 6,3; 7,2 Дж/см<sup>2</sup> и они определялись продолжительностью освещения. Определяли долю выживших особей на стадиях личинки, куколки, вылета имаго, выражали ее в процентах относительно контроля. Статистическая обработка результатов проводилась с помощью параметрического t-критерия Стьюдента [8, с. 113] с использованием программ профессиональной статистики Microsoft Excel. Достоверность полученных результатов (p) определена при значениях от  $p \leq 0.05$  до  $p \geq 0.001$ .

Проведенное исследование показало выраженную способность *D. melanogaster* реагировать на излучение СИД в красной области спектра ( $\lambda=660\pm 15$  нм).

Согласно рисунку 1, фоточувствительность модельного объекта имеет выраженную возрастную специфичность, которая проявляется в различной динамике выживаемости в зависимости от дозы и стадии индивидуального развития особей в момент воздействия. Линии дозовой динамики после воздействия в раннем эмбриогенезе и в третьем личиночном возрасте во многом имеют сходство, но показатели выживаемости после воздействия в первом

личиночном возрасте значительно варьируют. Поскольку чувствительность организма к различным воздействиям особенно высока в период роста и дифференцировки его систем, возможно предположить, что ее особенности на разных стадиях развития отражают участие систем, активно функционирующих в определенные периоды жизни и в это время наиболее фоточувствительных [6, с. 203].

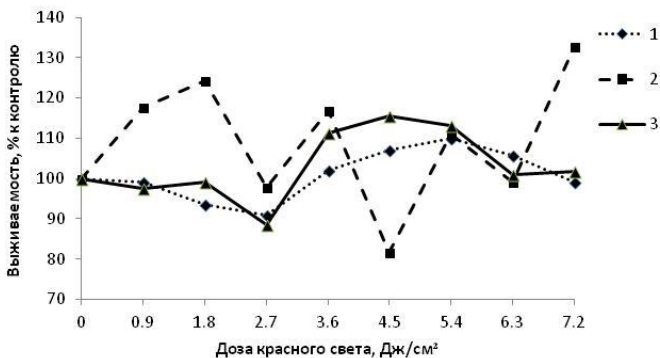


Рисунок 1 – Динамика выживаемости (в момент вылета имаго) *D. melanogaster* генотипа Д-32 после воздействия красных СИД ( $\lambda=660\pm 15$  нм) на разных стадиях индивидуального развития: 1 – яйцо; 2 – личинка I возраста; 3 – личинка III возраста

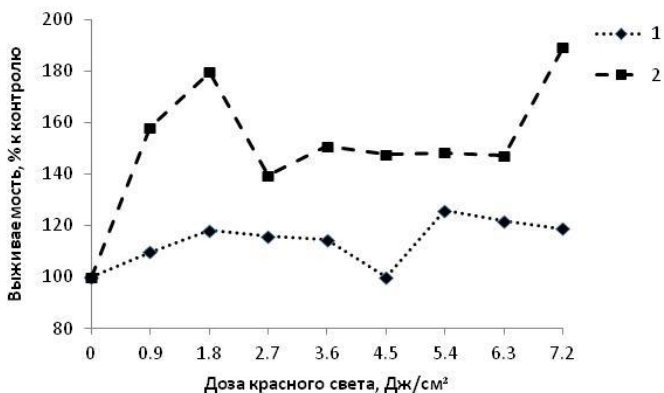


Рисунок 2 – Сезонные динамика выживаемости (на стадии куколки) *D. melanogaster* генотипа Д-32 после воздействия красных СИД ( $\lambda=660\pm 15$  нм): 1– месяц III; 2 – месяц VI

Результаты исследования сезонных колебаний фоточувствительности *D. melanogaster* к воздействию красного света представлены на рисунке 2. Как видно, условия для жизнеспособности особей были в июне более благоприятными, чем в марте. Приведенные результаты можно соотнести с данными о радиочувствительности млекопитающих, которая в начале лета (июнь) более высока, и существенно снижается в ранневесенний период [6, с. 203]. Можно предположить, что отмеченные различия выживаемости исследуемого объекта отражают влияние на него разных типов НИ космофизического происхождения и, соответственно, коррелируют с сезонными колебаниями функциональной активности систем организма.

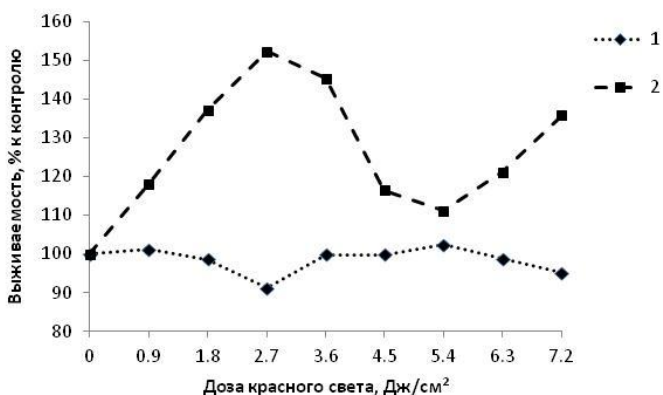


Рисунок 3 – Динамика выживаемости (в III личиночном возрасте) *D. melanogaster* разных генотипов после воздействия красных СИД ( $\lambda=660\pm 15$  нм): 1 – генотип *D-32*; 2 – генотип *Vg*

Помимо возраста и функционального состояния организма, важное значение для проявлений фоточувствительности имеют особенности генотипа, поскольку они связаны с активностью транскрипционных факторов и эффективностью репарации системы ДНК. На рисунке 3 показаны генотипические различия проявлений фоточувствительности *D. melanogaster*. Следует отметить, во-первых, значительное увеличение жизнеспособности мутантных особей как по сравнению с контролем, так и по сравнению с диким типом, во-вторых, противоположную направленность дозовых эффектов у анализируемых линий. Меньшая степень приспособленности генотипа *Vg*, в том числе его адапционных систем, к условиям среды, могла обусловить более выраженный для данного фактора эффект стимуляции.



Полученные результаты показывают высокую степень фоточувствительности *D. melanogaster* к воздействию красного света ( $\lambda=660\pm 15$  нм) в исследованном дозовом диапазоне. Однако, следует иметь в виду, что излучение оптического диапазона в красной области спектра относится к первичным экологическим факторам, к которым, как показано [9, с. 13], отсутствуют устойчивые реакции адаптационных систем организма. Соответственно, кривые зависимости доза-эффект имеют волнообразный характер, но в целом с преобладанием стимулирующих эффектов. Проявление фоточувствительности организма может определяться стадией индивидуального развития, особенностями его генотипа и сезонной активностью функциональных систем. При этом в связи с вариабельностью предполагаемого эффекта целесообразно учитывать индивидуальную чувствительность, возрастные, генотипические и функциональные особенности организма в рекомендациях по практическому использованию данного физического фактора.

#### Список литературы:

1. Бабкина, В.В. Эколого-биологические особенности динамики признаков *D. melanogaster* в зависимости от дозы разных типов электромагнитного излучения / В.В. Бабкина, Г.В. Чернова, Е.А. Алленова, Е.М. Наумкина, О.П. Эндебера, И.В. Матюхин // Валеология. – 2012. – № 2. – С. 64-72.
2. Прокофьев, А.Ю. Перспективы применения светодиодов в растениеводстве / А.Ю. Прокофьев, А.Н. Туркин, А.А. Яковлев // Полупроводниковая светотехника. – 2016. – № 3. – С. 56-62.
3. Бабкина, В.В. Особенности проявления эколого-биологических признаков *D. melanogaster* в зависимости от дозы разных типов электромагнитного облучения / В.В. Бабкина, Г.В.Чернова, Е.А. Алленова, О.П. Эндебера, Е.М. Наумкина // Радиационная биология. Радиоз экология. –2013. – № 2. – С. 191-198.
4. Palmer, R.A. A Simple Method to Assess Severity of Polymorphic Light Eruption / R.A. Palmer, C.B. van de Pas, E. Campalani [et al.] // British Journal of Dermatology. – 2004. – September, 151. – P. 645-652.
5. Генина, Э.А. Методы биофотоники: фототерапия / Э.А. Генина. – Саратов: Новый ветер, 2012. – 119 с.
6. Ярмоненко, С.П. Радиобиология человека и животных / С.П. Ярмоненко, А.А. Вайнсон; под ред. С.П. Ярмоненко. – М.: Высш. шк., 2004. – 549 с.
7. Медведев, Н.Н. Практическая генетика / Н.Н. Медведев. – М.: Наука, 1966. – 238 с.
8. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: ВШ, 1990. – 352 с.

9. Чернова, Г.В. Сравнительный анализ показателей физического развития человека в раннем периоде постнатального онтогенеза начала XXI века / Г.В. Чернова, Е.В. Дыкова, В.В. Сидоров, М.А. Тимофеева, Л.В. Ширяева // Валеология. – 2017. – № 4. – С. 12-19.

УДК 612

**О значимости исследования концентрации тиреотропного гормона в крови у детей раннего неонатального периода развития**  
**В.В. Петросян, Г.В. Чернова**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В результате данного исследования была выявлена зависимость изменчивости уровня ТТГ от времени рождения детей, гендерных различий в показателях гормона, закономерностей распределения мальчиков и девочек в связи с определёнными параметрами ТТГ в отдельные временные интервалы рождения.

*Ключевые слова:* дети, ранний неонатальный период, тиреотропный гормон, изменчивость

Тиреотропный гормон, который синтезируется в передней доле гипофиза, принимает участие в регуляции функциональной активности щитовидной железы. При этом он определяет продуцирование гормонов тироксина и трийодтиронина, которые оказывают влияние на состояние основных систем в организме и правильный жировой обмен [3, с. 16].

При полной или частичной недостаточности выработки гормонов щитовидной железой возникает заболевание гипотиреоз. Он относится к гетерогенной группе болезней, различающихся по локализации, причинам возникновения и степени выраженности патологического процесса [8, с. 54]. В зависимости от уровня поражения гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной оси различают первичный (тиреогенный), вторичный (гипофизарный), третичный (гипоталамический) и четвертичный (периферический) врожденный гипотиреоз (ВГ). Первичный ВГ развивается вследствие дисгинезии (аплазии, гипоплазии, дистопии) и встречается с частотой 1:2000-7000, составляя 85-90 % всех случаев ВГ. Вторичный и третичный варианты гипотиреоза характеризуются изолированной недостаточностью тиреотропного гормона (ТТГ) или пангипопитуитаризмом, встречаются не более чем у 3-4 % больных с частотой 1:100 000. Периферический ВГ – наследственно обусловленная патология

мембранных рецепторов, сопровождающаяся резистентностью тканей к тиреоидным гормонам. По статистике у девочек заболевание встречается в 2-2,5 раза чаще, чем у мальчиков [8, с. 10]. У 75-85 % больных врожденный гипотиреоз возникает в результате поражения зачатка щитовидной железы на 4-9 неделе беременности. При сканировании у трети пациентов имеется аплазия щитовидной железы, у остальных – гипоплазия, дистопия (в корень языка, трахею, на переднюю поверхность шеи). Порок щитовидной железы может возникнуть под влиянием тиреотоксических препаратов (мерказолил, большие дозы йода, бромиды, соли лития, транквилизаторы), которые принимают женщины во время беременности, антитиреоидных антител при аутоиммунном тиреоидите у беременных, токсических и химических веществ. Не исключается роль внутриутробных инфекций. В 15 % случаев причиной врожденного гипотиреоза является дефект синтеза тиреоидных гормонов или тканевых рецепторов к ним. При ферментативном дефекте щитовидная железа значительно увеличена [5, с. 83].

Во время внутриутробного развития плод развивается за счёт тиреоидного гормона матери, но к 10-12 неделе, железа ребёнка начинает функционировать самостоятельно. Гипоталамо-гипофизарный контроль над щитовидной железой формируется вскоре после рождения ребенка. Синтез тиреоидных гормонов происходит в тироцитах, являющихся структурной единицей щитовидной железы, образующих фолликулы, заполненные коллоидом, основным компонентом которого является йод-тиреоглобулин [4, с. 62]. Тиреоцит активно захватывает йод из крови, затем он окисляется, органифицируется и под действием пероксидазы тиреоцитов присоединяется к тирозину в составе тиреоглобулина. В результате образуются активный гормон тироксин (Т4), в меньшем количестве – трийодтиронин (Т3), которые депонируются в составе тиреоглобулина в полости фолликула щитовидной железы [2, с. 31].

Регуляция синтеза и секреции тиреоидных гормонов осуществляется в рамках гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной системы по принципу обратной связи. Тиреолиберин гипоталамуса стимулирует выработку тиреотропного гормона гипофиза (ТТГ): последний необходим для синтеза тиреоидных гормонов в щитовидной железе. Итак, высокие концентрации Т3 и Т4 подавляют продукцию ТТГ, а низкие – стимулируют [4, с. 51].

Тиреоидные гормоны необходимы для нормального развития организма в антенатальном и постнатальном периодах. Они влияют на все виды обмена веществ, стимулируя кишечную резорбцию углеводов, способствуя глюконеогенезу, регулируя синтез гликогена и гликогенолиз. Крайне необхо-

димы тиреоидные гормоны для нормального развития головного мозга – особенно во внутриутробном периоде и в первые годы жизни, когда происходит формирование мозговых структур, отвечающих за интеллект человека.

В настоящее время эффективным методом ранней диагностики врождённого гипотиреоза, позволяющим начать заместительную терапию и предотвратить проявление умственных, физических, речевых и психоэмоциональных расстройств, является неонатальный скрининг. До внедрения скрининга на врожденный гипотиреоз нередко диагноз этого заболевания устанавливался поздно, что приводило к пожизненной инвалидизации больного. Лечение тиреоидными гормонами, начатое на первом месяце жизни, значительно компенсирует изменения со стороны центральной нервной системы (ЦНС) – дети в большинстве случаев развиваются психически удовлетворительно [6, с. 17].

Анализ приведённых данных литературы о возможных механизмах возникновения врождённого гипотиреоза и значимости ТТГ в этом процессе обусловил цель нашей работы – выявление особенностей изменения концентрации этого гормона в крови новорожденных и проявление их закономерностей в зависимости от времени (месяцы календарного года) рождения детей.

#### **Материалы и методы исследования**

Представлены результаты анализа уровня ТТГ в крови детей раннего неонатального периода на 3 день после их рождения. Исследования проводились на базе ГБУЗ КО «Калужская детская городская больница». Концентрация ТТГ в крови детей, рожденных в разные месяцы одного календарного года, определялась по методическим рекомендациям согласно приказу Минздрава России № 185 от 22.03.2006 г., при интерпретации полученных результатов придерживались Федеральных рекомендаций [10, с. 53]. Численность обследованных групп новорожденных составляла  $119 \pm 1$  (мальчики),  $117 \pm 1$  (девочки) и была репрезентативна.

Для обсуждения полученных результатов проводили определение принадлежности граничных значений к каждой исследованной группе по анализируемым признакам, расчеты показателей разнообразия для изучения проявления изменчивости признака. Были количественно определены частные и общие средние величины; изучены различия их рядов регрессии; при этом оценена достоверность всех показателей. В основе алгоритмов для их вычислений использовали методы [7, с. 800] и необходимые компьютерные программы.

## Результаты и их обсуждение

Поскольку критерием для диагностики врождённого гипотиреоза является уровень тиреотропного гормона в крови, то при этом принято рассматривать его величину, превышающую пороговый уровень 9,0-18 мк Ед/мл [9, с. 53]. У здоровых младенцев его значения составляют < 9,0 мк Ед/мл.

Изменчивость содержания ТТГ в крови детей, обследованных на 3 день рождения, отражают данные таблиц 1 и 2. В них представлены значения уровня ТТГ на уровне частных средних ( $M_j$ ), характеризующих новорожденных, рожденных в разные месяцы календарного года. Из приведенных данных следует, что значения ТТГ в крови мальчиков и девочек обнаруживали достаточно большое варьирование в зависимости от времени их рождения (месяцы). Оно было обусловлено различиями максимальных (max) и минимальных (min) уровней гормона, определивших особенности распределения новорожденных в зависимости от их величины. В качестве примера приводим данные анализа вариационных рядов на уровне срединных значений ( $W$ ) у февральских и ноябрьских девочек. Так, в феврале  $W=1,03$  мк Ед/мл имели 84,2% девочек,  $W=3,09$  мк Ед/мл – 6,6%,  $W=5,15$  мкЕд/мл – 5,2%,  $W=7,21$  мк Ед/мл – 4,0%. У ноябрьских девочек, соответственно, при указанных  $W$  – 69,8%, 15,9%, 9,5%, 1,6%. Кроме того, по результатам исследования в ноябре, вариационный ряд характеризовался еще двумя  $W$ :  $W=9,27$  мкЕд/мл имели 1,6% девочек и при  $W=11,33$  мкЕд/мл. – 1,6%. Сравнительный анализ этих двух межгрупповых различий убедительно свидетельствует об асимметричном (скошенном) распределении новорожденных в зависимости от проявления уровня ТТГ в их крови. Эти различия и другие, подобные им, были статистически подтверждены на уровне критерия хи-квадрат. Они выразились в количественно определяемой разными факторами изменчивости  $M_j$  уровня ТТГ у мальчиков (табл.1) и девочек (табл. 2), рожденных в течение года.

Таблица 1 – Зависимость изменчивости показателей ТТГ в крови мальчиков, рожденных в разные месяцы календарного года

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$M_j$	1,835	1,694	1,693	1,922	1,580	1,632	1,739	1,741	2,312	1,909	2,033	1,937
m	0,257	0,154	0,199	0,188	0,170	0,130	0,140	0,182	0,262	0,230	0,238	0,206

Примечание. Верхняя строка показывает месяцы календарного года, следующая –  $M_j$  характеризует внутригодовые различия уровня ТТГ у мальчиков, m – ошибку репрезентативности  $M_j$ . Достоверность различий приведена в тексте. Данное примечание относится и к табл. 2.

Таблица 2 – Зависимость изменчивости показателей ТТГ в крови девочек, рожденных в разные месяцы календарного года

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$M_i$	1,045	1,562	2,071	1,864	1,520	1,547	1,541	1,337	1,947	2,071	1,876	1,844
m	0,139	0,183	0,231	0,366	0,120	0,124	0,175	0,173	0,3	0,218	0,245	0,233

Наблюдая межгрупповое варьирование  $M_i$ , нельзя отметить статистических различий в общем среднем уровне (M) ТТГ у мальчиков и девочек. Оно было на уровне близких значений ( $1,836 \pm 0,064$  мкЕд/мл и  $1,685 \pm 0,090$  мкЕд/мл соответственно). Однако, как уже указывалось при отдельном анализе показателей новорожденных, проявилась изменчивость концентрации ТТГ в зависимости от времени рождения (табл. 1, 2). К примеру, у майских мальчиков их величина составила  $1,580 \pm 0,170$  мкЕд/мл, сентябрьских –  $2,312 \pm 0,262$  мкЕд/мл ( $p < 0,05$ ), девочек, рожденных в январе,  $1,045 \pm 0,139$  мкЕд/мл, октябре –  $2,071 \pm 0,218$  мкЕд/мл ( $p < 0,001$ ). Наибольшие значения ТТГ характеризовали апрельских, сентябрьских, ноябрьских, декабрьских, наименьшие – майских и июньских мальчиков. У мартовских и октябрьских девочек уровень ТТГ превышал его величины в январе и августе. Происходившая неодновременная изменчивость показателей ТТГ во времени была установлена на уровне рядов регрессии (критерий Фишера при  $p < 0,001$ ). При этом доля влияния внешне средовых факторов на внутригодовую (между отдельными месяцами) изменчивость уровня ТТГ была велика, определяясь на уровне 91,87% ( $p < 0,001$ ), генетических – 8,13% ( $p < 0,05$ ). Такое соотношение генотип-средовых эффектов на проявление ТТГ в крови детей в раннем неонатальном периоде развития (на третий день после рождения) отражает регуляторное влияние данного гормона для обеспечения многих функций новорожденного ребенка в условиях действия на него факторов окружающей среды.

В заключение можно указать, что кроме теоретических вопросов данная работа отметила прикладную значимость таких исследований. Она показала, что благодаря изменчивости этого важного для развития организма гормона на первых днях его внеутробной жизни не проявилось отклонений в состоянии функциональных систем новорожденных.

### Список литературы:

1. Вадина, Т.А. Состояние слуховой функции у детей и подростков с врожденным гипотиреозом / Т.А. Вадина, Е.Н. Гептнер, Н.С. Дмитриев, О.А. Чикулаева, О.Б. Безлепкина // Вопросы практической педиатрии. – 2011. – № 6(2). – С. 13-15.
2. Гершман, Д. Гипотиреоз и тиреотоксикоз. Эндокринология / Д. Гершман; пер. с англ.; под ред. И. Лавина. – М.: Практика, 1999. – 550 с.
3. Голихина, Т.А. Скрининг на врожденный гипотиреоз в Краснодарском крае / Т.А. Голихина, С.А. Матулевич, Е.О. Шумливая // Проблемы эндокринологии. – М. 2006. – № 52 (6). – С. 16-19.
4. Дедов, И.И. Эндокринология / И.И. Дедов, Г.А. Мельниченко, В.В. Фадеев. – М.: Медицина, 2000. – С. 51.
5. Жученко, Л.А. Врожденный гипотиреоз: клиника, диагностика, неонатальный скрининг, результативность скрининга в Московской области / Л.А. Жученко, С.Г. Калининкова // Вопросы практической педиатрии. – 2006 – № 1 (1). – С. 83-85.
6. Клименко, Т.А. Интеллектуальное развитие при врожденном гипотиреозе / Т.А. Клименко, О.Б. Безлепкина, О.А. Чикулаева // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2010. – № 6 (4). – С. 17-21.
7. Медик, В.А. Математическая статистика в медицине / В.А. Медик, И.С. Токмачев. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 800 с.
8. Мельниченко, Г.А. Стандартные подходы к лечению синдромов тиреотоксикоза и гипотиреоза / Г.А. Мельниченко, С.В. Лесникова // Consilium Medicum. – 2000. – №2 (5). – С. 221.
9. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению врожденного гипотиреоза у детей // Проблемы эндокринологии. – 2014. – № 6. – С. 53-66.

**Естественнонаучная грамотность учащихся:  
пути ее формирования в свете требований школьных ФГОС**

**Л.П. Лисовская, А.В. Полуяхтов<sup>1</sup>**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

*<sup>1</sup>Средняя общеобразовательная школа № 22 города Калуги, Калуга*

В статье проводится анализ понятий «научный метод познания», «научная грамотность», описывается опыт формирования научной грамотности учащихся МБОУ СОШ №22 г. Калуга через различные формы и методы обучения. Используются такие формы, как Школа Юного Ученого, Научное общество учащихся, элективные и факультативные курсы. Совместно с ИСРО РАО создана и работает Федеральная инновационная площадка. Привлекаются к работе молодые учителя, использующие на занятиях новые педагогические технологии. Результатом становится формирование необходимых УУД и успешные выступления обучающихся на научно-практических конференциях различного уровня.

*Ключевые слова:* научная грамотность, научный метод познания, ФГОС, учебно-исследовательская деятельность, научное общество учащихся, Школа юного ученого, педагогические технологии, федеральная инновационная площадка.

Проблема научной грамотности школьников всегда была актуальна. Особую значимость она приобретает на современном этапе школьного образования при реализации требований ФГОС, направленных на формирование творчески мыслящей личности, владеющей методом научного познания и способной ориентироваться в стремительно меняющихся условиях современного мира. Что такое «научный метод познания» и «научная грамотность» в школьном образовании? Какие интерактивные формы и методы обучения эффективны в овладении учениками «методом научного познания»? На заседании Совета по науке и образованию при Президенте РФ 21 января 2016 г. обращено внимание на реализацию Федеральной программы «Интеллект будущего» на 2014-2019 г.г. В связи с внедрением в средних школах новых образовательных стандартов возникает вопрос о соотношении требований ФГОС с практикой обучения. Результатом обучения является научная грамотность.

Основателем научного метода познания принято считать Галилео Галилея: «От живого созерцания – к абстрактному мышлению – к практике»,



который принимал гипотезу – центральным моментом познания истины и говорил о необходимости ее проверки. В настоящее время, когда стала понятной значимость фундаментальной науки, научная грамотность стала решающим фактором стратегии развития образования.

В психолого-педагогической литературе научная грамотность – компетентное понимание основных научных понятий и принципов, позволяющее человеку делать выводы, принимать решения и следить за публичным обсуждением спорных вопросов науки и техники, а при необходимости и участвовать в нём.

Научная грамотность в трудах академика РАО В.Г. Разумовского трактуется как понимание науки как формы научного знания и способа познания, того, что наука и технология являются основой для наших материальных, интеллектуальных и культурных достижений; владение научными знаниями и методами для распознавания проблем, приобретения новых знаний, научного объяснения явлений природы, техники, принятия практических решений в повседневной жизни; мотивированность на изучение и использование науки, творчество и инновационную деятельность.

Научная грамотность определяется следующими параметрами:

– понимание того, что научные знания базируются на научных фактах, понятиях и теориях, сформулированной проблеме, выдвигаемой гипотезе, экспериментальных методиках, сравнениях и выводах;

– владение понятием эксперимента, создания моделей, а также практического применения законов и научных выводов;

– понимание соотношения между содержанием образования и применяемой технологией (проектной, учебно-исследовательской деятельности, проблемного обучения);

– умение формулировать вопросы, продиктованные любопытством по поводу повседневного опыта, а также находить ответы на них; описывать, объяснять и прогнозировать природные явления; связи между логикой, естествознанием и гуманитарными науками;

– способность понимать популярные статьи научного характера и критически оценивать валидность описываемых исследований; оценивать качество обнаруженной информации научного характера, исходя из ее источника и методов получения;

– готовность формулировать собственные и оценивать чужие аргументы, основанные на фактических данных, формировать по их результатам выводы.

Но, несмотря на то, что современные школьные ФГОС в целях формирования УУД отмечают необходимость формирования у обучающихся «основ культуры исследовательской и проектной деятельности и навыков разработки, реализации и общественной презентации результатов исследования», на сегодняшний день остается проблемой разработка методик, выбор технологий обучения и форм организации самостоятельных исследований учащихся.

С сентября 2016 года МБОУ СОШ №22 г. Калуги является Федеральной инновационной площадкой «Формирование естественнонаучной грамотности учащихся на основе метода научного познания в контексте современной науки и требований ФГОС», осуществляющей опытно-экспериментальную деятельность совместно с ФГБНУ «Институт стратегии развития образования Российской академии образования» г. Москва (ИСРО РАО). Руководителем площадки от ФГБНУ ИСРО РАО г. Москва является С.А. Волкова, доктор педагогических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Центра естественнонаучного образования, от МБОУ «СОШ № 22» г. Калуги – Л.П. Лисовская, кандидат педагогических наук, доцент кафедры ботаники, микробиологии и экологии КГУ им. К.Э. Циолковского, учитель биологии СОШ № 22.

*Цель* создания опытно-экспериментальной площадки: осуществляя экспертную апробацию и экспериментальную проверку практической применимости и эффективности результатов научных исследований ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО», повысить качество школьного естественнонаучного образования, способствовать формированию естественнонаучной грамотности согласно требованиям школьных ФГОС и современной науки на основе метода научного познания. *Задачи*:

1) осуществлять опытно-экспериментальную деятельность по реализации государственного задания по теме «Формирование естественнонаучной грамотности обучающихся как направление модернизации содержания школьного естественнонаучного образования» (ФГБНУ «ИСРО РАО» г. Москва);

2) провести экспертную апробацию и экспериментальную проверку в школьной образовательной практике результатов фундаментальных и прикладных научных исследований, проводимых Институтом стратегии развития образования РАО;

3) содействовать диссеминации полученных результатов опытно-экспериментальной деятельности посредством проведения на своей базе

научно-педагогических стажировок, научно-практических семинаров Института.

В соответствии с планом опытно-экспериментальной деятельности на базе МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 22» г. Калуги были проведены следующие мероприятия:

1) организована Школа Юного Ученого и проведение занятий с учащимися 3-11 классов (руководитель к.п.н., доцент Лисовская Л.П.), где учащиеся познают азы исследовательской деятельности: как грамотно спланировать исследование или эксперимент, работать с научной литературой, оформить исследовательскую работу, правильно выступать на защите и др.;

2) организованы и проводятся занятия факультативного курса «Юный химик» для учащихся 8-9 классов (профессор, д.п.н. Волкова С.А.); элективных курсов «Мир живой клетки», «Экспериментальная биология» для учащихся 10-х классов (Лисовская Л.П.), «Химия в задачах» для учащихся 9-10 классов (Королев А.В.);

3) идет постоянная работа школьного НОУ «Эврика» и проведение ежегодных школьных научно-практических конференций, а также участие школьников в городских, региональных и Всероссийских научно-исследовательских конференциях;

4) проведены рабочие семинары-практикумы и круглые столы с учителями школы «Естественнонаучная грамотность в свете современной науки и требований ФГОС», «Метод научного познания и качество школьного обучения согласно ФГОС», на которых обсуждались задания по апробации и проверке в учебном процессе результатов фундаментальных и прикладных научных исследований ФГБНУ «ИСРО РАО» г. Москва;

5) учителями школы проведены мастер-классы по химии, биологии, физике по теме «Обновление содержания общего образования и методов обучения с учетом задачи формирования научной грамотности и реализации требований ФГОС» с использованием экспериментальных методов и современных средств мультимедиа;

6) описана методика использования интерактивных форм, методов и средств обучения в 5-9 классах и мультимедийных продуктов, компьютерного химического, физического, биологического эксперимента, как средств наглядности и повышения качества и эффективности естественнонаучного образования.

Большая работа проведена по апробации методических материалов с использованием интерактивных форм и методов обучения для подготовки учащихся 5-11 классов с целью формирования их естественнонаучной гра-

мотности и обеспечения фундаментальности и качества современного естественнонаучного образования в контексте современной науки.

Так, отмечен живой интерес учащихся к проводимым занятиям по химии, биологии, физике и большая их познавательная активность. Например, в лабораториях кафедры химии КГУ им. К.Э. Циолковского вместе с доктором пед. наук, профессором С.А. Волковой учащиеся 5-х классов распознавали химические вещества, выращивали кристаллы, школьники 8-9 классов создавали модели кристаллических решеток различных веществ, научились решать качественные задачи на распознавание и идентификацию растворов, проводили исследование и доказывали состав и свойства веществ, конструировали и моделировали процессы, приборы, установки.

На занятиях по биохимии (учитель Лисовская Л.П.) учащиеся 4-7 классов с огромным увлечением изучали явления и законы живой природы, уникальные химические свойства различных веществ. Младшие школьники 3-4 классов научились работать с микроскопом, выясняли особенности химического строения организмов, ставили цели и задачи, учащиеся 5-7 классов проводили занимательные опыты и сравнительные эксперименты, спорили, дискутировали, делали выводы, доказывали единство химического состава и происхождения представителей царств живой природы.

Все используемые на уроках биологии, занятиях элективных курсов интерактивные формы и методы обучения направлены на формирование следующих УУД:

- владение основополагающими химическими понятиями, теориями, законами и закономерностями и понимание роли химии в формировании кругозора и научной грамотности учащихся для решения практических задач;
- выявление и развитие исследовательских способностей обучающихся, их исследовательского поведения и творческой активности;
- обучение специальным знаниям по химии, биологии, физике, необходимым для проведения самостоятельных учебных исследований и творческого проектирования;
- овладение методом научного познания, способами и приемами учебно-исследовательской деятельности: видеть проблемы, выдвигать гипотезы, формулировать цели и выводы, объяснять, выявлять, сравнивать, анализировать, измерять, проводить эксперимент;
- готовность и способность применять методы познания при решении практических задач;
- проведение и оформление учащимися самостоятельных учебных исследований и создание собственных творческих проектов; сформированность

представлений о месте химии, биологии, физики в современной научной картине мира.

Список литературы:

1. Полуяхтов, А.В. Учебно-исследовательский практикум – эффективный способ формирования естественнонаучной грамотности школьников / А.В. Полуяхтов // Физика в школе. – 2012. – № 7. – С. 37-45.
2. Разумовский, В.Г. Физика в школе. Научный метод познания и обучение / В.Г. Разумовский, В.В. Майер. – М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2004. – 463 с.

УДК 57.04

**Оценка рекомбинационной эффективности  
электромагнитного излучения крайне высокой частоты  
у *Drosophila melanogaster***

**Н.В. Ергольская**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

Исследовали особенности рекомбинационного действия электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ) у самок *Drosophila melanogaster*, облученных на различных этапах индивидуального развития. Показана зависимость индуцированных ЭМИ КВЧ изменений частоты одинарного мейотического кроссинговера в различных участках хромосомы 2 и силы генетической интерференции от продолжительности воздействия, стадии развития половых клеток и возраста объекта в момент облучения.

*Ключевые слова:* мейотическая рекомбинация, кроссинговер, электромагнитное излучение крайне высокой частоты

### **1. Введение**

В настоящее время большой экспериментальный материал, свидетельствующий об успешном применении электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ) в клинической практике, позволяет оценить его как неспецифический фактор, оказывающий гармонизирующее воздействие на многие системы организма и повышающий его адаптивный потенциал [3, с. 56]. Вместе с тем, влияние указанного фактора на функционирование репродуктивных систем, развитие гамет и сопряженные с ним генетические процессы исследовано недостаточно. Весьма немногочисленны исследования

эффективности ЭМИ КВЧ в отношении наследственных структур клеток и процессов, обеспечивающих их стабильность и изменчивость.

Одним из источников генотипической изменчивости и одновременно своеобразным показателем стабильности наследственного материала гамет является универсальный процесс точного молекулярного спаривания хромосом в мейозе и обмена гомологичными последовательностями ДНК (кроссинговер), обеспечивающий рекомбинацию генов [4, с. 34]. Высокая чувствительность рекомбинационного процесса к разнообразным воздействиям, а также важное эволюционное значение изменений уровня и спектра рекомбинационной изменчивости [4, сс. 52, 128] дают основание изучать индуцированные изменения частоты мейотической рекомбинации в качестве меры действия различных факторов [1, с. 28], в том числе и ЭМИ КВЧ. Выше указанное определило проведение настоящей работы, целью которой явилось изучение особенностей рекомбинационной эффективности ЭМИ КВЧ в зависимости от параметров воздействия и функционального состояния облучаемого организма.

## **2. Материал и методы исследования**

В качестве объекта исследований нами была использована *Drosophila melanogaster* M. (*Drosophilidae*, *Diptera*) линий: Д-32 – «дикий тип»; *bcnvg* – black (II; 48,5), *cinnabar* (II; 57,5), *vestigial* (II; 67,0) [9, с. 256]. Указанные линии содержались в условиях, обеспечивающих оптимальное развитие особей данного вида [5, с. 32]. Воздействию ЭМИ КВЧ подвергали гетерозигот  $b^{+}cn^{+}vg^{+}/bcnvg$  на стадии куколки (на стадии 24-38 часов куколочного развития) или имаго (в возрасте 2-3 суток после вылета). Синхронизацию объекта производили по [6, с. 76]. Воздействие осуществлялось излучением с шумовым спектром, достаточно равномерно распределенным в диапазоне частот 53,57-78,33 ГГц (длины волн от 5,6 до 3,8 мм). При этом типичная мощность излучения составляла около 1,0 мкВт, спектральная плотность мощности шума –  $4 \cdot 10^{-17}$  Вт/Гц. Влияние ЭМИ КВЧ исследовали при различных режимах облучения (время экспозиции составляло 1, 10, 20 и 30 мин). В качестве источника ЭМИ КВЧ использовали аппарат КВЧ-терапии шумовым излучением «АМФИТ-0,2/10-01».

Во всех экспериментах опытных и контрольных гетерозигот включали в анализирующее скрещивание и помещали на чистую питательную среду. В случае облучения объекта на стадии куколки период размножения родительских форм составлял 8 суток (два этапа по 4 суток; по окончании первого этапа родительских особей переносили на свежую среду, в конце второго – устраняли из эксперимента). В случае облучения гетерозигот на стадии имаго

I этап исследования продолжался 5 суток, после чего мух дважды пересаживали на питательную среду через 4 суток (II и III этапы исследования). Выбор стадий воздействия НИЛИ и продолжительность размножения родительских форм определялись особенностями гаметогенеза у *D. melanogaster* [6, с. 55]. Оценку уровня рекомбинационной изменчивости производили при использовании маркерного анализа потомства экспонированных гетерозигот с учетом дифференциальной жизнеспособности различных генотипов [2, с. 116; 7, с. 128; 8, с. 65; 10, с. 514].

### 3. Результаты исследований и их обсуждение

Результаты исследования влияния ЭМИ КВЧ на частоту мейотической рекомбинации показали, что изучаемый фактор обладает рекомбинационной эффективностью. В большинстве случаев ЭМИ КВЧ проявляло себя как антирекомбиноген. Рекомбинационный эффект данного типа ЭМИ в значительной степени зависел от стадии развития объекта исследования и периода его постэкспозиционного размножения. При этом вызываемая ЭМИ КВЧ модификация кроссинговера носила дифференцированный характер в различных исследуемых сегментах хромосомы 2, являясь результатом взаимодействия типа сегмент-доза-стадия.

Так, в случае облучения объекта на стадии куколки в прицентромерном районе b-cn наблюдалась активация рекомбинационного процесса на II этапе исследования в результате применения ЭМИ КВЧ продолжительностью 1 и 20 минут (рисунок 1). При этом на I этапе, а также по данным двух этапов исследования статистически значимых изменений уровня рекомбинации отмечено не было.

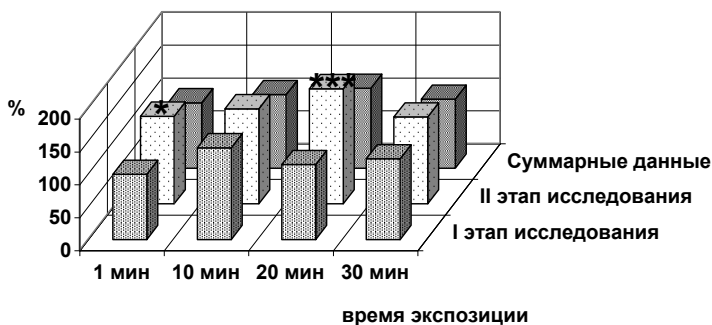


Рисунок 1 – Частота рекомбинации в интервале b-cn хромосомы 2 у самок-гетерозигот, облученных на стадии куколки

*Примечание:* здесь и на следующих рисунках значения признака представлены в процентах по отношению к контролю, принятому за 100%; \* – различия между опытными и контрольными группами достоверны при  $p < 0,05$ , \*\* – при  $p < 0,01$ , \*\*\* – при  $p < 0,001$ .

В интервале *sp-vg* на I этапе исследования воздействие ЭМИ КВЧ в течение 1, 10 и 20 минут оказалось неэффективным (рисунок 2). Облучение объекта продолжительностью 30 минут привело к снижению частоты кроссинговера. На II этапе и по результатам всего периода размножения применение указанного фактора в течение 1 минуты не оказало влияния на рекомбинационные процессы, в то время как воздействие ЭМИ КВЧ продолжительностью 10, 20 и 30 минут привело к достоверному снижению частоты рекомбинационных событий (рисунок 2).

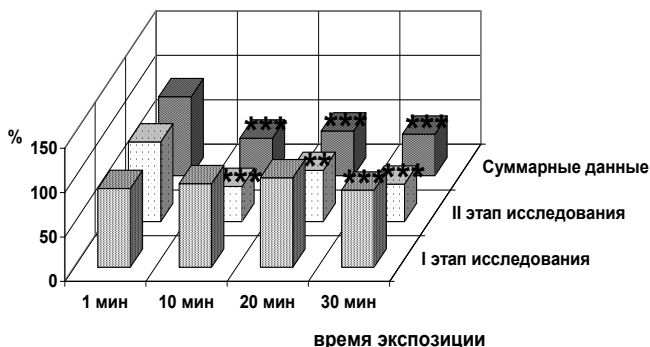


Рисунок 2 – Частота рекомбинации в интервале *sp-vg* хромосомы 2 у самок-гетерозигот, облученных на стадии куколки

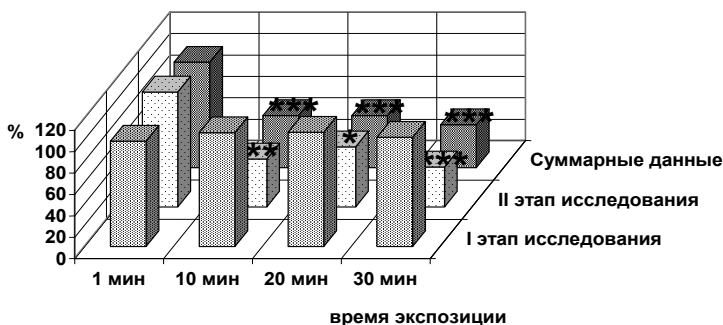


Рисунок 3 – Частота рекомбинации в интервале *b-vg* хромосомы 2 у самок-гетерозигот, облученных на стадии куколки



В интервале b-vg хромосомы 2 на I этапе исследования воздействие ЭМИ КВЧ не привело к достоверным изменениям уровня рекомбинации. На II этапе, а также по данным двух этапов исследования изучаемый фактор оказывал антирекомбиногенное действие при экспозициях 10, 20 и 30 минут (рисунок 3).

Иной характер рекомбинационного ответа исследуемых сегментов хромосомы 2 на применяемое воздействие наблюдался в случае облучения самок-гетерозигот на стадии имаго. Так, в интервале b-сн облучение взрослых особей продолжительностью 1 минута привело к достоверному снижению уровня рекомбинации на I, II, III этапах и по результатам всего периода размножения (рисунок 4). Антирекомбиногенный эффект ЭМИ КВЧ, применяемого в течение 10 и 20 минут, был отмечен на III этапе исследования. При этом снижение частоты кроссинговера при экспозиции 10 минут отразилось на результатах всего периода размножения.

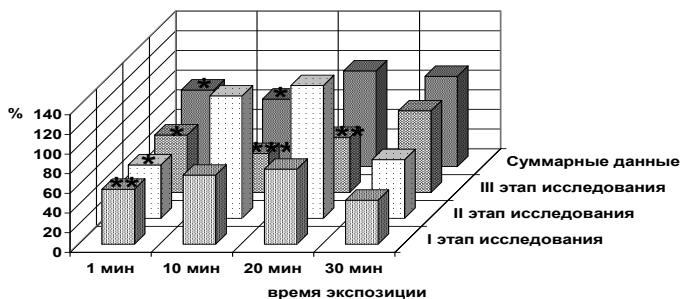


Рисунок 4 – Частота рекомбинации в интервале b-сн хромосомы 2 у самок-гетерозигот, облученных на стадии имаго

В интервале сн-vg антирекомбиногенное действие ЭМИ КВЧ проявилось на I этапе при экспозиции 1 минута, а по результатам трех этапов исследования – при облучении продолжительностью 10 и 30 минут (рисунок 5). На II и III этапах размножения воздействие изучаемого фактора оказалось неэффективным.

В районе b-vg ЭМИ КВЧ, применяемое в течение 1 и 30 минут, привело к снижению уровня рекомбинации на I этапе исследования (рисунок 6). Вместе с тем, на II этапе воздействие данного фактора продолжительностью 20 минут обусловило некоторое повышение частоты рекомбинационных событий. На III этапе исследования облучение не оказало влияния на рекомбинационные процессы, в то время как по данным всего периода размножения

каждый из применяемых нами режимов воздействия (1, 10, 20 и 30 минут) характеризовался антирекомбинационной эффективностью.

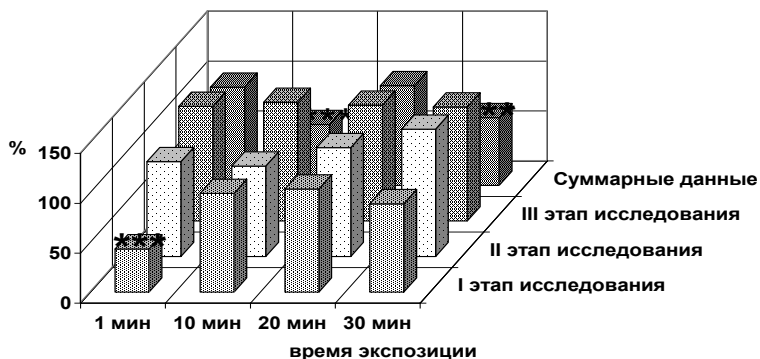


Рисунок 5 – Частота рекомбинации в интервале sp-vg хромосомы 2 у самок-гетерозигот, облученных на стадии имаго

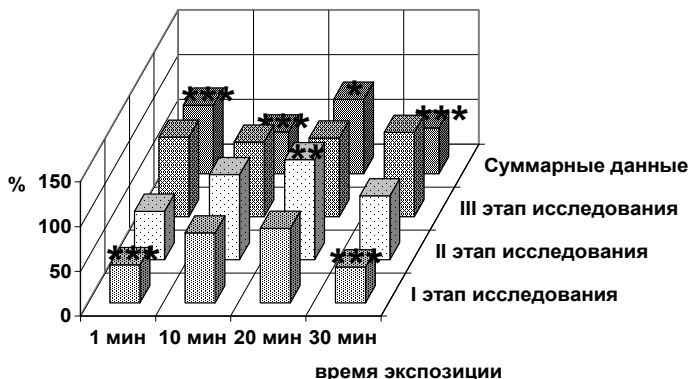


Рисунок 6 – Частота рекомбинации в интервале b-vg хромосомы 2 у самок-гетерозигот, облученных на стадии имаго

### Выводы

1. ЭМИ КВЧ при используемых нами режимах облучения способно оказывать прямое или опосредованное влияние на функционирование наследственных структур гамет, изменяя характер протекания совокупности процессов, обеспечивающих оптимальный уровень рекомбинации.

2. В большинстве отмеченных случаев ЭМИ КВЧ вызывает снижение частоты одинарного кроссинговера.

3. Характер индуцируемых ЭМИ КВЧ изменений уровня мейотической рекомбинации в исследуемых сегментах хромосомы 2 *Drosophila melanogaster* зависит от параметров облучения, периода гаметогенеза и функционального состояния облучаемого организма.

4. Особенности рекомбинационной эффективности ЭМИ КВЧ требуют дальнейшего изучения для определения безопасных параметров используемого вида ЭМ воздействия на индивидуальное развитие организма и функционирование его наследственных структур.

#### Список литературы:

1. Алиханян, С.И. Общая генетика / С.И. Алиханян, А.П. Акифьев, Л.С. Чернин. – М.: Высшая школа, 1985. – 448 с.
2. Бейли, Н. Математика в биологии и медицине / Н. Бейли. – М.: Мир, 1970. – 326 с.
3. Быстрова, Н.К. Оценка состояния и механизмов регуляции кровотока кожи при действии электромагнитного излучения крайне высокой частоты / Н.К. Быстрова, Е.В. Садырина, В.В. Сидоров // Электромагнитные излучения в биологии (БИО-ЭМИ-2000). Труды международной конференции. – Калуга: Издательство КГПУ им. К.Э. Циолковского, 2000. – С. 56-59.
4. Жученко, А.А. Рекомбинация в эволюции и селекции / А.А. Жученко, А.Б. Король. – М.: Наука, 1985. – 400 с.
5. Медведев, Н.Н. Практическая генетика / Н.Н. Медведев. – М.: Наука, 1968. – 294 с.
6. Проблемы генетики в исследованиях на дрозофиле / под ред. Н.Н. Хвостовой. – Новосибирск: Наука, Сибирское отд., 1977. – 248 с.
7. Bailey, N.T.J. Introduction to the Mathematical Theory of Genetic Linkage / N.T.J. Bailey. – Oxford: Clarendon Press, 1961. – 298 p.
8. Kuspira, J. A Simple Method for Estimating Recombination Percentages and Linkage Intensities from F<sub>2</sub> Data: Examples from *Triticum monococcum* and Other Self-Fertilizing Diploid Plant Species / J. Kuspira, R.N. Bhambhani // Theor. Appl. Genet. – 1984. – V.68, № 112. – P. 61-67.
9. Lindsley, D.L. Genetic Variation of *Drosophila melanogaster* / D.L. Lindsley, E.N. Grell // Carnegie Inst. Wash. Publ. – 1968. – №627. – 471p.
10. Rahman, N.A. Estimation of Linkage with Censored Data / N.A. Rahman // Heredity. – 1964. – V.19, №3. – P. 512-515.

**К вопросу о профилактике и мерах борьбы с африканской чумой свиней**  
**И.В. Зайцева, И.С. Симаков**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В данной статье рассмотрена африканская чума свиней (АЧС) – высококонтагиозная вирусная болезнь свиней, наносящая огромный материальный ущерб (гибель у 100% заболевших свиней), что приводит к обострению проблем в социальной сфере. Также рассмотрены этиология, эпизоотология заболевания. В статье проанализированы экономические потери от данного вида вируса, обобщены и выделены наиболее эффективные меры по борьбе и предотвращению заноса АЧС в личные подсобные подворья, фермерские хозяйства и Калужскую область в целом.

*Ключевые слова:* африканская чума свиней, этиология заболевания, эпизоотия, эпизоотический очаг, карантин, инфицированный объект, угрожаемые зоны.

Актуальность выбранной темы заключается в огромной важности предмета исследования для хозяйственной деятельности нашей области и всей страны в целом. Ведь АЧС – это не только эпизоотия природного характера, но и биологическая чрезвычайная ситуация, которая может привести к глобальным проблемам экономического и социального характера. А именно, к подорожанию мяса и других продуктов свиноводства, к потере рабочих мест из-за ликвидации свиноводческих ферм и прочих фермерских хозяйств, что неизменно приведёт к росту безработицы.

За последние годы африканская чума свиней интенсивно изучалась, разработаны средства и методы диагностики, однако предпринимаемые попытки полностью ликвидировать болезнь успеха пока не имеют. Вакцина против АЧС не разработана, лечение запрещено. За рубежом считается, что страны, в которых продолжается вакцинация свиней против классической чумы свиней, да еще и живыми вакцинами, нельзя считать полностью свободными от возбудителя этой болезни. АЧС относится к списку особо опасных инфекций, т.к. наносит большой экономический ущерб свиноводству как в развивающихся, так и в развитых странах с хорошо организованным ветеринарно-санитарным надзором. АЧС относится к списку А согласно Международной классификации заразных болезней животных. Для человека вирус африканской чумы свиней опасности пока не представляет [2, с. 167].

**Этиология.** Возбудитель АЧС – двадцатигранный цитоплазматический ДНК вирус. Это сложный многоструктурный вирус, который накапливается во всех органах больного животного, проникая даже в клетки костного мозга и крови (в лейкоциты) [2, с. 242]. Вирус АЧС очень устойчивый и способен до 6 месяцев сохраняться в почве, на кирпичах и на деревьях. Обитает вирус и в сыром мясе, костном мозге животных и в тех местах, где находились зараженные животные. Длительное время – от нескольких недель до нескольких месяцев – может быть в продуктах свиного происхождения, не подвергнутых термической обработке (солёные и сырокопчёные пищевые изделия, пищевые отходы, идущие на корм свиньям).

Установлено несколько сероиммуно- и генотипов вируса АЧС. По степени вирулентности различают А, В и С-варианты вируса. В вариант А входят вирулентные эпизоотические штаммы, вызывающие у свиней всех возрастов остро протекающую болезнь. Вирусы варианта В вирулентны только для поросят и вызывают атипичную или хроническую чуму. К варианту С относится американский слабовирулентный штамм. По антигенной структуре вирус однороден и не имеет ни серологических, ни иммунологических вариантов, но обладает антигенным родством с вирусом диареи крупного рогатого скота.

В организме свиней вирус накапливается во всех органах и тканях, но чаще всего в лимфатических узлах, селезенке, печени, костном мозге, слизистой оболочке кишечника и эндотелии кровеносных сосудов. Он очень устойчив к химическим дезинфицирующим средствам (вторая группа). Вирус в большинстве своём не боится таких дезинфицирующих средств как формалин и щелочь, поэтому при дезинфекции используют хлорсодержащие веществами, а также различные кислоты (уксусная, молочная, карболовая кислоты).

В свинарниках не теряет жизнеспособности до 1 года, в замороженном мясе – более 4 лет, в свежееохлажденном мясе – 45-71 день, в солонине – более 6 месяцев, в копченостях – 3 месяца. Прогревание мясных продуктов при 44°C инактивирует вирус через 4 часа. В навозе и трупах возбудитель погибает через 3-5 дней, в почве – через 1-2 недели. Вирус неустойчив к высоким температурам, при кипячении погибает моментально, при 60 °C – за 10 мин, быстро инактивируется под действием ультрафиолетового облучения. Вирус устойчив к высушиванию и гниению [1].

**Эпизоотология.** Эпизоотия – широкое распространение инфекционной болезни среди одного или многих видов животных на значительной тер-

ритории, значительно превышающее уровень заболеваемости, обычно регистрируемый на данной территории [4].

В естественных условиях АЧС заражаются и домашние, и дикие свиньи всех возрастов. Как правило, источником возбудителя вируса становятся больные животные и вирусоносители. Заражение здоровых свиней происходит при совместном содержании или контакте с инфицированными вирусоносителями. Передача вируса осуществляется: и через корма, и через транспортные средства, в которых осуществлялась перевозка больных животных, и через совместные пастбища. Использование в корм необезвреженных столовых отходов тоже способствует распространению болезни. Переносить вирус могут: птицы, люди, домашние и дикие животные, грызуны, кожные паразиты (некоторые виды клещей, зоофильные мухи, вши), которые соприкасались с заражёнными или умершими животными.

Инкубационный период заболевания зависит от количества поступивших в организм вирионов, а также состояния животного, тяжести течения и может продолжаться от 2 до 6 суток. Развитие болезни подразделяют на молниеносное, острое, подострое и реже хроническое.

Все мероприятия по предупреждению и ликвидации АЧС проводятся и в соответствии с действующей инструкцией, утвержденной ГУВ МСХ СССР 21 ноября 1980 г.

Эпизоотическим очагом АЧС считают свиноводческие фермы, отдельные свинарники, личные подсобные хозяйства, населенные пункты, где обнаружены больные животные с диагнозом АЧС.

Инфицированным объектом считают различные предприятия по переработке и хранению продуктов и сырья животного происхождения, инфицированные или подозреваемые в заражении АЧС, а также пищевые блоки столовых, транспорт, перевозивший свиней, пищевые отходы и другие животноводческие грузы и территорию, где находились больные животные до обнаружения болезни. При этом выделяют две угрожаемые зоны [2, с. 332].

Первая угрожаемая зона – это территория у эпизоотического очага, расположенная на расстоянии 5-20 км от его границ с учетом хозяйственных, торговых и других связей между населенными пунктами, хозяйствами и очагом инфекции.

Вторая угрожаемая зона – это территория, вокруг первой угрожаемой зоны, которая находится от эпизоотического очага на 100-150 км.

Всех находящихся в очаге свиней уничтожают бескровным методом. Трупы убитых и павших животных, навоз, остатки кормов, тару и инвентарь, а также ветхие помещения, деревянные полы, кормушки, перегородки, изго-

роди сжигают. Несгоревшие остатки зарывают в траншеи (ямы) на глубину не менее 2 м. При отсутствии возможности сжечь трупы животных, их закапывают в траншеи, вырытые вблизи эпизоотического очага, на глубину не менее 2 м.

Проводят трехкратную дезинфекцию помещений, загонов и других мест, где содержались животные, в следующем порядке: первую – сразу после уничтожения животных; вторую – после снятия деревянных полов, перегородок, кормушек и проведения тщательной механической очистки; третью – перед снятием карантина. Одновременно с первой дезинфекцией проводят дезинсекцию, дезакаризацию и дератизацию [3, с. 31].

Особое место среди профилактических мер по недопущению заноса вируса из неблагополучных районов, занимает карантинный пост. В этих целях установлен строгий надзор на пограничных железнодорожных и шоссейных пунктах. Это делается для того, чтобы не допустить ввоз домашних и диких свиней, продуктов их убоя и корма из районов, где регистрируется болезнь [2, с. 48].

Поэтому при малейшем подозрении на АЧС, надо сразу принимать меры. Собирают патологический материал, направляют его в специализированную ветеринарную лабораторию для исследования и организовывать мероприятия по предупреждению распространения инфекции. В случае подтверждения диагноза в установленном порядке накладывают карантин на населенный пункт, определяют границы эпизоотического очага, границы первой и второй угрожаемых зон и организуют необходимые меры по ликвидации вируса [2, с. 327].

Практически сразу же после обнаружения вируса в Ферзиковском районе, были введены ограничительные мероприятия, направленные на предотвращение распространения и ликвидацию очага АЧС. Согласно постановлению губернатора Калужской области А.Д. Артамонова от 24 января 2014 года мероприятия по недопущению распространения АЧС проводились в соответствии с законом Калужской области «О защите населения и территории Калужской области от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

В каждом районе, где был зафиксирован очаг АЧС, устанавливался эпизоотический очаг по АЧС, первая и вторая угрожаемые зоны. Был проведен пересчет свинопоголовья в хозяйствах всех форм собственности с составлением списков владельцев животных по каждому населенному пункту. Были проведены сходы с населением, составлены списки на отчуждение, произведены выплаты населению, отведены специальные места для ликвида-

ции трупов убитых животных, действовали карантинные посты [3]. Карантинные мероприятия были введены на территории 15 районов области: Бабынинского, Бярятинского, Дзержинского, Жуковского, Износковского, Кировского, Козельского, Куйбышевского, Людиновского, Мещовского, Мосальского, Перемышльского, Спас-Деменского, Юхновского, Ульяновского.

Говоря о средствах борьбы с данным вирусом, необходимо ещё раз отметить опасность данного заболевания, т.к. оно не поддаётся лечению. На данный момент самыми эффективными мерами борьбы с АЧС являются уничтожение инфицированных животных, ограничительные меры и карантин. Калужская область понесла немалый экономический ущерб. Только на выплаты населению в период с марта по октябрь 2014 года было потрачено около четырех миллионов рублей из регионального бюджета. По данным ГБУ КО «Калужская горветстанция» экономические потери от эпизоотии в 2007-2014 годах превысили 30 миллиардов рублей. Было уничтожено более 600 тысяч животных. Анализируя проведённые в Калужской области мероприятия, направленные на предотвращение распространения и ликвидацию очага АЧС, можно сделать вывод об их своевременности и высокой эффективности.

Ситуация по АЧС на территории Калужской области остается острой: с 8 апреля 2015 года в г. Калуге установлены ограничительные мероприятия по АЧС. А в 2016 году главные заботы ветеринарных служб региона были связаны с ликвидацией последствий заражения АЧС и ее профилактикой. На основании анализа данных ГБУ КО «Калужская горветстанция», постановлений федеральных и муниципальных органов власти, отчетов Главного управления МЧС России по Калужской области, авторами предлагаются обобщенные рекомендации для предотвращения заноса АЧС на территорию Калужской области в целом, и в личные подворья, фермерские хозяйства в частности. Необходимо строго соблюдать некоторые правила, которые позволят избежать ущерба при возникновении АЧС, связанного с убоем и отчуждением свиней, запретом на реализацию и вызов всей продукции животноводства.

– Не следует допускать посторонних в свое хозяйство. Необходимо перевести свиней в режим безвыгульного содержания, не следует допускать вольной случки. Владельцам ЛПХ и фермерских хозяйств следует содержать свиней в свинарниках и сараях без выгула и контакта с другими животными и синантропной птицей (чужие свиньи, другие животные, хищные птицы, звери, собаки, кошки могут быть переносчиками вируса). В КФК применять сплошные ограждения, оборудовать санитарными пропускниками, дезинфек-



ционными барьерами (ковриками) мест въездов (входов) на территорию объектов хозяйства. А также содержать их в рабочем состоянии, исключить завоз необработанного инвентаря и заезд на территорию содержания свиней транспортных средств. Не прошедших специальную обработку и т.д.;

– Для кормления и ухода за свиноголовьем необходима отдельная обувь и одежда.

– Необходимо исключить кормление свиней кормами животного происхождения, пищевыми (столово-кухонными) и боенскими отходами, рекомендуется покупать корма только промышленного производства.

– Не рекомендуется заготавливать корма для животных на лесных полянах и опушках, нельзя скармливать свиньям отходы переработки грибов и лесных ягод – это может послужить причиной возникновения болезни, т.к. по этим местам могли ходить кабаны, больные АЧС, или лежали трупы.

– Проводить обработку свиней в помещениях для их содержания против кровососущих насекомых (клещей, вшей, блох) один раз в 10 дней; постоянно проводить борьбу с грызунами.

– Не покупать живых свиней, мясо и мясопродукты в местах несанкционированной торговли. Приобретать свиней и продукцию свиноводства в местах торговли в сопровождении ветеринарных справок или свидетельств, подтверждающих благополучие места вывоза и наличие вакцинации против классической чумы свиней. Не заготавливать свиней и продукцию свиноводства из других регионов без согласования с Государственной ветеринарной службой Калужской области.

– Обязательно предоставлять поголовье свиней для осмотра, а также вакцинаций и других обработок, проводимых ветеринарными специалистами.

– Не выбрасывать трупы животных, отходы от их содержания и переработки на свалки, обочины дорог, не захоранивать их на приусадебном или другом земельном участке. Проводить утилизацию в специально отведенных местной администрацией местах. Не пытаться перерабатывать мясо павших или вынужденно убитых свиней – это запрещено и может привести к дальнейшему распространению болезни

– Неспецифической мерой профилактики АЧС является переход на альтернативные направления животноводства (скотоводство, овцеводство, кролиководство, птицеводство).

Регулярно проводятся межобластные совещания, например, в г. Жуков Калужской области состоялось совещание на тему «Организация мероприятий, направленных на недопущение распространения возбудителя АЧС на территории Калужской, Тульской, Московской области и г. Москвы».

Именно из соседних областей на территорию региона заходят зараженные дикие кабаны – основные разносчики АЧС. Первая вспышка АЧС зарегистрированная в 2014 г. в Ферзиковском районе пришла из Тульской области. Один из главных итогов таких совещаний – в случае возникновения очага АЧС в приграничных районах двух соседних регионов выработать план совместных действий по ликвидации и предотвращению дальнейшего распространения этого опасного вируса, предотвратить миграцию зараженных диких кабанов из соседних областей, обмен опытом проведения ликвидационных мероприятий при возникновении АЧС. Только совместными усилиями можно достичь максимального эффекта в борьбе с АЧС.

В качестве информационной основы нами использовались правовые и нормативные акты, постановления федеральных и муниципальных органов власти, отчёты Главного управления МЧС России по Калужской области.

#### Список литературы:

1. Балышев, В.М. Биологические свойства вируса африканской чумы свиней, выделенного в Российской Федерации / В.М. Балышев, В.В. Куринов, С.Ж. Цыбфнов [и др.] // Ветеринария. – 2010. – № 7.
2. Гавриш, В.Г. Справочник ветеринарного врача / В.Г. Гавриш. – 4 изд. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. – 576 с.
3. Клименко, А.И. Африканская чума свиней. Методические рекомендации / А.И. Клименко, А.В. Коваленко, Э.П. Карева, Н.А. Солдатенко, В.Н. Василенко. – Новочеркасск: ГНУ СКЗНИВИ РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ, 2010. – 58 с.
4. Приказ Комитета ветеринарии при Правительстве Калужской области от 27.01.2014. № 42 «Об утверждении Порядка выплаты ущерба, понесенного юридическими и физическими лицами в результате отчуждения животных или изъятия продуктов животноводства» [Электронный ресурс] // СПС ГАРАНТ. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/15943735/#ixzz5JdIGH4if> (дата обращения: 13.06.2018).

**Изучение распространения африканской чумы свиней  
в Калужской области**

**И.В. Зайцева, И.С. Симмаков**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

Статья посвящена актуальной проблеме: природной чрезвычайной ситуации биологического происхождения быстро распространяющейся потенциально глобальной вирусной инфекции – африканской чуме свиней (АЧС), наносящей огромный материальный ущерб. В статье подробно проанализировано распространение АЧС в Калужской области, определены пути и причины проникновения возбудителя АЧС в Калужскую область.

*Ключевые слова:* природная чрезвычайная ситуация, эпизоотия, вирулентность, вирус африканской чумы свиней.

Африканская чума свиней (АЧС) – это вирусная болезнь, характеризующаяся большой летальностью. Вирус АЧС с 2007 года активно распространяется на территории России, ежегодно унося жизни сотен тысяч свиней. Несмотря на все попытки остановить распространение вируса, он захватывает всё новые и новые территории. В данной статье авторы анализируют характер и причины распространения АЧС по территории Калужской области.

*Первый очаг АЧС* в Калужской области был зафиксирован 22 января 2014 года в частном хозяйстве жительницы поселка Октябрьский Ферзиковского района. Как следует из информационных донесений СОД ЦУКС ГУ МЧС России по Калужской области 22.01.2014 г. в ОДС ЦУКС по Калужской области от руководителя Управления Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Калужской области Ю.В. Квасничко поступила информация о получении предварительного подтверждения АЧС [2].

В результате проведённых лабораторных исследований проб патологического материала, отобранных от одной павшей домашней свиньи, в посёлке Октябрьский муниципального образования сельское поселение «Октябрьский сельсовет» Ферзиковского района, выделен генетический материал вируса африканской чумы свиней.

*Второй очаг АЧС* зафиксирован 13 июня 2014 года в Спас-Деменском районе. От охотоведа ГБУ КО «Калугаоблохота» Андреева Ю.Е. в 15-00 часов 13 июня 2014 года поступила информация об обнаружении трупов диких кабанов на территории общедоступных охотничьих угодий Спас-Деменского района. Специалисты госветслужбы Спас-Деменского района в 17-00 того же

дня выехали на место обнаружения трупов диких кабанов, произвели отбор проб материала для исследования на АЧС, утилизацию трупов путём сжигания, ветеринарно-санитарные работы.

Всего было обнаружено 9 трупов кабанов, в том числе один трupp кабана в возрасте приблизительно 1 год, и 8 трупов – в возрасте 2-3 месяца в разной степени разложения.

Проведено обследование прилегающей территории, других трупов кабанов не обнаружено.

В результате исследования методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) выявлена ДНК вируса африканской чумы свиней, экспертиза от 14.06.2014 г. № 55519-55527.

Комитетом ветеринарии были подготовлены приказ об организации и проведении специальных мероприятий, направленных на ликвидацию заболевания африканской чумой свиней в Калужской области, проект Постановления Губернатора о введении ограничительных мероприятий (карантина).

Установлен охранно-карантинный пост, оборудованный дезбарьером, на котором организовано круглосуточное дежурство специалистов госветслужбы. Были определены мероприятия по недопущению распространения и ликвидации АЧС, которые будут проводиться в соответствии с «Инструкцией о мероприятиях по борьбе с африканской чумой свиней», утвержденной ГУВ МСХ СССР от 21.11.1980 г.

Чтобы исключить вероятность ошибки, одновременно пробы были отправлены в город Покров. Там также подтвердили, что в полученных материалах присутствует вирус АЧС. [4].

*Третий очаг АЧС:* 23.06.2014 г в результате проведенных лабораторных исследований проб патологического материала, отобранных от одной павшей домашней свиньи в возрасте 8-9 месяцев в д. Ключи МО сельское поселение «Деревня Болва» Спас-Деменского района Калужской, получен положительный результат [4]. Этот очаг заражения АЧС стал вторым в Спас-Деменском районе с начала месяца.

*Четвёртый очаг АЧС* зафиксирован 24 июня 2014г. в Жуковском районе, в районе подкормочной площадки «Сторожка» 33 квартала Макаровского лесничества Федерального заказника Госкомплекс «Таруса» ФСО России Жуковского района. В данном районе был найден трupp дикого кабана в возрасте 1-3 года. В результате проведённых лабораторных исследований пробы патологического материала, был выделен генетический материал вируса АЧС.

*Пятый очаг АЧС.* 01 июля 2014 года обнаружен вирус АЧС, который был выделен из патологического материала трупа дикого кабана в возрасте старше трёх лет, обнаруженного на территории 34 квартала Макаровского лесничества Федерального заказника Госкомплекс «Таруса» ФСО России Жуковского района.

*Шестой очаг АЧС.* Случай АЧС зафиксирован 02 июля 2014 года на территории 52 квартала Жуковского лесничества Жуковского РООиР Жуковского района [3].

*Седьмой очаг АЧС.* О данном случае стало известно 04.07.2014, в результате проведённых лабораторных исследований выделен генетический материал африканской чумы свиней в пробах биологического материала, отобранных от трупа дикого кабана, обнаруженного на территории урочища Пальново Спас-Деменского района общества Калужской областной Общественной организации охотников и рыболовов Спас-Деменское РоКОООиР.

*Восьмой очаг АЧС* обнаружен в Куйбышевском районе. Вирус был выявлен среди домашних свиней 06.07.2014 в ГНУ «ВНИИВВИМ» (г. Покров, Владимирская обл.) в результате лабораторных исследований проб патологического материала, отобранного от павшего животного в возрасте 10 месяцев в д. Мамоновка муниципального образования сельское поселение «Деревня Высокое» Куйбышевского района Калужской области. Ранее на территории Куйбышевского района Калужской области вспышки АЧС не регистрировались.

*Девятый очаг АЧС* зарегистрирован 11.07.2014г. в Мещовском районе в результате проведенных лабораторных исследований проб патологического материала отобранных от одной павшей домашней свиньи в возрасте старше 1 года в селе Подкопаево, МО СП «Село Гаврики» Мещовского района, получен положительный результат на АЧС. На подворье на момент регистрации заболевания находилась одно животное, которое пало. Труп уничтожен путем сжигания, проведены ветеринарно-санитарные работы. Постановлением Губернатора Калужской области от 14.07.2014 № 273 «Об установлении ограничительных мероприятий (карантина) по африканской чуме свиней на территории Калужской области» введен карантин на территории Мещовского района.

*Десятый очаг АЧС* был зарегистрирован 23 июля 2014 года в Мосальском районе. В результате проведённых лабораторных исследований проб патологического материала от одной павшей свиньи в деревне Бесово МО СП «Село Раменский» Мосальского района, выделен генетический мате-

риал вируса АЧС. Как отметили в ведомстве Россельхознадзора, на месте обнаружения больного животного работали сотрудники ветеринарной службы, которые провели необходимые санитарные и защитные мероприятия. Предположительно, источниками болезни могли стать дикие кабаны, которые принесли заболевание с территории Смоленской области, где вирус АЧС распространен повсеместно. В управлении уточнили, что пока вирус АЧС в регионе отмечен лишь в частных подсобных хозяйствах. На свиноводческих комплексах региона случаев заражения не зафиксировано [3].

*Одиннадцатый очаг АЧС.* 24 июля 2014 года вирус африканской чумы свиней добрался и до Барятинского района. На территории ОРХ «Зайцева гора» были найдены трупы диких кабанов. В результате исследования пробы патологического материала был поставлен диагноз АЧС. Данных о других вспышках АЧС в данном районе нет.

*Двенадцатый очаг АЧС.* 27 июля 2014 года была отмечена вторая вспышка АЧС в Мосальском районе. При исследовании пяти проб патологического материала, взятого от павших свиней в деревне Фошня выделен генетический материал вируса африканской чумы свиней.

*Тринадцатый очаг АЧС* вспыхнул в Перемышльском районе. Впервые о вирусе АЧС в районе услышали 1 августа 2014 года. Падёж трёх свиней произошел в личном подсобном хозяйстве в деревне Красниково муниципального образования сельское поселение «Деревня Григоровское».

*Четырнадцатый очаг АЧС.* 2 августа 2014 года новая вспышка в деревне Бесово МО СП «Село Раменский». Пало шесть свиней в домашнем подсобном хозяйстве. При исследовании проб костного мозга, был получен положительный результат на АЧС.

*Пятнадцатый очаг АЧС.* Если до этого вспышки АЧС в Мосальском районе были зафиксированы в домашних хозяйствах, то 05.08.2014 года в результате лабораторных исследований проб материала уже дикого кабана, добытого в рамках регулирования численности на территории урочища Вышнее охотугодий общего пользования КБУ «Калугаоблохота» был получен положительный результат на АЧС.

*Шестнадцатый очаг АЧС* обнаружен в Перемышльском районе 13 августа 2014 года. Зараженный труп дикого кабана нашли в окрестностях деревни Василёнки. Диагноз был поставлен и в ГБУ КО «Областные СББЖ и ветеринарная лаборатория» города Калуга, и в ГНУ «ВНИИВВИМ» города Покров.

*Семнадцатый очаг АЧС* был обнаружен в Дзержинском районе. 16 августа 2014 года Комитет ветеринарии при Правительстве Калужской области

сообщил, что в результате проведённых лабораторных исследований в ГБУ КО «Областные СББЖ и ветеринарная лаборатория» города Калуга проб патологического материала умершей свиньи из личного подсобного хозяйства выделен вирус африканской чумы свиней. Данный случай произошёл в деревне Слобода Дзержинского района.

*Восемнадцатый очаг АЧС* зафиксирован в Медынском районе. В результате мониторинговых исследований территории Калужской области 3 октября 2014 года был выявлен случай АЧС и в Медынском районе. В рамках любительской и спортивной охоты на территории Центрального участка ООО ОХ «Озёрное» было отстрелено 28 кабанов. В результате анализа проб их патологического материала в ГБУ КО «Областные СББЖ и ветеринарная лаборатория» города Калуга был выявлен ДНК вирус АЧС у 12 кабанов. Позднее ДНК вирус был подтверждён ещё у 5 свиней. Данные предоставили 7 октября 2014 года ГНУ «ВНИИВВИМ» города Покров и ФГБУ «Тульская МВЛ» [1].

*Девятнадцатый очаг АЧС.* Несмотря на все принятые меры по ликвидации АЧС, распространение вируса продолжалось. Это подтверждают документы Комитета ветеринарии Правительства Калужской области от 14.11.2014 года. В них сообщается, что в результате проведённых лабораторных исследований проб материала, отобранных от 4 кабанов, добытых в рамках любительской и спортивной охоты на территории Чаусовского РО-ООИР Жуковского района, от одной пробы получен положительный результат на АЧС.

*Двадцатый очаг АЧС* вспыхнул 17 ноября 2014г. в Тарусском районе. Из письма Комитета ветеринарии при Правительстве Калужской области, адресованного Начальнику Главного управления МЧС России по Калужской области генерал-майору В.И. Клименко следует, что в результате проведённых лабораторных исследований проб патологического материала, отобранного от двух трупов диких кабанов, обнаруженных на территории Тарусского РООиР, выделен генетический материал вируса АЧС.

*Двадцать первый очаг АЧС* обнаружен в Ульяновском районе. При проведении очередного мониторингового исследования, но уже в Ульяновском районе был обнаружен очередной очаг АЧС. Комитета ветеринарии при Правительстве Калужской области сообщил, что 4 февраля 2015 года был отобран биологический материал у двух диких кабанов, добытых волками на территории заповедника «Калужские засеки». В данном материале найден геном вируса АЧС.

Двадцать второй очаг АЧС возвращает нас в Медынский район. 11 февраля 2015 года при проведении очередного мониторингового исследования в районе обнаружен второй случай АЧС. При изучении проб патологического материала от 6 диких кабанов, добытых в рамках любительской и спортивной охоты на территории ОХ «Медынский парк» в одной пробе обнаружен ДНК-вирус АЧС. Предварительный диагноз поставлен в ГБУ КО «Областные СББЖ и ветеринарная лаборатория» города Калуга. Для подтверждения материал был отправлен в ГНУ «ВНИИВВИМ» города Покров. Откуда 13 февраля пришёл положительный результат уже на 3 пробы из 6.

Таким образом, на апрель 2015 года в Калужской области зарегистрировано 22 очага АЧС. Данные по районам приведены на рисунке 1. Анализируя приведённые данные можно сделать следующее заключение по схеме: название района, всего вспышек АЧС, в скобках 1-я цифра обозначает АЧС среди домашних свиней, 2-я цифра – АЧС среди диких кабанов. Жуковский р-н 4 (0, 4); Мосальский р-н 4 (3, 1); Спас-Деменский р-н 3 (1, 2); Перемышльский р-н 2 (1, 1); Медынский р-н 2 (0, 2); Ферзиковский р-н 1 (1,0); Барятинский р-н 1 (0, 1); Куйбышевский р-н 1 (1, 0); Дзержинский р-н 1 (1, 0); Мещовский р-н 1 (1, 0); Тарусский р-н 1 (0, 1); Ульяновский р-н 1 (0, 1). При этом в дикой фауне 13 случаев на 4 случая АЧС больше, чем среди домашних свиней 9 случаев соответственно.



Рисунок 1 – Вспышки АЧС на территории Калужской области

Согласно приведенной карте очевидно, что большинство очагов АЧС были зафиксированы в пограничных районах, а именно – на границах с Тульской, Смоленской и Московской областями.

Говоря о первом случае АЧС в Калужской области, который был зафиксирован в Ферзиковском районе, с уверенностью можно сказать, что вирус был занесён из соседней Тульской области. Ещё в 2013 году в Тульской



области было зарегистрировано восемь случаев АЧС. Один из них произошёл 9 октября 2013 года в Алексинском районе. Диагноз АЧС был выявлен у свиной, павшей в личном подсобном хозяйстве. Расстояние между городом Алексин и посёлком Октябрьский Ферзиковского района составляет всего 23,9 км. Таким образом, видно, что вирус могли занести и больные дикие кабаны, которые с лёгкостью преодолеют данное расстояние, и люди, бывшие в контакте с инфицированными домашними свиньями.

Ещё один из путей проникновения АЧС в Калужскую область связан с вспышкой АЧС, которая произошла в конце января - в начале февраля 2014 года в крупнейшем в Тульской области племенном хозяйстве «Лазаревское». По словам тульского губернатора Владимира Груздева, она стала самым крупным случаем из зафиксированных в России случаев АЧС. Как выяснилось, продукцию, инфицированную АЧС, и живых свиней из зараженного хозяйства успели поставить в пять регионов Центральной России.

Так, колбасные изделия были отправлены в Москву, Орел, Калугу, Малоярославец Калужской области и Мценск Орловской. Отгрузка живых свиней из Лазаревского производилась в подмосковные Егорьевск и Серебряные Пруды, в Теменичи Брянской и Ждамирово Калужской областей. Как установили специалисты, 140 тульских свиней завезли в Калужскую область. К 31 января, когда начались проверки, их забили на мясо [41].

Как сообщила 4 августа 2014 корреспонденту ИТАР-ТАСС заместитель председателя комитета ветеринарии региона Оксана Устинова, в Тульской области выявлен новый очаг африканской чумы свиней. Падеж пяти свиней произошел в частном хозяйстве деревни Поваляево Заокского района. По результатам лабораторной проверки установлено, что причиной их смерти стал вирус АЧС. Очаги АЧС также выявлены на территории частного хозяйства в Суворовском районе, в двух охотхозяйствах в Дубенском и Одоевском районах. Все перечисленные выше районы, где были зафиксированы вспышки АЧС, расположены вблизи границ с Калужской областью.

Результаты сравнительного анализа вспышек АЧС в Тульской и Калужской областях приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение вспышек АЧС по областям

<b>Тульская область</b>	<b>Калужская область</b>	<b>АЧС</b>
9 октября 2013 года Алексинский район.	22 января 2014 года Ферзиковский район	Домашние свиньи
4 августа 2014 года охотхозяйства Дубенский и Одоевский районы	13 августа 2014 года Перемышльский район	Дикие кабаны

Если говорить о западных районах Калужской области, где фиксировались вспышки АЧС, то их возникновение скорее всего связано с тем, что сначала АЧС была отмечена в соседней Смоленской области. Как свидетельствует информация на сайте Россельхознадзора, по состоянию на 14 октября 2013 года в РФ зарегистрирована 93 активные вспышки АЧС.

При этом в течение года на территории Московской области было зафиксировано 25 очагов заболевания, в Смоленской - 15. На 20.11.2013 в Смоленской области уже был зарегистрирован 21 случай АЧС [41].

А 20.05.2014. на территории Угранского района Смоленской области были обнаружены трупы трех кабанов. Специалисты Россельхознадзора установили, что причиной их смерти стала АЧС. Примечательно, что это один из пограничных с Калужской областью районов. И что уже с июня месяца вирус обнаружили на Калужской земле сначала в Спас-Деменском, а потом и в Мосальском районах. В наш регион вирус АЧС пришел из Смоленской области с мигрирующими дикими кабанями.

Такое предположение высказал и заместитель министра сельского хозяйства Калужской области Геннадий Луценко на пресс-конференции в пресс-центре агентства «Интерфакс-Центр» в Калуге 19 июня 2014 года. Он также отметил, что источник заражения находился в 150 метрах от границы со Смоленской областью. По его словам, очаг возник в Спас-Деменском районе на границе с Калужской и Смоленской областью [44].

Если говорить о северных районах Калужской области, а именно о Жуковском, потому что именно там зафиксировано 4 очага АЧС, то можно предположить, что вирус попал туда из соседней Московской области, где болезнь была выявлена ещё в 2012 году.

Причиной распространения вируса АЧС на территории Калужской области из пограничных районов в центральные, такие как Мещовский, Дзержинский, может стать миграция диких кабанов из соседних заражённых районов. По мнению специалистов, угроза для домашних свиней исходит из леса. Вирус АЧС может прийти на любое Калужское подворье с грибами, ягодами и домашними свиньями, отправленными попасть в лес.

Мы проанализировали теоретический материал по данной проблеме, а также документы Комитета ветеринарии Правительства Калужской области, отчёты ГБУ КО «Областные СББЖ и ветеринарная лаборатория» г. Калуга, ГНУ «ВНИИВВИМ» города Покров и ФГБУ «Тулская МВЛ», ознакомились с предоставленными нам Главным управлением МЧС России по Калужской области материалами, изучили и отметили на карте вспышки АЧС на территории Калужской области, сопоставили характер очагов в соседних

областях, а именно Тульской, Смоленской и Московской, и пришли к выводу, что вирус в наш регион попал именно из данных областей. И скорее всего переносчиками АЧС стали дикие мигрирующие кабаны. В пользу этого говорят и следующие данные. Из 22 очагов АЧС, зарегистрированных на территории Калужской области, 13 произошли в дикой фауне.

Список литературы:

1. Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной вирусологии и микробиологии Российской академии сельскохозяйственных наук. Ответ о результатах лабораторных исследований проб патологического материала.
2. Информационное донесение о выявлении АЧС в Калужской области по состоянию на 18.00 27.01.2014 г. по 10.02.2014.
3. Протокол внеочередного заседания комиссии по чрезвычайным ситуациям и пожарной безопасности при Правительстве Калужской области от 25.06.2014 № 11. О проведении мероприятий по ликвидации очага африканской чумы свиней на территории Жуковского района Калужской области и мерах по недопущению распространения опасной инфекции.
4. Справка о ходе мероприятий по недопущению распространения АЧС в Калужской области (по состоянию на 25.02.2014).

**Мониторинг радиационной обстановки  
в городской застройке района Правобережье г. Калуги  
В.Е. Кузьмичев, Р.Е. Якушов**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

Проведен мониторинг радиационной обстановки в новом микрорайоне города Калуги Кошелев проект. Мощность потока  $\gamma$ -излучения во всех исследованных точках находится в пределах 0,10-0,13 мкЗв/час, что является нормой для Калуги. Обнаружены некоторые колебания радиационного фона, связанного с потоками  $\alpha$ -частиц и  $\beta$ -частиц, выделяющихся при распаде конкретных радионуклидов (Стронций-90, Иттрий-90, Плутоний-239). Полученные результаты указывают на отсутствие превышения допустимых значений радиационного фона, как для фотонного излучения, так и для потоков частиц.

*Ключевые слова:* радиация, городская застройка, мониторинг

В настоящее время существует вероятность применения в строительстве некачественных строительных материалов, что будет приводить к ухудшению здоровья. К примеру, в Таганроге был построен целый ряд домов из радиоактивного кирпича. В этих домах МЭД составляла 0,5-3,92 мкЗв/ч [3].

Опасность радиоактивных строительных материалов заключается в том, что исходящее от них радиоактивное излучение может ухудшать состояние здоровья жильцов. Из-за этого людей беспокоят:

- головные боли;
- аллергия;
- плохое самочувствие.

Более того если радон поступает в легкие то при распаде происходит выброс альфа-частиц. Это может вызывать микроожоги тканей и их злокачественное перерождение.

**Цель исследования.** Определение уровня радиационной обстановки в городской застройке района Правобережья г. Калуга в частности для микрорайона Кошелев проект.

**Задачи.**

1. Создать схему исследования и определение координат при помощи GPS навигатора.
2. Произвести измерения радиационного фона в разное время года.

3. Произвести детальные измерения на вклад определенных радионуклидов.

4. Оценить уровень безопасности состояния радиационной обстановки в городской застройке нового микрорайона Кошелев проект.

### **Результаты и обсуждение**

Уровни радиоактивности строительных материалов ограничивается нормами радиационной безопасности (НРБ–99/2009). Данный нормативный документ устанавливает три класса стройматериалов с разной величиной эффективной удельной активности природных радионуклидов ( $A_{эфф}$ ). Для строительства и ремонта жилых и общественных зданий допустимо использовать материалы с  $A_{эфф}$  не более 370 Бк/кг [2].

В ходе проведения измерений на участке правобережья микрорайона Кошелев Проект, превышения радиационного фона не были обнаружены. На данном участке в связи с тем, что территория имеет довольно большую площадь, были выбраны точки (17 точек), в которых производилось измерение радиационного фона (таблица 1).

Для конкретного определения нахождения точек использовался навигатор Garmin eTrex Legend HCx. Для измерений радиационного фона по гамма-излучению на высоте 1,5 м от поверхности почвы использовался профессиональный дозиметр-радиометр МКС-01СА1. Он предназначен для оценки уровня радиации на местности или в помещениях, а так же для оценки радиоактивного загрязнения материалов и продуктов.

Измерения проводились в 17 точках. Было проведено несколько серий измерений с интервалом в 1 неделю. Измерения проводились при различных погодных условиях (температура воздуха, влажность, атмосферное давление, ветер) с октября 2016 года по март 2017 года. В каждой точке осуществлялось 3 измерения и после полученных данных находилось среднее арифметическое значение, что позволяло определить уровень радиоактивного загрязнения в данной точке).

Полученные при мониторинге радиационного фона не выходили за пределы нормальных для Калуги значений и колебались в пределах 0,10-0,14 мкЗв/час [1].

Для измерения радиационного фона у самой поверхности почвы использовался более чувствительный дозиметр-радиометр с выносной штангой ДРБП-03. Данный аппарат позволяет не только измерять фоновые значения  $\alpha$ -частиц,  $\beta$ -частиц и  $\gamma$ -излучения, но осуществить оценку активности индивидуальных радионуклидов: Цезий-137, Стронций-90, Иттрий-90, Плутоний-239. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерений энергии фотонного и корпускулярного излучений у поверхности почвы дозиметром-радиометром ДРБП-03

Радионуклид		Цезий-137	Цезий-137	Стронций-90, Иттрий-90	Плутоний-239
Измерительный блок		МЭД	МЭД БДГ-01	БДБА-02 β-излучения	БДБА-02 α-излучения
№ точки	Описание привязки на местности	Единица измерения			
		мкЗв/ч	мкЗв/ч	с <sup>-1</sup> см <sup>-2</sup>	с <sup>-1</sup> см <sup>-2</sup>
1	ул. Георгия Амелина, 1 – въезд в микрорайон Кошелев	0,11	0,13	<b>0,023</b>	<b>0,020</b>
2	ул. Георгия Амелина, 7	0,10	0,12	0,013	0,017
3	ул. Георгия Амелина, 19	0,11	0,11	0,014	0,014
4	ул. Георгия Амелина, 25	0,11	0,12	<b>0,021</b>	0,010
5	ул. Георгия Амелина, 10	0,12	0,11	0,013	<b>0,021</b>
6	ул. Георгия Амелина, 18	0,10	0,11	0,016	0,017
7	ул. Георгия Амелина, 22	0,11	0,10	0,017	0,016
8	ул. Георгия Амелина, 30	0,12	0,11	0,014	0,013
9	ул. Георгия Амелина, 34	0,11	0,12	0,013	0,014
10	ул. Георгия Амелина, 40	0,09	0,13	0,016	0,017
11	перекресток ул. Братьев Луканиных и ул. Петра Тарасова	0,10	0,11	0,013	0,013
12	ул. Братьев Луканиных, 23	0,09	0,10	0,020	<b>0,021</b>
13	ул. Братьев Луканиных, 15	0,11	0,11	<b>0,021</b>	0,017
14	ул. Братьев Луканиных, 49	0,12	0,12	0,020	0,016
15	ул. Братьев Луканиных, 4 – школа №45	0,11	0,12	<b>0,021</b>	0,014
16	ул. Братьев Луканиных, 7	0,11	0,13	0,017	0,016
17	ул. Братьев Луканиных, 1 – у магазина «Пятёрочка», въезд в микрорайон Кошелев	0,12	0,13	<b>0,020</b>	<b>0,021</b>

## Выводы

Полученные результаты оказывают на отсутствие превышения допустимых значений излучения, как для фотонного излучения, так и для потоков частиц.

Мощность потока  $\gamma$ -излучения во всех исследованных точках находится в пределах  $10-0,13$  мкЗв/час, что является нормой для Калуги. Таким образом, при строительстве нового крупного микрорайона отсутствует вред здоровью жителей по радиационному фактору.

Обнаружены некоторые колебания радиационного фона, связанного с потоками  $\alpha$ -частиц и  $\beta$ -частиц, выделяющихся при распаде конкретных радионуклидов (Стронций-90, Иттрий-90, Плутоний-239). В точках, которые расположены вблизи наиболее загруженных автотранспортом дорог (точки №№ 1, 13, 12, 17) отмечены значения потока альфа- и бета-излучения  $0,20-0,21$  с<sup>-1</sup>см<sup>-2</sup>. Тогда как в глубине застройки и в зеленых зонах эти показатели снижаются до  $0,013$  с<sup>-1</sup>см<sup>-2</sup>.

Таким образом мониторинг радиационной обстановки показал отсутствие превышения радиационного фона в микрорайоне Кошелев проект. Для оценки вклада автотранспорта и других источников на колебания отдельных компонентов радиационного фона необходимы дополнительные исследования.

### Список литературы:

1. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 №47 «Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09» «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)».
2. Кислов, М.В. Организация мероприятий по измерению радиационного фона в местах пребывания населения Методическое пособие / М.В. Кислов [и др.]. – М. – Новозыбков, 2014. – 45 с.
3. Александров, Ю.А. Основы радиационной экологии Учебное пособие / Ю.А. Александров. – Йошкар-Ола: ООП ГОУВПО «Марийский государственный университет», 2007. – 268 с.
4. Источники природной и искусственной радиоактивности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.znaytovar.ru/new141.html>.

# ХИМИЯ И МЕТОДИКА ЕЁ ОБУЧЕНИЯ

УДК 543.316.318

**Исследование поваренной соли на содержание йода**

**В.М. Ларионова, В.В. Федякова**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

Одним из способов восполнения дефицита йода в организме человека является употребление йодированной поваренной соли. Различными методами изучено содержание йода, хлорида натрия и хлорсодержащих ионов в йодированной поваренной соли. Показано, что при её хранении и нагревании содержание йода в ней резко уменьшается.

*Ключевые слова:* йодированная поваренная соль, йодид-ионы, йод, гравиметрический метод, титриметрический метод, капиллярный электрофорез.

Наша страна в основной своей части, кроме приморских районов, относится к местностям, бедным йодом. В особую зону риска из-за нехватки йода попадают представители подрастающего поколения и беременные женщины. Максимально безопасной считается доза 1 мг йода в сутки, а минимально токсичной – 2 мг. Учеными путем долгих исследований было доказано, что нехватка йода в организме, или так называемый йод-дефицит, негативно отражается на здоровье населения [1, 2]. Одним из альтернативных решений восполнения дефицита йода в человеческом организме было предложено употребление йодированной соли.

В магазинах продаётся большое количество йодированной поваренной соли различных производителей. На её упаковках указано: влажность, содержание хлорида натрия, йодид-ионов. Интересным, на наш взгляд, является проведение анализа, позволяющего определить содержание иодид-ионов в пищевой поваренной йодированной соли разных производителей в зависимости от срока годности, температуры и хранения. Для исследования взяли соль приблизительно одной даты изготовления.

Сначала провели определение влажности пищевой поваренной йодированной соли с помощью прибора анализатора влажности HR83 Halogen (табл. 1).



Анализ полученных данных показал, что исследуемые образцы йодированной соли содержат влаги гораздо меньше, чем указано на упаковке.

Для определения хлорида натрия и хлорсодержащих ионов использовали гравиметрический [3] (табл. 2) и титриметрический (аргентометрия) [3] методы.

Таблица 1 – Влажность поваренной йодированной соли различных производителей

Производитель	«Славяна»	«Полесье»	«Золотой зубр»	«Белорусская»	«Зимушка краса»
$\omega_{\text{эксперим.}}$ , %	0,29	0,03	0,08	0,08	0,1
$\omega_{\text{упаковка}}$ , %	$\leq 3$	$\leq 3$	$\leq 3$	$\leq 3$	$\leq 3$
Сорт	Первый	Экстра	Экстра	Экстра	Экстра

Таблица 2 – Содержание хлорида натрия и хлорсодержащих ионов в поваренной йодированной соли различных производителей

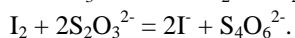
Производитель	«Славяна»	«Полесье»	«Золотой зубр»	«Белорусская»	«Зимушка краса»
$\omega_{\text{эксперим.}}$ (NaCl), %	93,9	99,5	99,3	99,3	99,1
$\omega_{\text{упаковка}}$ (NaCl), %	$\geq 97,5$	$\geq 99,7$	$\geq 99,7$	$\geq 99,7$	$\geq 99,8$

Анализ результатов показал, что оба метода дают приблизительно одинаковые результаты и совпадают с указанным содержанием хлорида натрия и хлорид-ионов на упаковке за исключением соли торговой марки «Славяна».

Определение содержания йода в пищевой поваренной йодированной соли проводили титриметрически (аргентометрия) [4] и методом капиллярного электрофореза [5].

Капиллярный электрофорез (КЭ) – метод разделения сложных смесей, позволяющий анализировать ионные и нейтральные компоненты различной природы с высокой экспрессностью и эффективностью. Этот метод основан на разделении компонентов сложной смеси в кварцевом капилляре под действием приложенного электрического поля.

Титриметрический метод [4] основан на взаимодействии йодата калия с йодидом калия в кислой среде и выделившийся йод оттитровывается тиосульфатом натрия:  $5\Gamma + \text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ = 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$



Результаты представлены на рис. 1.

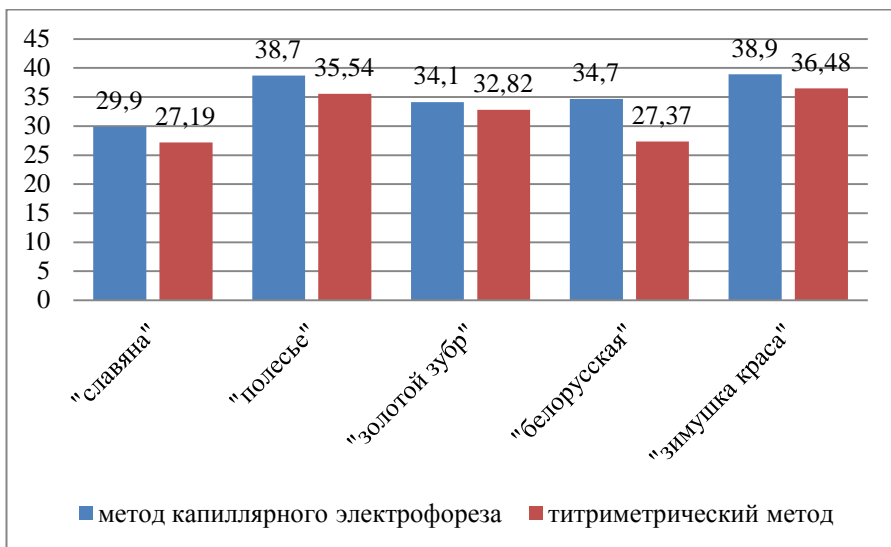


Рисунок 1 – Содержание йода в поваренной йодированной соли различных производителей при  $t=21^{\circ}\text{C}$

Анализ полученных результатов показал, что оба метода дают приблизительно одинаковые результаты и содержание йода в анализируемых образцах соответствует указанному на упаковках ( $40 \pm 15 \text{ мг/кг}$ ).

Известно, что йодид-ионы способны улетучиваться из пищевой поваренной соли. Для того чтобы этот процесс замедлить добавляют вещества-стабилизаторы. Лучшим стабилизатором йодид-ионов является тиосульфат натрия ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ):  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{KIO}_3 = \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{NaIO}_3$ . Введение тиосульфата натрия в количестве  $1 \cdot 10^{-5}\%$  от веса соли позволяет хранить йодированную соль в течение 6 месяцев без потерь йода [4].

Для предупреждения потерь йода при хранении йодированной соли предложено так же добавлять к ней активированный уголь. Без стабилизаторов йод из соли исчезает в течение 2-3 месяцев. В связи с этим была изучена зависимость содержания йода в соли в зависимости от времени хранения (рис. 2) и температуры (рис. 3).

Результаты исследования показали, что содержание йодата калия в пищевой соли, не всегда соответствует заявленной на упаковке. Это можно объяснить тем, что соль приобретается в небольших количествах и хранится в магазинах больше положенного срока. От этого качество самой соли не ухудшается, а изменяется только содержание йода в ней. Так же стоит за-

метить, что увеличение температуры и срока хранения сказывается на содержании йода. При повышении температуры и при длительном хранении, йодид-ионы улетучиваются, тем самым нецелесообразно использовать пищевую поваренную йодированную соль при приготовлении пищи, которая подвергается термическому воздействию.

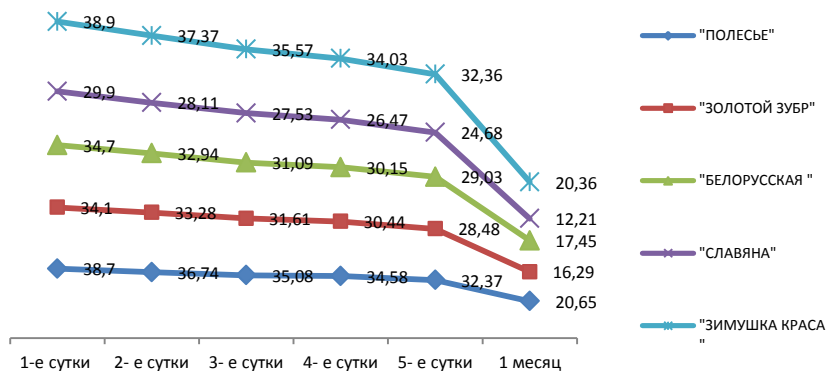


Рисунок 2 – Содержание йода в поваренной йодированной соли различных производителей при  $t=21^{\circ}\text{C}$  в зависимости от времени хранения при контакте с воздухом

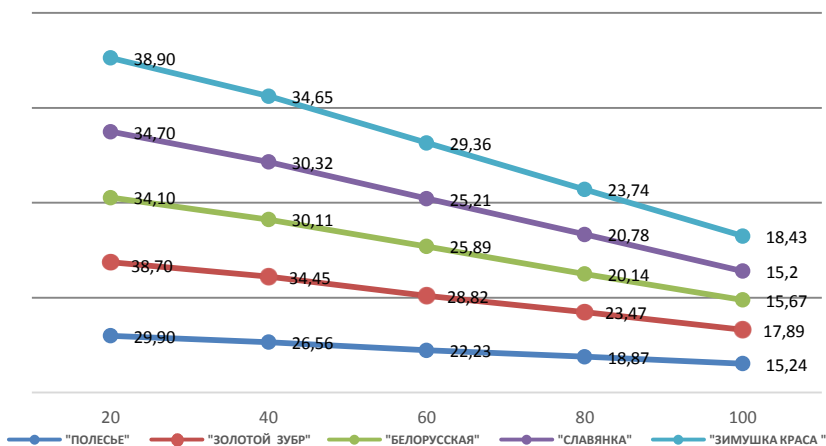


Рисунок 3 – Влияние температуры на содержание йодидов в водных растворах образцов пищевой поваренной йодированной соли

Список литературы:

1. Фомин, Н.А. Физиология человека / Н.А. Фомин. – М.: Просвещение, 1995. – 466 с.
2. Даников, Н.И. Целебный йод / Н.И. Даников. – М.: Эксмо, 2015. – 224 с.
3. Манахова, С.В. Основы количественного анализа: учеб. пособие / С.В. Манахова, Н.В. Шкаева. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2010. – 128 с.
4. ГОСТ Р 51575-2000. Соль поваренная пищевая йодированная. Методы определения йода и тиосульфата натрия [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200007266>.
5. М01-45-2009. Методика измерений массовой концентрации бромид- и йодид-ионов в пробах природных, питьевых и минеральных вод методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель-105М», ООО «Люмекс», 2014 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – 29 с. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/437171018>.

**Некоторые метрологические характеристики методики определения коэффициента идентификации минерального состава природных вод кондуктометрическим методом**

**С.Н. Никулина<sup>1</sup>, М.А. Рогожина<sup>1</sup>, А.Е. Васюков<sup>1,2</sup>, Ю.И. Метелкина<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Калужский филиал Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана, Калуга*

*<sup>2</sup>Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского, Калуга*

Для аналитического контроля нормативов физиологичной полноценности минерального состава питьевой воды предложено использовать коэффициент идентификации химического состава вод как тангенс угла зависимости обратной УЭП от степени разбавления растворов, который рассчитывают по результатам кондуктометрических измерений. Показано, что оценку стабильности минерального состава бутилированных вод или оценку изменения минерального состава родниковых вод можно рассматривать как контроль воспроизводимости.

*Ключевые слова:* химическая идентификация, бутилированные воды, родниковые воды, минерализация вод, прямая кондуктометрия.

### **Введение**

Разнообразие природных и геологических условий формирования качества поверхностных и подземных вод находит свое отражение в разнообразии минерального состава природных вод, которые являются основным источником питьевой воды. В последнее годы стандартизуются и ужесточаются требования к содержанию загрязняющих веществ в питьевых водах, при этом появляются новые показатели качества воды – показатели физиологической полноценности минерального состава (ПФП) питьевых вод [1]. Нормативы ПФП питьевой воды касаются содержания в воде главных катионов, за исключением натрия, а среди главных анионов выделены только гидрокарбонаты (табл. 1). Можно приблизительно подсчитать эквивалентное содержание хлоридов и сульфатов, которое суммарно колеблется в пределах  $0,9-2,2$  ммоль/дм<sup>3</sup> или  $40-100$  мг/дм<sup>3</sup>.

С учетом рассчитанного содержания хлоридов и сульфатов несложно вычислить минимальное –  $88$  мг/дм<sup>3</sup> и максимальное значения минерализации воды –  $650$  мг/дм<sup>3</sup>. Рассчитанный диапазон шире диапазона значения сухого остатка ( $200 - 500$  мг/дм<sup>3</sup>), представленного в СанПиН 2.1.4.1116-02 [1], но на практике эти различия, как правило, не имеют существенного зна-

чения, так как современные требования к химическому составу, на пример бутилированных вод, говорят о необходимости указания на этикетке данных о минерализации воды без уточнения формы представления таких данных.

Наиболее широкой формой представления данных о минерализации бутилированных питьевых вод является простое указание менее 1000 мг/дм<sup>3</sup>, что соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1116-02 [1]. Такая форма представления минерального состава характерна и для минеральной воды «Окололуга» [2]. В таблице 1 приведены данные о содержании главных ионов в минеральной воде «ОКОЛОЛУГА», а также данные о питьевой воде «Святой источник» [3], которая соответствует ГОСТ Р 52109-2003 [4].

Таблица 1 – ПФП расфасованных вод высшей категории и бутилированных вод

№	Наименование показателей	Нормативы		«Окололуга», мг/дм <sup>3</sup>	«Святой источник», мг/дм <sup>3</sup>
		ммоль/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>		
1	Калий	0,05-0,5	2-20	К + Na < 10	К + Na < 20
2	Кальций	1,2-4,0	25-80	70-100	<80
3	Магний	0,04-4,2	5-50	8-15	<30
4	Общая щелочность (НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0,5-6,5	6-400	200-300	<300
5	Хлориды + сульфаты	(0,9-2,2)*	(40-100)*	8-15 25-35	<150 <100
6	Сухой остаток	–	(88-650)** 100-1000	<1000	100-500

Примечание: \* – рассчитано как разница между концентрациями главных катионов и анионов; \*\* – рассчитано как сумма минимальных и максимальных концентраций.

Анализ данных таблицы 1 показывает, что представленная информация на этикетках бутилированных вод не дает потребителю полной и однозначной информации о минеральном составе указанных питьевых. При этом возникает вопрос не только о физиологичной полноценности минерального состава питьевой воды, но и о фальсификации продукта, ведь на каком основании, глядя на этикетку, вы уверены, что имеете дело именно с данной конкретной питьевой водой? Если содержание того или иного вещества (ПФП питьевой воды) в аналитическом объекте (питьевой воде) нормировано,

то аналитик по результатам химической идентификации устанавливает или опровергает возможность фальсификации продукции.

В настоящее время происходит разработка и совершенствование аналитических методик для решения вопросов химической идентификации аналита в рамках разработанной «теории химической идентификации» [5], согласно которой химическая идентификация – отождествление аналита с известным химическим веществом по результатам качественного анализа. Автор отмечает, что если речь идет о химической идентификации органического соединения, то аналитикам приходится проводить химический анализ с учетом возрастающей роли химической метрологии и стандартизации, которая методически традиционно аналитическое «определение концентрации аналита» превратила в метрологическое «измерение» [6].

В большинстве случаев для химической идентификации аналита проводят качественный анализ. Для идентификации минерального состава питьевой воды необходимо провести аналитический контроль с применением указанных в СанПиН 2.1.4.1074-01 [7] методик выполнения измерений по измерению содержания главных ионов природных вод. На практике очень часто заключительным этапом химической идентификации природных и питьевых вод является не только отождествление аналита с известным химическим веществом, но и оценка качества воды.

Оценка качества воды может производиться с различных позиций: санитарно-гигиенических, экологических и технических. При этом используют несколько показателей качества исследуемых вод: рН, минерализации, удельной электрической проводимости (УЭП), содержания металлов и неметаллов и пр., как в совокупности, так и по отдельности [8].

Значительный интерес представляет применение электрохимических методов, в частности, метод прямой кондуктометрии, для идентификации минерального состава вод. Метод прямой кондуктометрии прост при эксплуатации, недорог и считается экспрессным. Широко используется для определения УЭП водных растворов [9], но для контроля качества питьевых [7], в том числе и бутилированных вод [1] не используется. Такие ограничения использования значений УЭП для оценки качества водных растворов, вероятно, связаны с малой информативностью УЭП, как только факта наличия в исследуемых растворах растворенных минеральных солей.

Другой подход к использованию УЭП для химической идентификации водных растворов предложен в работах [10]: методом прямой кондуктометрии определяют УЭП разбавленных дистиллированной водой в  $n$  раз исследуемую минеральную воду и рассчитывают коэффициент идентификации

химического состава вод ( $K_{ид}$ ) как тангенс угла зависимости обратной УЭП от степени разбавления растворов. По своему физическому смыслу  $K_{ид}$  отражает сумму зависимостей УЭП главных катионов и анионов природных вод от степени разбавления и имеет строго определенное значение для данного минерального состава водного раствора. Так как зависимость УЭП каждого катиона и аниона от степени разбавления отражает их химические свойства, то любое изменение концентрации или соотношения в растворе концентраций катиона и аниона приводит к изменению значения  $K_{ид}$ .

Целью данной работы является изучение некоторых метрологических характеристик определения  $K_{ид}$  методом прямой кондуктометрии для получения новых индивидуальных характеристик водных растворов и их использования для химической идентификации минерального состава питьевых вод.

### **Приборы, реактивы, объекты и методика исследований**

Измерения УЭП проводили с помощью кондуктометра – анализатора жидкости лабораторного серии Анион 4100 модель А4155 (К-А4155). Проверку работоспособности измерительных каналов проводили согласно руководству по эксплуатации К-А4155 [11] в ходе выполнения текущих определений сличения и анализа результатов измерений УЭП дистиллированной воды и стандартных растворов КСl. Стандартные растворы КСl готовили из фиксанала. Использовали дистиллированную воду по ГОСТ [12].

Методика определения коэффициента идентификации ( $K_{ид}$ ) исследуемой воды принята в соответствии с прописью патента [14].

Объекты исследования: бутилированная вода «Окололуга», родниковая вода (Родник 1 – бывший «Здоровец», Березуйский овраг, несколько ниже поворота ул. Комарова, г. Калуга. Родник 2 – площадка на пересечении улиц Садовой и Выгонной, г. Калуга).

Обработку результатов проводили с применением известных статистических приемов [13] для  $P = 0,95$ , количество определений  $n \geq 3$ . В качестве характеристики точности измерений использовали относительное стандартное отклонение ( $S_r$ ).

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Для выявления и исключения грубых промахов из результатов кондуктометрических измерений, полученных в условиях повторяемости (сходимости) были выполнены измерения УЭП бутилированной воды «Окололуга» при ее титровании дистиллированной (табл. 2). Математическая обработка полученных данных показывает, что  $S_r$ , на каждой стадии титрования колеблется в среднем в пределах от 1,0 до 2,0%, а максимальное значение достига-



ет 2,3%. Следует отметить, что после каждого титрования электрод стабильно восстанавливал показания УЭП дистиллированной воды.

Полученные значения  $S_p$  можно отнести не только к результатам измерений, полученных в условиях повторяемости (сходимости), но и к контролю воспроизводимости, так как результаты кондуктометрического титрования воды «Окололуга» дистиллированной, полученные двумя операторами, существенно не отличаются, так эти отличия составляют 1-2%.

Таблица 2 – Результаты кондуктометрического титрования воды «Окололуга» дистиллированной

Условия измерения	$V_o$ , мл	УЭП, мкСм/см							Дист. вода, мкСм /см
		Введено дистиллированной воды, мл							
		0	5	10	15	20	25	30	
Оператор 1	40	307	275,5	250,7	229,8	212,3	197,1	184,3	3,2
	40	305	274,9	249,6	228,7	211,6	196,7	184,0	3,3
	40	308	278,2	253,0	231,8	214,0	199,1	186,2	3,3
	40	301	271,7	246,9	226,6	209,5	194,7	182,0	3,6
	40	310	279,2	253,6	232,3	214,6	199,7	186,8	3,1
Среднее, мкСм/см		306,2	275,9	250,8	229,8	212,4	197,5	184,7	
Sr, мкСм/см		3,4	3,0	2,7	2,3	2,0	2,0	1,9	
Sr, %		1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	
Оператор 2	40	305	272,4	253,3	230,4	214,7	200,0	188,7	2,8
	40	313	283,9	258,1	236,5	218,2	202,1	190,7	2,8
	40	314	282,2	256,6	234,8	217,0	202,6	183,9	3,3
	40	309	274,5	252,2	222,7	212,7	198,7	186,0	3,2
	40	305	272,0	252,7	231,9	207,3	195,4	188,3	3,4
Среднее, мкСм/см		309,2	277,0	254,6	231,3	214,0	199,8	187,5	
Sr, мкСм/см		4,3	5,6	2,6	5,3	4,3	2,9	2,6	
Sr, %		1,4	2,0	1,0	2,3	2,0	1,5	1,4	

Вторым вариантом для контроля воспроизводимости была оценка постоянства во времени минерального состава воды «Окололуга» (анализ в разное время) по значению  $K_{ид}$ . Результаты определения  $K_{ид}$  минерального состава бутилированной воды «Окололуга» в исследованный период представлены в таблице 3.

Зависимость изменения обратной УЭП ( $Y$ ) для исследованной воды в указанном диапазоне разбавления ( $X$ ) имела линейный характер (табл. 3)

и описывалась уравнениями вида  $Y = A \times X + B$ . Коэффициент при  $X$ , представляющий собой тангенс угла наклона прямой, является  $K_{ид}$ .

Таблица 3 – Результаты определения  $K_{ид}$  минерального состава бутилированной воды «Окололуга» в исследованный период

Дата анализа	№ аликвоты	Уравнение	Коэффициент ( $R^2$ )
16.12.17	1	$Y = 2,839 X + 0,511$	0,9966
	2	$Y = 2,827 X + 0,451$	0,9945
	3	$Y = 2,724 X + 0,479$	0,9994
	4	$Y = 2,685 X + 0,516$	0,9992
	5	$Y = 2,873 X + 0,375$	0,9995
	6	$Y = 2,628 X + 0,556$	0,9991
26.01.18	1	$Y = 2,652 X + 0,434$	0,9998
	2	$Y = 2,659 X + 0,601$	0,9992
	3	$Y = 2,590 X + 0,699$	0,9995
	4	$Y = 2,592 X + 0,704$	0,9976
	5	$Y = 2,611 X + 0,544$	0,9999
03.02.18	1	$Y = 2,730 X + 0,715$	0,9938
	2	$Y = 2,781 X + 0,438$	1,0000
	3	$Y = 2,739 X + 0,499$	0,4998
15.03.18	1	$Y = 2,797 X + 0,498$	0,9982
	2	$Y = 2,854 X + 0,563$	0,9998
	3	$Y = 2,974 X + 0,405$	1,0000
24.04.18	1	$Y = 2,917 X + 0,559$	0,9989
	2	$Y = 2,858 X + 0,631$	0,9992
	3	$Y = 2,893 X + 0,561$	0,9998

Математическая обработка значений  $K_{ид}$  минерального состава бутилированной воды «Окололуга» показала, что в течение пяти месяцев значение  $K_{ид}$  колебалось в пределах  $(2,763 \pm 0,100)$  см/мкСм ( $S_r = 3,6\%$ ). В тоже время по результатам ежемесячных анализов минерального состава воды значение  $K_{ид}$  определяли с  $S_r$  от 0,7 % до 3,0 %.

Полученные значения  $S_r = 3,6\%$  при определении  $K_{ид}$  минерального состава бутилированной воды «Окололуга» можно считать основой для контроля воспроизводимости, а реальное значение  $K_{ид}$  находится в пределах  $(2,763 \pm 0,100)$  см/мкСм. Колебания  $K_{ид}$  в пределах  $(2,763 \pm 0,100)$  см/мкСм следует отнести к приборным погрешностям, как следствие – изменения минерального состава бутилированной воды «Окололуга» в исследованный период не существенны.

Таблица 4 – Результаты математической обработки значений  $K_{ид}$  минерального состава бутилированной воды «Окололуга» в исследованный период

Дата анализа	$n$	$K_{ид}$ , см/мкСм	$S_r$ , см/мкСм	$S_r$ , %
16.12.2017	6	2,763	0,084	3,0
26.01.2018	5	2,620	0,027	1,0
03.02.2018	3	2,750	0,021	0,8
15.03.2018	3	2,875	0,066	2,3
24.04.2018	3	2,889	0,021	0,7
За весь период	20	2,761	0,100	3,6

Существенные изменения минерального состава во времени были установлены для родниковых вод (табл. 5). Если значение УЭП и  $K_{ид}$  родниковой воды при первом отборе (осень) принять в качестве «100 % эталона», то в течение осенне-зимнего периода минерализации родниковых вод постепенно увеличивается за счет уменьшения влияния поверхностного стока и увеличения составляющей подземного питания. Такой вывод следует однозначно из полученных значений УЭП родниковой воды из родника 2, когда увеличение УЭП (+7,90 %) наблюдается уже со второго отбора и это увеличение превышает погрешность кондуктометрического метода.

Таблица 5 – Изменение УЭП и  $K_{ид}$  исследованных вод относительно значений УЭП и  $K_{ид}$  родниковой воды при первом отборе

Дата отбора	УЭП				$K_{ид}$			
	Родник 1		Родник 2		Родник 1		Родник 2	
	см/мкСм	$\Delta\%$	см/мкСм	$\Delta\%$	мкСм/см	$\Delta\%$	мкСм/см	$\Delta\%$
06.10.2017	913,6	0,00	724,1	0,00	1,056	0,00	1,348	0,00
12.11.2017	928,6	+1,64	781,3	+7,90	1,035	-1,99	1,213	-10,0
24.12.2017	946,3	+3,58	794,3	+9,69	0,987	-6,53	1,196	-11,3
30.01.2018	937,3	+2,59	800,2	+10,5	0,968	-8,33	1,173	-13,0
03.03.2018	943,0	+3,22	822,0	+13,5	0,981	-7,10	1,132	-16,0
10.04.2018	1028,0	+12,5	883,1	+21,9	0,863	-18,3	1,025	-23,9

Для вод из родника 1 утверждение об изменении минерального состава воды можно сделать только для последнего отбора проб. Предыдущие четыре отбора показали, что по значению УЭП минерализация родниковой воды возрастает, но в незначительных пределах на уровне 2-4 %, что сравнимо с погрешностью кондуктометрического метода. В тоже время значение  $K_{ид}$  исследуемых вод изменялось более значительно (6-8 %) и в среднем в два

раза превышало изменения УЭП. Следует отметить, что во всех случаях изменения минерализации родниковых вод более четко фиксируются по изменениям  $K_{ид}$ , чем с помощью УЭП.

### **Выводы**

1. Для аналитического контроля НФП питьевой воды предложено использовать  $K_{ид}$  как тангенс угла зависимости обратной УЭП от степени разбавления растворов, который рассчитывают по результатам кондуктометрических измерений. На примере исследования родниковых вод показано, что изменения минерализации родниковых вод более четко фиксируются по изменениям  $K_{ид}$ , чем с помощью УЭП.

2. Результаты статистической обработки показали, что значение  $K_{ид}$  минерального состава бутилированной воды «Окололуга» в течение пяти месяцев колебалось в пределах  $(2,763 \pm 0,100)$  см/мкСм ( $S_r = 3,6 \%$ ), что следует отнести к приборным погрешностям кондуктометрического метода.

3. Оценку стабильности минерального состава бутилированных вод или оценку изменения минерального состава родниковых вод можно рассматривать как контроль воспроизводимости, если значение УЭП и  $K_{ид}$  купленной бутилированной воды или родниковой воды при первом отборе принять в качестве «100 % эталона».

### Список литературы:

1. СанПиН 2.1.4.1116-02. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. Введ. 2002-03-19 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901816045>.
2. Минеральная вода «ОКОЛОЛУГА» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bestproduct.su/products/> (дата обращения 08.05.2018).
3. Вода питьевая «Святой Источник» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://roscontrol.com/product/svyatoy\\_istochnik\\_pit\\_evaya\\_negazirovan-naya/](https://roscontrol.com/product/svyatoy_istochnik_pit_evaya_negazirovan-naya/) (дата обращения 08.05.2018).
4. ГОСТ Р 52109-2003. Вода питьевая, расфасованная в емкости. Общие технические условия. Введ. 2004-07-01 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200032106>.
5. Мильман, Б.Л. Введение в химическую идентификацию / Б.Л. Мильман. – ВВМ, 2008. – 186 с.

6. Нейман, Е.Я. Терминология современной аналитической химии и ее формирование / Е.Я. Нейман // Журн. аналит. химии. – 1991. –Т. 46, № 2. –С. 393-405.
7. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Введ. 2001-09-26.
8. Основы аналитической химии. Кн. 2. Методы анализа: учеб. пособие / под общ. ред. Ю.А. Золотов. – М.: «Высшая школа», 2004. – 256 с.
9. Воробьев, Н.И. Применение измерения электропроводности для характеристики химического состава природных вод / Н.И. Воробьев. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 144 с.
10. Пат. 103096 Україна МПК G 01 N 27/00, G 01 N 15/00, G 01 N 33/18 Спосіб ідентифікації водного розчину середньої та високої мінералізації / О.Є. Васюков, В.А. Андронов, В.М. Лобойченко, А.В. Дрозд, С.Ю. Шекера; заявник та патентовласник Національний університет цивільного захисту України. – № а 201200566; заявл. 18.01.2012; опубл. 10.09.2013. Бюл. № 17.
11. Анализаторы жидкости лабораторные серии Анион 4100. Руководство по эксплуатации ИНФА.421522.002. РЭ. ООО НПП «Инфраспак-Аналит». – Новосибирск, 2011. – 86 с.
12. ГОСТ 6709-72. Вода дистиллированная. Технические условия. Введ. 01.01.1974.
13. Дворкин, В.И. Метрология и обеспечение качества количественного химического анализа / В.И. Дворкин. – М.: Химия, 2001. – 256 с.

**Использование ресурсов Internet  
в курсе «Молекулярная спектроскопия»**

**А.К. Ахлебинин, А.А. Рыбкин**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

Рассмотрена структура и содержание лабораторного практикума «Молекулярная спектроскопия». Показано сочетание экспериментальной работы студентов на современных ИК и УФ спектрометрах, компьютерного моделирования спектров ЯМР и использования ресурсов Internet.

*Ключевые слова:* ультрафиолетовая спектроскопия, инфракрасная спектроскопия, моделирование спектров ядерного магнитного резонанса, спектральные базы данных, ресурсы Internet, Chem & Bio Draw 12.0.

В настоящее время известно более 100 000 000 органических соединений, и их число продолжает быстро увеличиваться [1]. Такие темпы развития органической химии невозможны без использования современных физико-химических методов исследования.

На кафедре химии КГУ им. К.Э. Циолковского уделяется значительное внимание обучению студентов современным методам исследования. Например, курс «Спектроскопические методы анализа» («Молекулярная спектроскопия») включает 20 часов, отведенных на лабораторные занятия, и 52 часа самостоятельной работы. По окончании – дифференцированный зачет.

В результате изучения дисциплины студент должен

**знать:**

- теоретические основы спектроскопических методов анализа;
- принципы и области использования основных спектроскопических методов анализа,

**уметь:**

- осуществлять научный информационный поиск в Internet;
- реферировать научную литературу, применять на практике полученные знания;
- выбирать необходимые методики исследования,

**владеть:**

- методами подготовки образцов для анализа различными спектроскопическими методами анализа;
- методологией выбора методов анализа;

– способами осмысления и критического анализа научной информации;

– методами получения современного знания в области образования.

Так как за отведенное на курс время невозможно, даже поверхностно, познакомиться с многообразием используемых в химии спектральных методов, были выбраны наиболее важные из них: ультрафиолетовая спектроскопия (УФ), инфракрасная спектроскопия (ИК) и спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР). К тому же выбор спектральных методов был обусловлен наличием достаточно современных приборов спектрофотометра **PerkinElmer Lambda 35** и ИК-Фурье спектрометра **PerkinElmer Spectrum Two**. Отсутствие ЯМР спектрометра компенсировалось моделированием в имеющемся на кафедре химии компьютерном классе.

Десять двухчасовых занятий были объединены в 5 модулей:

1. Знакомство с УФ спектрофотометром. Подготовка образцов. Методика снятия УФ спектров.

2. Определение неизвестных органических веществ с помощью УФ спектроскопии.

3. Знакомство с ИК спектрофотометром. Подготовка образцов. Методика снятия ИК спектров. Идентификация органических веществ по ИК спектрам.

4. Защита лабораторных работ. Составление рабочих инструкций к УФ и ИК спектрометрам.

5. Спектроскопия ЯМР. Моделирование ПМР и  $^{13}\text{C}$  ЯМР спектров с помощью Chem & Bio Draw 12.0.

К каждому модулю давалось задание, которое включало теоретические вопросы, задачи, задание к лабораторной работе и рекомендуемую литературу. Задания к лабораторным работам имели творческий характер и требовали от студентов не только навыков работы с химическим оборудованием и реактивами, но и проявления мыслительной активности.

В качестве примеров рассмотрим лабораторные работы.

### **Лабораторная работа № 1**

1. Методом последовательного разбавления приготовьте растворы анилина, фенола, бензойной кислоты концентрацией  $1 \cdot 10^{-4}$  в воде и растворах 1 М соляной кислоты и в 1 М гидроксиде натрия.

2. Снимите их УФ спектры.

3. Объясните смещение максимумов поглощения в этих соединениях в зависимости от заместителей и pH среды.

4. Используя справочные данные, оцените точность приготовления растворов.

5. Оформите лабораторную работу.

### Лабораторная работа № 2

Продумайте и составьте план работы по распознаванию с помощью УФ спектрофотометра выданных Вам веществ:  $C_6H_6O_2$ ;  $C_6H_7O_3SN$ ;  $C_6H_8Cl$ ;  $C_7H_7O_2N$ ;  $C_7H_5O_3$ ;  $C_7H_5O_3N$ ;  $C_6H_6O_2N_2$ ;  $C_6H_4O_5N_2$ ;  $C_{10}H_8O$ ;  $C_6H_6O_2$ . Результаты оформите в виде таблицы (см. табл. 1):

Таблица 1 – Оформление результатов

№	Молекулярная формула	УФ спектр, экспериментальный	Название вещества	Структурная формула	Концентрация,
					моль/л Расч. Эксп.

### Лабораторная работа № 3

Продумайте и составьте план работы по снятию и интерпретации ИК спектров выданных вам веществ: глицин, аскорбиновая кислота, стрептоцид, парацетамол, анальгин, фталазол, аспирин.

Имеющейся в библиотеке университета литературы по спектральным методам исследования [2-4] совершенно недостаточно как по числу экземпляров, так и степени новизны. Поэтому для теоретической подготовки использовались ресурсы Internet [10], в первую очередь с сайта химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова [5-9].

Однако если для выполнения лабораторной работы № 1 было достаточно русскоязычных источников, то для лабораторной работы № 3 их оказалось мало, так как результаты анализа спектров нужно было подтвердить справочными спектральными данными, то есть соответствующими ИК спектрами конкретных соединений. Студенты использовали доступные бесплатные спектральные базы данных [12-13]. Большинство студентов успешно справилось с экспериментальными заданиями, научились готовить образцы, работать на приборах и интерпретировать результаты.

При ознакомлении с методом ЯМР, играющим исключительно важную роль в установлении строения органических веществ, большой интерес у студентов вызвал сам факт возможности теоретического предсказания спектров ЯМР. Обычно спектры веществ, записанные на ЯМР-спектрометрах



и рассчитанные компьютерной программой исходя из известной структуры, хорошо согласуются.

Занятие по ЯМР спектроскопии проводилось с использованием редактора химических формул **Chem & Bio Draw 12.0**, который позволяет моделировать ЯМР спектры [13]. Перед моделированием ЯМР спектров разбирались комбинированные задачи на комплексное использование данных УФ, ИК и ЯМР спектров из задачника [4], ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  анализировались с использованием ресурсов Internet [11, 12].

Полученные при изучении курса знания и экспериментальные навыки студенты 4 курса активно используют при выполнении выпускных квалификационных работ.

#### Список литературы:

1. Белецкая, И.П. Почему развитая страна не может существовать без органической химии / И.П. Белецкая, В.П. Анаников // Журнал органической химии. – 2015. – Т. 51. Вып. 2. – С. 159-161.
2. Казицына, Л.А. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. Учеб. пособие для вузов / Л.А. Казицына, Н.Б. Куплетская. – М.: Высшая школа, 1971. – 264 с.
3. Свердлова, О.В. Электронные спектры в органической химии / О.В. Свердлова. – 2-е изд. перераб. – Л.: Химия, 1985. – 248 с.
4. Миронов, В.А. Спектроскопия в органической химии. Сборник задач: учебное пособие для вузов / В.А.Миронов, С.А. Янковский. – М.: Химия, 1985. – 232 с.
5. Тарасевич, Б.Н. Первоначальные сведения о методах ЯМР, масс-спектрометрии и ИК спектроскопии [Электронный ресурс] / Б.Н. Тарасевич. – Режим доступа: <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/tarasevich/>
6. Тарасевич, Б.Н. Основы ИК спектроскопии с преобразованием Фурье [Электронный ресурс] / Б.Н. Тарасевич. – Режим доступа: [http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/tarasevich/Tarasevich\\_FT-IR\\_basic.pdf](http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/tarasevich/Tarasevich_FT-IR_basic.pdf).
7. Тарасевич, Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы [Электронный ресурс] / Б.Н. Тарасевич. – Режим доступа: [http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/tarasevich/Tarasevich\\_IR\\_tables\\_29-02-2012.pdf](http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/tarasevich/Tarasevich_IR_tables_29-02-2012.pdf).
8. Нифантьев, И.Э. Практический курс спектроскопии ядерного магнитного резонанса [Электронный ресурс] / И.Э. Нифантьев, П.В. Ивченко. – Режим доступа: [www.chem.msu.ru/rus/teaching/nifantev/2006\\_NMR.pdf](http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/nifantev/2006_NMR.pdf).

9. Устынюк, Ю.А. Лекции по спектроскопии ядерного магнитного резонанса [Электронный ресурс] / Ю.А. Устынюк. – Режим доступа: [www.chem.msu.su/rus/teaching/ustyniuk-nmr-lectures/welcome.html](http://www.chem.msu.su/rus/teaching/ustyniuk-nmr-lectures/welcome.html).
10. 1H NMR Practice Problems Dr. Peter Norris Youngstown State University [Electronic resource]. – URL: <https://www.coursehero.com/file/27220055/NMRexamples2016pdf/>.
11. Spectral Database for Organic Compounds, SDBS. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan [Electronic resource]. – URL: [http://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/cre\\_index.cgi](http://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/cre_index.cgi).
12. NIST Chemistry WebBook. NIST Standard Reference Database Number 69 [Electronic resource]. – URL: <https://webbook.nist.gov/chemistry/>.
13. Chem & Bio Draw 12.0 [Electronic resource]. – URL: [https://en.freownloadmanager.org/userschoice/Chemdraw\\_Ultra\\_12.0\\_Free\\_Download.html](https://en.freownloadmanager.org/userschoice/Chemdraw_Ultra_12.0_Free_Download.html).

УДК 372.854

**Современная роль учебной и производственной практики  
в освоении студентом основной профессиональной образовательной  
программы по химии**

**В.М. Ларионова, С.О. Пустовит, Н.И. Нежданова**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

Обозначено современное значение учебной и производственной практики в обеспечении качества освоения основной профессиональной образовательной программы студентами химической специальности. Определены возможности современных химических лабораторий и направления взаимодействия с потенциальным работодателем в решении вопроса повышения качества подготовки выпускника.

*Ключевые слова:* федеральный государственный образовательный стандарт, основная профессиональная образовательная программа, учебная и производственная практика, профессиональные компетенции, химический эксперимент.

В современных условиях происходят стремительные непрерывные изменения требований, которые предъявляются рынком труда к подготовке выпускника по химии. Поэтому обеспечение качества химического образования предполагает постоянное обновление всех его компонентов.

В настоящее время в соответствии федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования [3, 4] учебные планы для высших учебных заведений по направлению подготовки «химия» для бакалавриата и магистратуры содержат 2 блока «Дисциплины (модули)» и «Практики», включающие соответственно учебные дисциплины и учебную и производственную практики. При этом корректирование перечня учебных предметов в учебных планах осуществляется ежегодно с учётом совершенствования методов, средств и форм обучения студентов на основе современных достижений науки, в направлении повышения конкурентоспособности обучающихся университета. При этом структура блока «Практики» определяется видами будущей профессиональной деятельности, поэтому более жёсткая. В то же время его содержание более лабильное, а его обновление в наибольшей степени основано на результатах сотрудничества с потенциальным работодателем.

Учебная и производственная практики проводятся на базе действующих химических лабораторий различных предприятий и организаций, в основном, г. Калуги и Калужской области. Учебная практика связана с получением первичных профессиональных умений и навыков и проводится на 1 курсе. Разные виды производственной практики необходимы для завершения формирования профессиональных умений студентов и формирования личности, компетентной в данной профессиональной сфере.

Учебная и производственная практики базируются преимущественно на химических знаниях и умениях, профессиональных компетенциях и проводятся в химических лабораториях. Предметы исследования на практике, заложенные в основу образовательного стандарта, также одинаковые – вещества, материалы, специализированное оборудование, производственные аппараты, химические процессы, исследуемые в лабораториях, особенности работы в них персонала [1]. В то же время учебная практика, организуемая для студентов 1 курса, способствует формированию у обучающихся системы представлений о работе современной химической лаборатории и роли химии в их функционировании. Производственные практики направлены на развитие у студентов химических знаний, умений и профессиональных компетенций в условиях их будущей профессиональной деятельности. Поэтому требования к организации и обновлению содержания практик имеют свои особенности.

В качестве базы для учебной практики выбираются действующие уже длительное время и развивающиеся организации, поскольку экскурсии на такие объекты связаны с решением студентами следующих задач:

- определение роли химических знаний, умений и компетенций в профессиональной деятельности сотрудников лаборатории;
- обозначение круга профессий, связанных с химической наукой, и их востребованности на рынке труда;
- выявление современных методов и систем методов исследования реальных объектов;
- определение особенностей химического и физико-химического анализа конкретного сырья и продукции;
- общая характеристика специализированного оборудования, необходимого для оснащения современной химической лаборатории;
- установление подходов к комплексной оценке анализируемых сырья и продукции.

Университет заключает договоры с организациями г. Калуги и Калужской области, которые имеют химические лаборатории. Это – научно-исследовательские лаборатории, независимые лаборатории по оценке качества сырья и продукции, лаборатории промышленных предприятий. В г. Калуге и Калужской области насчитывается более 40 таких организаций. Только в округе г. Калуги и непосредственно пригороде расположены следующие предприятия: ГП «Калугаоблводоканал», АО «Тайфун», АО «Лафарж-Цемент», ЗАО «Берлин-Фарма», NovoNordix (инсулиновый завод), ЭКЦ УВД по Калужской области и др. [2].

Химические лаборатории занимаются разработкой новой и контролем качества готовой продовольственной и непродовольственной продукции. Это имеет большое значение для сохранения здоровья человека и увеличения сроков эксплуатации данной продукции.

В химических лабораториях широко применяют знания прикладного химического и физико-химического анализа, предполагающие знание правил обращения с веществами и специализированным оборудованием. Такие современные лаборатории имеются на различных предприятиях. Например, хорошо оснащённые лаборатории имеет завод военной продукции АО «Тайфун» [2].

Лаборатории завода оснащены всем современным оборудованием, необходимым для выполнения исследований. Многие приборы сопровождаются компьютерными технологиями. Так, ещё в начале и середине XX века применяли аналитические весы, которые имели механическое устройство и требовали соблюдения строгого алгоритма работы. Сегодня в лабораториях применяют электронные весы, не требующие затрат большого количества времени на измерение. Например, современный рефрактометр имеет цифро-

вую основу, поэтому исследование вещества осуществляется нанесением раствора вещества в специальный отсек прибора и не требует от лаборанта особой настройки и дополнительных затрат времени, а результат измерения сразу же выводится на электронную панель [2]. Рефрактометры применявшиеся ранее, имели механическую основу и требовали от экспериментатора затраты дополнительного времени на настройку прибора и применения системы умений.

Выбор современных химических лабораторий как основы практики демонстрирует студентам, с одной стороны потребность сотрудников лабораторий в специализированных знаниях, умениях и навыках, а, с другой, особенности их потенциального рабочего места. Такой подход систематизирует знания обучающихся по изученным химическим дисциплинам и стимулирует познавательную деятельность обучающихся в последующие учебные годы.

Сотрудничество университета с работодателями в период учебной практики помогает выявить тенденции в развитии химических лабораторий и их оснащения. Необходимость обучения конкурентоспособных студентов обуславливает внесение изменений в содержание, как химических дисциплин, так и практик, включая учебную и производственные практики.

Производственная практика проводится также в химических лабораториях, включая лаборатории КГУ им. К.Э. Циолковского. Целью производственных практик является «получение профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» [3, 4].

На производственной практике студенты выполняют индивидуальные задания, связанные с работой в конкретной химической лаборатории. Содержание заданий производственных практик, кроме преддипломной практики, направлено на развитие профессиональных компетенций студентов, полученных в период их теоретического обучения, поэтому проводятся на завершающем курсе. Студенты применяют на практике знания, умения, навыки, выявляют пробелы в них, обучаются приемам выполнения химического исследования, адаптированным к конкретным объектам. В период преддипломной работы студенты используют базу химической лаборатории для выполнения экспериментальной части выпускной квалификационной работы. Важно, что при этом оценивание выполнения задания практики студентов корректируется и оценивается сотрудником химической лаборатории.

Сотрудничество с потенциальным работодателем не ограничивается сроками учебной и производственной практик, а продолжается в различных формах в отношении обновления содержания рабочих планов с учётом требований государственного стандарта и запросов на содержание химической

составляющей подготовки возможных кандидатов на вакантные должности химических лабораторий. Взаимодействие осуществляется следующими способами:

- приглашение представителей различных компаний для выступления перед ними об условиях приёма на работу и требованиях к подготовке;
- собеседование представителей работодателей по вопросам приёма на работу на конкретную должность;
- рецензирование основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «химия» (бакалавриат, магистратура);
- участие потенциального работодателя в государственной итоговой аттестации в качестве председателя и членов государственной экзаменационной комиссии;
- выполнение отдельных химических анализов по выпускной квалификационной работе на базе лабораторий, в которых студенты проходили практику;
- общая характеристика компетентности выпускников – потенциальных сотрудников лабораторий на основе содержания основной профессиональной образовательной программы по запросу соответствующих организаций;
- другие способы сотрудничества.

Таким образом, учебная и производственная практики по химии являются «мостом», непосредственно связывающим учебный процесс и требования общества к подготовке кадров для химической лаборатории.

#### Список литературы:

1. Ларионова В.М., Пустовит С.О. О некоторых особенностях учебной практики по химии // Летняя практика студентов. Сборник статей. – Калуга: Издательство КГУ им. К.Э. Циолковского, 2014. – С. 38-44.
2. Нежданова Н.И. Оценивание качества продукции в современной химической лаборатории // Летняя практика 2016. Сборник статей студентов в 2 частях. Ч. 2. – Калуга: Издательство КГУ им. К.Э. Циолковского, 2017. – С. 6-11.
3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 04.03.01 Химия (уровень бакалавриата). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/040301.pdf>.
4. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 04.04.01 Химия (уровень магистратуры).

туры) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvom/040401.pdf>.

УДК 372.854

**Формирование у учащихся умений пользоваться химическим языком  
на занятиях элективного курса**

**С.О. Пустовит**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

Обозначены особенности формирования у учащихся умений пользоваться химическим языком. На примере абстрактного понятия о гибридизации орбиталей атома углерода рассмотрены подходы к обучению школьников описанию химического строения вещества.

*Ключевые слова:* предметные умения по химии, химический язык, гибридизация атомных орбиталей, химическая связь.

Формирование умений пользоваться химическим языком является одним из наиболее трудно формируемых предметных умений, поскольку в отличие от экспериментальных умений и умений решать химические задачи, по своему содержанию являются наиболее абстрактными. С одной стороны, умения пользоваться химическим языком начинают формироваться с первых уроков освоения химии в средней школе с другой стороны, они являются основой для формирования других групп предметных умений.

Химический язык представляет собой совокупность химической терминологии, символики и номенклатуры, правил их составления, преобразования, истолкования и оперирования ими [5]. Поэтому умения пользоваться химическим языком включают систему умений:

- кодировать и перекодировать химическую информацию;
- осуществлять обобщение и систематизацию информации;
- применять химический язык для прогнозирования [6].

В обучении школьников особое значение химический язык имеет как средство познания. При этом применение химического языка в данном отношении предполагает кодирование и перекодирование информации различного характера, включая грамотное применение химических понятий.

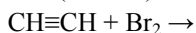
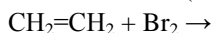
Химические понятия являются частью систем химических понятий, среди которых – понятия о химическом веществе, химической реакции и химическом производстве. Наиболее абстрактными являются понятия, связан-

ные со строением атома и вещества, поскольку для их изучения и описания применяют идеальные модели, построенные на результатах теоретических расчётов, математического моделирования и экспериментальных данных, часто имеющие примерный характер или применяющиеся только для объяснения строения и свойств атомов и молекул, но не имеющие физического смысла.

Одним из таких понятий является понятие «гибридизация атомных орбиталей» в теории валентных связей. Оно применяется для описания особенностей строения и свойств молекул или отдельных атомов в составе неорганических и органических соединений. Исходя из практики работы учителем химии в средней школе, проведения дополнительных занятий с учащимися 10-11 классов, а также обучения студентов 1 курса различных направлений подготовки нехимических специальностей вопросам общей, неорганической и органической химии, можно отметить, что наибольшие затруднения у учащихся вызывает применение теории валентных связей в отношении органических веществ. В 10 классе при изучении органической химии понятие «гибридизации» при изучении современной теории органических соединений вводится не всегда [2], а в 11 классе теория изучается на примере преимущественно неорганических веществ и обзорно – применительно к органическим соединениям. Результатом является проблема в формировании у учащихся средней школы умений применять понятие гибридизации атомных орбиталей как средства получения новых знаний. Поэтому для решения задачи обеспечения качества данного умения важен системный подход, включающий сочетание различных дидактических средств.

Формирование понятия о гибридизации атомных орбиталей целесообразно начинать при освоении учащимися особенностей строения и свойств алкинов через сравнение особенностей их строения и свойств с представителями ранее изученных классов – алканов и алкенов. При этом проведение аналогии с химическими свойствами алкенов позволяет экономить время, необходимое для введения понятия гибридизации. В то же время понятие гибридизации является сложным для понимания учащимися, требуя затрат дополнительного времени на его освоение. Поэтому для развития понятия на более высоком уровне для учащихся, проявляющих повышенный интерес к изучению химии, может быть продолжено на занятия кружка или факультатива по химии.

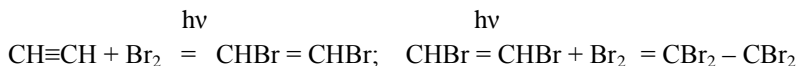
Учащимся предлагается записать уравнения химических реакций бромирования ацетилена (этина) по аналогии с этиленом (этенем):





Вопросы:

1. Какая химическая связь в этилене самая слабая? –  $\pi$ -связь.
2. Какая связь разрывается при взаимодействии ацетилена с бромом? –  $\pi$ -связь.
3. Сколько атомов брома присоединяет этилен? – 2 атома брома.
4. Предположите, будет ли с бромом реагировать ацетилен? Какая химическая связь будет разрываться при взаимодействии ацетилена с бромом? – Предположительно – ацетилен будет взаимодействовать с бромом за счёт разрыва  $\pi$ -связей.
5. Сколько  $\pi$ -связей в молекуле ацетилена? – 2  $\pi$ -связи.
6. Напишите уравнение бромирования ацетилена, зная, что сначала разрывается одна  $\pi$ -связь, а затем – вторая? Сколько молекул брома присоединяет ацетилен? Один моль ацетилена взаимодействует сначала с одним молем брома, а затем – со вторым.



7. Предположите, какая химическая реакция будет протекать быстрее: бромирование этилена или ацетилена?

Демонстрируется химический опыт «Сравнение реакционной способности алкенов и алкинов в реакциях бромирования» (ацетилен и этилен собраны заранее перед уроком или занятием), результаты которого обсуждаются в процессе беседы с учащимися и выполнении упражнений.

Вопросы:

1. Что вы наблюдаете? – Обесцвечивание бромной воды.
2. Какая химическая реакция протекает быстрее: бромирование этилена или ацетилена? – Бромирование ацетилена протекает медленнее, чем бромирование этилена.
3. За счёт разрыва каких химических связей происходит бромирование в алканах и алкенах? – Процесс присоединения брома к молекулам алкенов и алкинов происходит за счёт разрыва  $\pi$ -связей.

Формулируется вопрос проблемного характера:

В чём причина разной скорости бромирования этилена и ацетилена? Причина в разном строении этилена и ацетилена: строение определяет свойства. Значит, объяснение заключается в особенностях строения алкенов и алкинов. Сравним их. Для этого выполним упражнения.

1. Приведите пример молекулярных формул алкана, алкена и алкина, содержащих по 2 атома углерода.
2. Напишите их развёрнутые структурные формулы.

3. Укажите  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи между атомами, входящими в состав данных молекул.

3. Выполните задания тестового характера [1].

– В молекуле бутена-1 между первым и вторым атомами углерода:

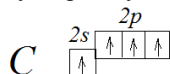
а)  $2\sigma$  и  $2\pi$ -связи; б)  $1\sigma$  и  $2\pi$ -связи; в)  $2\sigma$  и  $3\pi$ -связи; г)  $1\sigma$  и  $1\pi$ -связи.

– В молекуле формальдегида:

а)  $1\sigma$  и  $3\pi$ -связи; б)  $2\sigma$  и  $2\pi$ -связи; в)  $3\sigma$  и  $1\pi$ -связь; г)  $4\sigma$  и  $\pi$ -связей нет.

4. Какие типы химических связей присутствуют в алканах, алкенах и алкинах? – Алканы – только  $\sigma$ -связи, алкены и алкины –  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи.

5. Напишите электронную формулу атома углерода. Какую валентность проявляет углерод в органических соединениях? Какие электроны у атома углерода участвуют в образовании химических связей?



Атом углерода проявляет валентность – IV за счёт электронов s- и p-подуровней.

6. Учащимся предлагается сделать из пластилина орбитали атома углерода, на которых расположены валентные электроны: s-орбиталь имеет шарообразную форму, p-орбиталь – гантелеобразную.

7. Какие –  $\sigma$  или  $\pi$ -связи образует каждый атом углерода в молекуле этана? – 4 сигма-связи.

8. Почему s- и p-связи имеют разную форму, значит, различающиеся свойства, но образуют 4 сигма-связи, равноценные по энергии и другим параметрам?

Ответ – в изменении формы атомных орбиталей – гибридизации атомных орбиталей.

9. Слепите вместе те 4 орбитали, которые Вы сделали из пластилина. Разделите пластилин на 4 равные части. Сделайте из них 4 одинаковых орбитали другой формы – q-орбитали, которые похожи одновременно на s- и p-орбитали. Такой процесс выравнивания орбиталей по форме, энергии и другим свойствам называется гибридизацией.

Далее следует краткий рассказ учителя.

Химические связи могут образоваться за счёт электронов, которые расположены на разных атомных орбиталях, например, s- и p-орбиталях. При этом химические связи являются равноценными и расположенными симметрично, что обеспечивается гибридизацией атомных орбиталей.

Гибридизация орбиталей представляет собой изменение формы некоторых орбиталей при образовании ковалентной связи для достижения более

эффективного перекрывания орбиталей. В результате гибридизации появляются новые гибридные орбитали, которые ориентируются в пространстве таким образом, чтобы после их перекрывания с орбиталями других атомов образующиеся электронные пары оказались максимально удалёнными друг от друга. Это сводит к минимуму энергию отталкивания электронов в молекуле.

Форма частиц, возникающих при образовании ковалентных связей, в которых участвуют гибридные атомные орбитали, зависит от числа и типа этих орбиталей [4]: см. табл. 1.

Таблица 1 – Типы гибридизации орбиталей атома углерода

Критерий описания	Данные о строении атома углерода		
	4	3	2
Число $\sigma$ -связей, образованных одним атомом углерода	4	3	2
Число s- и p-орбиталей, участвующих в гибридизации	1s- и 3p-орбитали, т.е. 4 атомные орбитали	1s- и 2p-орбитали, т.е. 3 атомные орбитали	1s- и 1p-орбитали, т.е. 2 атомные орбитали
Число образующихся q-орбиталей	4	3	2
Тип гибридизации	$sp^3$ -гибридизация	$sp^2$ -гибридизация	sp-гибридизация
Пространственная форма молекулы	тетраэдрическая	плоская	линейная
Рисунок с расположением атомных орбиталей атома углерода [4]			
Угол между орбиталями атома углерода	109°28'	120°	180°
Пример класса соединения	Алкан	Алкен	Алкин
Пример соединения	Этен	Этан	Этин

Далее учащимся предлагается моделирование конкретных молекул алканов, алкенов и алкинов из пластилина.

Совершенствование умений определять тип гибридизации атома в молекуле может осуществляться в процессе выполнения тестовых заданий [1]:

– Верны ли следующие суждения об ацетилене?

А. В молекуле ацетилена между атомами углерода присутствуют только  $\pi$ -связи.

Б. При взаимодействии ацетилена с бромной водой разрывается  $\pi$ -связь между атомами углерода.

1) верно только А; 2) верно только Б; 3) верны оба суждения; 4) оба суждения неверны.

– И для этилена, и для ацетилена характерны:

1) взаимодействие с оксидом меди (II); 2) наличие  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в молекулах; 3)  $sp^2$ -гибридизация атомов углерода в молекуле; 4) реакция гидрирования; 5) горение на воздухе; 6) реакции замещения.

Таким образом, умения пользоваться химическим языком, являясь для обучающихся объектом изучения, в то же время выполняют роль средств познания нового. При этом абстрактный характер и непосредственная связь с другими группами предметных умений по химии обуславливают сложность в их формировании и необходимость перехода к конкретным реальным объектам, т.е. сочетания различных дидактических средств обучения.

Список литературы:

1. Единый государственный экзамен. 2011. Химия. Универсальные материалы для подготовки учащихся // ФИПИ. – М.: Интеллект-Центр, 2011. – 320 с.
2. Габриелян О.С. 10 класс. Углубленный уровень: учебник / О.С. Габриелян, И.Г. Остроумов, С.Ю. Пономарёв. – 2-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2014. – 366 с., [2] с.: ил.
3. Ковалентная полярная связь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studopedia.ru/19\\_40482\\_kovalentnaya-polyarnaya-svyaz.html](https://studopedia.ru/19_40482_kovalentnaya-polyarnaya-svyaz.html).
4. Курс лекций по общей химии: Учеб. пособие для вузов [Электронный ресурс]. – 3-е изд., испр. и доп. – Казань: Изд-во «Экоцентр», 2005. – 136 с. – Режим доступа: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=2196>.
5. Методика преподавания химии: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по хим. и биол. спец. / под ред. Н.Е. Кузнецовой, В.П. Гаркунова [и др.]. – М.: Просвещение, 1984. – 415 с., ил.
6. Пустовит, С.О. Химический язык как средство познания учащимися окружающего мира / С.О. Пустовит // Школа будущего. – 2016. – №2. – С. 76-83.

**Самостоятельная работа студентов  
на практических занятиях по химии**

**Л.Г. Лазыкина**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

Представлены результаты анкетирования по вопросу использования школьного химического эксперимента. Рассмотрены особенности проведения практических занятий по формированию экспериментальных умений. Предложены разные формы организации самостоятельной работы студентов на учебных занятиях.

*Ключевые слова:* самостоятельная работа, химический эксперимент, индивидуальные консультации, мини-группа.

Химический эксперимент – важный метод исследования веществ и химических процессов. Он также является основным методом изучения химии в высшей и средней школе. Приёмы работы с веществом совершенствовались столетиями, химики изобретали посуду, различные приспособления, конструкционные материалы, находили наиболее эффективные способы осуществления эксперимента. Без знания техники лабораторных работ нельзя быть уверенным в точности поставленного эксперимента.

На I курсе мы обучаем студентов технике химического эксперимента в предмете «Введение в специальность». Знания и умения, полученные в начале обучения в вузе, будут применяться студентами не только при обучении, но и в будущей работе. Хорошим подспорьем, базой в обучении, могут быть знания и умения по технике экспериментирования, полученные в курсе химии средней общеобразовательной школы. Однако, как показывает наш опыт, это не всегда возможно. Беседы со школьниками, посещение уроков химии в школах, анкетирование студентов I курса показывают, что химическому эксперименту в средних образовательных школах в настоящее время уделяется незначительное место.

Абсолютное число студентов-химиков I курса (2017/18 уч. г.) отмечают, что за все годы своего обучения в школе видели небольшое число опытов, демонстрировавшихся учителем; ученический эксперимент на уроках химии практически не применялся (не собирали приборы для получения кислорода, водорода, органических веществ; их не учили выполнять приёмы: нагревание, прокаливание, перемешивание веществ и др.).

В связи с этим мы ещё более тщательно, чем раньше, отбираем содержание и методы работы студентов на практических занятиях. Лабораторный практикум по технике химического эксперимента, реализуемый нами при обучении студентов химической специальности, состоит из восьми блоков:

1. Знакомство с химической лабораторией. Конструкционные материалы, применяемые для изготовления лабораторного оборудования.

2. Техника безопасности при работе по химии, правила оказания первой медицинской помощи.

3. Оборудование из металлов и стекла.

4. Химическая посуда. Мытьё посуды.

5. Приёмы работы, используемые при проведении химических реакций (измельчение, загрузка твёрдых веществ в аппарат, смешивание твёрдых веществ, перемешивание жидкостей, высушивание, прокаливание, взвешивание, фильтрование и центрифугирование).

6. Приборы для получения, собирания и хранения газов.

7. Методы очистки и выделения веществ (перегонка, экстракция, кристаллизация, возгонка).

8. Методы определения некоторых физических свойств веществ: температур кипения и плавления, плотности раствора.

Основным видом деятельности, организуемым нами на практических занятиях, является самостоятельная работа студентов. Она позволяет обеспечить взаимодействие словесно-логической стороны учения и чувственной стороны, а обучение и учебная деятельность, находясь в тесном взаимодействии, способствуют умственному развитию обучающихся.

Самостоятельная работа с организационной стороны характеризуется следующими признаками:

1. Наличие цели предлагаемой работы.

2. Предоставление определённого времени для выполнения работы.

3. Выполнение задания под руководством преподавателя.

4. Составление учащимися отчёта о проделанной работе.

5. Подведение итогов по результатам выполненной работы.

В ходе проведения занятий организуются:

– наблюдения (оборудования из разных конструкционных материалов, приборов, химических опытов);

– выполнение эксперимента (перегонка, возгонка, кристаллизация, получение водорода, кислорода и изучение их свойств);

– работа с книгой, ресурсами интернета (техника безопасности, устройство приборов и установок и др.);

- выполнение упражнений по сборке приборов, выполнению разных приёмов по проведению химических реакций;
- выполнению рисунков (соединительные элементы, устройство приборов, методы собирания газов и др.);
- разработке презентаций по изучаемым темам и др.
- разработка выступлений по изучаемым темам с демонстрациями реальных приборов, виртуального эксперимента.

К проводимым занятиям мы предъявляем следующие требования:

1. Направленность на достижение целей обучения, воспитания и развития.
2. Научность содержания с учётом межпредметных связей.
3. Использование содержания и методов для проблемного построения учебного процесса как важного условия развития логического мышления и интереса к учению.
4. Сочетание фронтальных, групповых и индивидуальных форм самостоятельной работы.

### **Организация занятий студентов**

#### **I. Фронтальная форма работы.**

Студенты работают по одной и той же теме (мерная посуда, соединительные элементы, стеклянная посуда общего назначения и др.). Получают задание с указанием, какие знания и умения должны получить на занятии, как будут работать: индивидуально или в группе по 2-4 человека, какова форма отчёта.

Необходимое оборудование выставляется в достаточном количестве на отдельных столах.

1. Фронтальную работу с литературой с целью выбора темы индивидуальной самостоятельной работы мы проводили в читальном зале университета. Каждый студент изучал литературные источники и ресурсы интернета. Здесь они пользовались консультацией преподавателя (рис. 1) и библиотекаря (рис. 2).

2. Фронтально изучаются темы, по которым имеется достаточное количество оборудования и можно организовать их изучение по-разному, вплоть до индивидуального способа работы. Например, техника безопасной работы в химической лаборатории, стеклянная посуда общего назначения, мытьё посуды и др.



Рисунок 1 – Индивидуальная консультация у преподавателя

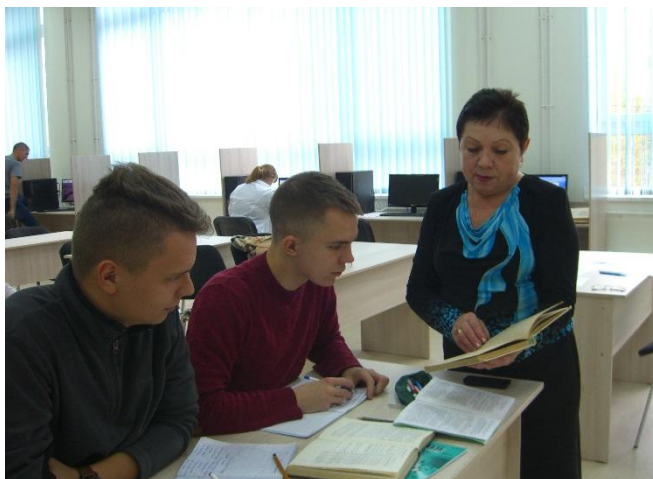


Рисунок 2 – В читальном зале университета

## II. Индивидуальная форма работы.

1. Индивидуальная работа проводится с целью получения знаний по определённой изучаемой теме на занятии. Например, устройство и работа аппарата Киппа:

– Работа с пособием: по алгоритму изучается устройство и зарядка аппарата.

– Работа с реальным аппаратом: устройство и зарядка аппарата для получения водорода, проверка водорода на чистоту и зажигание водорода.



2. Индивидуальная работа с целью обобщения и систематизация знаний и умений. Например, по теме: «Именная стеклянная химическая посуда» включает индивидуальную самостоятельную работа на занятии и дома (рис. 3, 4):

- Работа с книгой, ресурсами интернета.
- Разработка выступления и презентации.
- Выступление.

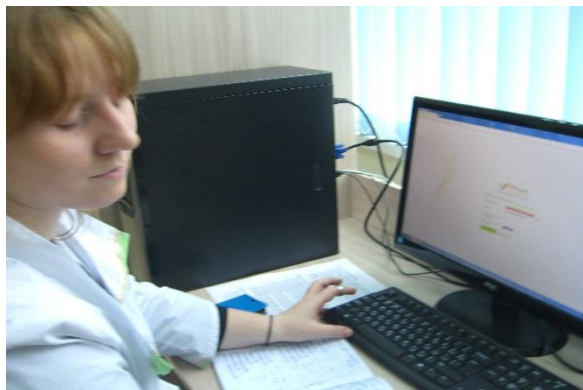


Рисунок 3 – Индивидуальная работа студента с цифровыми образовательными ресурсами



Рисунок 4 – Работа с научной и справочной литературой

### III. Групповая форма.

Данную форму мы использовали при невозможности организовать индивидуальную работу с оборудованием, например, с соединительными эле-

ментами, стеклянной посудой специального назначения, узлами установки для перегонки веществ и др.

Студенты делятся на группы 2-4 человека. Каждая группа работает по своей теме (рис. 5). После завершения изучения темы-модуля на следующих занятиях студенты осваивают другой учебный материал, меняясь оборудованием с другими мини-группами.

Перед началом изучения темы каждая группа получает план работы и форму представления отчёта. В процессе изучения нового материала студенты формулируют цель и выполняют лабораторную работу. Преподаватель выступает в качестве консультанта (рис. 6).



Рисунок 5 – Работа в мини-группе



Рисунок 6 – Индивидуальная консультация на учебном занятии

Таким образом, сочетание на занятиях разных форм самостоятельной работы с различными дидактическими целями даёт положительные результа-

ты. Студенты с большим интересом занимаются предметом, приобретают экспериментальные умения, развивают логическое мышление, учатся решать проблемные задачи, критически относиться к своим действиям и работам своих сокурсников.

УДК 543.8, 54.056

### **Исследование пигментов растений**

**Л.Г. Лазыкина<sup>1</sup>, С.А. Кулишов<sup>2</sup>, А.Ю. Лазыкина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

<sup>2</sup>*Средняя общеобразовательная школа №15, Калуга*

Рассмотрены классификация пигментов, их физико-химические свойства, а также методы выделения из растительного сырья экстракцией и бумажной хроматографией. Определена зависимость способов выделения пигментов от их свойств. Подобраны растворители, позволяющие эффективно разделять пигменты зелёного листа методом бумажной хроматографии.

*Ключевые слова:* пигменты, экстракция, хроматографический метод, бумажная хроматография.

Природа наградила нас необычным даром – цветовым зрением, поэтому мы можем восхищаться красотой и многоцветием окружающего мира. Цветовое многообразие окружающего мира обязано пигментам. Пигменты (от лат. pigmentum – краска) – это красящие вещества, придающие цвет. Цвет определяется способностью пигментов к поглощению света.

Пигменты часто называют красками, что неправильно. Краски – общее название группы красящих веществ. Одной из составных частей красок являются пигменты. В состав красок кроме пигментов входят разбавители (вода или масло) и связующие вещества (мёд, яичный желток и другие). Пигментов большое количество, их классифицируют по разным основаниям: происхождению, цвету, химическому составу.

Природные красители делятся на минеральные и органические животного и растительного происхождения. Рассмотрим более подробно пигменты растительного происхождения. Их получают из плодов, цветков, листьев и корней. Они делятся на водорастворимые и жирорастворимые.

Водорастворимыми являются пигменты антоцианы (от греч, «антос» – цветок, «цианос» – голубой), придающие растениям окраску от розовой, красной, сиреневой до синей и тёмно-фиолетовой. Антоцианы хорошо рас-

творимы в воде и присутствуют в соке вакуолей. Эти пигменты образуются в процессах разложения крахмала. Усиленное образование антоцианов в клетках растения происходит при снижениях температур окружающей среды, при остановках синтеза хлорофилла, при интенсивном освещении ультрафиолетовыми лучами, при недостатке фосфора. При этом окраска листьев растений изменяется от зелёных до красных и синих цветов. В зависимости от кислотности среды сока вакуолей антоциан принимает ту или иную окраску. В кислой среде он обычно имеет красные тона, например, у герани, гортензии, фиалок. В щелочной – приобретает сине-голубые тона.

К жирорастворимым относятся пигменты пластид трёх классов: хлорофиллы, каротиноиды и фикобилины. Эти пигменты, способные поглощать видимый свет, необходимый для фотосинтеза.

Хлорофиллы – а и b (зеленые пигменты) способны поглощать только красные и сине-фиолетовые лучи света и передавать поглощенную энергию другим молекулам. Энергия в процессе фотосинтеза используется для образования сложных органических соединений из простых минеральных веществ почвы и воздуха.

Химический состав хлорофилла был установлен немецким химиком Р. Вильштеттером в 1914 г. В состав молекулы хлорофилла входят атомы углерода, водорода азота, кислорода и магния. Химические формулы: хлорофилла а –  $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ , хлорофилла b –  $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ .

В твердом виде хлорофилл а представляет собой аморфное вещество сине-черного цвета [5], с температурой плавления 117–120°C. Температура плавления хлорофилла b – 120°C. Хлорофиллы хорошо растворимы в этиловом эфире, бензоле, хлороформе, ацетоне, плохо растворимы в петролейном эфире и нерастворимы в воде. Раствор хлорофилла а в этиловом эфире имеет сине-зеленый цвет, хлорофилла b – желто-зеленый.

Хлорофилл в хлоропластах связан с белками и липидами фотосинтетических мембран. В состав молекулы хлорофилла входят атомы магния. Если в молекуле хлорофилла атом Mg замещается на два атома водорода, образуется соединение буро-оливкового цвета – феофитин. В естественных условиях образование феофитина происходит при старении листьев в осенний период. Это вызвано увеличением проницаемости клеточных мембран и проникновением в хлоропласт кислого клеточного сока [2].

Каротиноиды (желтые или оранжевые пигменты) подразделяются на каротины (углеводороды оранжевого или красного цвета) и ксантофиллы – желтые пигменты. В состав молекул каротина входят атомы углерода и водорода, в состав ксантофиллов – углерода, водорода и кислорода. Подобно хло-

рофиллу каротиноиды в хлоропластах связаны с белками и липидами фотосинтетических мембран. Каротиноиды играют роль вспомогательных свето-собирающих пигментов в той части солнечного спектра, где слабо поглощает хлорофилл. В отличие от хлорофиллов каротиноиды не поглощают красные лучи и не обладают способностью к флуоресценции. Поглощение света каротиноидами, их окраска, а также способность к окислительно-восстановительным реакциям обусловлены их строением [2].

Фикобилины – красные и синие пигменты, содержащиеся у цианобактерий и некоторых водорослей. Фикобилины представлены пигментами: фикоцианинами, фикоэритринами, аллофикоцианинами. Красные водоросли в основном содержат фикоэритрины, а цианобактерии – фикоцианины. Фикобилины образуют прочные соединения с белками. Фикобилины концентрируются в особых гранулах. Эти пигменты поглощают лучи в зелёной и жёлтой частях солнечного света. Подобно каротиноидам, фикобилины поглощают энергию света и передают её молекулам хлорофилла, после чего она используется в процессе фотосинтеза. Наличие фикобилинов у водорослей является примером приспособления организмов в процессе эволюции к использованию участков солнечного спектра, проникающих сквозь толщу морской воды [3].

Благодаря пигментам, растения способны поглощать энергию солнечного света и использовать в процессе фотосинтеза для образования сложных органических соединений из простых минеральных веществ почвы и воздуха. Некоторые исследователи приписывают пигментам защитное действие от низких температур и даже от паразитных грибов. Окраска тела животных способствует защите от врагов, маскирует их при выслеживании добычи или предупреждает врагов о ядовитости. В период цветения некоторые меняют окраску лепестков венчика для привлечения насекомых – опылителей. Пигменты могут осуществлять защиту организма от ультрафиолетового излучения солнца. Пигменты: гемоглобин, гемоэритрин, гемоцианин, цитохромы участвуют в переносе кислорода к тканям и в тканевом дыхании.

Свойства пигментов и способы их выделения взаимно связаны. Рассмотрим два метода выделения пигментов их природных объектов: экстракция и хроматографический метод.

Экстракция (от позднелат. *extractio* – извлечение) – процесс разделения смеси жидких или твёрдых веществ с помощью избирательных растворителей (экстрагентов). В качестве экстрагентов используют воду и органические растворители (спирты, бензин, ацетон и др.).

Экстракция заключается в том, что сырьё в специальных экстракторах подвергают действию веществ-растворителей. Её можно проводить в простых приборах, пробирках или стаканах, фарфоровых чашках.

Процесс экстрагирования включает 3 последовательные стадии: смешение исходной смеси веществ с экстрагентом; механическое разделение (расслаивание) двух образующихся фаз; удаление экстрагента из обеих фаз. После механического разделения получают раствор извлекаемого вещества в экстрагенте (экстракт) и остаток исходного раствора или твёрдого вещества. Выделение экстрагированного вещества из экстракта и одновременно регенерация экстрагента производится часто перегонкой, испарением и другими способами.

Достоинствами экстракции являются низкие рабочие температуры, возможность разделения смесей, состоящих из близки кипящих компонентов, возможность сочетания с другими технологическими процессами, простота аппаратуры. Полученный раствор используют для научных исследований.

Данным методом мы выделили антоцианы из комнатного растения – кислица. Полученный водный экстракт использовали для изучения окраски антоцианов в щелочной и кислотной средах. Сделали вывод о возможности использования водного экстракта листьев кислицы в лабораторных работах как индикатора реакции среды.

Хроматографический метод анализа позволяет исследовать состав веществ и смесей. Он получил своё название от греческих слов: «хромос» – цвет и «графо» – пишу, что буквально означает «цветопись».

Основоположником этого метода является русский ботаник-физиолог и биохимик Цвет Михаил Семёнович (1872-1919 гг.). В своей диссертации «Хлорофиллы в растительном и животном мире» он описал открытие хроматографического метода. Профессор насыпал тонко измельчённый порошок чистого мела в узкую стеклянную трубочку, смачивал его бензолом, наливал сверху немножко раствора хлорофилла, извлечённого из свежего листа, и медленно, по каплям подливал в трубочку с мелом бензол. Подобно световым лучам в спектре, разные компоненты распределились друг за другом в столбе адсорбента в виде отдельных, различно окрашенных зон. Полученный расцвеченный препарат он назвал хроматограммой, а соответствующий метод анализа хроматографическим методом [2, с. 383-390]. Результаты опыта М.С. Цвета представлены на рис. 1. Сверху вниз расположены зоны: желто-зелёная (хлорофилл b), сине-зелёная (хлорофилл a), жёлтая (ксантофилл), оранжевая (каротин).



Рисунок 1 – М.С. Цвет. Опыт по разделению хлорофилловой вытяжки

Данный физико-химический метод разделения веществ, основан на распределении компонентов между двумя фазами: подвижной и неподвижной [1]. Неподвижной фазой обычно служит твердое вещество (сорбент) или пленка жидкости, нанесенная на твердое вещество. Подвижная фаза, вводимая в слой неподвижной фазы, называется элюентом, представляет собой жидкость или газ, протекающий через неподвижную фазу. Компоненты анализируемой смеси вместе с подвижной фазой перемещаются вдоль стационарной фазы, которую обычно помещают в колонку (стеклянную или металлическую трубку). Если молекулы разных компонентов разделяемой смеси обладают различной адсорбируемостью (способностью к поглощению) или растворимостью, то скорости передвижения их по колонке различны. Одни компоненты остаются в верхнем слое сорбента, другие, с меньшей адсорбируемостью, оказываются в нижней части колонки, некоторые покидают колонку вместе с подвижной фазой. Так достигается разделение компонентов. В опыте М.С. Цвета использовалась колоночная хроматография, неподвижной фазой (сорбентом) был мел, подвижная фаза – жидкость бензол.

Как видно на рисунке 1, хлорофилл b, обладая большей адсорбируемостью, остался в верхнем слое сорбента; каротин, обладая наименьшей адсорбируемостью, оказался в нижней зоне сорбента и в колбе.

В основу классификации многочисленных хроматографических методов положены следующие признаки: агрегатное состояние фаз, механизм взаимодействия сорбент – сорбат (вещество, удерживаемое сорбентом), способы проведения хроматографического анализа, аппаратное оформление (техника выполнения) процесса хроматографирования. По технике выполнения выделяют колоночную хроматографию, когда разделение проводится в специальных колонках, плоскостную (планарную) хроматографию, если

разделение проводится на специальной бумаге (бумажная хроматография) или в тонком слое сорбента (тонкослойная хроматография).

Результат регистрации зависимости концентрации компонентов по окончании разделения называется хроматограммой. Хроматографический метод используется в научных исследованиях по химии, медицине, биологии, а также в химической, газовой, нефтехимической промышленности. С помощью хроматографии разделяют сложные смеси органических и неорганических веществ на отдельные компоненты, очищают вещества от примесей, концентрируют вещества из сильно разбавленных растворов, осуществляют качественный и количественный анализ исследуемых веществ.

Бумажная хроматография – один из методов хроматографии, в котором в качестве носителя неподвижной фазы используется хроматографическая бумага [3]. Бумага удерживает в своих порах воду, которая играет роль неподвижного растворителя. При обработке такой бумаги подвижным растворителем хроматографируемые вещества, нанесённые на бумагу, переходят в подвижную фазу и, перемещаясь с различными скоростями по капиллярам бумаги, разделяются, образуя хроматограмму. Различают варианты бумажной хроматографии: одномерный, двумерный (восходящий и нисходящий), круговой. Процесс хроматографирования ведут в хроматографических камерах, представляющих собой стеклянные цилиндры или стеклянные банки для получения одномерных хроматограмм, или эксикаторы для получения двумерных хроматограмм и чашки Петри для получения круговых хроматограмм. Восходящие хроматограммы получают при перемещении подвижного растворителя по порам бумаги снизу вверх, а нисходящие – сверху вниз.

Мы применили метод бумажной хроматографии для разделения пигментов зелёного листа. Сначала получали спиртовую вытяжку из листьев петрушки, нарезали полоски фильтровальной бумаги шириной 2 см, высотой 8 см (равной высоте стакана, в который позже наливали бензин), вырезали язычок в нижней части полоски; чертили горизонтальную стартовую линию на каждой полоске снизу на высоте 1,5 см. Каждую полоску узким концом опускали в спиртовую вытяжку, подсушивали на батарее центрального отопления. Нанесение порции экстракта повторяли 7 раз. Чтобы сконцентрировать пигменты, опускали полоску узким концом в чашечку со спиртом, каждый раз высушивая.

После этого полоску стартовой линией вниз опускали в стакан с бензином так, чтобы бумага слегка касалась бензина. Стакан закрывали чашечкой, чтобы воздух в нём был насыщен парами бензина. Пары бензина, поднимаясь по бумаге вверх, увлекали за собой пигменты. Наблюдали достаточ-



но быстрый подъём растворителя вверх по бумаге (около 10 минут). Хроматограммы высушивали. Получили следующие результаты хроматографирования: первый снизу хлорофилл b (желто-зелёного цвета), затем сине-зелёная зона хлорофилла a, выше ксантофилл, каротин расположился вверху полоски у фронта растворителя. Данная методика даёт быстрое и чёткое разделение пигментов зелёного листа с использованием достаточно безопасных растворителей на фильтровальной и писчей бумаге и может быть рекомендована для выполнения учащимися в лабораторных и домашних условиях.

### **Выводы**

1. Выявлена связь свойств пигментов со способами их выделения их из растительных объектов.

2. Применены методы экстракции и метод бумажной хроматографии для выделения пигментов: антоцианов и каротиноидов из разных растительных объектов.

3. Подобраны наиболее доступные и достаточно безопасные растворители для извлечения пигментов методом бумажной хроматографии в лабораторных или домашних условиях выполнения.

4. Выявлено, что метод, предложенный нашим русским учёным М.С. Цветом более ста лет тому назад, находит применение и в настоящее время.

### Список литературы:

1. Байбурский, Ф. Хроматография – простой способ анализа сложных веществ [Электронный ресурс] / Ф. Байбурский // Наука и жизнь. – 1998. – №2. – Режим доступа: <https://www.nkj.ru/archive/articles/10300>.
2. Логинов, Н.Я. Аналитическая химия. Учеб. пособие для студентов химико-биол. спец. ин-тов / Н.Я. Логинов [и др.]. – М.: Просвещение, 1975. – 478 с.
3. Планарная хроматография [Электронный ресурс] // Домашняя лаборатория. – 2017. – №6-7. – Режим доступа: <http://journal-off.info/scientific-journals/27803-domashnyaya-laboratoriya-6-7-2017.html>.
4. Туманов, В.Н. Малый практикум по физиологии растений [Электронный ресурс] / В.Н. Туманов, С.Л. Чирук. – Режим доступа: <http://ebooks/grsu.by/malpraktpofiziolog/rabota-6-razdelenie-pigmentov-metodom-bumazhnoj>.
5. Хлорофилл [Электронный ресурс] // Справочник химика. Химия и химическая технология. – Режим доступа: <http://chem21.info/info/3202>.

# ФИЗИКА И МЕТОДИКА ЕЕ ПРЕПОДАВАНИЯ

УДК 37.022

**Методические аспекты определения скорости роста кристаллов**

**Л.Н. Сережкин, А.Ю. Казакова**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В настоящей работе рассматриваются методические особенности использования микроскопа и камеры-окуляра применительно к школьному лабораторному практикуму.

*Ключевые слова:* лабораторный практикум, техника измерений, обработка экспериментальных данных.

Физика экспериментальная наука, огромное значение эксперимент имеет и при обучении. В общеобразовательной школе предусмотрены типовые лабораторные работы в частности по теме «Оптика» у авторов учебников [1, 2, 3]. Данные работы отобраны из принципов простоты используемого оборудования, возможностями быстрого выполнения.

Нами предложено при изучении темы геометрическая оптика, в частности темы «Оптические приборы, увеличивающие угол зрения» параграф 66 по [1] или параграф 1.26 «Микроскоп» по [3] используя набор оборудования камеру-окуляр и микроскоп проводить лабораторную работу «Определение скорости роста кристаллов». Данная работа была предложена для университетского практикума в [4], но при изменении технологий измерений, она может быть интерпретирована для общеобразовательной школы. Работа интересна тем, что она носит междисциплинарное содержание (физика, математика, биология).

Используемое оборудование: камера-окуляр (может быть заменена на веб-камеру), компьютер (ноутбук) со специализированной программой, видеопроектор, микроскоп, дифракционная решетка, предметное стекло, раствор соли, пипетка (рисунок 1).

Выполнение работы предполагает следующую последовательность:

1. Учителем предварительно готовится:

– раствор NaCl в воде (в соотношении 2,5 г. NaCl на 10 мл воды). Пропорция подобрана экспериментально (на рисунке 2 показаны кристаллы, вы-

ращенные для пропорций 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 г. NaCl на 10 мл воды соответственно, чтобы обеспечить оптимальную по количеству кристаллов в поле зрения.

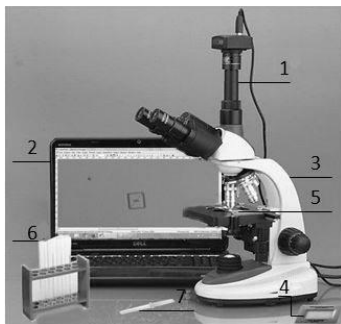


Рисунок 1 – Оборудование для проведения лабораторной работы «Определение скорости роста кристалла» (1 – камера-окуляр, 2 – ноутбук, 3 – микроскоп, 4 – дифракционная решетка, 5 – предметное стекло, 6 – раствор соли, 7 – пипетка)

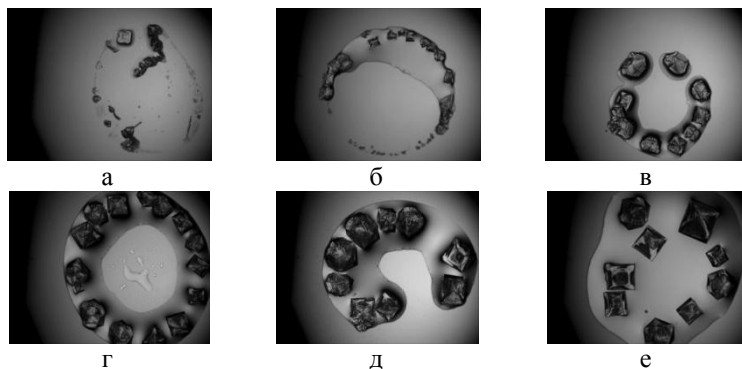


Рисунок 2 – Картины итоговой кристаллизации:

- а) для пропорции 0,2 г. NaCl на 10 мл; б) для пропорции 0,5 г. NaCl на 10 мл, в) для пропорции 1 г. NaCl на 10 мл; г) для пропорции 1,5 г. NaCl на 10мл; д) для пропорции 2 г. NaCl на 10 мл; е) для пропорции 2,5 г. NaCl на 10 мл

– лабораторная установка (рисунок 1), включающая: предметное стекло, пипетку, микроскоп, в который вставлена камера (вместо окуляра), подключенная к компьютеру, с возможностью выводить изображение на большой экран с помощью видеопроектора.

## 2. Выполнение лабораторной работы в классе:

– Учитель сообщает цель и задачи работы. Цель – определить скорость роста кристаллов NaCl из водяного раствора. Задачи: определить цену деления микроскопа с камерой-окуляром; получение последовательной серии фотографий роста кристаллов NaCl; измерение диагонального размера кристаллов. Определение скорости роста кристалла.

– На экран выводится изображение с камеры-окуляра (т.к. кристаллы NaCl довольно крупные лучше использовать  $\times 10$  увеличение объектива микроскопа). Для определения цены деления можно использовать в качестве эталона длины дифракционную решетку с известной ценой деления. С помощью программного обеспечения к камере делается снимок эталона. Если программное обеспечение позволяет то, введя в программу длину эталона, дальнейшие измерения будут выводиться в привычных единицах длины, например в мм.

На предметное стекло учитель наносит каплю 0,05 мл раствора соли, и помещает на предметный столик микроскопа. Далее на экране ученики наблюдают кристаллизацию, в процессе которой должна быть сделана серия снимков с определенным интервалом времени. Т.к. процесс испарения занимает примерно 2 минуты, для снятия 10-12 экспериментальных точек потребуются делать снимки с интервалом 8 секунд. На рисунке 3 представлена последовательность снимков.

– Далее происходит обработка экспериментальных данных. Для этого производятся измерения диагоналей кристаллов, не менее 5 наиболее правильной формы (рисунок 4). Размеры заносятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Таблица экспериментальных данных

d1, мкм	d2, мкм	t, с	v1, мкм/с	v2, мкм/с
34,20		76,00	4,19	
67,70		84,00	3,43	
95,10		92,00	3,70	
124,70		100,00	3,54	
153,00	71,70	108,00	4,05	5,25
185,40	113,70	116,00	3,61	6,08
214,30	162,30	124,00	2,66	2,75
235,60	184,30	132,00	2,21	3,11
253,30	209,20	140,00	3,96	3,06
285,00	233,70	148,00	1,94	2,61
300,50	254,60	156,00	2,34	1,80
319,20	269,00	164,00	1,93	2,06
334,60	285,50	172,00		

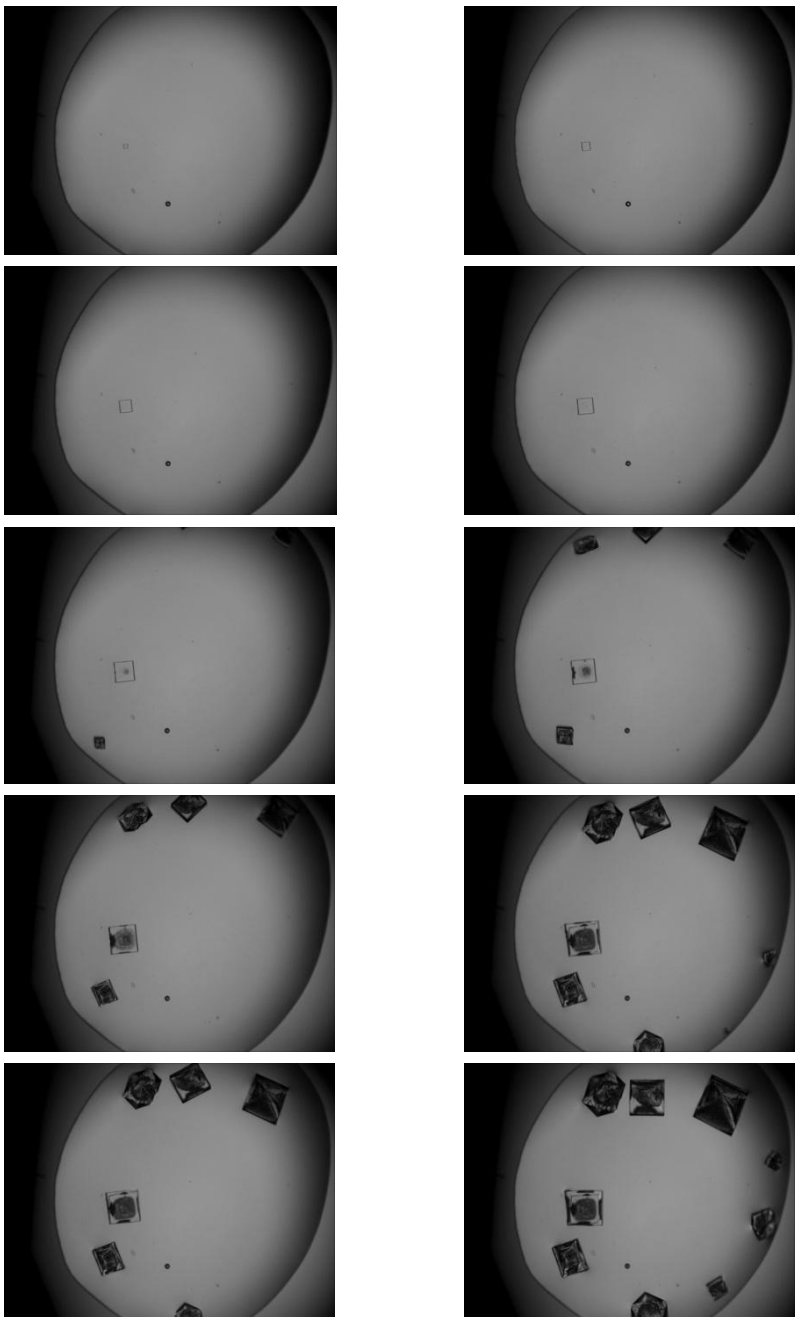


Рисунок 3 – Динамика кристаллообразования

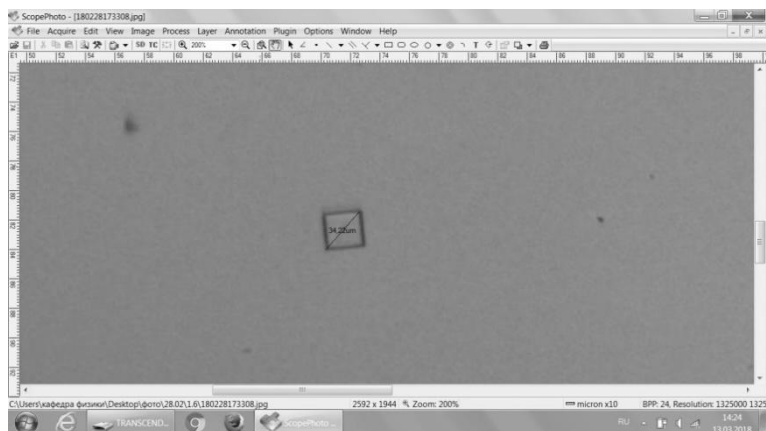


Рисунок 4 – Измерение диагоналей

– Скорость роста определяется по формуле  $\frac{(d_2-d_1)}{t_2-t_1}$ .

– По экспериментальным данным строится семейство графиков в одних координатных осях (рисунок 5). Графики могут начинаться не синхронно т.к. кристаллы зарождаются не одновременно.

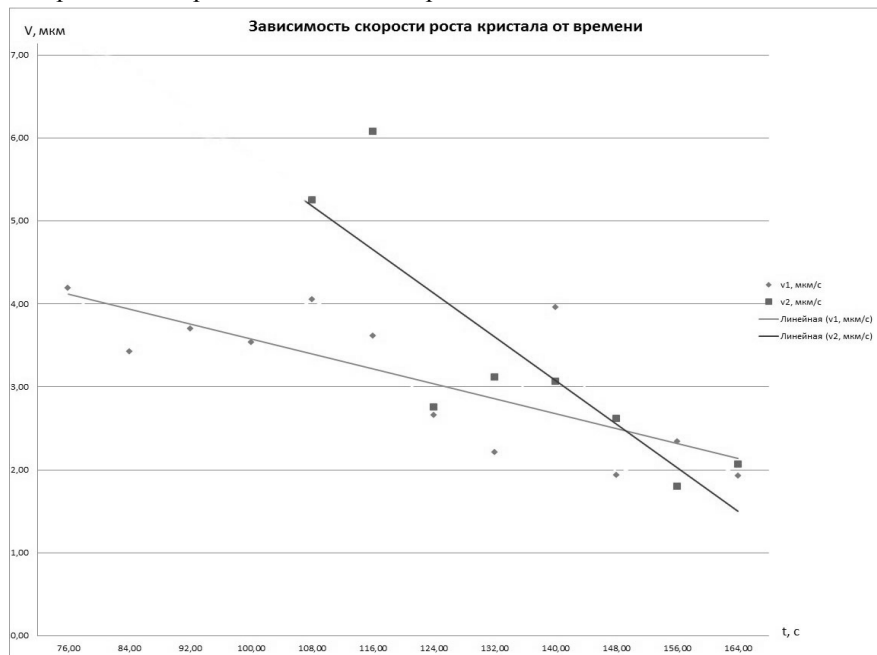


Рисунок 5 – График экспериментальных данных

– На основании графика делается вывод о характере роста кристаллов NaCl из водяного раствора.

#### *Методические примечания*

Данное описание приведено для случая фронтального выполнения лабораторной работы в классе, когда действия по измерению выполняет учитель. Однако этап обработки можно поручить самим ученикам если распечатать на 2-3 страницах А4 фотографии эталона длинны и роста кристаллов (при этом важна печать в одинаковом масштабе). Размеры кристаллов при этом можно определить с помощью миллиметровой линейки. Школьники при этом могут работать парами, причем каждой паре можно отметить для расчета «свой» кристалл (обычно в капле получается 10-15 кристаллов). Кроме того данная работа может быть оформлена в виде индивидуального проекта школьников, при этом задание может быть усложнено определением некоторых зависимостей например скорости роста в зависимости от концентрации, от вида растворителя, для различных кристаллов.

#### *Выводы*

Определены методические возможности использования микроскопа с камерой окуляром при изучении темы «Оптические приборы». Получены методические рекомендации для выполнения лабораторной работы «Определение скорости роста кристаллов». Обсуждено несколько вариантов проведения лабораторной работы как фронтально, так и индивидуально.

#### Список литературы:

1. Касьянов, В.А. Физика 11 класс. Профильный уровень / В.А. Касьянов. – М.: Дрофа, 2011.
2. Касьянов, В.А. Физика 11 класс. Профильный уровень: тетрадь для лабораторных работ / В.А. Касьянов, В.А Коровин. – М.: Дрофа, 2014.
3. Мякишев, Г.Я. Физика 11 класс. Оптика. Квантовая физика / Г.Я. Мякишев, А.З.Синяков. – М.: Дрофа, 2010.
4. Физический практикум. Электричество и оптика / под ред. В.И. Ивероновой. – М.: Наука, 1968.

**Экспериментальное исследование вибрационной жесткости  
и возникающих пульсаций давления  
в образцах разгруженных компенсаторов**

**А.В. Кирюхин, Л.Н. Серезкин**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В настоящей работе приводятся результаты экспериментальных исследований нескольких видов компенсаторов с целью количественного изучения влияния физических факторов на связь пульсаций давления и вибраций и на величину переходной вибрационной жесткости компенсаторов с жидкостью.

*Ключевые слова:* компенсатор, вибрация, динамическая сила, пульсация давления.

**Цель и определяемые параметры**

Целью проводимых работ является поиск решений для снижения передачи вибрации от оборудования по компенсаторам трубопроводов с жидкостью, в том числе – активными методами. Областью применения объекта исследования являются энергетическое, насосное и компрессорное оборудование с трубопроводами высокого давления, работа которого сопровождается передачей вибрации на фундамент и в окружающую среду.

С их помощью должно быть обеспечено радикальное снижение передачи вибрации через них как за счет конструкции самих компенсаторов, так и при помощи активных методов подавления передаваемых компенсаторами динамических сил и возникающих в них пульсаций давления рабочей среды.

При проведении исследований в качестве параметра, характеризующего виброизолирующие свойства компенсатора, рассматривалась вибрационная переходная жесткость  $C_B(f)$ . Она определялась как отношение динамической (вибрационной) силы  $Q_B(f)$  на выходе компенсатора к амплитуде вибрации  $A(f)$  на его входе на заданной частоте возмущения  $f$  [1]:

$$C_B(f) = Q_B(f)/A(f) \quad (1)$$

В выражении (1) все величины комплексные. Для сравнения различных вариантов использовался модуль жесткости.

В качестве другого параметра, характеризующего виброизолирующие качества компенсатора, принималась величина пульсации давления жидко-



сти, возникающая в нем при вибрационном смещении его фланцев на заданной частоте деформирования [2, 3].

### **Объекты исследования**

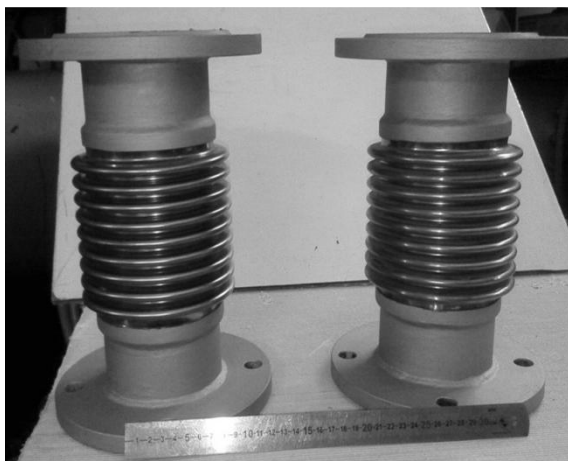
Количественное изучение влияния физических факторов на связь пульсаций давления и вибраций и на величину переходной вибрационной жесткости компенсаторов с жидкостью были на следующих компенсаторах:

– сифонный разгруженный компенсатор типа ЗК-111.12-10-100 Ду 100 мм (рисунок 1 а);

– разгруженная конструкция на основе двух осевых сифонных компенсаторов Ду 100 мм типа ОФН-6,3-100 (рисунок 1 б);



а



б

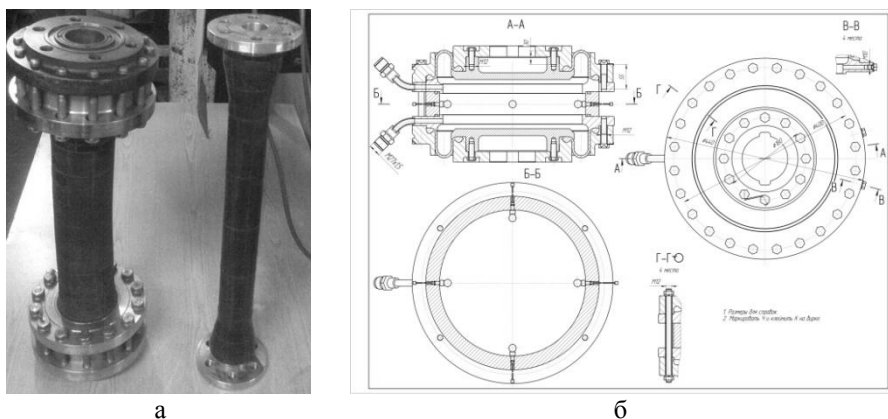
Рисунок 1 – а) компенсатор типа ЗК-111.12-10-100 Ду 100 мм,  
б) внешний вид неразгруженных сифонных компенсаторов  
типа ОФН-6,3-100 Ду 100 мм

– два типоразмера патрубков резинокордных напорных: два патрубка типа ПРН 32-1,0-500А Ду32 мм и два патрубка резинокордных напорно-всасывающих типа ПРНВ 50-4,0-500А Ду 50 мм (рисунок 2 а);

– опытный модельный разгруженный компенсатор с упругими элементами на базе двух резинокордных оболочек (РКО) диафрагменного типа модели Н-197 (рисунок 2 б);

– был изготовлен макет нового компенсатора с малой связанностью пульсаций давления и вибраций для проведения исследований. С учетом результатов первого года был выбран компенсатор на основе кольцевых тонкослойных резинометаллических элементов (ТРМЭ), обеспечивающий мини-

мальную связанность. Для исследования влияния масштаба на частотные характеристики были изготовлены (два вместо одного запланированного) макетные компенсаторы с ТРМЭ Ду 30 мм и ТРМЭ Ду 80 мм (см. рисунок 3).



а  
 б  
 Рисунок 2 – а) разгруженные резинокордные патрубки рукавного типа ПРНВ 50-4,0-500 слева и ПРН 32-1,0-500А справа, б) схема модельного разгруженного компенсатора с РКО диафрагменного типа модели Н-197 с установленными датчиками пульсаций Д16



Рисунок 3 – Внешний вид опытных ТРМЭ Ду 80 мм и Ду 30 мм после формования

Планом было предусмотрено проведение количественных исследований в диапазоне частот до 200 Гц, поскольку калибровочная характеристика датчиков динамической силы позволяет проводить количественные измерения сил и вибрационной жесткости до 200 Гц. Для получения дополнительной информации проводились сравнительные исследования влияния несжимаемой жидкости на величины пульсаций давления и вибрационной переходной жесткости на более высоких частотах в диапазоне до 1000-1600 Гц.

## Результаты

Проведенные испытания показали, что для всех испытанных вариантов разгруженных компенсаторов, кроме компенсаторов с ТРМЭ и рукавных компенсаторов, их переходная вибрационная жесткость  $S_v$  с водой существенно, в ряде случаев на один-два порядка и более, превышает  $S_v$  с воздухом при том же давлении, на частотах выше 30-100 Гц. Амплитуды пульсаций давления, измеренные в верхней и нижней точке компенсаторов, для которых отмечено заметное влияние наличия воды на величину их переходной вибрационной жесткости, оказываются достаточно близкими. Фазы пульсаций давления в этих точках отличаются на 180 градусов.

В результате исследований обнаружено заметное снижение вибрационной жесткости в низкочастотном диапазоне до 100 - 260 Гц под влиянием воды по сравнению со структурой жесткостью. Это снижение внешне напоминает антирезонанс на зависимости переходной вибрационной жесткости от частоты. Для различных испытанных типов компенсаторов, сильфонных, рукавных, опытных компенсаторов на основе РКО модели Н-197 и ТРМЭ, это снижение жесткости различно, как по величине, от нескольких раз до двух порядков, так и по ширине занимаемого частотного диапазона. Это явление имеет практическую значимость с точки зрения снижения передачи вибрации и требует физического объяснения при создании физических и расчетных моделей компенсаторов с жидкостью.

Для исследованных типоразмеров компенсаторов с ТРМЭ и рукавных компенсаторов переходная вибрационная жесткость практически не зависит от наличия воды или воздуха и определяется структурной жесткостью упругих элементов компенсатора.

Для всех компенсаторов с ростом частоты также наблюдается заметное увеличение структурной (без воды и внутреннего давления) переходной вибрационной жесткости. Для компенсаторов на основе сильфонов это увеличение носит явно выраженный резонансный характер и обусловлено резонансными явлениями в конструкции компенсатора. Для компенсаторов с податливыми (упругими) элементами на основе резины и резинокордных элементов (ТРМЭ, рукавных компенсаторов и компенсатора на основе РКО модели Н-197) увеличение жесткости происходит монотонно с ростом частоты деформирования. При этом фаза между входной вибрацией и выходной силой компенсатора не имеет резонансного характера, и изменяется достаточно монотонно.

Вибрационная структурная жесткость резинокордной оболочки модели Н-197 монотонно увеличивается в несколько раз с ростом частоты от нуля

до 500 Гц. При этом фазовая характеристика имеет жесткостной характер. Если сравнивать эти результаты с аналогичными зависимостями для резинокордных рукавов в разделе отчета 2.4, для рукавов аналогичное увеличение жесткости сопровождалось монотонным постоянным изменением фазы. Величина вибрационной жесткости резинокордных рукавов также существенно растет с увеличением частоты по сравнению со статической жесткостью. Для ПРН 32-1,0-500А Ду32 мм увеличение поперечной вибрационной жесткости достигает четырех порядков в диапазоне частот от нуля до 400 Гц. Для ПРНВ 50-4,0-500А Ду 50 мм увеличение осевой переходной вибрационной жесткости в этом диапазоне частот составляет около 30 раз по сравнению со статической жесткостью.

Переходная вибрационная жесткость компенсаторов с ТРМЭ, обусловленная сдвиговыми деформациями тонких резиновых слоев резинометаллического упругого массива ТРМЭ, увеличивается для модельного разгруженного компенсатора на основе двух ТРМЭ Ду 80 мм в 100 раз в частотном диапазоне от нуля до 300 Гц. Для компенсатора с ТРМЭ Ду 30 мм увеличение переходной жесткости на два порядка происходит в более широком частотном диапазоне от нуля до 500 Гц.

Факт такого существенного и монотонного увеличения переходной вибрационной жесткости компенсаторов и виброизоляторов с упругими элементами на основе резины (ТРМЭ и резинокордных оболочек) не является тривиальным.

*Работа выполнена в счет гранта РНФ. Соглашение №16-19-10292 от 12 мая 2016 г. между Российским научным фондом и КГУ им. К.Э. Циолковского.*

#### Список литературы:

1. Попков, В.И. Колебания механизмов и конструкций / В.И. Попков, С.В. Попков. – СПб., «Сударыня», 2009. – 490 с.
2. Кирюхин, А.В. Снижение передачи вибрации от энергетических установок активными методами / А.В. Кирюхин, О.О. Мильман, А.В. Птахин // Теплоэнергетика. – 2017. – № 12. – С. 1-9.
3. Kiryukhin, A.V. Design features of rubber expansion joints and numerical modeling of their stress-strain state in the hydrostatic compression ESM-GS - Engineering Solid Mechanics / A.V. Kiryukhin, O.O. Milman, A.V. Ptakhin, G.I. Shaydurova, A.A. Shaydurov (2291-8752-Canada-Iran-Scopus).

## **Особенности органического цикла Ренкина**

**С.В. Чебанюк**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

Применение органического цикла Ренкина позволяет утилизировать тепловые отходы – низкопотенциальное тепло, зачастую выбрасываемое в окружающую среду. Рассмотрены особенности веществ, применяемых в органическом цикле Ренкина. Описаны достоинства и недостатки органического цикла Ренкина.

*Ключевые слова:* сбросное тепло, органический цикл Ренкина, термодинамические свойства рабочих тел.

### **Введение**

Увеличение потребления электроэнергии на фоне увеличения стоимости полезных ископаемых, все возрастающих трудностей их добычи, а также ужесточения экологических требований требует повышения эффективности использования энергетических ресурсов.

Значительное количество энергии, получаемой от сжигания полезных ископаемых, используется неэффективно и зачастую просто выбрасывается в окружающую среду. Это выбросы нефтехимических, цементных заводов, газоперекачивающих агрегатов и т.д.

Сложность использования этого сбросного тепла состоит в том, что оно является низкопотенциальным: температура источников находится в пределах 100-350 °С. При таких температурах источника тепла, применение воды в качестве рабочего тела в цикле Ренкина оказывается неэффективным.

Одним из путей полезного использования этого сбросного тепла является применение Органического Цикла Ренкина (ОЦР). Рабочим телом в ОЦР являются различные органические вещества, имеющие значительно более низкие, чем у воды температуры кипения, критические температуры и давления, что и позволяет реализовать ОЦР. ОЦР может применяться и в альтернативной энергетике, например, солнечной и геотермальной.

### **Особенности веществ, применяемых в ОЦР**

Наиболее распространённые рабочие тела, применяемые в ОЦР – это хладагенты, использующиеся в холодильной промышленности: R-134a, R-245fa и др., а также пентан, гексан и некоторые кремнийорганические соединения.

Термодинамические свойства этих рабочих тел заметно отличаются как между собой, так и от свойств воды и водяного пара. В таблице 1 приведены критические температуры, давления, температура кипения и теплота парообразования при давлении 1 бар. В  $T - S$  координатах пограничные кривые для воды и некоторых органических рабочих тел приведены на рисунке 1.

Таблица 1 – Свойства некоторых органических веществ, применяемых в ОЦР и сравнение их с водой

Рабочее тело	Формула	$t_{кр}, ^\circ C$	$p_{кр}, \text{бар}$	$t_{кип}, ^\circ C (1 \text{ бар})$	$\Delta h_{исп}, \text{кДж/кг} (1 \text{ бар})$
Вода	$H_2O$	373.9	220.6	100	2257.5
R245fa	$C_3H_3F_5$	154.1	36.4	14.8	195.6
R134a	$CF_3CH_2F$	101.1	40.6	-26.1	217.2
R22	$CHClF_2$	96.2	49.9	-40.81	233.9
n-пентан	$C_5H_{12}$	196.6	33.7	36.2	361.8
ММ	$C_6H_{18}OSi_2$	245.6	19.4	100.3	193.6

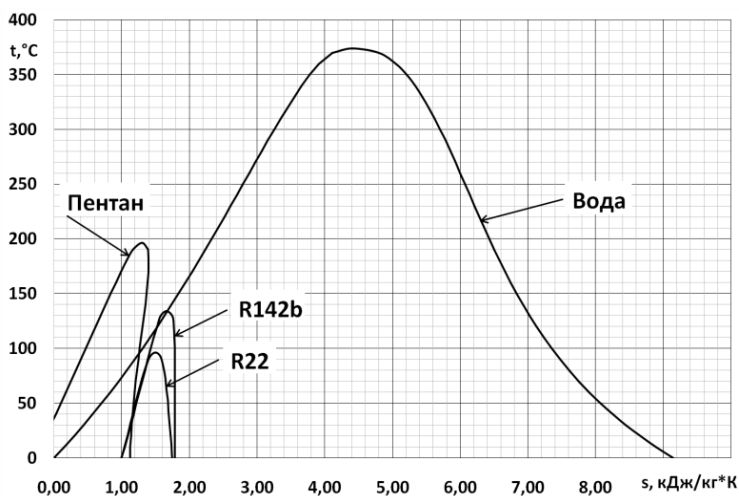


Рисунок 1 – Пограничные кривые некоторых рабочих тел, применяемых в ОЦР и воды

Из таблицы 1 видно, что теплота парообразования, критические температуры и давления этих веществ значительно ниже, чем у воды. Заметные отличия имеют и пограничные кривые. Анализ пограничных кривых этих органических веществ с учетом относительно низких температур источников

тепла, приводит к выводу, что в ОЦР возможно реализовать значительно меньшие теплоперепады, чем в цикле Ренкина на воде.

Одной из особенностей веществ, применяемых в ОЦР, является наклон пограничной кривой в области насыщенного пара.

Если ввести критерий  $\xi = \frac{ds}{dt}$ , то можно разделить эти рабочие тела на три типа в зависимости от наклона пограничной кривой: «сухие» –  $\xi > 0$ , «влажные» –  $\xi < 0$ , «изоэнтропные» –  $\xi = 0$  [1]. Различные типы рабочих тел в зависимости от наклона пограничной кривой приведены на рисунке 2.

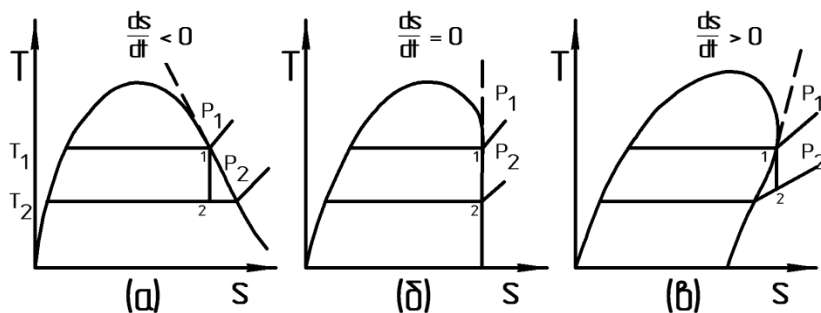


Рисунок 2 – Типы рабочих тел в зависимости наклона пограничной кривой  
(а) – «влажное», (б) – «изоэнтропное», (в) – «сухое»

Каждый тип рабочего тела имеет свои преимущества и недостатки. Использование «влажных» рабочих тел требует перегрева их в цикле так, чтобы обеспечить отсутствие конденсата в процессе расширения в турбине, так как наличие капель конденсата ухудшает течение в проточной части и вызывает эрозионный износ лопаток. «Сухие» и «изоэнтропные» рабочие тела таким недостатком не обладают, однако, при применении «сухих» рабочих тел в конце процесса расширения в турбине будет иметь место остаточный перегрев, который увеличивает тепловую нагрузку на конденсатор.

Если за точку отсчета принять точку на кривой насыщения, то влияние перегрева рабочего тела в цикле на его эффективность в зависимости от типа рабочего тела можно оценить, если записать эффективность перегрева как  $\eta' = \frac{\Delta w}{\Delta q} = \frac{\Delta h_1 - \Delta h_2}{\Delta h_1}$ , где  $\Delta w$  – приращение полезной работы,  $\Delta q$  – приращение затраченной теплоты [2]. Сравнение эффективности перегрева для «сухого» пентана и «влажного» фреона R21 при одних и тех же начальных и конечных давлениях приведено на рисунке 3. Видно, что для пентана эффективность перегрева практически равна нулю, но рабочее тело в конце расширения

в турбине оказывается в перегретом состоянии, что увеличивает тепловую нагрузку на конденсатор.

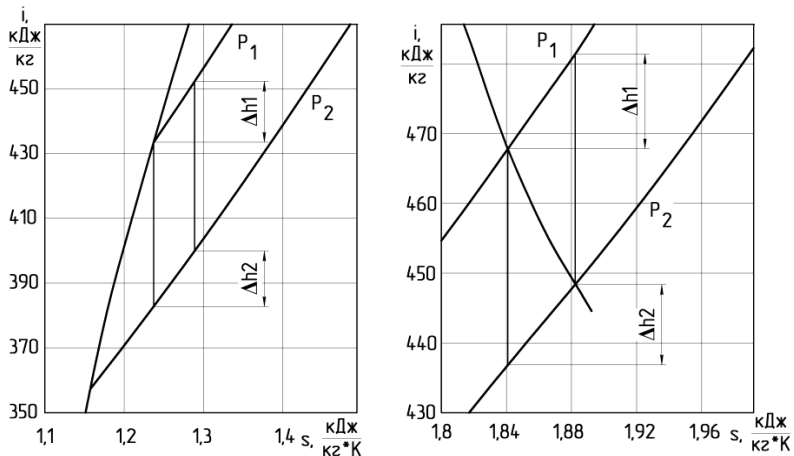


Рисунок 3 – Сравнение эффективности перегрева для «сухих» и «влажных» рабочих тел

### Выводы

Реализация цикла Ренкина на органических рабочих телах позволяет утилизировать сбросное тепло различных источников. В связи с небольшими мощностями, реализуемыми в установках ОЦР, их применение будет способствовать развитию малой и альтернативной энергетики.

В целом можно выделить основные достоинства и недостатки ОЦР.

Основными достоинствами ОЦР являются:

- возможность утилизации тепловой энергии при относительно низких температурах источника тепла;
- возможность использования различных рабочих тел с существенно различающимися термодинамическими свойствами, что обеспечивает возможность подбора рабочего тела под параметры источника тепла;
- относительно невысокие температуры и давления, небольшие реализуемые теплоперепады, что упрощает конструкцию установки;
- отсутствие необходимости перегрева рабочего тела для «сухих» и «изоэнтродных» рабочих тел;
- в связи с относительно невысокими критическими параметрами появляется возможность реализации сверхкритического цикла, что повышает его КПД.



К основным недостаткам ОЦР можно отнести:

- небольшие реализуемые мощности установок (до 5-6 МВт) в связи с небольшими теплоперепадами;
- повышение мощности установки требует увеличения расхода рабочего тела, что увеличивает мощности насосов и теплообменного оборудования;
- используемые рабочие тела химически нестабильны при высоких температурах;
- некоторые рабочие тела пожароопасны, а также могут оказывать негативное влияние на озоновый слой, как, например, некоторые фреоны, что вызывает необходимость исключения утечек;
- высокая стоимость рабочего тела по сравнению с водой.

Список литературы:

1. Белов, Г.В. Органический цикл Ренкина и его применение в альтернативной энергетике / Г.В. Белов, М.А. Дорохова // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2014. – № 2. – С. 99-124.
2. Chen, H. A review of thermodynamic cycles and working fluids for the conversion of low-grade heat [Electronic resource] / H. Chen, D.Y. Goswami, E.K. Stefanakos // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2010. – Vol. 14. – Pp. 3059-3067. – URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.006>.

**Применение теории подобия к изучению процесса теплообмена****А.И. Канарейкин***Подольский социально-спортивный институт, Подольск*

Основной задачей работы является решение стационарной задачи теплопередачи. В итоге необходимо обобщить результаты эксперимента в виде безразмерных уравнений, выражающих связь теплофизических и гидродинамических величин.

*Ключевые слова:* теплообмен, метод подобия, размерность, модель.

Как известно, система уравнений конвективного теплообмена достаточно сложна. Поэтому изучение той или иной конкретной задачи о теплообмене или движении жидкости полезно начинать с анализа ее методом подобия. В основе анализа процесса методом подобия лежит приведение его математического описания к безразмерному виду. Смысл этой операции состоит в том, что вместо размерных переменных и постоянных вводят новые – безразмерные переменные и постоянные. Число последних в безразмерном математическом описании оказывается меньше числа размерных величин в исходном математическом описании, что дает значительные преимущества при экспериментальном, а нередко и теоретическом изучении вопроса. В случае экспериментального исследования применение метода подобия позволяет свести к минимуму число величин, которые необходимо варьировать в опытах, и указывает рациональный способ обобщения опытных данных.

Основная трудность при исследовании тепловых явлений с помощью метода анализа размерности связана с необходимостью обсуждения вопроса о наиболее удобных формулах размерности для величин, единицы, измерения которых принимают в качестве основных.

Вопрос об определении правильных размерностей теплоты и температуры вызвал серьезные споры среди физиков. Многие известные физики искали ответ на вопрос о том, какие из основных единиц измерения «действительно независимы» и, в частности, какую формулу размерности следует применять для температуры в единицах [L] [M] [T].

Структура формул при исследовании тепловых процессов не так очевидна, как в области кинематики и динамики. Некоторые учёные, например Релей, рассматривая температуру в качестве самостоятельной величины, применяли для её формулы размерности обозначение  $[\theta]$ , другие, например

Ланчестер, записывали формулу размерности температуры как  $[L^2T^{-2}]$ , то есть температура в молекулярно-кинетической теории отождествляется с квадратом скорости молекул идеального газа. Наконец, третьи, подобно Рябушинскому, предпочитали пользоваться формулой  $[L^2MT^{-2}]$ , то есть отождествляли температуру с кинетической энергией молекул.

До середины XIX века теплота рассматривалась как невесомое текучее вещество под названием «теплород». Однако в работах Румфорда, Джоуля и других было показано, что не просто эквивалентная энергия, а что она является энергией.

Таким образом, исторически теплота рассматривалась с двух точек зрения. Она была принята в качестве калориметрической величины, а также в качестве динамической. Единица количества теплоты – калория – определена как количество тепла, которое необходимо сообщить одному грамму воды для нагревания от  $14,5^\circ\text{C}$  до  $15,5^\circ\text{C}$ . Опыт показывает, что количество тепла, воспринятого телом, пропорционально его массе  $m$ , повышению температуры и величине  $S$ , которую называли удельной теплоёмкостью вещества. С другой стороны, согласно первому закону термодинамики, теплота и работа эквивалентны: теплота может быть измерена в единицах механической энергии.

Для дальнейших расчетов используем систему LMT $\theta$ , где L – единица измерения длины, M – единица измерения массы, T – единица измерения времени,  $\theta$  – единица измерения абсолютной температуры.

Как известно, процесс теплоотдачи характеризуется коэффициентом теплоотдачи, который зависит от множества параметров:

$$\alpha = y[v^a, c^b, \rho^c, \lambda^d, d^e, h^k, l^f, g\beta\theta^g].$$

Интенсивность теплоотдачи характеризуется безразмерным числом Нуссельта

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda},$$

где:  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности,  $l$  – длина теплообменной трубки.

Выберем четыре основные размерности: кг, м, с, К. Размерность всех остальных величин выразим через выбранные:

$$\begin{aligned} \text{кгс}^{-3}\text{К}^{-1} = & \left[ (M^2c^{-1})^a, (M^2c^{-2}\text{К}^{-1})^b, (\text{кгм}^{-3})^c, (\text{кгмс}^{-3}\text{К}^{-1})^d, \right. \\ & \left. M^k, M^e, M^f, (M\text{с}^{-2})^g \right] \end{aligned}$$

Сравним коэффициенты и подставим их в исходное уравнение:

$$k\varepsilon : 1 = c + d$$

$$m : 0 = 2a + 2b - 3c + d + e + f + g + k$$

$$c : -3 = -a - 2b - 3d - 2g$$

$$K : -1 = -b - d$$

$$c = 1 - d$$

$$b = 1 - d$$

$$e = 3c - 2a - 2b - d - f - g - k = 3 - 3d - 2a - 2 + 2d -$$

$$-d - f - g - k = 1 - 2d - 2a - f - g - k = 1 - 2d -$$

$$-2(1 - d - 2g) - g - f - k = 1 - 2d - 2 + 2d + 4g -$$

$$-g - f - k = -1 + 3g - f - k$$

$$a = 3 - 2b - 3d - 2g = 3 - 2 + 2d - 3d - 2g = 1 - d - 2g$$

$$\alpha = y[v^{1-d-2g}, c^{1-d} \rho^{1-d}, \lambda^d, d^{-1+3g-f-k}, l^f, h^k, g\beta\theta^g],$$

$$\frac{\alpha d}{vc\rho} = \frac{\alpha d}{\lambda} \frac{\lambda}{c\mu} = \left[ \left( \frac{\lambda}{vc\rho} \right)^d, \left( \frac{l}{d} \right)^f, \left( \frac{h}{d} \right)^k, \left( \frac{g\beta\theta d^3}{v^2} \right)^g \right],$$

$$Nu Pr^{-1} = \left[ Pr^{-d}, \left( \frac{l}{d} \right)^f, \left( \frac{h}{d} \right)^k, Gr^g \right],$$

$$Nu = \left[ Pr^{1-d}, \left( \frac{l}{d} \right)^f, \left( \frac{h}{d} \right)^k, Gr^g \right],$$

$$Nu = \left[ Pr^b, Gr^g, \left( \frac{l}{d} \right)^f, \left( \frac{h}{d} \right)^k \right].$$

Как видим, с помощью метода размерностей была получена физическая модель процесса теплообмена.

В настоящей работе были получены функциональные зависимости коэффициента теплоотдачи от линейных размеров и от подводимой мощности. Анализ полученных результатов был обобщен в виде безразмерных уравнений, выражающих связь теплофизических и гидродинамических величин.

Список литературы:

1. Румшицкий, Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента / Л.З. Румшицкий. – М.: Наука, 1971. – 192 с.
2. Хаитли, Г. Анализ размерностей / Г. Хаитли. – М.: Мир, 1970. – 174 с.

**Лабораторный и компьютерный эксперимент  
в учебно-исследовательских работах студентов бакалавриата  
«Педагогическое образование» с предметной специализацией «Физика»  
Н.В. Кирюхина, А.К. Ермаков**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье представлена система учебно-исследовательского лабораторно-компьютерного физического эксперимента как средства формирования предметной ИКТ-компетентности учителя физики и математики в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы бакалавриата.

*Ключевые слова:* учебный физический эксперимент, компьютерный эксперимент, учебно-исследовательская работа студентов.

Развитие информационных и коммуникационных технологий (далее – ИКТ) позволило значительно обогатить арсенал средств обучения и вызвало потребность в обновлении подходов к осуществлению учебного физического эксперимента на всех этапах и уровнях образования. От учителя физики требуется владение навыками не только лабораторного и демонстрационного, но и компьютерного эксперимента, приемами компьютерного моделирования.

Но наряду с позитивными изменениями, все чаще отмечаются и негативные тенденции «виртуализации» физического эксперимента. «Следует признать, что в преподавании как школьной, так и вузовской физики все больше места занимают теоретические аспекты, в том числе компьютерное моделирование. Физика «отрывается» от окружающего мира, становится схоластической дисциплиной. Чтобы как-то исправить ситуацию, нужно, чтобы молодежь «видела» физику вокруг себя, умела ставить и анализировать реальные эксперименты» [1].

Учебно-исследовательские работы, являющиеся предметом данной статьи, имеют следующие отличительные признаки.

1. Объектами изучения являются физические процессы или явления, которые могут быть исследованы в реальном эксперименте. С этой целью можно использовать готовые экспериментальные установки лабораторного практикума по общей и экспериментальной физике или по школьному физическому эксперименту. Вот некоторые примеры:

– движение шарика в вязкой жидкости (на основе лабораторной рабо-

ты «Определение коэффициента вязкости жидкости методом Стокса»);

- исследование колебаний (на основе различных работ практикума, связанных с изучением колебательных процессов);

- движение заряженной частицы в магнитном поле (на основе лабораторной работы «Определение удельного заряда электрона методом отклонения электронного пучка в магнитном поле»);

- исследование переходных процессов в электрических цепях;

- процесс теплоотдачи с поверхности тела основе лабораторной работы «Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции воздуха»);

- моделирование электростатических полей методом электролитической ванны.

2. В основе модели лежит аналитическое описание объекта, исходящее из известных экспериментальных законов или уравнений теории.

3. Модель предназначена для учебного исследования, при этом студент сам создает модель и проводит виртуальный эксперимент по его же разработанному сценарию, который может изменяться.

4. Объект может быть описан различными моделями, от самых простых, до самых сложных, поэтому в учебном исследовании предусмотрено поэтапное усложнение модели с целью все большего приближения к реальности.

В наиболее простой постановке такая работа может быть типовой учебной задачей, в наиболее сложной – предметом серьезного научного исследования. В зависимости от этого варьируется роль и место этих работ в структуре предметной подготовки:

- задания для самостоятельной работы и оценки результатов обучения при изучении отдельных дисциплин предметной подготовки («Общая и экспериментальная физика», «Вычислительная физика», «Основы компьютерного моделирования», «Практикум по школьному физическому эксперименту», «Численные методы», «Методы математической физики» и др.);

- задания для организации аудиторной и самостоятельной работы, оценки результатов обучения в специализированном курсе-практикуме по выполнению таких работ;

- темы курсовых работ и исследовательских проектов по дисциплинам предметной подготовки;

- темы выпускных квалификационных работ и перспективных исследований.

В двух последних случаях экспериментальная проверка модели может выполняться не на готовых установках, а на вновь созданных именно для решения задач исследования.

Покажем, как можно варьировать сложность задачи путем усложнения модели на примере остывания поверхности тела при изучении теплоотдачи (подробное описание приведено в [2]). Для установки, основу которой составляет горизонтально расположенная стальная трубка, нагреваемая электрическим током, можно сформулировать несколько задач для моделирования с последующей экспериментальной проверкой:

- 1) нагрев воздуха внутри трубки (теплопроводность и конвекция);
- 2) теплопередача на внутренней поверхности трубки (свободно-конвективный теплообмен в ограниченном пространстве);
- 3) теплопроводность внутри цилиндрической стенки;
- 4) теплоотдача с внешней поверхности стенки (свободно-конвективный теплообмен в неограниченном пространстве).

При моделировании процесса охлаждения наружной стенки трубки после прекращения нагрева без учета излучения с поверхности, эта задача приводит к несложному уравнению первого порядка с разделяющимися переменными и может без труда быть решена второкурсником аналитически. Ее можно предложить в качестве задания для самостоятельной работы или использовать для оценки результатов обучения в рамках одной из профильных дисциплин. Однако, реальный эксперимент покажет существенное отличие процесса от его модели. Вводя в уравнение член, учитывающий излучение с поверхности, мы усложняем модель, а, следовательно, и процесс решения, но результат гораздо лучше согласуется с экспериментом. В такой постановке задача была использована как часть задания по курсовой работе.

Можно предложить следующую последовательность выполнения этапов учебно-исследовательского лабораторно-вычислительного эксперимента:

- 1) выбор объекта для исследования с учетом возможности обеспечить натуральный эксперимент;
- 2) предварительное теоретическое и экспериментальное изучение объекта, анализ его свойств,
- 3) определение цели моделирования;
- 4) построение физической модели объекта (формулировка физической задачи исследования);
- 5) построение математической модели: математическое описание объекта на языке уравнений;
- 6) выбор метода решения;

- 7) аналитическое или численное решение задачи с использованием доступных пакетов прикладных вычислительных программ;
- 8) вычислительный эксперимент на основе полученного решения с учетом параметров реального объекта;
- 9) проведение натурного эксперимента с реальным объектом;
- 10) сравнение результатов вычислительного и натурного экспериментов;
- 11) коррекция и усложнение модели в случае существенного отличия результатов.

В задании может быть задан и профессиональный контекст – разработанная в ходе исследования модель может быть преобразована в учебную, которая может использоваться при изучении отдельных тем школьного курса физики, для организации исследовательской работы школьников. В этом случае следует обратить внимание на создание удобного интерфейса для будущих пользователей, предусмотреть различные сценарии работы с моделью. Программная реализация в этом случае может быть апробирована в ходе педагогической практики студентов.

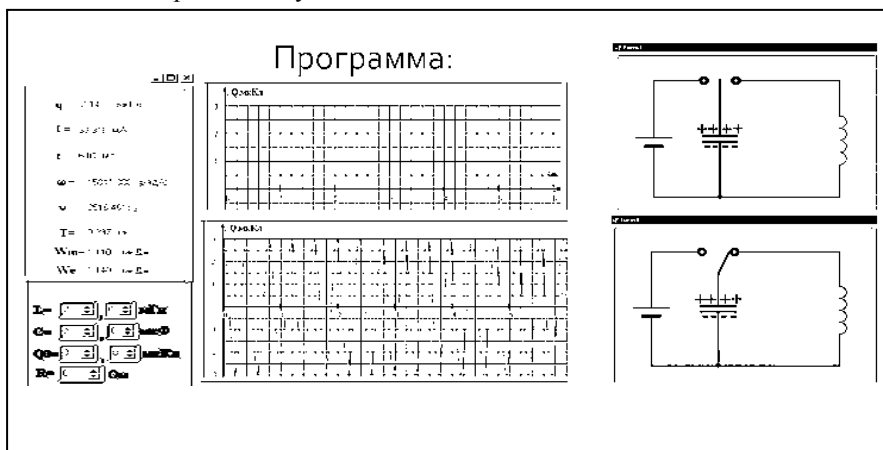


Рисунок 1 – Компьютерная модель колебаний заряда на конденсаторе

Такого рода исследование было выполнено одним из авторов статьи (Ермаков А.К.) в процессе подготовки выпускной квалификационной работы. Педагогическая задача ставилась следующим образом: исследовать возможности применения компьютерного эксперимента в школьном курсе и оценить, как компьютерный эксперимент по физике влияет на уровень восприятия и усвоения нового материала учащимися школы. Была разработана ком-



пьютерная модель колебательного контура, позволяющая визуализировать процесс изменения заряда на обкладках конденсатора (рисунок 1). На уроке был продемонстрирован реальный эксперимент с использованием оборудования двух типов – аналогового и цифрового. Данные реального эксперимента сравнивались с модельным расчетом. Попутно выяснялись достоинства и недостатки традиционного оборудования для демонстрации электромагнитных колебаний и цифровой лаборатории «L-микро». В качестве домашнего задания творческого характера учащимся было предложено доработать компьютерную модель, так, чтобы можно было отследить изменение тока в катушке индуктивности.

Включение в структуру предметной подготовки будущих учителей физики и математики учебно-исследовательских работ, сочетающих лабораторный эксперимент с компьютерным моделированием, позволяет в едином процессе объединить различные виды теоретического и экспериментального исследования, задать профессиональный контекст и реализовать дидактический потенциал межпредметных связей профильных дисциплин.

#### Список литературы:

1. Бюллетень Научно-методического совета по физике. № 4 [Текст] / сост. Н.М Кожевников. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 84 с.
2. Кирюхина, Н.В. Изучение процесса теплоотдачи с поверхности цилиндрической трубы в учебно-исследовательском эксперименте с элементами компьютерного моделирования [Электронный ресурс] / Н.В. Кирюхина, А.К. Горбунов // Электронный журнал: наука, техника и образование. – 2016. – №1. – Режим доступа: <http://nto-journal.ru/uploads/articles> (дата обращения: 21.03.2018).

**Расчет теплофизических характеристик ядерной энергетической  
установки космического назначения**

**Н.В. Кирюхина<sup>1</sup>, П.К. Кирюхин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

<sup>2</sup> *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»*

В статье приводится расчет по известной методике температурных и энергетических характеристик космической ядерной энергетической установки с термоэмиссионным преобразователем для последующего нейтронно-физического расчета и построения модели активной зоны. Определена функция распределения плотности теплового потока, построены графики распределения температуры теплоносителя, оболочек энергогенерирующего канала, эмиттера и топлива по высоте установки.

*Ключевые слова:* космические ядерные энергетические установки, энергогенерирующий канал, тепловой расчет.

Космические ядерные энергетические установки (КЯЭУ) используются в целях обеспечения энергией космических аппаратов, в тех случаях, когда использование других источников (например, солнечных батарей или радиоизотопных источников) затруднено [1, 2]. Объектом данной работы является модификация КЯЭУ «Топаз» с термоэмиссионным преобразователем.

Активная зона состоит из 127 энергогенерирующих каналов (ЭГК), которые представляют из себя урановый сердечник, вокруг которого находится термоэмиссионный преобразователь (рисунок 1).

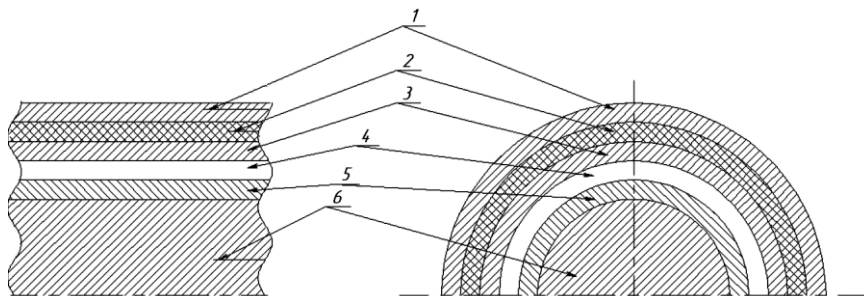


Рисунок 1 – ЭГК в разрезе: 1 – оболочка (Zr), 2 – анодная изоляция ( $Al_2O_3$ ),  
3 – коллектор (Nb), 4 – зазор с парами цезия, 5 – эмиттер (W),  
6 – топливо ( $UO_2$ )

Теплоносителем является жидкий натрий, что обусловлено рядом причин: высокая теплопроводность, большая по сравнению с другими щелочными металлами температура кипения, малое сечение захвата нейтронов. Задачей теплового расчета является определение температурных и энергетических характеристик установки. Входными параметрами являются: тепловая мощность КЯЭУ  $Q$ ; температура теплоносителя на входе  $T_{вх}$ ; перепад температур  $\Delta T$ ; теплофизические характеристики теплоносителя, оболочек и топлива, геометрические параметры ЭКГ и активной зоны.

Используя известное решение стационарного уравнения теплопроводности для многослойного цилиндра [2], можно получить функцию распределения теплового потока по высоте (координата  $z$ ):

$$q_l(z) = q_{l0} \cos\left(\frac{\pi z}{H_{эфф}}\right), \quad (1)$$

где  $q_{l0}$  – линейная плотность теплового потока в центре ЭКГ,  $H_{эфф}$  – эффективная высота активной зоны реактора. Зная тепловую мощность установки, можно определить расход теплоносителя

$$G = \frac{Q}{c_p \Delta T} \quad (2)$$

и найти функцию распределения температуры по высоте

$$T_{Na}(z) = T_{вх} + \frac{N_{ЭКГ}}{G c_p} \int_0^z q_l(\zeta) d(\zeta) \quad (3)$$

В формулах (2) и (3)  $c_p$  – удельная теплоемкость теплоносителя,  $N_{ЭКГ}$  – число ЭКГ. Графическое изображение зависимостей (1) и (3) приведено на рисунках 2 и 3.

Для вычисления коэффициента теплоотдачи теплоносителя, используется известная критериальная зависимость для течения жидких металлов в кольцевых каналах [3]

$$Nu = 5 + 0,025 Pe^{0,8}. \quad (4)$$

Здесь  $Nu$  – число Нуссельта,  $Pe$  – число Пекле. Для определения числа Пекле найдем среднюю скорость теплоносителя и эффективный диаметр канала

$$w = \frac{4G}{\pi d_{ЭКГ} \rho_{Na}}, \quad (5)$$

$$d_s = d_{\text{ЭКГ}} \left( \frac{2\sqrt{3}}{\pi} \left( \frac{A}{d_{\text{ЭКГ}}} \right)^2 - 1 \right), \quad (6)$$

где  $d_{\text{ЭКГ}}$  – диаметр канала,  $\rho_{\text{Na}}$  – плотность жидкого натрия,  $A$  – шаг решетки активной зоны.

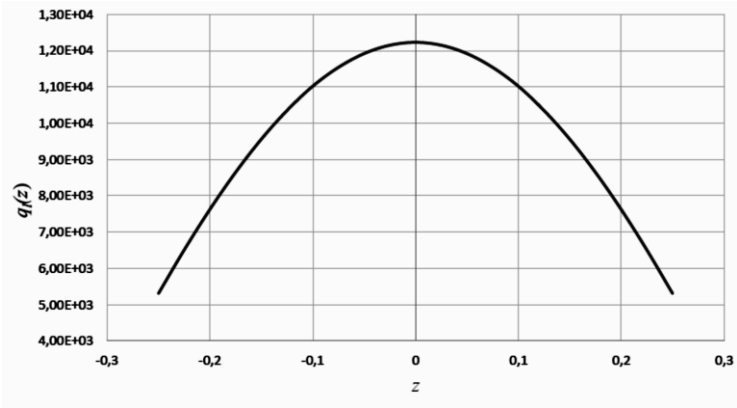


Рисунок 2 – График распределения линейной плотности теплового потока по высоте

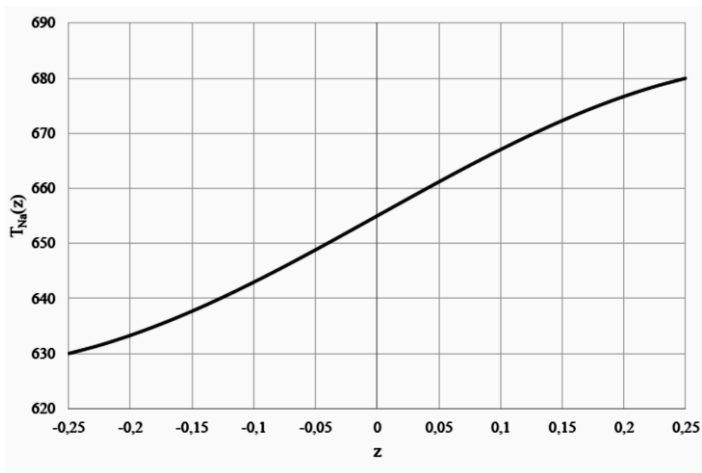


Рисунок 3 – График распределения температуры теплоносителя по высоте

Число Пекле

$$Pe = \frac{wd_3}{a}, \quad (7)$$

где  $a$  – коэффициент температуропроводности теплоносителя. Коэффициент теплоотдачи ( $\lambda_{Na}$  – теплопроводность жидкого натрия)

$$\alpha = \frac{\lambda_{Na} Nu}{d_3}. \quad (8)$$

Для нахождения температурных полей в ЭГК определяются термические сопротивления циркониевой оболочки  $R_1$ , анодной изоляции  $R_2$ , коллектора  $R_3$ , межэлектродного зазора  $R_4$  по логарифмическим формулам для многослойного цилиндра с учетом известных геометрических параметров и коэффициентов теплопроводности сред:

$$R_1 = \frac{\ln\left(\frac{r_{\text{ЭКЗ}}}{r_{\text{ЭКЗ}} - \delta_{\text{об}}}\right)}{2\pi\lambda_{Zr}}, \quad R_2 = \frac{\ln\left(\frac{r_{\text{ЭКЗ}} - \delta_{\text{об}}}{r_{\text{ЭКЗ}} - \delta_{\text{об}} - \delta_{\text{ИЗОЛ}}}\right)}{2\pi\lambda_{Al_2O_3}}, \quad (9)$$

$$R_3 = \frac{\ln\left(\frac{r_{\text{ЭКЗ}} - \delta_{\text{об}} - \delta_{\text{ИЗОЛ}}}{r_{\text{ЭКЗ}} - \delta_{\text{об}} - \delta_{\text{ИЗОЛ}} - \delta_{\text{КОЛ}}}\right)}{2\pi\lambda_{Nb}}, \quad R_4 = \frac{\ln\left(\frac{r_{\text{ЭКЗ}} - \delta_{\text{об}} - \delta_{\text{ИЗОЛ}} - \delta_{\text{КОЛ}}}{r_{\text{ЭКЗ}} - \delta_{\text{об}} - \delta_{\text{ИЗОЛ}} - \delta_{\text{КОЛ}} - \delta_{\text{CS}}}\right)}{2\pi\lambda_{Cs}}. \quad (10)$$

Термическое сопротивление топлива

$$R_6 = \frac{1}{4\pi\lambda_{UO_2}}, \quad (11)$$

Температуры оболочек вычисляются по формулам [2]:

– температура внешней оболочки ЭГК

$$T_1(z) = T_{Na}(z) + \frac{q_l(z)}{2\pi r_{\text{ЭКЗ}} \alpha}, \quad (12)$$

– температура внешней оболочки анодной изоляции

$$T_2(z) = T_{Na}(z) + \left(\frac{1}{2\pi r_{\text{ЭКЗ}} \alpha} + R_1\right) q_l(z), \quad (13)$$

– температура внешней оболочки катода

$$T_3(z) = T_{Na}(z) + \left(\frac{1}{2\pi r_{\text{ЭКЗ}} \alpha} + R_1 + R_2\right) q_l(z), \quad (14)$$

– температура внешней оболочки анода

$$T_4(z) = T_{Na}(z) + \left( \frac{1}{2\pi r_{эк2} \alpha} + R_1 + R_2 + R_3 \right) q_l(z), \quad (15)$$

– температура межэлектродного зазора

$$T_5(z) = T_{Na}(z) + \left( \frac{1}{2\pi r_{эк2} \alpha} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \right) q_l(z). \quad (16)$$

Графики приведены на рисунке 4.

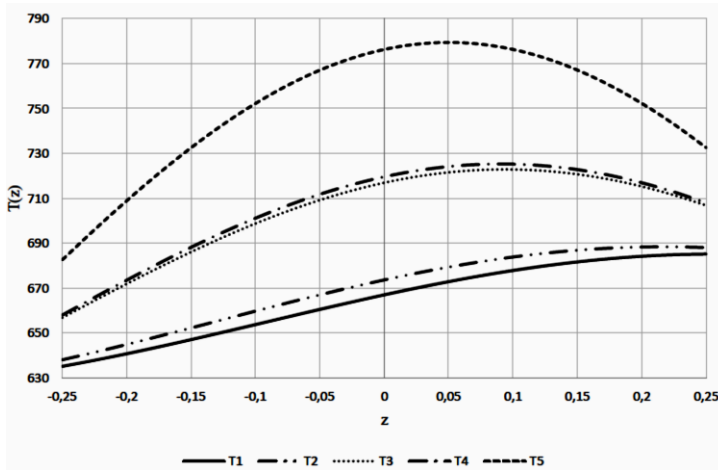


Рисунок 4 – Графики распределения температур оболочек по высоте

Температура эмиттера определяется из предположения, что перенос тепла осуществляется преимущественно излучением

$$T_6(z) = \sqrt[4]{T_5^4(z) + \frac{Q_{ЭГК}}{\sigma \varepsilon_n}}, \quad (17)$$

где  $\varepsilon_n$  – приведенная степень черноты коллектора и эмиттера,  $\sigma$  – постоянная Стефана-Больцмана (рисунок 5). Температура топлива может быть вычислена по формуле

$$T_7(z) = T_6(z) + q_l(z)R_6. \quad (18)$$

График представлен на рисунке 6.

Результаты, полученные в ходе теплофизического расчета являются основой вычисления входных параметров нейтронно-физического расчета.

С помощью программного пакета «MCU-5 free» была построена модель активной зоны, произведен оценочный расчет оптимальных геометрических параметров отражателя и регулирующих цилиндров.

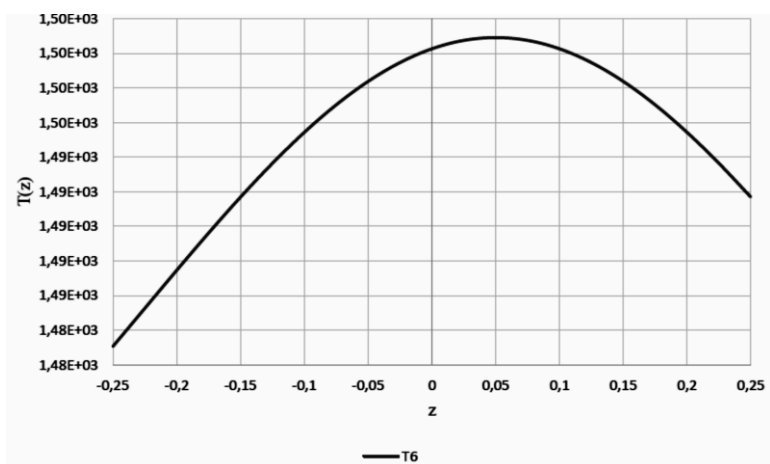


Рисунок 5 – График распределения температуры эмиттера по высоте

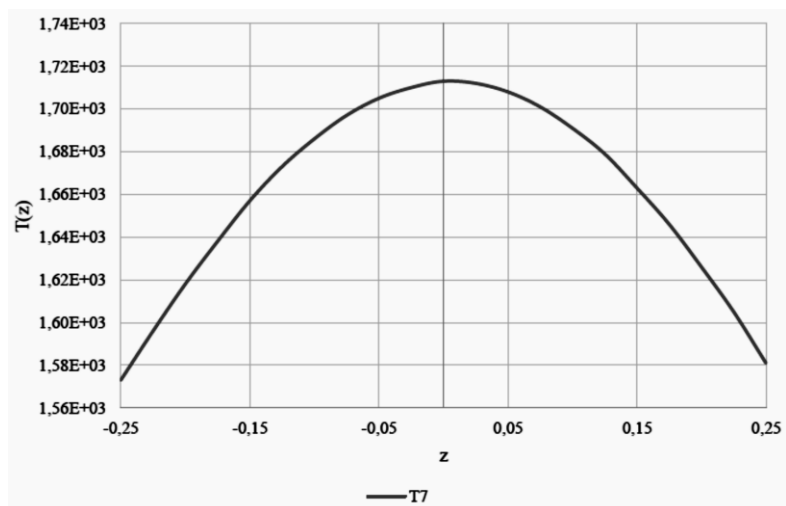


Рисунок 6 – График распределения температуры топлива по высоте

Список литературы:

1. Новиков, Л.С. Радиационные воздействия на материалы космических аппаратов: учебное пособие / Л.С. Новиков. – М.: Университетская книга, 2010. – 192 с.
2. Кузнецов, В.А. Ядерные реакторы космических энергетических установок / В.А. Кузнецов. – М.: Атомиздат, 1977. – 240 с.
3. Кутателадзе, С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление / С.С. Кутателадзе. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.

УДК 372.853

**Педагогические и статистические параметры  
задач муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников  
по физике в Калужской области**  
**Н.В. Кирюхина, А.А. Неделькина**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье представлен анализ итогов муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике в г. Калуге с точки зрения соответствия педагогических и статистических параметров олимпиадных заданий целям и задачам этапа, рекомендациям Центральной предметно-методической комиссии и оптимальной модели интеллектуального соревнования.

*Ключевые слова:* Всероссийская олимпиада школьников по физике, задачи физических олимпиад, сложность задачи.

Всероссийские олимпиады школьников по физике проводятся ежегодно в четыре этапа: школьный, муниципальный, региональный и заключительный.

В задачи муниципального этапа Олимпиады, наряду с повышением интереса к физике и популяризацией физических знаний, входит выявление и развитие творческих способностей, стремления к научно-исследовательской деятельности в области физики, привлечение к систематическим занятиям одаренных школьников, стимулирование всех форм работы с ними, создание необходимых условий для их поддержки. Кроме того, муниципальный этап выполняет функцию отбора участников регионального и заключительного этапов. Муниципальный этап предусматривает только



один тур, в котором участникам представляется задание, состоящее из комплекта задач: четыре в 7-8 классах и пять задач в 9-11 классах.

Составление олимпиадного задания возлагается на региональную предметно-методическую комиссию (далее – РПМК). В 2017 году в ее состав входили преподаватели КГУ им. К.Э. Циолковского (Красин М.С. – председатель, Кирюхина Н.В.). Составители должны руководствоваться содержанием образовательных программ по физике основного общего и среднего общего образования углублённого уровня и учитывать методические рекомендации Центральной предметно-методической комиссии (далее ЦПМК). Авторами статьи проанализированы комплекты заданий муниципального этапа Олимпиады 2017 года с точки зрения этих рекомендаций, а также с целью оценки их педагогических и статистических характеристик в контексте обозначенных выше целей и задач муниципального этапа Олимпиады.

1. Комплекты задач формируются по принципу «накопленного итога»: в них могут быть включены задачи по темам и разделам физики, изученными как в текущем году, так и ранее, но не должно быть задач, тематика которых опережает программу. Для этого требуется придерживаться перечня тем, разработанного ЦПМК. Все задачи 2017 года соответствовали этому требованию.

2. Рекомендуется «включать задачи, выявляющие способности обучающихся применять полученные в школе знания, а не их объем», но в то же время приветствуются комбинированные задачи, для решения которых применяются знания из разных разделов курса физики. В заданиях 2017 года комбинированных задач было немного: две в 10 классе, по одной в 9 и 8 классах. Это связано со структурой школьного курса и ограничениями тематики, описанными в первом пункте.

3. С учетом предметного профиля Олимпиады, математическая сторона решения задач не должна превалировать над физической. Не следует перегружать задачи сложными вычислениями. Нельзя, чтобы решение безальтернативно требовало использовать математический аппарат, выходящий за пределы программы по математике для соответствующего класса. Для этого в рекомендациях Центральной предметно-методической комиссии приводятся сроки изучения в школе важнейших математических понятий. Составители задач 2017 года строго придерживались этого требования.

4. Прямо указано не недопустимость включения как «закрытых» заданий с выбором варианта ответа, так и «чисто качественных» задач. Первое требование направлено на то, чтобы исключить возможность случайного угадывания ответа. Второе объясняется сложностью объективной оценки

решения качественных задач. Если первое требование не вызывает у авторов статьи и других членов Региональной предметно-методической комиссии возражений, то со вторым можно поспорить: способность к решению качественных задач является важным показателем развития научного мышления, а сложности объективной оценки преодолимы, как показывает опыт ОГЭ и ЕГЭ. В заданиях 2017 года в 11 классе была задача на объяснение электромагнитных явлений, в 8 – на узнавание и объяснение механических и тепловых явлений, свойств объекта (рыцарский доспех).

5. Предъявляются требования и к новизне задач. Использовать задания из печатных изданий или из сети Интернет допустимо, но источник должен быть не известен участникам. Известные задачи следует перерабатывать. Составители задач все годы проведения Олимпиад стремились к оригинальности задач в комплектах для каждого класса. Однако, составить задание не используя уже известные задачи затруднительно. В этих случаях авторы задач изменяли условия, используя для этого разные приемы:

- вариации фабулы и сюжета ситуации, описанной в условии (добавление в сюжет узнаваемых персонажей, перенесение ситуации в нетипичные условия, например, на другую планету);

- вариации способа задания данных в условии (график, таблица, фотография, рисунок и др.);

- комбинация нескольких известных задач.

6. К комплекту заданий предъявляется требование методической полноты. Он должен быть сбалансирован по тематике, охватывать как можно больше доступных элементов содержания программы курса физики для каждого класса. Однако сдерживающим фактором для выполнения этого требования служит перечень тем, изученных школьниками на момент проведения Олимпиады (пункт 1). Поэтому, ограничение тематики неизбежно. Как видно из таблицы 1 большинство задач олимпиады представляют раздел «Механика», что определяется структурой курса физики современной школы. Однако методическая полнота комплектов обеспечивается составителями другими способами – включением в комплект задач, отражающих такой важный образовательный результат как методологические знания и умения в области физического эксперимента: планировать эксперимент, объяснять его результаты, анализировать экспериментальные данные с учетом погрешностей, и др. Хотя регламент муниципального этапа не предполагает экспериментального тура, ничто не мешает включать в комплект так называемые «квазиэкспериментальные задачи».

## 7. Особое внимание уделяется сложности задач:

– задачи муниципального этапа должны быть сложнее задач школьного этапа;

– задание должно содержать задачи различной сложности, но «хотя бы две задачи должны быть доступны большинству участников».

Остановимся подробнее на последней группе требований в контексте целей и задач Олимпиады как интеллектуального состязания школьников. В психолого-педагогической литературе нет единого подхода к определению понятий «сложность» и «трудность» задачи. Однако, в значительном числе работ, сложность трактуется как объективная характеристика, определяемая структурой поиска решения (длиной алгоритма, количеством операций, содержательных единиц и связей между ними). Трудность чаще выступает как субъективная категория, зависящая от особенностей личности того, кто решает задачу, индивидуальных затрат ресурсов на поиск и получение решения. Ряд исследователей отделяет субъективную трудность от объективной, причем последняя понимается статистически (например, долей выборки решивших задачу).

Б.С. Кирьяковым [2] предложена педагогическая шкала сложности задач, построенная на основе статистических характеристик, но соотношенная с видом учебно-познавательной деятельности. Целью его исследования было построение оптимальной модели физической олимпиады как интеллектуального испытания «для наиболее полного раскрытия способностей испытуемых школьников, соединяющей объективность оценки их способностей и уровня подготовки с гуманностью испытания, реализацией индивидуального и дифференцированного подходов и сбалансированным достижением целей самой олимпиады» [2, с. 9].

В рамках модели задача характеризуется двумя параметрами – уровнями сложности ее составляющих, отражающими различные виды учебно-познавательной деятельности – продуктивную и репродуктивную, что отражает подход, развитый в работах В.Г. Разумовского: «В задачах первого типа (творческих) требуется, прежде всего, найти принцип решения, а в задачах второго типа принцип решения, по существу, уже содержится в ее условии» [3]. Сложность понимается статистически: в качестве метрического свойства для ее оценки выступает функция распределения участников по набранным баллам.

Продуктивная и репродуктивная составляющие сложности задач рассчитываются по формулам:

$$K_n = m - \bar{x} \frac{m - \bar{x} \bar{x} - \sigma^2}{m\sigma^2 - m - \bar{x} \bar{x}} - 1, \quad (1) \quad K_p = 1 - \bar{x} \frac{m - \bar{x} \bar{x} - \sigma^2}{m\sigma^2 - m - \bar{x} \bar{x}}. \quad (2)$$

где  $m$  – максимально возможный балл оценки задачи,  $\bar{x}$  – средний балл участника,  $\sigma^2$  – дисперсия балльных оценок. Степень поляризации, рассчитанная по формуле

$$\beta = \frac{|K_p + 1| - |K_n - 1|}{|K_p + 1| + |K_n - 1|}, \quad (3)$$

позволяет оценить вклад продуктивной и репродуктивной составляющей. Задачи продуктивного типа позволяют выделить наиболее сильных участников, что соответствует задаче отбора на следующий этап олимпиады. Однако преобладание задач с высокой степенью поляризации может привести к снижению мотивации значительного числа соревнующихся, что противоречит личностно-ориентированным целям регионального этапа.

Анализ статистических параметров сложности задач позволяет наметить пути совершенствования комплектов заданий для обеспечения баланса в достижении целей муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике. В таблице 1 приведены характеристики задач комплектов заданий 2017 года для каждого класса.

Из этих данных видно, что с точки зрения статистических характеристик наиболее сложным оказался комплект задач для 8 класса, при этом преобладающей оказалась продуктивная составляющая. Баланс продуктивной и репродуктивной составляющих характеризует комплект заданий для 11 класса. Анализируя структуру задач, можно сделать вывод, что задачи с близкими к нулю показателями поляризации представляют несколько различающихся по сложности подзадач. Таким образом, этот прием (разбиение задачи на части) может обеспечить оптимальное сочетание гуманности режима испытания с дифференциацией участников для выявления победителей и призеров, отбора участников следующего этапа.

Таблица 1 – Характеристики задач комплектов заданий 2017 года

№	Средний балл $x$ , репродуктивная сложность $K_p$ , продуктивная сложность $K_n$ , степень поляризации $\beta$				Тематика, тип и другие особенности задачи
	$x$	$K_p$	$K_n$	$\beta$	
	<b>7 класс (составитель – Красин М.С.)</b>				
1	5,4	0,39	-0,48	-0,09	Механика, кинематика, средняя скорость, расчетная, оригинальный сюжет, персонажи, несколько подзадач
2	4,9	0,72	-0,72	0,02	Механика, масса и плотность, расчетная, оригинальный сюжет, персонажи, несколько подзадач
3	6,6	0,43	-0,70	-0,31	Механика, кинематика, графики, оригинальный сюжет, персонажи, несколько подзадач
4	5,1	-1,20	1,10	-0,02	Методология, измерения, метод рядов, погрешности, оригинальный сюжет
<b>8 класс (составитель – Кирюхина Н.В.)</b>					
1	3,2	0,90	-0,79	0,36	Механика, масса и плотность, расчетная, бытовой сюжет, несколько подзадач
2	3,3	0,85	-0,69	0,35	Механика, скорость, плотность, расчетная, экологический сюжет, несколько подзадач
3	0,9	0,87	0,43	0,82	Механика, кинематика, средняя скорость, практический сюжет, несколько подзадач
4	3,2	0,95	-0,65	0,77	Тепловые явления, количество теплоты, мощность, график, расчетная, несколько подзадач
<b>9 класс (составитель – Красин М.С.)</b>					
1	7,1	0,47	-0,79	-0,43	Тепловые явления, уравнение теплового баланса, расчетная, несколько подзадач
2	4,2	0,30	-0,04	0,15	Электрические явления, постоянный ток, методологический аспект (измерения), оригинальный сюжет, персонажи, расчетная, несколько подзадач
3	6,1	-0,14	-0,25	-0,21	Механика, кинематика, оригинальный сюжет, персонажи, расчетная, несколько подзадач
4	6,2	-2,42	1,10	-0,23	Комбинированная (механика, тепловые явления), качественна, несколько подзадач
5	4,1	0,02	0,40	0,18	Механика, давление, «квазиэкспериментальная»
<b>10 класс (составитель – Кирюхина Н.В.)</b>					
1	5,4	0,33	-0,43	-0,08	Механика, кинематика, расчетная, несколько подзадач
2	2,7	0,82	-0,52	0,46	Механика, динамик, расчетная, несколько подзадач
3	5,9	-0,11	-0,23	-0,18	Механика, динамика, расчетная, несколько подзадач
4	4,0	0,27	0,11	0,21	Комбинированная (электродинамика и термодинамика), расчетная, график несколько подзадач
5	1,8	0,92	-0,62	0,64	Комбинированная (электродинамика и механика), расчетная, график, несколько подзадач
<b>11 класс (составитель – Красин М.С.)</b>					
1	3,7	-0,07	0,85	0,27	Механика, колебания, расчетная, несколько подзадач
2	7,0	-2,9	0,64	-0,41	Механика, кинематика, оригинальный сюжет, персонажи, несколько подзадач
3	6,8	0,21	-0,63	-0,37	Термодинамика, уравнение теплового баланса, расчетная, несколько подзадач
4	4,4	-0,6	1,03	0,12	Механика, давление, «квазиэкспериментальная»
5	2,6	0,51	0,36	0,47	Электродинамика, качественная, несколько подзадач

#### Список литературы:

1. Воронов, А.А. Методические рекомендации по разработке заданий и требований к проведению школьного и муниципального этапов Всероссийской олимпиады школьников в 2017/2018 учебном году по физике [Электронный ресурс] / А.А. Воронов, В.П. Замятнин, М.Ю. Слободянин. – М., 2017. – 24 с. – Режим доступа: <http://olymp.apkpro.ru/mm/mpp/files/fiz-sm-2018.pdf> (дата обращения: 21.03.2018).
2. Кирьяков, Б.С. Педагогическая модель и методика интеллектуального испытания школьников на олимпиадах по физике: Дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02, 13.00.01 / Б.С. Кирьяков. – Рязань, 2002. – 339 с.
3. Разумовский, В.Г. Физика в школе. Научный метод в познании и обучение / В.Г. Разумовский. – М.: Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС, 2004. – 463 с.

УДК 0.05+372.8+373

**Развитие методологической культуры  
в области физического эксперимента у участников  
муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников  
по физике посредством квазиэкспериментальных задач**

**М.С. Красин, И.И. Якушова**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье проведён анализ результатов включения квазиэкспериментальных задач в состав заданий муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по физике. Представлено описание содержания квазиэкспериментальных заданий. Показана роль таких заданий в развитии методологической культуры учащихся в области учёта и оценки погрешности результатов измерений.

*Ключевые слова:* оценка погрешности измерений, олимпиада школьников, эксперимент, методологическая культура.

#### **Наличие проблемы и актуальность исследований**

Значительную часть информации об окружающем мире человек получает эмпирическим методом. Важным компонентом методологической культуры проведения научного эксперимента является оценка погрешности результатов проведённых или планируемых измерений. Передача подрастающему поколению наиболее значимых достижений общечеловеческой культу-

ры, в том числе достижений методологической культуры, представляет собой одну из основных целей общего среднего образования. Поэтому формирование умения и стремления учащихся оценивать и учитывать погрешность измерений следует рассматривать в качестве одной из задач школьного образования. Методическое решение данной задачи представляет собой серьёзную проблему: во-первых, из-за сложности математического аппарата, на который опираются правила оценки погрешностей, во-вторых, из-за существенного увеличения времени на обработку экспериментальных данных в случае появления требования не только измерять искомые значения величин, но и учитывать погрешность этих измерений. В тоже время отказ от задачи обучения школьников оценке и учёту погрешности измерений приводит к следующим неблагоприятным последствиям:

– Делает некорректными предложения экспериментально подтвердить равенство измеряемых величин (например, при проверке закона Гей-Люссака или проверке равенства напряжений на параллельных участках электрической цепи и др.). В силу наличия неизбежных погрешностей измерений точное равенство сравниваемых величин, как правило, школьники не получают, и тогда, вместо выявления факта перекрытия интервалов значений измеряемых величин с учётом погрешностей их измерения, что позволило бы корректно утверждать об экспериментальном подтверждении равенства, они часто не могут устоять перед искушением немного подправить результаты, чтобы они точно совпали. Очевидно, что в этом случае формируется не методологическая культура проведения научного эксперимента, а совершенно иные качества.

– Не позволяет школьникам сравнивать степень точности различных способов измерений, т.е. делать предварительный осознанный выбор более точного способа получения экспериментальных данных. Очевидно, что способность осознанно выбирать наиболее оптимальный из нескольких возможных методов решения проблемных ситуаций, умение оценивать последствия выполненных действий является полезным качеством любого представителя человеческого сообщества.

У обучающихся формируется привычка выполнять эксперимент без оценки погрешности измерений, а затем вольно интерпретировать его результаты в зависимости от желаемого исхода (если результаты измерений совпадают с ожидаемыми, то утверждать о подтверждении этих ожиданий, а в случае несовпадения – ссылаться на погрешность измерений).

Одна из основных методических трудностей в формировании умения учащихся оценивать погрешность – это недостаток учебного времени. Ча-

стичным решением проблемы увеличения учебного времени на формирование у школьников методологической культуры оценки погрешности измерений может быть включение в число заданий для учащихся квазиэкспериментальных задач. Квазиэкспериментальными задачами будем называть учебные теоретические задачи, в которых описывается ситуация проведения или планирования эксперимента, требующая относится к излагаемым в ней сведениям как к сведениям, полученным экспериментально.

### **Ход и методика педагогического эксперимента**

В Калужской области на протяжении десяти лет (с 2008 года) на муниципальном этапе всероссийской олимпиады по физике школьникам регулярно предлагались для решения разнообразные квазиэкспериментальные задачи, в которых можно выделить три типа требований:

1. «Измерить» величину.
2. Сравнить точность измерений.
3. Придумать по метод измерения и указать меры, направленные на повышение точности измерений.

При этом в некоторых задачах требование «оценить погрешность измерений» было чётко сформулировано, а в других (таких было большинство) – прямое указание на необходимость оценки погрешности измерений отсутствовало (составители заданий считали, что учащиеся должны понимать необходимость приведения и сравнения результатов эксперимента только с учётом погрешности их получения).

Приведём примеры таких заданий, предлагавшихся школьникам 7-11 классов:

#### *Задача 1. «Диаметр таблетки»*

Для определения диаметра таблетки ученица Линейкина сообразила, что для повышения точности эксперимента следует воспользоваться методом рядов. Она расположила в ряд возле линейки таблетки и измерила положение начала и конца ряда (см. рис. 1). Какой ответ на вопрос о диаметре таблетки она записала в отчёте, если она действовала в соответствии с правилами научного метода познания?



Рисунок 1 – Рисунок к задаче «Диаметр таблетки»



### *Задача 2. «Измерение Удава»*

Когда друзья решили измерить длину удава, то она оказалась приблизительно равна либо трём длинам слона, либо семи длинам мартышки, либо тридцати восьми длинам попугаев. Результаты какого измерения более точные и какова относительная погрешность такого измерения? Ответ поясните.

### *Задача 3. «Точность метода»*

Ученик Семиклассников решил измерить ширину классной комнаты, для этого он взял метровую линейку с ценой деления, равной 0,5 см. Перекладывая несколько раз линейку он получил значение равное 482 см. Чтобы при перекладывании не было смещения линейки он на полу узким кусочком мела проводил черту возле края линейки и следующий раз откладывал линейку от этой черты. Ученица Семиклашкина, решила провести более точное измерение. Для этого она взяла миллиметровую линейку длиной 25 см. Толщина меловой отметки её не устроила, поэтому она каждый раз перед перекладыванием линейки проводила черту мягким карандашом. Чтобы линейка всякий раз укладывалась вдоль одной прямой, она проводила измерения, располагая линейку вдоль стены. В результате её измерений оказалось, что ширина класса равна 484 см. Чьи результаты измерений оказались более точными?

### *Задача 4. «Шарик попрыгунчик»*

Придумайте способ определения, во сколько раз уменьшается скорость шарика, падающего с некоторой высоты  $H$ , при ударе о поверхность стола. Опишите свои действия. Напишите все формулы, необходимые для получения ответа и записи итогового результата. Вы можете располагать следующими приборами: 1) шарик-попрыгунчик, 2) секундомер, 3) рулетка с миллиметровыми делениями длиной 1,5 м, 4) высокий штатив с лапкой, 5) нить, длиной примерно 20 см, 6) грузик известной массы, масса которого не более чем в 5 раз отличается от массы шарика, 7) стол. Справочные формулы: длина окружности  $2\pi R$ , где  $R$  – радиус окружности. Площадь круга  $\pi R^2$ . Объём шара  $\frac{4}{3}\pi R^3$ .

### *Задача 5. «Внутреннее сопротивление»*

Лаборант Вольтметров получил задание измерить внутреннее сопротивление школьного вольтметра, не прибегая к использованию омметра (мультиметра). Для этого он соединил последовательно вольтметр и микроамперметр и подключил их к источнику постоянного напряжения. Показания

приборов приведены на фотографиях (см. рис. 2). Какой ответ он должен был записать в отчёте о проведённой работе?

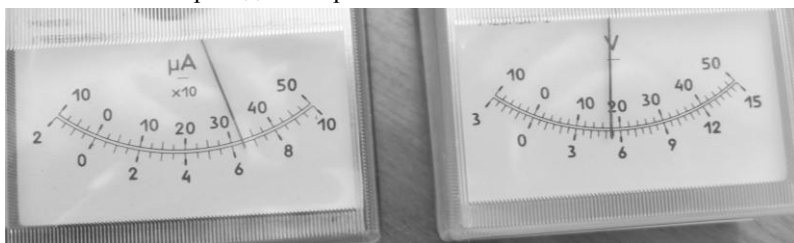


Рисунок 2 – Рисунок к задаче «Внутреннее сопротивление»

С целью ознакомления учителей и школьников с различными возможными методами оценки погрешности измерений к задачам прилагались подробные описания этих методов и давались рекомендации по упрощению расчётов. Авторы-составители рассчитывали, что анализируя свои ошибки, школьники будут приходить на следующий год более подготовленными.

Учитывая наличие в методической литературе различных подходов к оценке погрешностей, авторы-составители в критериях оценки допускали возможность использования школьниками различных методов оценки погрешности, а также возможность принятия ими различных величин значений основной погрешности прибора, погрешности отсчёта и погрешности метода.

### **Итоги статистического анализа результатов эксперимента**

Статистический анализ результатов решения квазиэкспериментальных задач участниками олимпиады школьников в г. Калуга за последние десять лет позволил сделать следующие выводы:

**1. Результаты решения школьниками квазиэкспериментальных задач улучшились.** Подтверждением этого может служить график изменения среднего балла, набранного участниками олимпиады за решение квазиэкспериментальных задач за последние десять лет. При этом для сравнения брались результаты первой двадцатки участников в каждом классе. Это делалось чтобы количество аутсайдеров, принимавших участие в олимпиаде в том или ином классе, не влияло на сравниваемые показатели. Расчёты показывают, что средний балл, выставленный за квазиэкспериментальную задачу участникам, показавших двадцать лучших результатов на олимпиаде в каждом классе за первые пять лет оказался равен 4,5 (у 220 школьников), а средний балл первой двадцатки за последние пять лет равен 5,3 (у 280 школьников). Таким образом, результат улучшился на 0,8 балла.

**2. Улучшение результатов решения квазиэкспериментальных задач произошло за счёт повышения у учащихся умения оценивать погрешность измерений и понимания ими, что погрешность необходимо учитывать всегда, когда приходится использовать сведения, полученные эмпирическим методом.** Подтверждением этому могут служить результаты, занесённые в таблицу 1 и график, отражающий успешность школьников в оценке погрешности измерений (см. рис. 4).



Рисунок 3 – Средний балл за решение квазиэкспериментальных задач учащимися в 2008-09 – 2017-18 уч. гг.

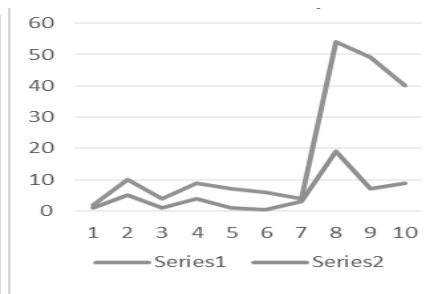


Рисунок 4 – Процент участников олимпиады, набравших баллы за оценку погрешности измерений (серия 1) и тех, кто корректно провёл эту оценку (серия 2)

Таблица 1 – Успешность результатов, показанных участниками олимпиады при оценке погрешности измерений

Учебный год	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
<b>Общее число участников</b>	86	43	264	55	127	203	135	133	81	113
Набрали баллы за оценку погрешностей	2	4	9	5	9	12	5	71	40	45
Корректно оценили погрешность	1	2	3	2	1	1	4	24	6	10

Использование метода Хи-квадрат Пирсона подтвердило статистическую значимость расхождения в показаниях учащихся за первые три года

и за три последние с доверительной вероятностью превышающем 99% ( $\chi_{\text{эмп}}^2 = 190, \chi_{\text{кр}}^2 = 9,2$  при  $k = 2$  и  $\alpha = 0,01$ , очевидно  $\chi_{\text{эмп}}^2 > \chi_{0,01, \text{крит}}^2$ ).

**3. Возросло количество участников олимпиады, убеждённых в необходимости оценки и учёта погрешности при обработке эмпирических результатов.** Подтверждением этого могут служить результаты, занесённые в таблицу 2

Таблица 2 – Количество участников олимпиады, которые должны были самостоятельно принять решение о необходимости оценки погрешности измерений

Учебный год	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
Общее число участников	86	43	264	55	127	58	135	45	34	71
Процент принявших решение	2	10	4	9	7	9	4	29	18	38

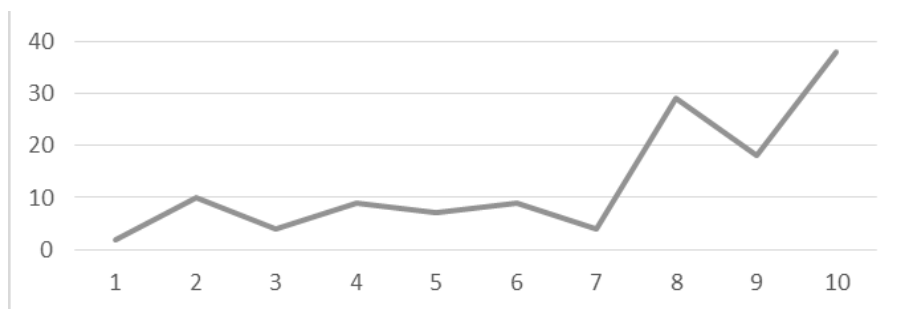


Рисунок 5 – Процент участников муниципальных этапов всероссийской олимпиады школьников по физике в г. Калуга в 2008-09 – 2017-18 уч. гг., которые принимали самостоятельное решение о необходимости оценки погрешности измерений в тех случаях, когда понимали, что имеют дело со сведениями, полученными экспериментальным методом

Согласно критерию Хи-квадрат Пирсона, гипотеза о различии результатов учащихся, показанных за первые три года, от результатов учащихся за последние три года, статистически существенна и степень её надёжности превышает 99%.

## **Объяснение особенностей наблюдаемых результатов**

1. Существенные колебания результатов, показанных участниками олимпиад при решении квазиэкспериментальных задач в разные годы объясняется двумя факторами.

Во-первых, возрастными отличиями тех школьников, которые в этом году должны были решать квазиэкспериментальную задачу. Например, высокие относительно соседних лет результаты в 2009-10 уч. году (см. рисунок 3, отметку 2 по оси абсцисс) объясняются тем, что в этом году квазиэкспериментальная задача предлагалась только школьникам 11 класса.

Во-вторых, нестандартностью предлагаемых заданий. Учитывая специфику олимпиад, авторы-составители старались, чтобы типы квазиэкспериментальных задач не повторялись из года в год. Это делалось, в том числе и для предотвращения эффекта «натаскивания» школьников на определённые ситуации связанные с оценкой и учётом погрешности измерений. Например, низкий относительно показаний соседних лет процент учащихся, которые смогли корректно оценить погрешность измерений в 2016-2017 уч. году (см. рисунок 4, график 2, отметка 9 по оси абсцисс) объясняется тем, что школьникам требовалось сделать вывод по результатам серии измерений, т.е. учесть погрешность разброса, хотя в большинстве предыдущих заданий необходимость в оценке этого типа погрешности не возникала, а очень низкий результат, показанный в 2013-2015 уч. году (см. рисунок 3, отметку 6 по оси абсцисс), объясняется тем, что в этом году в трёх параллелях учащимся было предложено придумать метод измерений, т.е. наиболее сложный тип квазиэкспериментальных задач).

2. Заметное улучшение результатов решения школьниками квазиэкспериментальных задач после 2014-2015 уч. года объясняется тем, что по инициативе учителей физики г. Калуги авторы-составители заданий провели семинар по вопросам методологии и методики учёта и оценки погрешности измерений. Были рассмотрены все интересующие учителей вопросы методики оценки погрешности измерений на уровне, доступном для применения учащимися школьного возраста. Им были рекомендованы методические пособия соответствующей направленности ([1]-[4]). В обсуждении вопросов приняли участие учителя физики большинства калужских школ. На следующий год результаты методического семинара сказались на успешности выступлений школьников на олимпиаде.

## **Выводы**

1. Систематическое включение квазиэкспериментальных задач в число заданий муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников

по физике способствует повышению уровня усвоения школьниками знаний и умений в области методологии оценки погрешности измерений, формированию у них методологических убеждений.

2. Повышение общего уровня методологической культуры учащихся в области научного эксперимента зависит в первую очередь от уровня знаний их учителей и их стремления научить этому своих учеников.

Список литературы:

1. Варламов, С.Д. Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах / С.Д. Варламов, А.Р. Зильберман, В.И. Зинковский. – М.: МЦНМО, 2009. – 184 с.
2. Красин, М.С. Оценка погрешности измерений при обработке результатов школьного физического эксперимента: Учеб-метод. пособие для студ. пед. вузов / М.С. Красин, О.О. Мильман. – Изд. 2-е испр. – Калуга: КГПУ им. К.Э. Циолковского, 2009. – 94 с.
3. Никифоров, Г.Г. Погрешности измерений при выполнении лабораторных работ. 7-11 кл. / Г.Г. Никифоров. – М.: Дрофа, 2004. – 112 с.
4. Никифоров, Г.Г. Оптимальный банк заданий для подготовки учащихся. ЕГЭ, 2012. Физика / Г.Г. Никифоров, Н.К. Ханнанов. – М.: Интеллект-Центр, 2012. – 224 с.

УДК: 536.1

**К вопросу о процессе теплопередачи в многослойном цилиндре  
при прогревании электрическим током**

**Ю.А. Гладышев, Е.А. Лошкарева, А.И. Бильцов**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В работе представлено аналитическое решение задачи о распределении тепла в многослойном цилиндре для случая, когда в слоях происходит выделение тепла, вследствие прохождением тока. Использовано сочетание матричного метода и аппарата обобщенных степеней Берса.

*Ключевые слова:* теплопроводность, краевые условия, многослойные среды.

Вопрос о теплопередаче в среде при прогревании ее электрическим током имеет большое практическое значение и его решению посвящено огромное количество теоретических и экспериментальных работ [1]. Во мно-

гих случаях среда, где происходит процесс неоднородна, что значительно влияет на процесс. Эта неоднородность может быть связана с многослойностью среды. Многослойность среды может иметь природное происхождение или создано искусственно с определенной целью. Например, это геологические слоистые отложения или пакет пластин трансформатора. Многие композитные материалы являются многослойными, причем физические параметры слоев могут быть очень различными (металлы, керамика и т.д.).

По общему мнению [2] решение краевых задач переноса в таких условиях представляется достаточно трудным и аналитически выполнима только для небольшого числа слоев.

Настоящее сообщение посвящено этому вопросу и предлагает использовать сочетание двух новых методов: матричного метода [2] и аппарата обобщенных степеней Берса (ОСБ) [3]. Основное внимание обращено на задачи, когда в слоях присутствуют распределенные источники тепла, связанные с проходящим током. Метод ОСБ позволяет одновременно рассмотреть задачи со сдвиговой осевой и центральной симметрией. Как основной пример выбран многослойный цилиндр, моделирующий многие технические устройства.

Решение задачи о прогревании слоистой среды электрическим током требует решение двух подзадач теории переноса во многом аналогичных по постановке и методам их решения. Прежде всего, необходимо найти распределение токов. Для этого предварительно в случае стационарной задачи необходимо найти потенциал электрического поля  $\varphi$  и по нему определить напряженность электрического поля  $E$ , который дает возможность найти плотность потока  $j$  [4].

В простейшем случае линейного процесса основное уравнение для потенциала  $\psi$   $x, y, z$  для неоднородной среды с коэффициентом электропроводности  $\gamma$   $x, y, z$  запишем

$$\frac{\partial}{\partial x} \gamma \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \gamma \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \gamma \frac{\partial \varphi}{\partial z} = 0. \quad (1)$$

Это уравнение эллиптического типа, которое при постоянном  $\gamma$  превращается в уравнение Лапласа. Искомое решение должно удовлетворять определенным поставленным задачей краевым условиям, в том числе и на границах контакта слоев. Объемная плотность мощности тепловых источников  $q$  определена как известно [4] законом

$$q = \frac{1}{\gamma} j^2, \quad j = J. \quad (2)$$

Вторая часть задачи состоит в нахождении поля температуры  $T(x, y, z)$ , определяемого неоднородным уравнением

$$\frac{\partial}{\partial x} \lambda_T \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \lambda_T \frac{\partial T}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \lambda_T \frac{\partial T}{\partial z} = -q \quad (3)$$

второго порядка эллиптического типа. Хотя уравнения (1) и (2) очень похожи, однако их решения могут быть совершенно различными. Например, система слоев может включать керамику, которая не проводит ток, хотя является теплопроводящей средой.

В основном будем решать задачу теплопроводности, ограничившись простейшими случаями течения электрического тока в многослойной среде специального вида.

Задача в целом, как это видно из [2], является нелинейной, хотя для полей потенциала  $\varphi$  и температуры  $T$  уравнения линейны.

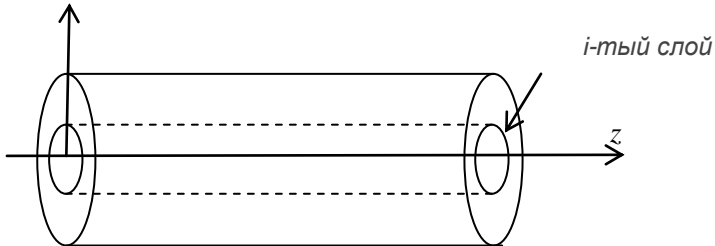


Рисунок 1 – Слоистый цилиндр

Ниже используется специальный математический аппарат (формализм Берса), который позволяет единым образом решать задачу не только плоских слоев, но и изучить особенности процессов теплопереноса при наличии у системы слоев осевой или центральной симметрии. Ниже рассмотрим осесимметричный случай (рис. 1).

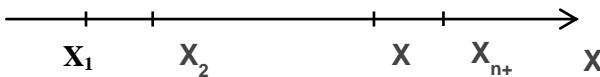


Рисунок 2 – Параметризация точек

В работе изучаются два случая, когда ток направлен вдоль оси цилиндра и когда ток направлен к оси. В первом случае, если заданы потенциалы в двух точках  $x_1$  и  $x_2$ , то плотность тока в каждом цилиндрическом слое определяем как



$$j_z = -\gamma \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{z_2 - z_1}. \quad (4)$$

Если система слоев содержит изоляторы, то потенциалы слоев с высокой электропроводностью могут быть различными, а следовательно и плотность тока.

В другом случае ток направлен по нормали к поверхности слоев. В силу условий симметрии (условие  $j = 0$  при  $\tau = 0$ ).

Этот случай относится к цилиндрической оболочке, когда заданы потенциалы крайних хорошо проводящих слоев. Решение задачи не исключает наличие по оси цилиндра линейного проводника.

Разумеется, токи рассматриваемого типа могут быть вызваны и другими причинами, например скин-эффектом. Далее обозначим для удобства координату  $r = x$ . Система слоев определена координатами  $x_1, \dots, x_{n+1}$ , где  $x_1, x_{n+1}$  координаты внешних цилиндрических поверхностей. За номер слоя примем номер левой координаты сегмента слоя  $x_i, x_{i+1}$ . Все величины, относящиеся к этому слою, нумеруем индексом  $i$  вверху в скобках. Например,  $T^i(x)$  означает температура в  $i$ -том слое.

Перейдем в уравнении (3) к цилиндрической системе координат и считаем, что  $\lambda_T(x)$  зависит только от  $x$ . Основные уравнения для  $T^i$  в случае, если  $T$  не зависит от угла и имеет вид

$$\frac{1}{x} \frac{\partial}{\partial x} \lambda_T^i(x) x \frac{\partial T}{\partial x} + \lambda_T^i(x) \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = -q^i(x). \quad (5)$$

Начнем с построения частного решения уравнения (3). Предположим, что оно зависит только от  $x$  и уравнение (3) запишем

$$\frac{1}{x \lambda_T} \frac{d}{dx} \lambda_T x \frac{dT}{dx} = -\frac{q(x)}{\lambda_T(x)} \quad (6)$$

или

$$a_2(x) \frac{d}{dx} a_1(x) \frac{dT}{dx} = -1, \quad (7)$$

$$\text{где } a_1 = \lambda_T(x) x, \quad a_2 = \frac{1}{q(x)}, \quad D_1 = a_1 \frac{d}{dx}, \quad D_2 = a_2 \frac{d}{dx}. \quad (8)$$

Для данного  $i$ -ого слоя имеем

$$a_1^i = \lambda_T^i(x), \quad a_2^i = \frac{1}{q^i(x)}. \quad (9)$$

Поток тепла  $J^i(x)$  определен как

$$J^i(x) = -a_1^i \frac{dT^i}{dx} = -D_1^i T^i. \quad (10)$$

Предварительно проведем решение задачи Коши [5] для  $i$ -ого слоя. Пусть заданы значения  $T^i(x_i)$ ,  $J^i(x_i)$  в точке начала  $i$ -ого слоя. Температура  $T^i(x)$  и поток  $J^i(x)$  в любой точке слоя определены выражениями

$$T^i(x) = T^i(x_i) - X^i(x, x_i) J^i(x_i) - w^i(x) - D_1^i \omega^i(x) X^1(x, x_i) + \omega^i(x), \quad (11)$$

$$J^i(x) = J^i(x_i) + D_1^i \omega^i(x) - D_1^i \omega^i(x). \quad (12)$$

Здесь через  $X^1(x, x_i)$  решение однородного уравнения (6) со свойствами

$$X^1(x_i, x_i) = 0, \quad D_1^i X^1(x, x_i) = 1. \quad (13)$$

Легко заметить, что часто символ  $x_i$  пишется просто  $i$ .

Перейдем к матричной форме записи результата (11), (12) для чего введем следующие векторы и матрицы

$$V^i(x, x_i) = \begin{pmatrix} T^i(x) \\ J^i(x) \end{pmatrix}, \quad W^i = \begin{pmatrix} \omega^i(x) \\ -D_1^i \omega^i(x) \end{pmatrix},$$

$$K^i(x, x_i) = \begin{pmatrix} 1 & -X^1(x, x_i) \\ 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (14)$$

После этого решение задачи Коши для  $i$ -ого слоя (11,12) примет форму

$$V^i(x) = K^i(x, x_i) V^i(x_i) - W^i(x) + W^i(x_i). \quad (15)$$

Например, для первого слоя имеем

$$V^1(x) = K^1(x, x_1) V^1(x_1) - W^1(x) + W^1(x_1). \quad (16)$$

Для установления рекуррентных соотношений между двумя  $i$ -ым и  $i+1$  слоем введем условие идеального контакта

$$T^i(x_{i+1}) = T^{i+1}(x_{i+1}), \quad J^i(x_{i+1}) = J^{i+1}(x_{i+1}). \quad (17)$$

или в матричной форме

$$V^i(x_{i+1}) = V^{i+1}(x_{i+1}). \quad (18)$$

Для  $i+1$  слоя выражение запишем

$$V^{i+1}(x) = K^{i+1}(x, x_{i+1}) V^{i+1}(x_{i+1}) - W^{i+1}(x) + W^{i+1}(x_{i+1}). \quad (19)$$

Выражение (19) дает решение системы посегментно. Оно сводит задачу к решению однородного уравнения и позволяет проследить падение температуры в цилиндре от максимального на оси цилиндра до минимального на внешней поверхности.

Например, взяв  $i = 1$  и подставив на основе (19) в выражение  $V^2 x$  найдем

$$V^2 x = K^2 x_2 K^2 x_2, x_1 V^1 x_1 - W^1 x_1 + K^2 x_2 W^1 x_2 - W^2 x_2 + W^2 x. \quad (20)$$

Действуя так, последовательно придем к следующему виду  $V^i x$  на сегменте  $x_i, x_{i+1}$

$$V^i x = \sum_{k=0}^{i-1} K^{i, \dots, k+1} x, x_1, \dots, x_{k+1} W^k x_{k+1} - W^{k+1} x_{k+1} + W^i x, \quad (21)$$

$$K^{i, \dots, k+1} = K^i x, x_i K^{i-1} x_i, x_{i-1} \dots K^{k+1} x_{k+2}, x_{k+1}, \quad W^0 1 = V^1 1. \quad (22)$$

Например, для  $i = 3$ , т.е. на сегменте  $x_3, x_4$  результат дан выражением

$$V^3 x = K^3 x_3 K^2 x_3, x_2 K^1 x_2, x_1 V^1 x_1 - W^1 x_1 + K^3 x_3 K^2 x_3, x_2 W^1 x_2 - W^2 x_2 + K^3 x_3 W^2 x_3 - W^3 x_3 + W^3 x. \quad (23)$$

В дальнейшем будем широко использовать аппарат обобщенных степеней Берса [3]. Поэтому построение частного решения  $w^i$ , входящего в (21) проведем с помощью ОСБ. Введем ОС, положив для порождающей пары  $a_1 x, a_2 x$  следующие функции

$$a_1^i = \lambda_T x x^\rho, \quad a_1^i = \frac{1}{q^i x \lambda_T x x^\rho}. \quad (24)$$

Из определения ОС следует

$$X_i^1 x, x_i = \frac{x d\xi}{x_i \lambda_T^i \xi^\rho}, \quad (25)$$

$$X_i^1 x, x_i = \frac{x \lambda_T^i \xi^\rho d\xi}{x_i}, \quad (26)$$

$$X_i^2 x, x_i = 2 \frac{x d\xi}{x_i \lambda_T^i \xi^\rho}. \quad (27)$$

Согласно построению ОС имеем

$$D_1^i X_i^2 x, x_i = 2X_i^1 x, x_i, \quad (28)$$

$$D_2^i X_i^1 x, x_i = 1, \quad D_1^i X_i^1 x, x_i = 1. \quad (29)$$

Из (28) следует, что в качестве  $w^i$  следует взять

$$w^i = -\frac{1}{2} X_i^2 x, x_i. \quad (30)$$

Поэтому в определении

$$D_1^i w^i = -D_1^i \frac{1}{2} X_i^2 = -X \quad (31)$$

Остается подставить полученное выражение для  $w^i$  в результат, учитывая, что  $X_i^2 x, x_i = 0$ .

$$V^i x = K^{i, \dots, k} W^k k + 1 + W^i x, \quad (32)$$

Где  $W^i x_1 = V^1 x_1$ ,  $W^k k + 1 = -\frac{1}{2} X_k^2 k + 1, 2$ .

Дано рассмотрение тепла для случая, когда в первом сегменте из металла работают источники тепла, распределенные по закону, вызванному прохождением тока по центральному проводнику.

Полученное решение задачи Коши приводит к решению обычной краевой задачи, когда при  $x = x_{n+1}$  задана температура

$$T_{x_{n+1}} = T_2. \quad (33).$$

Задача корректна из условия симметрии  $J^1 x_1 = 0$ . Выражение (32) дает значение температуры на оси цилиндра. Это может представлять практический интерес для оценки безопасности использования проводников при нештатных значениях электрического тока.

Список литературы:

1. Кудинов, В.А. Аналитические решения задач тепломассопереноса для многослойных конструкций / В.А. Кудинов. – М.: «Высшая школа», 2005.
2. Карслоу, А. Теплопроводность твердых тел / А. Карслоу. – М.: Наука, 1964.
3. Гладышев, Ю.А. Метод обобщенных степеней Берса / Ю.А. Гладышев. – Калуга: КГУ, 2011.
4. Тамм, И.Е. Основы теории электричества / И.Е. Тамм. – 10-е изд., испр. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 504 с.
5. Степанов, В.В. Курс дифференциальных уравнений / В.В. Степанов. – М.: Изд-во МГУ, 2004.

**О стационарной трёхмерной гидродинамической дисперсии  
в осесимметричном потоке при нелинейной зависимости  
коэффициента диффузии от скорости течения**

**А.Н. Куликов, В.И. Герасимова**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В работе рассмотрена одна из моделей гидродинамической дисперсии, основанная на решении соответствующего дифференциального уравнения для трехмерного стационарного случая. Предполагается, что зависимость коэффициенты гидродинамической дисперсии от скорости фильтрации является квадратичной.

*Ключевые слова:* массоперенос, гидродинамическая дисперсия, краевые задачи.

Гидродинамическая дисперсия – одно из явлений массопереноса, встречающееся в исследованиях различных отраслей технической практики. Оно состоит в движении растворимых веществ (примесей) в потоках жидкости через пористые среды. Дифференциальное уравнение, описывающие поле концентрации имеет вид [1], [2], [3].

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \operatorname{div} D \operatorname{grad} c - cv . \quad (1)$$

Имеющиеся аналитические решения в большинстве своем относятся к однородному или осесимметричному течениям жидкости и к одномерному или двумерному полям концентрации. Основная трудность аналитических решений состоит в зависимости коэффициента диффузии  $D$  от скорости фильтрации  $v$ . Экспериментальные исследования этой зависимости приводят к выражению  $D_{1,2} = D_0 + a_{1,2}v^\alpha$  [4],  $D_0$  – коэффициент молекулярной диффузии,  $a_{1,2}$  – продольная и поперечная дисперсионности среды, а параметр  $\alpha$  – принимает значения  $\alpha = 1$  или  $\alpha = 2$ . Значения коэффициента  $a_{1,2}$  определяются экспериментально, а его размерность выбирается в соответствии с зависимостью  $D(\alpha)$ .

Будем далее для случая  $\alpha = 2$  рассматривать фильтрационное течение, создаваемое линейным источником, так что  $v = \frac{Q}{r}$ ,  $Q$  – мощность источника. Запишем уравнение (1) в цилиндрической системе координат  $(r, \theta, z)$ .

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} r a_1 v^2 + D_0 \frac{\partial c}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial \theta} \frac{1}{r} a_2 v^2 + D_0 \frac{\partial c}{\partial \theta} + \frac{\partial}{\partial z} r(a_2 v^2 + D_0) \frac{\partial c}{\partial z} \mp v \frac{\partial c}{\partial r}. \quad (2)$$

Верхний знак при производной  $\frac{\partial c}{\partial r}$  соответствует расходящемуся фильтрационному течению.

Встречающиеся в технической практике фильтрационные течения часто происходят в течение достаточно длительного времени, поэтому процесс массопереноса веществ в них становится квазистационарным. Для описания таких процессов из уравнения (1) получим уравнение.

$$\frac{\partial}{\partial r} r(a_1 v^2 + D_0) \frac{\partial c}{\partial r} + \frac{a_2 v^2 + D_0}{r} \frac{\partial^2 c}{\partial \theta^2} + r a_2 v^2 + D_0 \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \mp Q \frac{\partial c}{\partial r} = 0. \quad (3)$$

Решения уравнения (3) выражаются через специальные функции [6] и малоприменимы для качественного анализа и практических расчётов, поэтому рассмотрим случай таких течений, при которых в направлении скорости потока доминирует конвективный перенос вещества, а значит в уравнении (3) первым слагаемым по сравнению с последним можно пренебречь.

$$\frac{a_2 v^2 + D_0}{r} \frac{\partial^2 c}{\partial \theta^2} + r a_2 v^2 + D_0 \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \mp Q \frac{\partial c}{\partial r} = 0. \quad (4)$$

Уравнение (4) описывает стационарную трёхмерную поперечную гидродинамическую дисперсию нейтральных примесей в радиальных фильтрационных потоках. Приведём это уравнение к виду

$$\frac{\partial^2 c}{\partial \theta^2} + r^2 \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \mp \frac{r^3}{a + br} \frac{\partial c}{\partial r} = 0, \quad (5)$$

$$a = a_2 Q, b = \frac{D_0}{Q}.$$

Методом разделения переменных будем искать решение уравнения (5) в виде

$$c(r, \theta, z) = R(r) \Theta(\theta) Z(z). \quad (6)$$

Для функций, входящих в выражение (6) получим обыкновенные дифференциальные уравнения

$$\frac{\partial R}{\partial r} \pm \frac{a + br^2}{r} R + \mu^2 + \frac{\lambda^2}{r^2} R = 0, \quad (7)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \theta} + \lambda^2 \Theta = 0, \quad (8)$$

$$\frac{\partial Z}{\partial z} + \mu^2 Z = 0. \quad (9)$$

Интегрируя эти уравнения получим

$$R r = A_0 e^{\mp \lambda^2 \tau_1 r + \mu^2 \tau_2 r}, \quad (10)$$

$$\tau_1 r = b \ln r - \frac{2a}{r^2}, \quad \tau_2 r = a \ln r + \frac{b}{2} r^2,$$

$$\Phi \theta = A_1 \cos \lambda \theta + A_2 \sin \lambda \theta, \quad (11)$$

$$Z z = B_1 \cos(\mu z) + B_2 \sin(\mu z).$$

Тогда общее решение уравнения (5) с учетом выражений (6), (10), (11), (12) будет иметь вид

$$\begin{aligned} & c r, \theta, z \\ & = A_0 A_1 \cos \lambda \theta + A_2 \sin \lambda \theta B_1 \cos \mu z + \\ & + B_2 \sin \mu z e^{\mp \lambda^2 \tau_1 r + \mu^2 \tau_2 r}. \end{aligned} \quad (12)$$

Общее решение (12) уравнения (5) позволяет сформулировать классические краевые задачи. Например, пусть задана клинообразная область, заполненная пористой средой и ограниченная плоскостями  $\theta = 0$ ,  $\theta = \varphi$ ,  $z = 0$ ,  $z = h$  и цилиндрической поверхностью  $r = r_0$ . Пусть также известны распределение концентрации и расход жидкости на поверхности  $r = r_0$ , а на границах области заданы условия первого и второго типов. В этом случае решение (12) должно удовлетворять, например, следующим условиям

$$c r, \theta, z = c_0, \quad (13)$$

$$\frac{\partial c}{\partial \theta} \Big|_{\theta=\varphi} = 0, \quad (14)$$

$$\frac{\partial c}{\partial z} \Big|_{z=0} = \frac{\partial c}{\partial z} \Big|_{z=h} = 0, \quad (15)$$

$$c r_0, \theta, z = f \theta, z. \quad (16)$$

Следуя методу разделения переменных [6] будем искать решение поставленной краевой задачи в виде

$$c r, \theta, z = c_0 - U(r, \theta, z), \quad (17)$$

причем вспомогательная функция  $U(r, \theta, z)$  удовлетворяет уравнению (5), условиям (14), (15), и нулевому условию на границе  $\theta = 0$  и условию

$$U r_0, \theta, z = c_0 - f \theta, z. \quad (18)$$

Подчиняя функции  $U r_0, \theta, z$  указанным нулевым условиям на плоских границах области найдем

$$A_1 = 0, B_2 = 0, \lambda_m = \frac{2m+1}{2\varphi} \pi, \mu_n = \frac{n\pi}{h}, \quad (19)$$

$$U_{m,n} r, \theta, z = D_{m,n} \sin \lambda_m \theta \cos \mu_n z e^{\mp \lambda^2 \tau_1 r - r_0 + \mu^2 \tau_2 r - r_0}. \quad (20)$$

Постоянную интегрирования  $A_0$  в выражении (10) выберем так, чтобы показатель степени в зависимости  $R(r)$  при  $r = r_0$  обращался в ноль, т.е.

$$A_0 = e^{\pm \lambda^2 \tau_1 r_0 + \mu^2 \tau_2 r_0} .$$

Таким образом, уравнению (5) будут удовлетворять функции вида

$$U_{m,n} r, \theta, z = D_{m,n} \sin \lambda_m \theta \cos \mu_n z e^{\mp \lambda_m^2 \tau_1 r - r_0 + \mu_n^2 \tau_2 r - r_0} . \quad (21)$$

а значит, и суперпозиция этих функций будет удовлетворять уравнению (5) и нулевым краевым условиям указанного вида, т.е. коэффициенты  $D_{m,n}$  находятся разложением распределения  $U r_0, \theta, z$  (18) в двойной ряд Фурье по собственным функциям

$$D_{m,n} = \frac{4}{\varphi h} \int_0^{\varphi} \int_0^h U r_0, \theta, z \sin \lambda_m \theta \cos \mu_n z d\varphi dz. \quad (22)$$

Окончательно решение краевой задачи (13) – (16) для уравнения (5) получено в виде

$$c r, \theta, z = c_0 - \frac{4}{\varphi h} \sum_{m,n=0}^{\infty} D_{m,n} U_{m,n} r, \theta, z . \quad (23)$$

Список литературы:

1. Bear, J. Dynamics of Fluids in Porous Media. – New York: American receiver, 1972. – 764 p.
2. Николаевский, В.Н. Движение углеводородных смесей в пористой среде / В.Н. Николаевский. – М.: Недра, 1968. – 267 с.
3. Веригин, Н.Н. Гидродинамические и физико-химические свойства горных пород / Н.Н. Веригин, С.В. Васильев, В.С. Сарнисян, Б.С. Шержуков. – М.: Недра, 1977. – 271 с.
4. Бэр, Я. Физико-химические основы фильтрации воды / Я. Бэр, Д. Заславский, С. Ирмей. – Мир, 1971. – 451 с.
5. Куликов, А.Н. Уравнение радиальной гидродинамической дисперсии и его общее интегралы / А.Н. Куликов // В кн.: Движение растворимых примесей в фильтрационных потоках. – Тула, 1983. – С. 15-20.
6. Будак, Б.М. Сборник задач по математической физике / Б.М. Будак, А.А. Самарский, А.Н. Тихонов. – М.: «Наука», 1972. – 687 с.



**О стационарной трехмерной поперечной гидродинамической дисперсии  
в осесимметричном фильтрационном течении**

**А.Н. Куликов, Е.В. Платошин**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В работе рассмотрена одна из моделей гидродинамической дисперсии, основанная на решении соответствующего дифференциального уравнения для стационарного случая. Предполагается, что фильтрационное течение потенциально, создано линейным источником и в направлении потоков доминирует конвективный перенос.

*Ключевые слова:* массоперенос, гидродинамическая дисперсия, краевые задачи.

Исследования многих макроскопических процессов массопереноса таких как: движение подземных вод, захоронение промышленных отходов, использование радиоактивных элементов в гидрологических экспериментах, миграция удобрений в почвах, проектирование гидротехнических сооружений и др. приводят к необходимости решения краевых задач для уравнения гидродинамической дисперсии [1], [2], [3].

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \operatorname{div} \left[ D \operatorname{grad} c - c \vec{v} \right]. \quad (1)$$

В этом уравнении

$c$  – относительная концентрация вещества в произвольной точке потока,

$v$  – скорость фильтрации,

$t$  – время,

$D_{1,2} = D_0 + a_{1,2} v^\alpha$  – коэффициент гидродинамической дисперсии,

$D_0$  – коэффициент молекулярной диффузии,

$\alpha$  – безразмерный параметр, который может принимать значения от  $\alpha=1$  до  $\alpha=2$ ,

$a_{1,2}$  – продольная и поперечная дисперсионности среды, имеющие размерность в соответствии со значением параметра  $\alpha$ .

Принимая  $\alpha=1$  запишем уравнения (1) в цилиндрической системе координат  $(r, \varphi, z)$  для осесимметричного фильтрационного течения жидкости так, что  $v=v(r)$  [4], [5]

$$\frac{\partial c}{\partial t} = v \left\{ \frac{\partial}{\partial r} \left[ \left( a_1 + \frac{D_0}{v} \right) \frac{\partial c}{\partial r} \right] + \frac{1}{r^2} \left( a_2 + \frac{D_0}{v} \right) \frac{\partial^2 c}{\partial \varphi^2} + \left( a_2 + \frac{D_0}{v} \right) \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \mp \frac{\partial c}{\partial r} \right\}, \quad (2)$$

$$v = \frac{Q}{r}, \text{ где } Q \text{ – расход жидкости.}$$

При выводе уравнений (1) и (2) предполагалась, что фильтрационное течение потенциально и подчиняется закону Дарси, среда, в которой происходит движение жидкости изотропна, массовыми силами можно пренебречь, растворимое вещество является нейтральным и не изменяет физических свойств среды и потока. При выводе уравнения (2) кроме того не учитывалась адсорбция вещества. Знак минус в последнем слагаемом соответствует расходящемуся фильтрационному течению.

В случае если процесс растворения происходит достаточно долго, то его можно считать квазистационарным и тогда из уравнения (2) с учетом выражения для скорости течения получим

$$\frac{\partial}{\partial r} \left( a_1 + \frac{D_0}{Q} r \right) \frac{\partial c}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \left( a_2 + \frac{D_0}{Q} r \right) \frac{\partial^2 c}{\partial \varphi^2} + \left( a_2 + \frac{D_0}{Q} r \right) \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \mp \frac{\partial c}{\partial r} = 0 \quad (3)$$

В более узкой части потока (зона поперечной дисперсии [4]) конвективный перенос вещества преобладает над молекулярной диффузией, и тогда уравнение (3) значительно упрощается

$$\frac{\partial^2 c}{\partial \varphi^2} + r^2 \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \mp \frac{r^2}{a_2 + br} \frac{\partial c}{\partial r} = 0, \quad b = \frac{D_0}{Q}. \quad (4)$$

Разделяя переменным получим

$$c(r, \varphi, z) = R(r)\Phi(\varphi)Z(z), \quad (5)$$

Функции  $R(r)$ ,  $\Phi(\varphi)$ ,  $Z(z)$  удовлетворяют обыкновенным дифференциальным уравнениям

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial \varphi^2} = -\lambda^2 \Phi, \quad (6)$$

$$\frac{\partial^2 Z}{\partial z^2} = -\mu^2 Z, \quad (7)$$

$$\frac{dR}{dr} \mp \left[ \frac{a_2 + br}{r^2} \lambda^2 - (a_2 + br) \mu^2 \right] R = 0, \quad (8)$$

$\lambda$  и  $\mu$  – произвольные константы. Знак минус в уравнениях (6) и (7) обеспечивает периодичность решений по переменным  $\varphi$  и  $z$

Интегрирование этих уравнений приводит к функциям

$$\Phi(\varphi) = A_1 \sin(\lambda\varphi) + A_2 \cos(\lambda\varphi), \quad (9)$$

$$Z(z) = B_1 \sin(\mu z) + B_2 \cos(\mu z), \quad (10)$$

$$R(r) = e^{\mp \left[ \lambda^2 \left( b \ln r + \frac{a_2}{r} \right) + \mu^2 r \left( a_2 + \frac{br}{2} \right) + M \right]}. \quad (11)$$

Постоянную интегрирования  $M$  выберем таким образом, чтобы показатель степени при экспоненте обращается в ноль, при некотором  $r = r_1$ , т.е.

$$M = -\lambda^2 \left( b \ln r_1 + \frac{a_2}{r_1} \right) - \mu^2 r_1 \left( a_2 + \frac{br_1}{2} \right),$$

$$\text{Тогда } R(r) = e^{\mp \left[ \lambda^2 \left( b \ln \frac{r}{r_1} + a_2 \frac{r-r_1}{r_1 r} \right) + \mu^2 (r-r_1) \left( a_2 + \frac{b}{2}(r+r_1) \right) \right]}. \quad (12)$$

Рассмотрим далее решения уравнения (4) с нулевыми краевыми условиями первого и второго типов.

Задача 1. Найти решения уравнения (4) удовлетворяющие условиям

$$c|_{\varphi=0} = c|_{\varphi=\theta} = c|_{z=0} = c|_{z=h} = 0 \quad (13.a)$$

$$c|_{r=r_1} = f(\varphi, z) \quad (13.b)$$

Подчиняя функции  $\Phi(\varphi)$  (9) и  $Z(z)$  (10) условиям (13.a) найдем

$$A_2 = B_2 = 0 \quad \text{и} \quad \lambda_m = \frac{m\pi}{\theta}, \quad \mu_n = \frac{n\pi}{h}. \quad (14)$$

Таким образом уравнению (4) и краевым условиям (13.а) удовлетворяют функции

$$C_{m,n}(r, \varphi, z) = D_{m,n} \sin\left(\frac{m\pi}{\theta} \varphi\right) \sin\left(\frac{n\pi}{h} z\right) e^{\mp \tau(\lambda, \mu, \rho)}, \quad (15)$$

$$\tau(\lambda, \mu, r) = \lambda^2 \left( b \ln \frac{r}{r_1} + a_2 \frac{r - r_1}{r_1 r} \right) + \mu^2 (r - r_1) \left( a_2 + \frac{b}{2} (r_1 + r) \right), \quad (16)$$

а, следовательно, суперпозиция этих функций будет являться решением уравнения (4) и удовлетворяет краевым условием (13.а)

$$C(r, \varphi, z) = \sum_{m,n=1}^{\infty} C_{m,n}(r, \varphi, z). \quad (17)$$

Коэффициенты  $D_{m,n}$  могут быть найдены из разложения функции  $f(\varphi, z)$  (13.б) в двойной ряд Фурье, т.е.

$$D_{m,n} = \frac{4}{\theta h} \int_0^{\theta} \int_0^h f(\varphi, z) \sin\left(\frac{m\pi}{\theta} \varphi\right) \sin\left(\frac{n\pi}{h} z\right) d\varphi dz. \quad (18)$$

Задача 2. Найти решение уравнения (4) удовлетворяющее условиям  $c(r_1, \varphi, z) = f(\varphi, z)$ ,

$$\left. \frac{\partial c}{\partial \varphi} \right|_{\varphi=0} = \left. \frac{\partial c}{\partial \varphi} \right|_{\varphi=\theta} = \left. \frac{\partial c}{\partial z} \right|_{z=0} = \left. \frac{\partial c}{\partial z} \right|_{z=h} = 0. \quad (19)$$

Подчиняя функции  $\Phi(\varphi)$  и  $Z(z)$  условиям (19) получим  $A_1 = 0$ ,  $B_1 = 0$ ,  $\lambda_m = \frac{m\pi}{\theta}$ ,  $\mu_n = \frac{n\pi}{h}$ , тогда

$$C_{m,n}(r, \varphi, z) = D_{m,n} \cos(\lambda_m \varphi) \cos(\mu_n z) e^{\mp \tau(\lambda_m, \mu_n, \rho)}, \quad (20)$$

$$D_{m,n} = \frac{4}{\theta h} \int_0^{\theta} \int_0^h f(\varphi, z) \cos(\lambda_m \varphi) \cos(\mu_n z) d\varphi dz, \quad (21)$$

$$C(r, \varphi, z) = \sum_{m,n=0}^{\infty} C_{m,n}(r, \varphi, z). \quad (22)$$

Задача 3. Найти решение уравнения (4) удовлетворяющее условиям  $c(r_1, \varphi, z) = f(\varphi, z)$ ,  $c(r, 0, z) = 0$ ,

$$\left. \frac{\partial c}{\partial \varphi} \right|_{\varphi=\theta} = \left. \frac{\partial c}{\partial z} \right|_{z=0} = \left. \frac{\partial c}{\partial z} \right|_{z=h} = 0 \quad (23)$$

Из условий (23) следует, что  $\lambda_m = \frac{2m+1}{2\theta} \pi$ ,  $\mu_n = \frac{n\pi}{h}$ ,  $A_2 = 0$ ,  $B_1 = 0$ ,

$$C(r, \varphi, z) = \sum_{m,n}^{\infty} D_{m,n} \sin(\lambda_m \varphi) \cos(\mu_n z) e^{\mp \tau(\lambda_m, \mu_n, \rho)}, \quad (24)$$

$$D_{m,n} = \frac{4}{\theta h} \int_0^{\theta} \int_0^h f(\varphi, z) \sin(\lambda_m \varphi) \cos(\mu_n z) d\varphi dz. \quad (25)$$

Аналогично могут быть получены решения краевых задач для уравнения (4) при других возможных комбинациях нулевых краевых условий:

$$c(r, \varphi, 0) = 0, \quad \left. \frac{\partial c}{\partial \varphi} \right|_{\varphi=0} = \left. \frac{\partial c}{\partial z} \right|_{\varphi=\theta} = \left. \frac{\partial c}{\partial z} \right|_{z=h} = 0; \quad (26)$$

$$c(r, 0, z) = c(r, \varphi, 0) = \left. \frac{\partial c}{\partial \varphi} \right|_{\varphi=\theta} = \left. \frac{\partial c}{\partial z} \right|_{z=h} = 0; \quad (27)$$

$$c(r, 0, z) = c(r, \theta, z) = \left. \frac{\partial c}{\partial \varphi} \right|_0 = \left. \frac{\partial c}{\partial z} \right|_h = 0. \quad (28)$$

Полученные решения трехмерного уравнения стационарной поперечной гидродинамической дисперсии как следует из метода разделения переменных [6] являются базовыми для решения задач математической физики с произвольными, в том числе и неоднородными краевыми условиями.

Список литературы:

1. Bear, J. Dynamics of Fluids in Porous Media / J. Bear. – New York: American receiver, 1972. – 764 p.
2. Николаевский, В.Н. Движение углеводородных смесей в пористой среде / В.Н. Николаевский. – М.: Недра, 1968. – 267 с.
3. Веригин, Н.Н. Гидродинамические и физико-химические свойства горных пород / Н.Н. Веригин, С.В. Васильев, В.С. Сарнисян, Б.С. Шержуков. – М.: Недра, 1977. – 271 с.
4. Бэр, Я. Физико-химические основы фильтрации воды / Я. Бэр, Д. Заславский, С. Ирмей. – Мир, 1971. – 451 с.
5. Куликов, А.Н. Уравнение радиальной гидродинамической дисперсии и его общее интегралы / А.Н. Куликов // В кн.: Движение растворимых примесей в фильтрационных потоках. – Тула, 1983. – С. 15-20.
6. Будаков, Б.М. Сборник задач по математической физике / Б.М. Будаков, А.А. Самарский, А.Н. Тихонов. – М., «Наука», 1972. – 687 с.

# МАТЕМАТИКА И МЕТОДИКА ЕЁ ПРЕПОДАВАНИЯ

УДК 517.983;519.6;517.28;538.953;681.511

**О некоторых особенностях математического моделирования нагрева поверхности однородной металлической мишени низкоэнергетическим электронным зондом**

**А.Н. Амрастанов<sup>1</sup>, Е.В. Серегина<sup>2</sup>, М.А. Степович<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

<sup>2</sup>*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Калужский филиал, Калуга*

Методами математического моделирования рассмотрена задача распределения тепла в материалах, облученных остро сфокусированными электронными пучками низких энергий. Модель построена на решении многомерного стационарного уравнения теплопроводности с использованием функции Грина. В качестве функции источника использована модель, применимая для широкого класса твердых тел и диапазона энергий первичных электронов. Некоторые результаты проиллюстрированы на примере различных металлических мишеней.

*Ключевые слова:* математическое моделирование, электронный зонд, электронная микроскопия, теплопроводность, металлы.

## **1. Введение**

Анализ температурных полей, возникающих в результате облучения остро сфокусированным пучком электронов (электронным зондом) поверхности мишени, может иметь важное практическое значение в различных отраслях науки и техники. При облучении образца сфокусированным электронным пучком в месте его падения на мишень выделяется значительная энергия, что может привести к существенному повышению локальной температуры и это, возможно, необходимо будет учитывать при проведении количественных исследований. Ранее нами проведена оценка влияния электронного зонда на изменение температуры при проведении рентгеноспектрально-

го микроанализа [1-4], а также изучены некоторые особенности нагрева электронным зондом полупроводниковых [5-9], мишеней. В настоящей работе изложены некоторые результаты таких исследований для металлических объектов.

## 2. Постановка задачи

Если считать, что большая часть энергии электронов идет на нагрев, то распределение тепловых источников будет совпадать с распределением потерь энергии первичных электронов. Распределению энергетических потерь при взаимодействии электронного зонда с веществом посвящен ряд работ; довольно подробный обзор которых приведен в [10]. Большинство моделей при расчёте дают лишь качественное соответствие экспериментальным результатам, причем применение каждой из них ограничивается сравнительно узким кругом материалов. Стоит выделить работы [11-14], в которой описана модель, основанная на возможности раздельного количественного описания вклада энергии поглощенных в мишени и обратно рассеянных электронов. Эта модель может быть успешно использована для проведения количественных расчетов для широкого класса материалов в широком диапазоне энергий первичных электронов (практически от 2 до 50 кэВ). Настоящая работа посвящена использованию данной модели для расчета распределения тепла в металлических образцах при низких энергиях первичных электронов. При проведении расчётов используем модель, использованную в [15-17] для моделирования распределения тепла в полупроводниковых мишенях.

Функцию источников тепла можно записать следующим образом:

$$F M = P(M) / c \rho ,$$

где  $P(M)$  – функция потери энергии электронами зонда,  $c$  – удельная теплоемкость мишени,  $\rho$  – плотность материала.

Температурное поле можно описать следующим трехмерным стационарным уравнением

$$\left( \frac{\partial^2 \Delta T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Delta T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Delta T}{\partial z^2} \right) = - \frac{P(x, y, z)}{k} . \quad (1)$$

Здесь  $\Delta T = T(x, y, z) - T_0$ , где  $T(x, y, z)$  – температура образца в точке после установления стационарного режима под воздействием электронного пучка,  $T_0$  – температура образца до воздействия электронного пучка,  $k$  – коэффициент теплопроводности.  $\Delta T(x, y, z)$  должна удовлетворять следующим граничным условиям:



$$\lim_{x \rightarrow -\infty} \Delta T = 0, \lim_{x \rightarrow +\infty} \Delta T = 0, \lim_{y \rightarrow -\infty} \Delta T = 0, \lim_{y \rightarrow +\infty} \Delta T = 0, \lim_{z \rightarrow +\infty} \Delta T = 0.$$

В условиях, близких к вакууму, теплообменом с внешней средой можно пренебречь, поэтому можно задать следующее граничное условие:

$$\left. \frac{\partial \Delta T}{\partial z} \right|_{z=0} = 0.$$

### 3. Решение задачи и полученные результаты

Уравнение (1) можно решить с использованием функции Грина. Соответствующее уравнение для функции Грина будет следующим:

$$\operatorname{div} \operatorname{grad} G = -\delta(x - x_0, y - y_0, z - z_0) \quad (2)$$

со следующими граничными условиями:

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} G = 0, \lim_{x \rightarrow +\infty} G = 0, \lim_{y \rightarrow -\infty} G = 0, \lim_{y \rightarrow +\infty} G = 0, \lim_{z \rightarrow +\infty} G = 0$$

$$\left. \frac{\partial G}{\partial z} \right|_{z=0} = 0.$$

Легко можно убедиться [18], что функция

$$G = \frac{1}{4\pi R} + \frac{1}{4\pi R_1}, \quad (3)$$

где  $R = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2}$ ,  $R_1 = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z + z_0)^2}$ , являющаяся решением уравнения (1) и удовлетворяет граничным условиям.

Тогда распределение тепла  $\Delta T(x, y, z)$  определяется следующим образом:

$$\Delta T = \int_D G(x_0, y_0, z_0, x, y, z) \frac{P}{k} dV_Q \quad (4)$$

где  $D$  – область распространения тепла ( $-\infty < x_0 < +\infty$ ,  $-\infty < y_0 < +\infty$ ,  $0 < z_0 < +\infty$ ),  $dV_Q = dx_0 dy_0 dz_0$ .

Описанная в [11-14] модель выглядит следующим образом:

$$P(M) = \frac{1,085(1-\eta)P_0}{\pi^{\frac{3}{2}} a_1^2 z_{ms} \left(1 - \eta + \eta \frac{z_{ss}}{z_{ms}}\right)} \left( \exp \left( - \left[ \frac{x^2 + y^2}{a_1^2} + \left( \frac{z - z_{ms}}{z_{ms}} \right)^2 \right] \right) \right) +$$

$$+ \frac{\eta a_1^2}{1-\eta a_2^2} \exp \left( - \left[ \frac{x^2 + y^2}{a_2^2} + \left( \frac{z - z_{ss}}{z_{ss}} \right)^2 \right] \right). \quad (5)$$

Здесь начало координат совпадает с точкой падения электронного зонда на образец.  $P_0$  – величина, пропорциональная мощности пучка первичных электронов [11-14];  $z_{ms}$  – глубина максимальных потерь энергии первичными электронами, испытавшими малоугловое рассеяние и поглощенными мишенью, а  $z_{ss}$  – глубина максимальных потерь энергии обратно рассеянными электронами [19, 11-14];  $\eta$  – коэффициент обратного рассеяния электронов пучка. Параметры  $a_1$  и  $a_2$  определяются из соотношений  $a_1^2 = z_{ms}^2 + 0.72d_b^2$ ,  $a_2^2 = 0.25z_{ss}^2 + 0.72d_b^2$ , где  $d_b$  – диаметр электронного зонда;  $d_b$  намного меньше  $z_{ms}$  и  $z_{ss}$  поэтому им можно пренебречь.

В качестве примера использования полученных соотношений, на рисунке 1 приведены рассчитанные согласно выражениям (4) и (5) распределения температуры для трёх различных металлов: алюминия (лёгкий металл), меди (металл со средним атомным номером) и золота (тяжёлый металл). Характер полученных зависимостей качественно отвечает результатам, полученным ранее для полупроводниковых мишеней [7, 8, 20-22]. В то же время анализ вклада в потери энергии рассмотренных двух групп электронов – поглощённых в мишени и обратно рассеянных – показал, что для тяжёлых металлов характерным оказалась немонотонная зависимость  $\Delta T(E_0)$ . В диапазоне энергий 2...6 кэВ для лёгких металлических мишеней рассчитанные значения температуры по сравнению с медной мишенью оказались ниже примерно в 3...4 раза, а для тяжёлых мишеней – выше, причём для мишени из золота при энергии первичных электронов около 5,5 кэВ наблюдался локальный максимум, обусловленный существенным вкладом в потери энергии обратно рассеянных электронов.

#### 4. Заключение

В результате проведённых расчётов получено выражение, позволяющее находить распределение температуры в полубесконечной металлической мишени как функцию расстояния до точки падения электронов зонда на образец. Некоторые возможности метода для проведения практических расчетов проиллюстрированы на примере различных металлических мишеней.

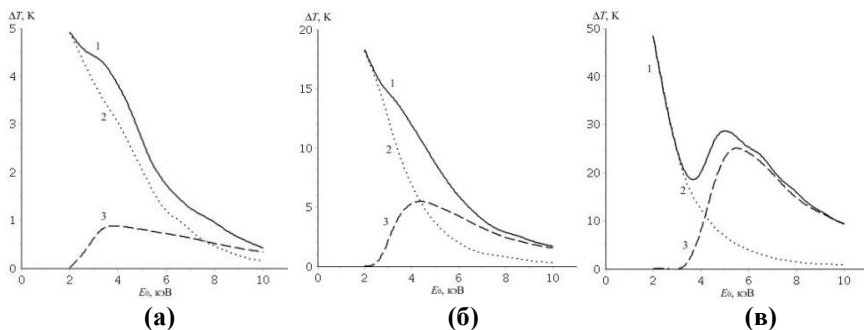


Рисунок 1 – Результаты моделирования распределений зависимостей максимальной температуры в объемах металлов от энергии первичных электронов (кривая 1): Al (рисунок а), Cu (рисунок б) и Au (рисунок в).

Также показан вклад в кривую 1 энергии, рассеянной в мишени поглощенными (2) и отраженными (3) электронами. Расчеты проведены для диаметра электронного зонда  $d_b = 0$  и тока зонда  $10^{-7}$  А

*Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-03-00515) и гранта РФФИ и правительства Калужской области (проект № 18-42-400001).*

#### Список литературы:

1. Амрастанов, А.Н. Тепловое воздействие электронного зонда при рентгеноспектральном наноанализе / А.Н. Амрастанов, А.Ю. Кузин, В.Б. Митюхляев, Е.В. Серегина, М.А. Степович, П.А. Тодуа, М.Н. Филиппов // Измерительная техника. – 2017. – № 6. – С. 13-15.
2. Amrastanov, A.N. Thermal Action of an Electronic Probe with X-ray Spectral Nanoanalysis / A.N. Amrastanov, A.Yu. Kuzin, V.B. Mityukhlyayev, E.V. Seregina, M.A. Stepovich, P.A. Todua, M.N. Filippov // Measurement Techniques. – 2017. – Vol. 60, Issue 6. – P. 534-537.
3. Kuzin, A.Yu. Thermal Effects During Low-Voltage Electron-Probe X-Ray Spectral Microanalysis with Nanometer Localization / A.Yu. Kuzin, M.A. Stepovich, V.B. Mityukhlyayev, P.A. Todua, M.N. Filippov // Measurement Techniques. – 2017. January. – Vol. 59, Issue 10. – P. 1061-1064.
4. Кузин, А.Ю. Тепловые эффекты при низковольтном электронно-зондовом рентгеноспектральном микроанализе с нанометровой локальностью / А.Ю. Кузин, М.А. Степович, В.Б. Митюхляев, П.А.Тодуа, М.Н. Филиппов // Измерительная техника. – 2016. – № 10. – С. 27-29.

5. Амрастанов, А.Н. Об одной возможности математического моделирования теплового воздействия остро сфокусированного электронного пучка на однородный полупроводник / А.Н. Амрастанов, С.А. Гинзгеймер, М.А. Степович, М.Н. Филиппов // Известия РАН. Серия физическая. – 2016. – Т. 80. – № 10. – С. 1448-1452.
6. Amrastanov, A.N. On Possibility of Mathematically Modeling the Thermal Effect of a Finely Focused Electron Beam on a Homogeneous Semiconductor / A.N. Amrastanov, S.A. Ginzgeyer, M.A.Stepovich, M.N. Filippov // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2016. – Vol. 80, Issue 10. – Pp. 1290-1294.
7. Stepovich, M.A. On one peculiarity of the mathematical model describing the interaction of the electron beam with the semiconductor material / M.A. Stepovich, A.N. Amrastanov, E.V.Seregina, M.N. Filippov // Modern Methods, Problems and Applications of Operator Theory and Harmonic Analysis VIII: Proceedings of the VIII International Conference (22-27 April, 2018, Rostov-on-Don, Southern Federal University). – Rostov-on-Don: Southern Federal University, 2018. – P. 134-135.
8. Stepovich, M.A. On one peculiarity of the model describing the interaction of the electron beam with the semiconductor surface / M.A. Stepovich, A.N. Amrastanov, E.V.Seregina, M.N. Filippov // Journal of Physics: Conf. Series. – 2018. – Vol. 955. – P. 012040 (6 p.).
9. Polyakov, A.N. Qualitative properties of a mathematical model of the diffusion of excitons generated by electron probe in a homogeneous semiconductor material / A.N. Polyakov, A.N. Smirnova, M.A. Stepovich, D.V. Turtin // Lobachevskii Journal of Mathematics. – 2018. – Vol. 39, № 2. – P. 259-262.
10. Степович, М.А. Количественная катодолюминесцентная микроскопия прямозонных материалов полупроводниковой оптоэлектроники: Дис. ... д-ра физ.-мат. наук (01.04.07) / М.А. Степович. – М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 351 с.
11. Михеев, Н.Н. Количественный анализ материалов полупроводниковой оптоэлектроники методами растровой электронной микроскопии / Н.Н. Михеев, В.И. Петров, М.А. Степович // Известия Академии наук СССР. Серия физическая. – 1991. – Т. 55. – № 8. – С. 1474-1482.
12. Mikheev, N.N. Quantitative Analysis of Semiconductor Optoelectronic Materials by Raster Electron Microscopy / N.N. Mikheev, V.I. Petrov, M.A. Stepovich // Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR. Physical Series. – 1991. – Vol. 55. – № 8. – P. 1-9.

13. Михеев, Н.Н. Распределение энергетических потерь при взаимодействии электронного зонда с веществом / Н.Н. Михеев, М.А. Степович // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 1996. – Т. 62. – № 4. – С. 20-25.
14. Mikheev, N.N. Distribution of Energy Losses in Interaction of an Electron Probe with Material / N.N. Mikheev, M.A. Stepovich // Industrial Laboratory. – 1996. – Vol. 62. – № 4. – P. 221-226.
15. Амрастанов, А.Н. О моделировании нагрева поверхности полупроводниковой мишени низкоэнергетичным электронным зондом / А.Н. Амрастанов, Е.В. Серегина, М.А. Степович, М.Н. Филиппов // Прикладные задачи математики: Материалы XXV международной научно-технической конференции (18-22 сентября 2017 г., г. Севастополь, Севастопольский государственный университет). – Севастополь: СевГУ, 2017. – С. 126-131.
16. Степович, М.А. О некоторых проблемах математического моделирования процессов тепломассопереноса, вызванных киловольтными электронами в полупроводниковых материалах / М.А. Степович, Е.В. Серегина, А.Н. Амрастанов // Сборник материалов XXVIII Крымской осенней математической школы-симпозиума по спектральным и эволюционным задачам (17-29 сентября 2017 г., пос. Батилиман, Крымский федеральный университет). Секции 5-9. – Симферополь, ДИАЙПИ, 2017. – С. 56-58.
17. Амрастанов, А.Н. Математическая модель нагрева полупроводниковой мишени низкоэнергетичным электронным зондом / А.Н. Амрастанов, М.А. Степович, М.Н. Филиппов // Научные труды Калужского государственного университета им. К.Э. Циолковского. Естественные науки. – Калуга: КГУ им. К.Э. Циолковского, 2017. – С. 57-62.
18. Тихонов, А.Н. Уравнения математической физики / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 799 с.
19. Kanaya, K. Penetration and energy-loss theory of electrons in solid targets / K. Kanaya, S. Okayama // J. Phys. D: Appl. Phys. – 1972. – Vol. 5. – P. 43-58.
20. Амрастанов, А.Н. Об одной особенности моделирования нагрева полупроводниковой мишени электронным зондом / А.Н. Амрастанов, Е.В. Серегина, М.А. Степович // Кристаллофизика и деформационное поведение перспективных материалов: Тезисы докладов седьмой международной конференции, посвящённой памяти профессора С.С. Горелика (2-5 октября 2017 г., г. Москва, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»). – М.: МИСиС, 2017. – С. 37.

21. Stepovich, M.A. On one peculiarity of the model describing the interaction of the electron beam with the semiconductor surface / M.A. Stepovich, A.N. Amrastanov, E.V.Seregina, M.N. Filippov // Modern problems in physics of surfaces and nanostructures: Book of abstracts of III International Conference (9-11 October 2017, Yaroslavl, Yaroslavl Branch of the Institute of Physics and Technology, Russian Academy of Sciences). – Yaroslavl: Yaroslavl Branch of the Institute of Physics and Technology, Russian Academy of Sciences, 2017. – P. 75.
22. Амрастанов, А.Н. О математическом моделировании нагрева поверхности полупроводниковой мишени низкоэнергетичным сфокусированным электронным зондом / А.Н. Амрастанов, Е.В. Серегина, М.А. Степович, М.Н. Филиппов // Техноюнити – электронно-лучевые технологии для микроэлектроники: Тезисы докладов 2-го международного форума (9-12 октября 2017 г., г. Москва, Зеленоград, Казённое предприятие г. Москвы «Корпорация развития Зеленограда»). – Черногловка: Богородский печатник, 2017. – С. 35.

**Об учёте результатов электроннозондовых исследований при моделировании некоторых технологических процессов**  
**А.А. Вирюс<sup>1</sup>, М.А. Степович<sup>2</sup>, В.В. Коровушкин<sup>3</sup>, М.Н. Шипко<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> *Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка*

<sup>2</sup> *Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

<sup>3</sup> *Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва*

<sup>4</sup> *Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, Иваново*

Методами растровой электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа исследованы порошки железной руды, гематита  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , и твёрдого раствора  $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ , используемые для производства различных электротехнических изделий. Проведённый анализ позволил описать структуру и состав порошков. Локальный рентгеноспектральный микроанализ позволил провести оценку соотношения примесей в порошке гематита и оценить степень неоднородности частиц твёрдого раствора  $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ .

*Ключевые слова:* растровая электронная микроскопия, рентгеноспектральный микроанализ, исходное сырьё, структура и состав частиц.

Как известно, качество исходного материала может существенно влиять на результаты его обработки различными методами [1-5] и, в конечном итоге, на эксплуатационные характеристики изделий из этих материалов. В силу этого изучение исходного сырья представляет большой практический интерес [6, 7].

В настоящей работе методами растровой электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа исследованы порошки железной руды, гематита  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , и твёрдого раствора  $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ . Основной целью исследований являлось получение количественной информации об этих материалах для последующего моделирования технологических процессов производства из них различных электротехнических изделий.

Структура и элементный состав образцов изучались в растровом электронном микроскопе Tescan Vega II XMU с энергодисперсионным рентгеновским спектрометром INCAx-sight [3]. Условия анализа всех образцов были следующими: ускоряющее напряжение равнялось 20 кВ, ток поглощенных электронов при анализе – 400 пА, размер зонда – 210 нм, рабочее расстояние – 25 мм. При проведении исследований оба порошка крепились на угле-

родный скотч, при этом порошок гематита исследовался без напыления на него проводящей плёнки, а на порошок твёрдого раствора  $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$  напыляли плёнку углерода.

Общий вид порошков  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$  представлен на рис. 1. Данные рис. 1 позволяют оценить размеры частиц всех закрепленных на столике образцов частиц порошка, описать размеры и форму частиц, также на этом рисунке указаны точки, в которых проводился микроанализ. Локальный рентгеноспектральный микроанализ позволил провести оценку соотношения основных элементов и примесей. Содержание элементов, входящих в состав анализируемых минералов, дано в % масс. Содержание кислорода рассчитано по стехиометрии минерала.

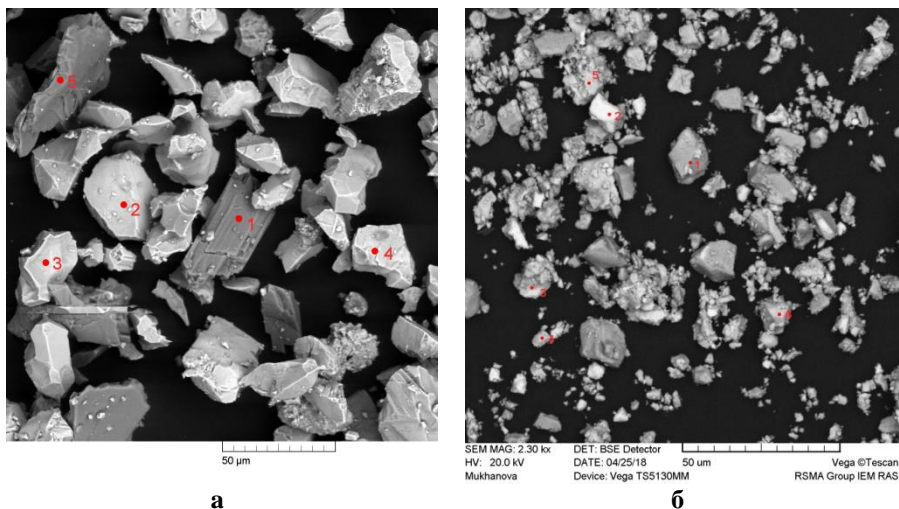


Рисунок 1 – Общий вид исследованных порошков:  
а – гематита  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  [6, 7] и б)  $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ .

На микрофотографиях отмечены точки, в которых проводился микроанализ.  
Снимки в обратно рассеянных электронах при ускоряющем напряжении 20 кВ

Данные о результатах рентгеноспектрального микроанализа порошка гематита приведены в таблице 1, а результаты исследований твёрдого раствора  $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$  – в таблице 2. Рентгеноспектральный микроанализ обоих порошков проводился в шести точках, указанных на микрофотографиях рис. 1. В обеих таблицах в первом столбце указаны номера шести точек (с 1 по 6), в которых проводился микроанализ, далее указаны анализируемые



элементы и информация, полученная в результате проведенных измерений. В строках 7 и 8 таблицы 2 приведены данные микроанализа, проведенного при сканировании электронного зонда по площади 50×50 мкм при нанесении порошка на столик образцов ровным слоем.

Таблица 1 – Результаты локального рентгеноспектрального микроанализа порошка гематита [6, 7]

№	Содержание, % масс.								Минерал	
	Na	Mg	Si	K	Ca	Fe	O	Сумма	Формула	Название
1	10,3±0,9		25,5±0,9			24,5±1,3	39,7	100,0	NaFeSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	эгирин
2						69,6±1,9	30,4	100,0	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	гематит
3						70,0±2,0	30,0	100,0	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	гематит
4						70,0±1,9	30,0	100,0	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	гематит
5		7,7±0,4			40,6±0,7	23,8±0,9	27,9	100,0		оксид
6	0,8±0,5		3,2±0,4	0,3±0,2		64,2±1,8	31,5	100,0	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	гематит

Суммируя результаты рентгеноспектрального микроанализа (см. таблицу 1), можно говорить, что минералы, отмеченные на рис. 1а точками 2, 3, 4 и 6, по составу соответствуют гематиту. Из примесей в порошке присутствуют эгирин (анализ № 1 в таблице 1) и оксид кальция (анализ № 5 в таблице). На рис. 1а эгирин представлен в виде темных минералов, форма которых близка к прямоугольной, оксид кальция – в виде тонких пластин темно-серого цвета.

Таблица 2 – Результаты локального рентгеноспектрального микроанализа порошка  $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$  ( $x=1,5$ )

№	Содержание, % масс					Формула
	O	Al	Fe	Ba	Сумма	
1	31,4±1,1	25,1±0,9	22,2±1,2	21,3±1,4	100,0	$\text{BaFe}_2\text{Al}_6\text{O}_{13}$
2	31,0±1,1	18,3±0,7	23,7±1,2	27,1±1,4	100,0	$\text{BaFe}_2\text{Al}_3\text{O}_{10}$
3	23,4±1,2	2,2±0,4	60,7±1,4	13,6±0,9	100,0	$\text{BaFe}_{11}\text{AlO}_{15}$
4	26,9±1,2	3,8±0,4	57,0±1,4	12,4±0,9	100,0	$\text{BaFe}_{11}\text{Al}_{1,5}\text{O}_{19}$
5	34,1±1,1	2,7±0,4	52,3±1,4	11,0±0,9	100,0	$\text{BaFe}_{12}\text{Al}_{1,2}\text{O}_{27}$
6	15,4±1,0	2,2±0,4	66,9±1,6	15,5±1,1	100,0	$\text{BaFe}_{11}\text{AlO}_9$
7	25,4±1,2	3,6±0,4	58,3±1,4	12,7±1,2	100,0	$\text{BaFe}_{11}\text{Al}_{1,4}\text{O}_{17}$
8	24,2±1,2	3,3±0,4	58,2±1,4	14,4±0,9	100,0	$\text{BaFe}_{10}\text{Al}_{1,2}\text{O}_{14}$

При изучении порошка  $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ , состав которого по загрузке в шихте отвечал  $x=1,5$ , обнаружено (см. таблицу 2), что состав отдельных частиц порошка отличается от ожидаемого, что может сказаться на эксплуатационных характеристиках изготавливаемых изделий.

*Исследования проведены при частичной финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований и правительства Калужской области (проект № 18-42-400001).*

#### Список литературы:

1. Степович, М.А. Влияние коронного разряда на характеристики супердисперсных частиц магнетита / М.А. Степович, М.Н. Шипко, В.Г. Костишин, В.В. Коровушкин // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2017. – № 2. – С. 32-35.
2. Stepovich, M.A. Influence of Corona Discharge on the Characteristics of Superdispersed Magnetite Particles / M.A. Stepovich, M.N. Shipko, V.G. Kostishin, V.V. Korovushkin // Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2017. – January. – Vol. 11, Issue 1. – P. 194-196.
3. Степович, М.А. О влиянии импульсов магнитного поля на структуру и свойства магнетита / М.А. Степович, М.Н. Шипко, В.В. Коровушкин, В.Г. Костишин // Известия РАН. Серия физическая. – 2017. – Т. 81, № 8. – С. 1152-1156.

4. Stepovich, M.A. Effect of Magnetic Field Pulses on the Structure and Properties of Magnetite / M.A. Stepovich, M.N. Shipko, V.V. Korovushkin, V.G. Kostishin // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2017. – Vol. 81, № 8. – P. 1037-1040.
5. Шипко, М.Н. Экспериментальные исследования влияния слабых импульсных магнитных полей на свойства конденсированных сред / М.Н. Шипко, В.В. Коровушкин, М.А. Степович, В.Г. Костишин // Перспективные материалы и технологии: Материалы международного симпозиума (22-26 мая 2017 г., Белоруссия, г. Витебск, Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебский государственный технологический университет). В 2-х ч. Ч. 1 / под ред. В.В. Рубаника. – Витебск: УО «ВГТУ», 2017. – С. 118-120.
6. Вирюс, А.А. Анализ состава и структуры порошков оксидов  $Fe_2O_3$  / А.А. Вирюс, М.Н. Шипко, М.А. Степович, В.В. Коровушкин // Научные труды Калужского государственного университета им. К.Э. Циолковского. Естественные науки. – Калуга: КГУ им. К.Э. Циолковского, 2017. – С. 84-86.
7. Вирюс, А.А. Комплексный микроанализ состава и структуры порошков гематита / А.А. Вирюс, М.Н. Шипко, М.А. Степович, В.В. Коровушкин // Прикладная физика. – 2018. – № 1. – С. 63-68.

УДК 517.9

### **Применение математического аппарата Берса к решению задачи теплопроводности**

**А.И. Канарейкин**

*Подольский социально-спортивный институт*

В работе рассмотрен вопрос о стационарной передаче тепла через стенку. Материал стенки, также как и её толщина, предполагаются переменными вдоль стенки. Учётн поток тепла вдоль стенки из одной области в другую. Решение было дано с использованием формального аппарата Берса.

*Ключевые слова:* теплопроводность, пластина, поток тепла, температура, обобщенные степени Берса.

Пусть мы имеем пластину переменной толщины  $d(x)$ , изменяющейся достаточно медленно по сравнению с расстоянием вдоль пластины  $X$  (рисунок 1).

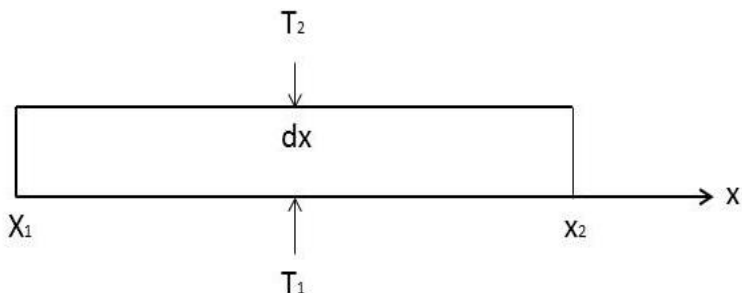


Рисунок 1 – Пластина с теплоизолированным участком

Предположим, что заданы внешние температуры  $T_1, T_2$ . Считаем, что процесс теплопроводности в стенке по направлению оси  $x$  одномерный  $T(x)$ . Кроме этого, существует поток тепла по направлению нормали к пластине через поверхности, который происходит по закону Ньютона. Уравнение для поля температур примет вид

$$\frac{d}{dx} \left( a \frac{dT}{dx} \right) + \beta_1^2 (T_1 - T) + \beta_2^2 (T_2 - T) = 0$$

где:  $a = kd$ ;

$k$  – теплопроводность;

$d$  – переменная толщина пластины;

$\beta_1, \beta_2$  – коэффициенты внешнего теплообмена.

Решение должно удовлетворять условиям тепловой изоляции на краях стенки соответственно

$$\left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=x_1} = \left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=x_2}$$

Для простоты на первом этапе предположим, что все внешние температуры постоянны в соответствующей области. Считаем также, что коэффициенты внешнего теплообмена постоянны. Введем условную температуру  $T_0$ , которая была бы в стенке при потоке тепла, нормальном к стенке и внешних температурах выражением

$$T_0 = \frac{\beta_1^2 T_1 + \beta_2^2 T_2}{\beta_1^2 + \beta_2^2},$$

где  $\beta_1^2 + \beta_2^2 = \beta_3^2$ .

С помощью температуры  $T_0$  система (1) запишется в виде

$$\frac{d}{dx} \left( a \frac{dT}{dx} \right) + \beta_3^2 (T_0 - T) = 0.$$

Чтобы учесть возможную неоднородность стенки, то есть наличие переменной теплопроводности  $k$  и толщины, решение приведем в форме Берса, которая уже использовалась в работе [1]. Искомое решение можно представить в виде

$$T = Ach\beta_3 X(x_1, x) + T_0,$$

где  $ch\beta_3 X(x_1, x)$  – ряды типа гиперболического косинуса по обобщенным степеням Берса.

Определим коэффициент  $A$  из условия, что поток тепла через верхний участок равен потоку через нижний участок:

$$J_1 = J_2.$$

Поток тепла через верхний участок:

$$J_1 = \beta_1^2 \int_{x_1}^{x_2} (T_1 - T) dx.$$

Поток тепла через нижний участок:

$$J_2 = \beta_2^2 \int_{x_1}^{x_2} (T_2 - T) dx,$$

откуда

$$A = \frac{\beta_2^2(T_2 - T_0) - \beta_1^2(T_1 - T_0)}{(\beta_2^2 - \beta_1^2)sh\beta_3 \tilde{X}(x_1, x_2)}.$$

Окончательное решение имеет вид

$$T = ch\beta_3 X(x_1, x) \frac{\beta_2^2(T_2 - T_0) - \beta_1^2(T_1 - T_0)}{(\beta_2^2 - \beta_1^2)sh\beta_3 \tilde{X}(x_1, x_2)} + T_0,$$

или

$$T = (T_2 - T_1) \frac{2\beta_1^2 \beta_2^2 ch\beta_3 X(x_1, x)}{(\beta_2^4 - \beta_1^4)sh\beta_3 \tilde{X}(x_1, x_2)} + \frac{\beta_1^2 T_1 + \beta_2^2 T_2}{\beta_1^2 + \beta_2^2}.$$

Таким образом, была получена аналитическая зависимость температурного поля пластины от внешних температур с учётом внешнего теплообмена.

В работе решение задачи дано с использованием формального аппарата Берса, что позволяет охватить широкий круг различных геометрических ситуаций.

Список литературы:

1. Борисов, А.Н. Передача тепла через стенку при частичной её адиабатической изоляции / А.Н. Борисов, А.И. Канарейкин // Труды XV Школы–семинара молодых ученых и специалистов под руководством академика РАН А.И. Леонтьева. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – Т. 2. – С. 402-404.

УДК 519.111.4; 51-7; 517.926; 519.111.4; 355.433

## **Математическое моделирование военных операций по Осипову-Ланчестеру: сравнительный анализ**

**В.А. Короткий**

*Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны, Ярославль*

В работе анализируется вклад генерала М.П. Осипова в математическое моделирование военных сражений и впервые в отечественной литературе проводится подробный сравнительный анализ работ М.П. Осипова и Ф.В. Ланчестера. Выявлены причины низкой популярности таких моделей в военном деле.

*Ключевые слова:* математическое моделирование военных операций, модели Осипова-Ланчестера.

### **1. Введение**

Идея математического анализа боевых операций с помощью дифференциальных уравнений для получения преимуществ одной из сторон конфликта впервые была высказана во время Первой Мировой Войны в работах М.П. Осипова [1-5] и Ф.В. Ланчестера [6]. Анализ таких имитационных моделей позволяет предсказать исход отдельных сражений или всей войны в целом, а также дать (неочевидные) рекомендации по ведению боевых действий и мобилизации экономики в конкретных условиях.

К сожалению, в отечественной математической и технической литературе по исследованию операций имя Михаила Павловича Осипова мало известно: одни авторы [7-11] о нём, видимо, не знают, упоминая только Ф.В. Ланчестера; другие [12-14] – приписывают эту работу однофамильцам. Главная причина такой ситуации – журнал «Военный сборник» стал библиографической редкостью, а пионерские работы М.П. Осипова по теории операций [1-5] давно не переиздавались. Имея ввиду бесспорный приоритет нашего учёного в открытии целого научного направления, необходимо сроч-

но переиздать работы [1-5], как это было сделано, например, с работой Дж. В. Чейза [15], изданной в приложении к новому изданию [16] в 1988 году.

В англоязычной литературе наметилась тенденция перехода от понятия «модель Ланчестера» к «модели Осипова–Ланчестера». Это связано с «открытием» работ М. Осипова Р.Л. Хельмболдом [17] в 1993 году и переводом статей [1-5] на английский язык в 1995 году [18]. Примечательно, что переводом занимались крупные американские специалисты именно в теории исследования операций, осознающие важность доступности основополагающих работ для развития науки. Заслуга идентификации автора этих статей М. Осипова с генералом (в отставке) М.П. Осиповым также принадлежит американскому учёному, Дж. В. Киппу, в то время (2004 год) директору управления иностранных военных исследований США. Он опубликовал своё исследование в «Журнале Славянских Военных Исследований» [19], издаваемом в Великобритании и посвящённом военному делу в странах Центральной и Восточной Европы и включающем историю, геополитику, обзоры издаваемой литературы. Исследование заняло около 10 лет и по косвенным, но очень убедительным признакам, авторство статей в «Военном сборнике» было установлено [19].

Понятно, что хорошие идеи «носятся в воздухе» и приходят в голову, как правило, нескольким учёным. В этой связи стоит упомянуть работу американского адмирала Б.А. Фиска [20] «Американская военно-морская политика», которую он послал на конкурс эссе в 1905 году и выиграл его. Там он приводит «геометрические» [20], а не арифметические соображения о потерях сражающихся сторон с разной начальной численностью – всё тот же квадратичный закон. Правда, в более поздней работе [12] «Флот как боевая машина» он сослался [15] на работу Дж. В. Чейза 1902 года, где были те же выводы. Дифференциальных уравнений эти авторы не писали, но по их работам видно, что идея о том, что в военном деле пора применять более сложные, чем арифметика, методы математических рассуждений, уже стала овладевать умами военных по всему миру. В связи с этим договоримся о терминологии: под моделями Осипова-Ланчестера мы будем понимать (нормальную) систему обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, описывающую военные конфликты. По этой причине удлинение названия модели до Чейза-Фиска-Осипова-Ланчестера ничем не обосновано. Так можно назвать лишь одно из важнейших частных решений уравнений Осипова-Ланчестера, имеющее военно-прикладное значение, и следствие из него: «более сильная сторона несёт меньшие потери».

## 2. М.П. Осипов и Ф.В. Ланчестер

Итак, первым, кто использовал дифференциальные уравнения для моделирования военных сражений, был русский генерал М.П. Осипов, сделавший это в 1915 году [1-5]. По долгу службы он занимался геодезическими и астрономическими исследованиями, систематически проводя большое количество вычислений по обработке результатов (астрономических) наблюдений и (геодезических) измерений. Шла Первая Мировая Война, генерал М.П. Осипов вышел в отставку в 1913 году [21]. Не имея возможности участвовать в боевых сражениях, он задумался над тем, как получить преимущество в войне с помощью математики. И сделал это основательно, в духе старой военной школы России, проанализировав десятки сражений, используя данные открытой печати (военные справочники, энциклопедии), иллюстрируя свои рассуждения большим количеством таблиц и примеров, которые сформулировал в стиле стандартного задачника по математике. Имея конечной целью своей работы выработку конкретных рекомендаций по тактике ведения боевых действий, М.П. Осипов показал великолепные примеры математической формализации даже таких сложнейших понятий как «боевой дух», «трусость», «уныние», «талант военачальника», «боевая мощь», «оборона», «наступление». Ф.В. Ланчестер сразу «открестился» от такого подхода (в §24 главы 5 [2]), опасаясь нападок в Прессе (именно так в книге [6], с заглавной буквы – четвёртая власть). М.П. Осипову тоже пришлось отбиваться от нападок в газетах – отсюда и дополнительная публикация в № 10 «Военного сборника» [5].

Работы М.П. Осипова публиковались в ежемесячном журнале «Военный сборник» (в пяти номерах). Этот журнал, помимо официальных документов и статей о военной науке, печатал рассказы из военного быта, мемуары, биографии, сведения об открытиях и другие известия. Причём статьи не всегда подписывались с полными данными автора. Офицеры писали о накопленном боевом опыте, о проблемах службы, предлагали и обсуждали проекты военных реформ.

Сформулируем принципы, которые заложил М.П. Осипов своими работами [1-5] в математическую теорию описания военных действий:

1) для описания закономерностей, по которым происходят военные сражения, необходимо использовать высшую математику, а не только арифметику;

2) военный конфликт, как всякий процесс, разворачивающийся во времени, можно описывать дифференциальными уравнениями (системами диф-



ференциальных уравнений). Такой подход требует решения нескольких проблем, назовём их:

2.1) математическая формализация задачи, выбор подходящих величин в качестве неизвестных функций;

2.2) определение вида уравнения;

2.3) интерпретация и определение коэффициентов при неизвестных;

2.4) математическое решение получившихся уравнений и анализ результатов;

3) военные битвы могут описываться разными дифференциальными уравнениями (то есть отличаться не только коэффициентами, но и типом неизвестных функций);

4) в качестве неизвестной функции можно брать численность личного состава в бою (численность потерь);

5) современный бой (1914-1915 годы) предполагает участие не только стрелков, но и артиллерии, пулемётов, конницы, поэтому необходимы коэффициенты перевода артиллерии, пулемётов, конницы, сабель в стрелков и винтовки. По битвам «Бородино» и «Аустерлиц» (из разных справочников) для артиллерии этот коэффициент можно было брать в пределах от 60 до 150 [1-5]. Для остальных военных единиц эквивалента найти не удалось [1-5];

6) в военных сражениях очень важны такие понятия как «боевой дух», «талант командующего» и тому подобное. Поэтому в уравнениях обязательно необходим научно обоснованный учёт факторов, влияющих на исход боя, но не имеющих простых (очевидных) обоснований;

7) для исхода боя важен учёт резервов (где тоже есть потери);

8) применение (высшей) математики в моделировании военных действий может привести к сокращению потерь и показать пути получения преимущества над врагом.

Книга Ф.В. Ланчестера [6] – «Авиация в войне» вышла годом позже, в 1916 году, хотя писалась, судя по подписям к каждой главе (кроме последних двух), с сентября 1914 года, то есть тоже после начала войны. В предисловии указывалось, что книга адресована широкому кругу читателей, а не только военным специалистам и авиационным инженерам. Главный посыл книги – роль авиации в военных действиях: в то время она была не такой важной по сравнению с артиллерией и даже пулемётами, но имела огромные перспективы, на что и указывал Ф.В. Ланчестер. Математическая модель Ф.В. Ланчестера описана лишь в одной, из девятнадцати глав – пятой. Вначале он также обосновывает математический подход к описанию боевых действий (предвидя снобизм военных и торопливую критику Прессы): «при опи-

сании войн и сражений и военные специалисты и Пресса постоянно проводят (и это набило оскомину) численное сравнение противоборствующих сторон. Так почему бы не перейти от простой арифметики к более широкому применению математических методов! Отрицать такой расширенный подход – нелогично и глупо!» [6]. Таким образом, Ф.В. Ланчестер повторяет первый принцип М.П. Осипова. Здесь, говоря о повторении, имеется в виду, что рассуждая независимо (по умолчанию, предполагаем, что Ф.В. Ланчестер не знал о работах М.П. Осипова), Ф.В. Ланчестер идёт абсолютно тем же путём: он повторяет и второй принцип М.П. Осипова (описывает военные сражения «Красных» и «Синих» дифференциальными уравнениями); и третий принцип (оба обсуждали нелинейные системы:

$$\frac{dA}{dt} \sim \sqrt{B}, \frac{dB}{dt} \sim \sqrt{A} - \text{М.П. Осипов,}$$

$$\frac{db}{dt} \sim br, \frac{dr}{dt} \sim br - \text{Ф.В. Ланчестер);}$$

и четвёртый: оба автора в качестве неизвестной функции выбрали численность личного состава; и восьмой – учёные дали схожие практические рекомендации. Ф.В. Ланчестер сформулировал его как «принцип концентрации», основываясь на полученном квадратичном законе  $b^2 - r^2 = \text{const}$ , откуда получается, что сторона, имеющая преимущество (больше бойцов) несёт меньшие потери, повторяя главный вывод М.П. Осипова.

Оба автора проанализировали ситуацию, когда меньшими силами, разделяя противника на части, и атакуя превосходящими силами каждую из частей в отдельности, можно добиться победы над более сильным врагом. Причём, рассуждения Ф.В. Ланчестера были в большой степени умозрительными, а М.П. Осипов проиллюстрировал действие этого правила на Аустерлицком сражении 1805 года, когда Наполеон, обладая меньшей численностью войск, разделил союзников на три части (Кутузов, Багратион, Буксгевден) и разбил каждую превосходящими силами.

Шестая глава книги Ф.В. Ланчестера посвящена приложению квадратичного закона к анализу действия флота (тактика Нельсона) и авиации, но не содержала никаких новых рекомендаций. Тем не менее, Д.Й. Хендерсон, глава военной авиации Великобритании в 1915 году, в предисловии к книге [6] назвал закон квадратов ценным вкладом в искусство войны: «эмпирически, эта зависимость давно была осознана и в войсках, и на флоте, но впервые математически доказана. Военные никогда ранее

не руководствовались выводами точной науки, и теперь ни один командир не может пренебречь её выводами».

Десять страниц общих рассуждений в книге Ф.В. Ланчестера и пятьдесят пять страниц строгих выкладок по десяткам исторических сражений с оценкой погрешностей (случайных и систематических) ставят эти работы на совершенно разный научный уровень. Но судьба обеих работ – одинаковая. Обе были забыты. Попытаемся понять почему.

Обе работы писались военными инженерами с одной целью – применить мощные математические методы (более сложные, чем арифметика) к анализу боевых сражений и выработать *практические рекомендации* по тактике боя. Главные выводы работы М.П. Осипова: 1) сильнейшая (числом) сторона несёт в бою меньшие потери, чем слабейшая; 2) во всех случаях (сильной и слабой позиции) необходимо увеличить число бойцов (тогда в сильной позиции это уменьшит потери, а в слабой – укрепит моральный дух, не увеличив потери); 3) под численностью сторон надо понимать число действующих в бою бойцов, но не численность списочную или численность бездействующих резервов.

### **3. Заключение**

Итак, *главная* и единственная причина исторического забвения – выводы обеих работ не дали новых практических рекомендаций по ведению боя, неизвестных военным. Важные моменты тактики боя нашли своё научное (математическое) обоснование (и теперь учёт этих законов – важнейшая обязанность командира любого уровня), но не внесли ничего принципиально нового. Видимо, поэтому они обе были опубликованы в открытой печати. М.П. Осипов надеялся, что его статьи прочитают наши военные, находящиеся на фронте: «немцы поступают почти всегда так, как если бы они знали теорию, отсюда следует, что опубликование теории им особой пользы не принесёт» (в отличие от русских) [1-5].

Список литературы:

1. Осипов, М.П. Влияние численности сражающихся сторон на их потери / М.П. Осипов // Военный сборник. – 1915. – № 6. – С. 59-74.
2. Осипов, М.П. Влияние численности сражающихся сторон на их потери / М.П. Осипов // Военный сборник. – 1915. – № 7. – С. 25-36.
3. Осипов, М.П. Влияние численности сражающихся сторон на их потери / М.П. Осипов // Военный сборник. – 1915. – № 8. – С. 31-40.
4. Осипов, М.П. Влияние численности сражающихся сторон на их потери / М.П. Осипов // Военный сборник. – 1915. – № 9. – С. 25-37.

5. Осипов, М.П. Дополнение к статье «Влияние численности сражающихся сторон на их потери» / М.П. Осипов // Военный сборник. – 1915. – № 10. – С. 93-96.
6. Lanchester, F.W. Aircraft in Warfare: The Dawn of the Fourth Arm / F.W. Lanchester. – London: Constable and Co, Ltd., 1916. – 288 p.
7. Моисеев, Н.Н. Математик задает вопросы / Н.Н. Моисеев. – М.: Знание, 1975. – 192 с.
8. Ткаченко, П.Н. Математические модели боевых действий / П.Н. Ткаченко [и др.]. – М.: Советское радио, 1969. – 240 с.
9. Амелькин, В.В. Дифференциальные уравнения в приложениях / В.В. Амелькин. – М.: Наука, 1987. – 160 с.
10. Тараканов, К.В. Математика и вооруженная борьба / К.В. Тараканов. – М.: Воениздат, 1974. – 240 с.
11. Новиков, Д.А. Иерархические модели военных действий / Д.А. Новиков // Управление большими системами: Сб. трудов. – Вып. 37. – М.: Инст. пробл. упр. РАН, 2012. – 38 с.
12. Радаев, Н. Моделируя повадки нарушителя. Формализация нарушителя в задаче оценки эффективности системы физической защиты объекта / Н. Радаев // Безопасность. Достоверность. Информация. – 2008. – № 1. – С. 16-22.
13. Буравлев, А.И. Модель динамики противоборства неоднородных группировок сил / А.И. Буравлев, С.В. Гордеев // Вооружение и экономика. – 2009. – № 1. – С. 13-25.
14. Сушков, Ю.А. Моделирование систем [Электронный ресурс] / Ю.А. Сушков. – 2009. – Режим доступа: <http://www.statmod.ru/vega/syschkov/syschkov.htm#begin>.
15. Chase, J.V. A Mathematical Investigation of the effect of Superiority in combats upon the Sea / J.V. Chase; Reprinted in Fiske, B.A. The Navy as a Fighting Machine. – Annapolis, MD: Naval Inst.Press, 1988. – 140 p.
16. Fiske, B.A. The Navy as a Fighting Machine / B.A. Fiske. – Annapolis: Nav. Inst. Press, 1988. – 140 p.
17. Helmbold, R.L. Osipov: The 'Russian Lanchester' / R.L. Helmbold // European Journal of Operations Research. – 1993. – № 65. – P. 278-288.
18. Osipov, M. The Influence of the Numerical Strength of Engaged Forces in Their Casualties / M. Osipov; transl. by R.L. Helmbold, A.S. Rehm // Naval Res. Logistics. – 1995. – № 42. – P. 435-490.
19. Kipp, J.W. Tracking down Russia's Lanchester / J.W. Kipp // Journal of Slavic Military Studies. – 2004. – № 17. – P. 257-269.

20. Weiss, H.K. Letter to the Editor – The Fiske Model of Warfare [Electronic resource] / H.K. Weiss // Operations Research. – 1962. – № 10 (4). – P. 569-571. – URL: <http://dx.doi.org/10.1287/opre.10.4.569>.
21. Митюков, Н.В. М.П. Осипов: к идентификации личности автора первой модели глобальных процессов / Н.В. Митюков // Историческая психология и социология истории. – 2011. – № 2. – С. 203-207.

УДК 519.111.4; 51-7; 517.926; 519.111.4; 355.433

## Обобщённые модели Осипова-Ланчестера

**В.А. Короткий**

*Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны, Ярославль*

В работе рассматриваются обобщённые математические модели военных операций на основе подхода Осипова-Ланчестера и обсуждается идея практической ценности результатов такого моделирования. Показаны возможные причины низкой популярности таких моделей в военном деле.

*Ключевые слова:* математическое моделирование, модели Осипова-Ланчестера.

Постараемся ответить на вопрос: почему модели боя, описываемые дифференциальными уравнениями, предложенными М.П. Осиповым и Ф.В. Ланчестером [1-6] имели столь малое практическое значение? Но прежде обсудим, почему речь сразу пошла о практическом применении математической модели боя. На последний вопрос ответить легко – потому, что шла война, Первая Мировая. В более спокойной обстановке академическая наука восхитилась бы смелостью подхода учёных. Все, абсолютно все *процессы* в природе, технике, жизни людей (личной и коллективной (социальной)), жизни любых живых существ можно описать дифференциальными уравнениями – гениальное открытие И. Ньютона. И вот, впервые, открыты математические законы ведения боя!

Вернёмся к поиску ответа на первый вопрос, расширив интерпретацию и тип уравнений Осипова-Ланчестера. В общем случае законы боя для двух противоборствующих сторон имеют вид:

$$\begin{cases} dx / dt = f(t, x, y), \\ dy / dt = g(t, x, y), \\ x(0) = x_0, y(0) = y_0, \end{cases} \quad (1)$$

$t$  – время ведения боя.

1 этап – выбор неизвестных функций  $x, y$ . Исторически – первые значения неизвестных функций – численность сражающихся бойцов. Здесь необходимо уточнение, которое можно сделать с помощью соответствующего множителя (коэффициента) при  $x, y$ : качество бойца (боец рукопашного боя (степень обученности, степень защищённости обмундированием, национальность); стрелок из табельного оружия (качество стрелкового оружия, степень владения оружием, национальность); выносливость, морально-волевые качества; качество и количество стрелкового оружия и боеприпасов); количество и качество военной техники (атакующей и оборонительной): артиллерии, танков, бронетехники, самолётов, ракет, средств ПВО, средств наблюдения за боем; качество командира, ведущего бой.

Рассмотрим трудности при введении (вычислении) коэффициентов, учитывающих перечисленные выше факторы:

1) точное количество активных бойцов может быть установлено не всегда;

2) не всегда известна степень подготовленности бойцов противной стороны, в том числе, их мотивировка участия в бою;

3) коэффициенты перевода военной техники в бойцов – разные в разных боевых условиях. Задача – сложная, но вполне решаемая. Необходим подробный электронный справочник (в компьютерной программе), дающий необходимые коэффициенты поражающей мощи (эффективности) военной техники в городе, в пустыне, в горах, в степи, в лесу, на море и так далее. Аналогичные справочники существуют, например, у оценщиков недвижимости в США, они составляются несколько раз в год на основе текущих продаж. Анализ военных конфликтов по всему миру за последнее десятилетие может дать такие коэффициенты с приемлемой точностью;

4) качество командира – вполне определяемая величина в современных условиях. Как астрофизики установили будущую судьбу Солнца? По многолетним наблюдениям за другими звёздами, открыв существование главной последовательности звёзд и по положению Солнца на этой главной последовательности. Большинство звёзд в своей эволюции проходят путь по главной последовательности, установленной Герцшпрунгом и Расселом. Большинство военных командиров, как мы считаем, имеют схожую военную судьбу – главную последовательность. Статистика поможет выяснить, какое место в этой последовательности имеет данный командир и предсказать качество его руководства данным боем. Разумеется, есть исключения, располагающиеся ниже или выше главной последовательности (и среди звёзд и среди

командиров). Исключения подтверждают правило и тоже просчитываются с определённой надёжностью.

Возможные обобщения первого этапа:

1) система (1) описывает не отдельный бой, а целую войну [7, 8] или военный мятеж [9] («цветную» революцию);

2) неизвестные функции  $x, y$  в (1) – не бойцы, но другие величины. Это могут быть однородные переменные: деньги [7] или другие материальные ресурсы, территории, количество удачных попаданий в ракетно-ядерной войне и так далее, или неоднородные переменные, например, количество самолётов и средств ПВО [8] и тому подобное. Каждая такая интерпретация – отдельное научное достижение;

3) количество неизвестных функций может быть больше [7, 9], это может быть трёхсторонний конфликт [7] или четырёхсторонний (население разделяется на тех, кто сочувствует правительству и тех, кто поддерживает мятежников [9]). Многосторонность конфликтов – реалия современного мира, она обусловлена экономическими, религиозными, национальными, идеологическими, политическими и личностными факторами.

2 этап – выбор функциональной зависимости в правой части системы (1) и знаков коэффициентов. Изменяя содержательное значение  $x, y$  воюющих сторон, будем получать новые интерпретации событий, описываемых системой (1).

Дальнейшее обобщение уравнений – увеличение числа уравнений и неизвестных функций, то есть рассмотрение многосторонних конфликтов (между государствами либо внутренние мятежи).

Следующий этап обобщения – рассмотрение нелинейных функций  $f(t, x, y)$  и  $g(t, x, y)$ . Образец такого подхода дал сам М.П. Осипов, считая, что система

$$\begin{cases} dx/dt \sim \sqrt{y}, \\ dy/dt \sim \sqrt{x}, \end{cases} \\ x(0) = x_0, y(0) = y_0$$

лучше описывает сражение, чем линейная зависимость [1].

В работе Ф.В. Ланчестера [6] рассмотрена другая зависимость

$$\begin{cases} dx/dt \sim xy, \\ dy/dt \sim xy, \end{cases} \\ x(0) = x_0, y(0) = y_0,$$

когда стрельба противником ведётся не по целям, а «по площадям» (шрапнель), позднее её стали интерпретировать как «партизанскую войну». Таким образом, на этом этапе обобщения функции  $f(t, x, y)$  и  $g(t, x, y)$  могут содержать члены  $x^p, y^q, z^s, \dots, x^m \cdot y^n, \dots, x^\alpha \cdot y^\beta \cdot z^\gamma, \dots$ , где  $p, q, s, m, n, \alpha, \beta, \gamma, \dots$  – рациональные числа. Наконец, можно рассматривать всё более сложные сражения по родам войск и по типам конфликтов (религиозных, межэтнических, социальных), изменяя соответственно вид функций  $f$  и  $g$ .

Почему же после 1-ой Мировой Войны эта тема была забыта? Наш ответ – потому что не получила практического применения, но представляла чисто академический интерес.

Интерес этот мог реализоваться в моделировании прошедших военных сражений. Имея более или менее достоверные исторические данные (которые всегда можно «усреднить» по нескольким энциклопедиям, справочникам, мемуарам и «открытым» архивам), можно довольно точно подсчитать огневую мощь одного солдата, одного артиллерийского орудия, пулемёта, сабли и т.п., определить эффективность командования, подобрать лучшую функциональную зависимость для данного сражения или для всей войны в целом. Но эти данные невозможно использовать в будущей войне, потому что меняется вооружение, и, соответственно, тактика сражений, меняется (стареет) командование. И даже если М.П. Осипов пережил гражданскую войну в России, то отсутствовал главный побудительный мотив его работы – помочь своим во время войны.

Зададимся вопросом: почему во время 2-ой Мировой Войны не было всплеска интереса к математическому моделированию сражений? Ведь были военные конфликты с Японией в 1938-1939 годах, в Испании (1936-1939 годы), война с Финляндией в 1939 году. Можно было оценить многие коэффициенты современного вооружения, эффективность собственных вооружённых сил, и вид подходящих функций  $f$  и  $g$ . Ответов может быть три: 1) это было сделано, но материалы засекречены до сих пор; 2) не было в военном руководстве людей с соответствующей военно-научной культурой уровня М.П. Осипова. Ставка при разработке тактических и стратегических действий делалась на традиционные (арифметические) методы с учётом новых видов вооружений и войск (танков и авиации); 3) данные по конфликтам или были слишком строго засекречены, или их было слишком мало, что было принято решение об отказе от разработки таких моделей. Да и сложно было представить, что в то время назначение на руководящие посты в армии будет происходить с учётом математического аргумента.



В 50-х годах прошлого века опять появился интерес к моделям Осипова-Ланчестера, поскольку прошедшая война дала огромный фактический материал для расчётов. Было проведено огромное количество исследований (к настоящему времени более тысячи), рассмотрено много оригинальных идей, использованы все разделы математики, задействованы аналитические и численные методы (см. обзоры в [9, 10]), но главные успехи – в описании уже прошедших событий. Конечно, впечатляют такие выводы теории игр, как по операции высадки союзников в Нормандии. Она была проведена не лучшим образом, и при выборе правильной стратегии можно было сохранить 30% жизней [11]. Но ведь проблема в том, что матрица эффективности не была известна с достаточной точностью. Точной информации (в том числе и по срокам) не хватало обеим сторонам. Однако этот пример должен вдохновлять учёных на разработку математических моделей сражений и войн с эвристическими (неочевидными, неожиданными) и прогностическими (предсказуемое протекание событий) свойствами! Перечислим некоторые условия создания таких моделей.

Для определённости рассмотрим только модели войн (но не боя, где ситуация во многом аналогичная, но, безусловно, со своей спецификой). Будем различать три ситуации: 1) модель разрабатывается до начала конфликта; 2) модель разрабатывается после начала конфликта; 3) модель разрабатывается до начала конфликта и уточняется после начала конфликта.

В первом случае возможны три варианта: а) мы ничего не знаем о противнике; б) мы всё знаем о противнике; в) мы не всё знаем о противнике. Ясно, что в случае «а») войну стоит затевать только в безысходной ситуации. В случае «б») мы должны знать:  $y_0$  – начальный ресурс, коэффициенты i) внутреннего состояния (качество управления, инфраструктура, уровень коррупции, сила оппозиции, патриотизм, социальная напряжённость, источники восполнения ресурсов, физическое и нравственное состояние нации); ii) боевой мощи (качество и количество вооружения, степень обученности солдат, их стрессоустойчивость, качество военного командования); возможности привлечения дополнительных ресурсов, явные и латентные союзники. Понятно, что качество этих сведений зависит от качества аналитиков военного министерства и разведслужбы.

И всё же случай «б») больше похож на мечту министра обороны, чем на возможную реальную ситуацию. Наиболее реалистичен, по нашему мнению, третий вариант: часть сведений известна с некоторой точностью. Тогда остальные сведения должны быть взяты в *оценочном* виде, с соблюдением *масштаба*: 1, 10, 100, ... [7], просчитано несколько сценариев и оценена ве-

роятность каждого из них. В случае, если система окажется «чувствительной» к некоторому параметру (потеряет устойчивость, резко поменяет ход развития событий в неблагоприятную сторону), необходимо уточнить этот параметр косвенным способом – *провокацией*, не доводя пока дела до полномасштабного конфликта.

Во втором случае все перечисленные выше факторы проявляются во время войны, и модель, создаваемая в таких условиях, становится более точной.

Лучший подход – третий, когда довоенная математическая модель войны предсказывала определённые риски и стратегию действий, но по ходу войны дорабатывается, уточняется, риски и стратегия корректируются в изменяющихся условиях.

Очевидно, что современная математическая модель планирования и ведения войны должна создаваться на стыке всех разделов математики и их приложений (теории игр, теории систем и т.д.).

#### Список литературы:

1. Осипов, М.П. Влияние численности сражающихся сторон на их потери / М.П. Осипов // Военный сборник. – 1915. – № 6. – С. 59-74.
2. Осипов, М.П. Влияние численности сражающихся сторон на их потери / М.П. Осипов // Военный сборник. – 1915. – № 7. – С. 25-36.
3. Осипов, М.П. Влияние численности сражающихся сторон на их потери / М.П. Осипов // Военный сборник. – 1915. – № 8. – С. 31-40.
4. Осипов, М.П. Влияние численности сражающихся сторон на их потери / М.П. Осипов // Военный сборник. – 1915. – № 9. – С. 25-37.
5. Осипов, М.П. Дополнение к статье «Влияние численности сражающихся сторон на их потери» / М.П. Осипов // Военный сборник. – 1915. – № 10. – С. 93-96.
6. Lanchester, F.W. Aircraft in Warfare: The Dawn of the Fourth Arm / F.W. Lanchester. – London: Constable and Co, Ltd., 1916. – 288 p.
7. Короткий, В.А. Математическое моделирование военного конфликта в Сирийской Арабской Республике / В.А. Короткий // Научные труды Калужского государственного университета им. К.Э. Циолковского. Естественные науки. – Калуга: КГУ им. К.Э. Циолковского, 2017. – С. 122-130.
8. Корнев, А.А. Математическая модель ведения боевых действий с учётом сил авиации и ПВО / А.А. Корнев, И.А. Мусатов // Проблемы развития

- средств ПВО и ПРО в современных условиях: Сб. докладов XVII военно-научной конф. курсантов. – Ярославль, ЯВВУ ПВО, 2016. – С. 23-27.
9. Atkinson, M. When do armed revolts succeed: lessons from Lanchester theory / M. Atkinson, A. Gutfraind, M. Kress // Journal of the Operational Research Society. – 2012. – P. 1363-1373.
  10. Wrigge, S. The Lanchester Theory of Combat and Some Related Subjects, forsvarrets forskningsanstalt / S. Wrigge, A. Fransen, L. Wigg. – Stockholm, 1995. – 84 p.
  11. Drakert, W. Normandy: Game and Reality / W. Drakert // Moves. – 1972. – № 6. – 2 p.

УДК 519.111.4; 51-7; 517.926; 519.111.4; 355.433

**Современные аспекты  
математического моделирования военных операций  
по Осипову-Ланчестеру: pro и contra**

**В.А. Короткий<sup>1</sup>, М.А. Степович<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны,  
Ярославль*

*<sup>2</sup>Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В работе показана высокая прогностическая и эвристическая эффективность подхода Осипова-Ланчестера для разработки стратегии и тактики «развязывания» и поддержания современных (локальных) военных конфликтов. Найдены две группы военно-прикладных задач, в которых эти модели являются наиболее эффективными с практической точки зрения: 1) предварительный расчёт сценариев военных действий на основе неполной оценочной информации, приводящих к «эффекту бабочки»; 2) планирование «войн без победы», то есть «истощающих» («незатухающих») конфликтов, в интересах третьих стран.

*Ключевые слова:* математическое моделирование, модели Осипова-Ланчестера.

**Введение.** Рассмотрим два круга задач, где математические модели планирования военных операций Осипова-Ланчестера [1-7] сразу могут дать практические рекомендации. Первый – предварительный расчёт сценариев военных действий на основе неполной оценочной информации, приводящий к т.н. «эффекту бабочки» – случаю, когда малейшие изменения в начальных

условиях или в коэффициентах приводят к другому исходу войны (другой победитель). Второй – планирование «войн без победы», то есть «истощающих» («незатухающих») конфликтов, в интересах третьих стран (т.н. «кукловодов»).

**В первом блоке задач** рассмотрим, войну двух государств: первое – агрессор ( $y$ ), не столь богатое ресурсами, но хорошо вооружённое, хорошо воюющее на любой территории; второе ( $x$ ) – богаче ресурсами, но хуже вооружённое и хуже воюющее. Небоевые потери обеих армий примем одинаковыми (первая, хоть и лучше организованная, но воюет на чужой территории, поэтому климат и другие местные факторы уравнивают такие потери). Пусть война армий описывается системой дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} dx / dt = -x - 2y \\ dy / dt = -y - x \end{cases}$$

с начальными условиями  $x(0) = 1,25$ ;  $y(0) = 1$ .

Время войны примем равным 1. Как видно из уравнений, армия агрессора действует в 2 раза эффективнее второй стороны; ресурсов «богатой» стороны оказывается недостаточно, войну (хоть и с небольшим преимуществом) выигрывает агрессор (рисунок 1).

Однако если первая сторона просчиталась, и ресурсы второй стороны оказались чуть больше: не «1,25», но «1,65», тогда с небольшим преимуществом выигрывает хуже воюющая, но более богатая сторона (рисунок 2).

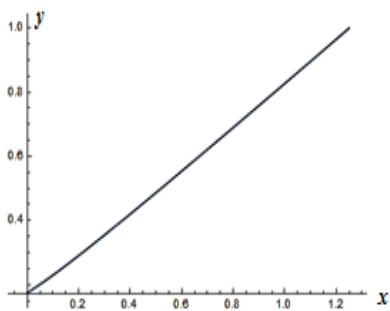


Рисунок 1 – «Эффект бабочки»  
в пользу  $y$

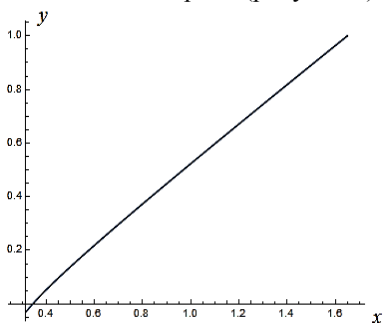


Рисунок 2 – «Эффект бабочки»  
в пользу  $x$

Таким образом, в данном случае из анализа модели Осипова-Ланчестера агрессор должен сделать однозначный вывод: войну пока начинать не стоит. Либо надо добиваться большего преимущества в эффективности ведения

боевых действий, либо копить ресурсы, то есть начинать войну с бóльшим  $y_0$  ! Чтобы не получилось, как в стихотворении С.Я. Маршака:

*Не было гвоздя, подкова пропала.  
Не было подковы, лошадь захромала.  
Лошадь захромала, командир убит.  
Конница разбита, армия бежит.  
Враг вступает в город, пленных не щадя,  
Оттого, что в кузнице не было гвоздя.*

**Второй блок задач** – моделирование «кукловодами» «войн без победы» – незатухающих военных конфликтов, где «куклами» выступают воюющие стороны (числом два и более [3]), а «кукловодами» – внешние скрытые силы, непосредственно не участвующих в конфликте. Под «войной без победы» мы будем понимать здесь три типа войн:

1) войну, заканчивающуюся «пирровой победой», то есть победой, доставшейся слишком высокой ценой; победой, равносильной поражению, приводящей к истощению экономических и военных ресурсов, что грозит потерей суверенитета перед лицом стран, не втянутых в конфликт;

2) «тлеющие» военные конфликты, не приносящие окончательной победы ни одной из сторон, проходящие с переменным успехом и истощающие либо только одну из сторон, либо все стороны конфликта;

3) «тлеющие» военные конфликты, закрепляющие завоевания одних сторон и потери других участников противостояния.

Подобные действия могут иметь экономическую, (гео-) политическую, идеологическую или религиозную подоплёку. Модели Осипова-Ланчестера помогут «кукловоду» правильно оценить стоимость, структуру и направления «помощи», продолжительность конфликта и конечный итог противостояния. В дальнейших моделях рассмотрим только двусторонние конфликты.

Рассмотрим модель полного истощения обеих воюющих сторон (рисунок 3):

$$\begin{cases} dx_t / dt = -x_t - y_t, \\ dy_t / dt = -2y_t + 1/100x_t \end{cases}$$

с начальными условиями  $x_0 = 100; y_0 = 100$ .

Здесь начальные ресурсы сторон примерно одинаковые, но военное дело стороны «у» организовано хуже (примерно в два раза), чем у стороны «х». Поэтому для ведения конфликта в течение времени « $t = 10$ » стороне «К» («кукловод») нужно помогать стороне «у»: в полном объёме компенсировать

боевые потери стороны «у» со стороны «х» и добавлять сотую часть расходов стороны «х». К концу конфликта стороны полностью истощат свои ресурсы.

Модель полного истощения одной из воюющих сторон (рисунок 4):

$$\begin{cases} dx \ t / dt = -x \ t - y \ t , \\ dy \ t / dt = -2y \ t - 2x \ t \end{cases}$$

с начальными условиями  $x \ 0 = 1; y \ 0 = 1$ .

Здесь начальные ресурсы сторон примерно одинаковы. Ставка делается на сторону «х». Её военная организация и боевой ресурс лучше (примерно в 2 раза), чем у стороны «у». Поэтому для ведения конфликта в течение времени « $t = 1$ » стороне «К» («кукловод») нужно помогать стороне «х», обеспечивая такое преимущество. Будут ли скомпенсированы потери стороны «х» – дело договора сторон «х» и «К». К концу конфликта сторона «у» полностью истощит свой ресурс, а сторона «х» – 2/3 своих ресурсов – это «пиррова победа».

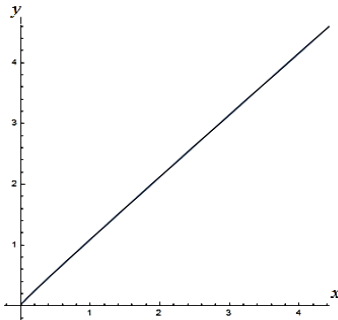


Рисунок 3 – Модель взаимного истощения

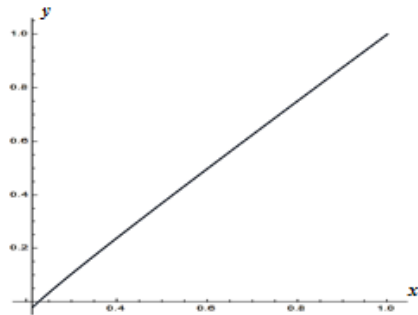


Рисунок 4 – Модель «пирровой победы»

Модель «тлеющего» конфликта ( $t = 50$ ), проходящего с переменным успехом (рисунок 5):

$$\begin{cases} dx \ t / dt = x \ t - 1 + y \ t , \\ dy \ t / dt = y \ t - 3 - x \ t \end{cases}$$

с начальными условиями  $x \ 0 = 3; y \ 0 = 3$ .

Здесь  $x, y$  – некоторый важнейший ресурс для ведения войны. Пусть, например,  $x, y$  – национальное богатство. Во время войны скорость его роста у стороны «у» тем больше, чем больше размер богатства, и тем меньше,

чем больше размер национального богатства противника «x» (3 – начальный размер богатства обеих сторон). Скорость роста национального богатства стороны «x» тем больше, чем большим богатством обладает сторона «y», то есть, очевидно, что сторона «x» – агрессор и увеличивает свои ресурсы за счёт грабежа противника. Однако агрессор сталкивается с проблемой управления на захваченных территориях и, чем больше вновь образовавшийся ресурс, тем меньше скорость его дальнейшего роста.

Разорвать этот замкнутый круг (овал) может вмешательство третьей стороны («кукловода»), например, оказанием систематической помощи стороне «y» в размере  $1/300t$  (рисунок 6):

$$\begin{cases} dx_t / dt = -x_t + x_t y_t, \\ dy_t / dt = 3y_t - x_t y_t + 1/300t. \end{cases}$$

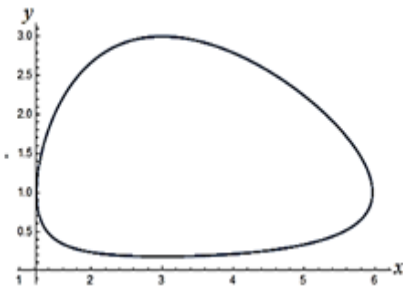


Рисунок 5 – Модель «незатухающего» конфликта

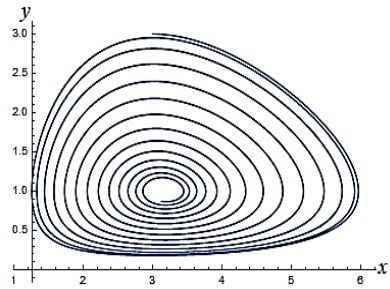


Рисунок 6 – Сценарий при помощи в объёме  $1/300t$

Видим, что «агрессор» не добился своей цели – «обогащения» за счёт «соседа» и остался практически при своих – 3; пострадал «сосед»: его национальное богатство уменьшилось почти в три раза. «Кукловоду» можно ограничиться и более «скромной» (в 10 раз меньше) помощью – в размере  $1/3000t$  в течение  $t = 50$  (рисунок 7) или более продолжительным временем (в 10 раз больше)  $t = 500$  (рисунок 8):

$$\begin{cases} dx_t / dt = -x_t + x_t y_t, \\ dy_t / dt = 3y_t - x_t y_t + 1/3000t. \end{cases}$$

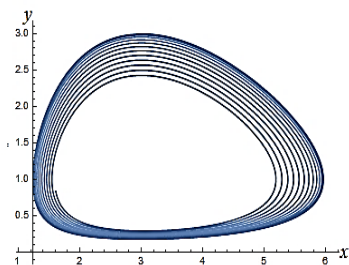


Рисунок 7 – Сценарий при  $t = 50$

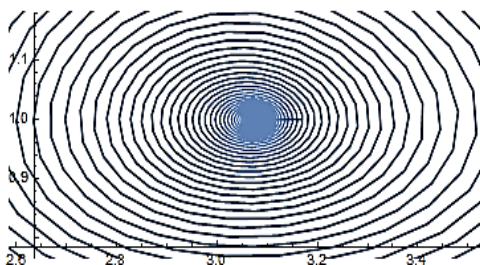


Рисунок 8 – Сценарий при  $t = 500$

Как видно из последнего графика, исход этой затяжной войны такой же, как и при помощи  $1/300t$  в течение  $t = 50$ . Хотя «вливания» в сторону «у» происходят с меньшей скоростью, но конечный объём помощи – тот же (помощь в единицу времени – в 10 раз меньше, но оказывается в 10 раз дольше).

По таким сценариям «кукловодами» планируется разжигание военных конфликтов в тех случаях, когда необходима длительная военная напряжённость (нестабильность) в данном регионе (по политическим, идеологическим, экономическим или религиозным соображениям) или ослабление определенного государства или группы государств (влияние, ресурсы).

**Заключение.** Традиционно подход Осипова-Ланчестера использовался для анализа прошедших сражений. Нами продемонстрирована высокая прогностическая и эвристическая эффективность этого метода в современном военном деле: он выявляет неочевидные факторы зарождения, хода и итога военного конфликта. Уровень развития современной вычислительной техники позволяет создать достоверные каталоги эффективности военной техники, живой силы и командования разных стран в разных условиях на основе анализа современных военных конфликтов. Опираясь на эти данные с помощью моделей Осипова-Ланчестера можно получить ценные практические рекомендации для разработки стратегии и тактики «развязывания» и поддержания будущих (локальных) военных конфликтов.

В отсутствии некоторых данных в моделях Осипова-Ланчестера можно использовать оценочные значения неизвестных параметров, чтобы избежать излишне рискованных военных операций, когда незначительное упущение при планировании таких операций может обернуться поражением («эффект бабочки») в войне.



Модели Осипова-Ланчестера являются эффективным и достоверным инструментом при планировании и проведении «войн без победы», где продолжительный конфликт даёт точные данные для моделей, обеспечивая качественный прогноз развития конфликта и выявляя неочевидные рекомендации по его успешному проведению.

#### Список литературы

1. Осипов, М.П. Влияние численности сражающихся сторон на их потери / М.П. Осипов // Военный сборник. – 1915. – № 6. – С. 59-74.
2. Осипов, М.П. Влияние численности сражающихся сторон на их потери / М.П. Осипов // Военный сборник. – 1915. – № 7. – С. 25-36.
3. Осипов, М.П. Влияние численности сражающихся сторон на их потери / М.П. Осипов // Военный сборник. – 1915. – № 8. – С. 31-40.
4. Осипов, М.П. Влияние численности сражающихся сторон на их потери / М.П. Осипов // Военный сборник. – 1915. – № 9. – С. 25-37.
5. Осипов, М.П. Дополнение к статье «Влияние численности сражающихся сторон на их потери» / М.П. Осипов // Военный сборник. – 1915. – № 10. – С. 93-96.
6. Lanchester, F.W. Aircraft in Warfare: The Dawn of the Fourth Arm / F.W. Lanchester. – London: Constable and Co, Ltd., 1916. – 288 p.
7. Короткий, В.А. Математическое моделирование военного конфликта в Сирийской Арабской Республике / В.А. Короткий // Научные труды Калужского государственного университета им. К.Э. Циолковского. Естественные науки. – Калуга: КГУ им. К.Э. Циолковского, 2017. – С. 122-130.
8. Короткий, В.А. Математические методы выявления скрытых факторов в моделях современных войн / В.А. Короткий // Электронные информационные системы – 2018. – № 1(16), март. – С. 98-109.

**О геометрической интерпретации обобщенных степеней Берса,  
порожденных операторами высших степеней  
Ю.А. Гладышев**

*Калужский государственный университет им. К.Э.Циолковского, Калуга*

В статье приведено построение обобщенных степеней Берса с целью получения решений дифференциальных уравнений двух переменных высших порядков. Указаны пути обобщения метода на уравнения с различным порядком дифференцирования по разным переменным. Приведены частные примеры и дана геометрическая интерпретация полученных результатов.

*Ключевые слова:* обобщенные степени Берса, операторы высших порядков.

Целью настоящего сообщения является построение многочленных решений дифференциальных уравнений высшего порядка для двух переменных  $x, y$  вида

$$\frac{\partial^n f}{\partial x^n} + \frac{\partial^n f}{\partial y^n} = 0. \quad (1)$$

На плоскости двух переменных  $x, y$  заданы два оператора

$$D_1 = \frac{\partial^n}{\partial x^n}, \quad D_2 = \frac{\partial^n}{\partial y^n}, \quad (2)$$

действующие в соответствующем  $C^\infty$  линейном функциональном пространстве функций  $f(x, y)$  двух переменных. Легко проверить, что общее ядро этих операторов содержит многочлены вида

$$x^i y^k, \quad (3)$$

где  $i, k \in \overline{0, n-1}$ . Любой элемент  $f_{ik}$  ядра операторов  $D_1, D_2$  представим в виде многочлена

$$f_{ik} = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} c_{ik} x^i y^k \quad (4)$$

при любых действительных коэффициентах  $c_{ik}$ . Для дальнейшего изложения целесообразно обозначить набор этих элементов большой буквой  $C$  с указанием, если это необходимо, чисел  $c_{ik}$ , входящих в (4), т.е.  $C(c_{ik})$ .

Как известно, для построения обобщенных степеней Берса (ОСБ) требуется существование правых обратных операторов  $I_1, I_2$

$$D_1 I_1 = 1, D_2 I_2 = 1. \quad (5)$$

В простейшем случае в качестве операторов  $I_1, I_2$  возьмем

$$I_1 = \int_0^x d\xi_1 \int_0^{\xi_1} d\xi_2 \dots \int_0^{\xi_{n-1}} d\xi_n \dots, \quad I_2 = \int_0^x d\eta_1 \int_0^{\eta_1} d\eta_2 \dots \int_0^{\eta_{n-1}} d\eta_n \dots, \quad (6)$$

где вместо функции, на которую действует оператор поставлено многочлечие. Например, для  $n = 3$  элементами ядра являются многочлены

$$c_{00}, \int_0^x c_{10} dx, \int_0^y c_{01} dy, \int_0^x dx \int_0^y c_{11} dy, \dots \quad (7)$$

В полном соответствии с определенным ранее [1] в качестве ОСБ примем функцию

$$X_1^{(p)} X_2^{(q)} C = p!q! I_1^p I_2^q C \quad (8)$$

В развернутом виде учитывая (3) результат запишем как

$$X_1^{(p)} X_2^{(q)} C = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{k=0}^{n-1} I_1^{p+i} I_2^{q+k} c_{ik} \quad (9)$$

Для простого, с нашей точки зрения, случая  $n = 2$  и  $p = q = 1$  обнаружим легко проверяемый результат.

Не будем повторять доказательство того факта, что любой многочлен можно представить в виде линейной комбинации ОСБ вида  $X_1^{(p)} X_2^{(q)} C$ , используя обобщенную формулу Тейлора

$$C_{pq} = D_1^{(p)} D_2^{(q)} f \Big|_{x=y=0}. \quad (10)$$

Перейдем к геометрическому представлению ОСБ. Возьмем декартову систему координат и отложим по оси абсцисс целое число  $i$ , а по ординатам целое  $k$ . Нас будет интересовать только первая четверть координатной плоскости  $i, k$ , которая образует сетку с координатами  $(i, k)$ . Будем рассматривать граф с вершинами  $(i, k)$ . Каждой вершине графа сопоставим одночлен вида  $c_{ik} \frac{x^i y^k}{i!k!}$ .

Множество всех элементов ядра  $C$  расположено в квадрат с координатами  $(0, 0), (0, n-1), (n-1, 0), (n-1, n-1)$ . Например, на рис. 1 представлен случай  $n = 3$ , когда этих элементов 9. Степень  $X_1^{(1)} C$  занимает следующий квадрат, примыкающий к оси  $p$  (рис. 2). Для степеней  $X_1^{(p)} X_2^{(q)} C$  получаем картину, полностью аналогичную рис. 1. Одночлены одинаковой степени однородности  $x^i y^k c_{ik}$  лежат на диагонали квадрата.

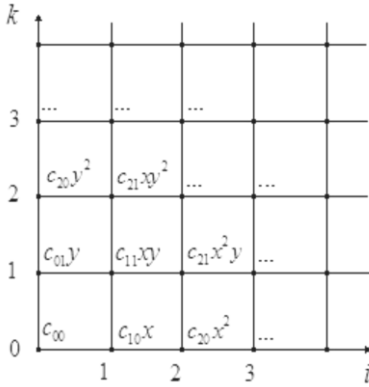


Рисунок 1 – Одночлены ядра оператора

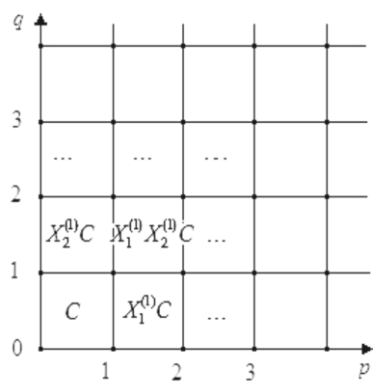


Рисунок 2 – График обобщенных степеней

Одночлены с одинаковым коэффициентом получаем путем сдвига по осям  $i, k$  на  $n$ . На основе принципа соответствия каждому многочлену

$$f_{pq} = \sum x^p y^q c_{pq} \quad (11)$$

обычных переменных  $x, y$  в соответствие поставим ОСБ

$$F_{pq} = \sum X_1^{(p)} X_2^{(q)} C. \quad (12)$$

Если многочлен (11) удовлетворяет некоторому линейному уравнению, то соответствующий многочлен (12) также удовлетворяет уравнению, полученному заменой

$$\frac{\partial}{\partial x} \rightarrow D_1, \quad \frac{\partial}{\partial y} \rightarrow D_2. \quad (13)$$

Например, если  $n = 2$ , то уравнение (1) является уравнением Лапласа. Согласно сказанному, его решение имеет вид

$$f_n = X_1^{(1)} - X_2^{(1) \ n} C. \quad (14)$$

Легко убедиться в справедливости высказанного утверждения.

Полученные результаты без особых затруднений можно обобщить на любое число переменных. К сожалению, если случай тех переменных можно представить в обычном трехмерном пространстве ( $C$  – это куб), то для более высокого числа переменных эта наглядность теряется.

Список литературы:

1. Гладышев, Ю.А. Формализм Бельтрами-Берса и его приложения в математической физике / Ю.А. Гладышев. – Калуга: КГПУ им. К.Э. Циолковского, 1997. – 260 с.

УДК 517.983:519.6

**Проекционный метод моделирования  
нестационарного процесса теплопроводности**

**в неоднородном полупроводнике**

**Е.В. Серегина<sup>1</sup>, М.А. Степович<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Калужский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, Калуга*

*<sup>2</sup>Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

На примере уравнения теплопроводности с сосредоточенной теплоёмкостью рассмотрена возможность использования проекционного метода наименьших квадратов для решения уравнений с разрывными коэффициентами. Получена порядковая оценка погрешности и условие вычислительной устойчивости предложенной проекционной схемы с использованием двумерного базиса из многочленов Чебышева.

*Ключевые слова:* уравнение теплопроводности, проекционный метод наименьших квадратов, многочлены Чебышева.

## **1. Введение**

Ранее в работах [1-3] проведено обоснование и рассмотрен вопрос вычислительной устойчивости модифицированной проекционной схемы метода наименьших квадратов (МНК) для моделирования одномерной диффузии неосновных носителей заряда (ННЗ) в однородных полупроводниковых материалах. Приведены оценки погрешностей разных проекционных схем аппроксимации (модифицированного метода наименьших квадратов и метода Галёркина), используемых при моделировании распределения ННЗ [4, 5]. В настоящей работе описаны возможности применения проекционного МНК для нахождения решения дифференциального уравнения теплопроводности с разрывными коэффициентами. Искомое решение ищется в виде частичной суммы двойного ряда Фурье по многочленам Чебышева 1-го рода. Получено условие вычислительной устойчивости и дана оценка погрешности проекци-

онной схемы МНК, соответствующей приближенному решению дифференциального уравнения теплопроводности с сосредоточенной теплоёмкостью.

## 2. Постановка задачи

Рассмотрим дифференциальное уравнение теплопроводности с сосредоточенной теплоёмкостью:

$$C + C_0 \delta(z - z_0) \frac{\partial \theta}{\partial t} - k \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} = f(z, t), \quad 0 < z < z_1, \quad 0 < t \leq t_1, \quad (1)$$

с граничными условиями

$$\theta(z, 0) = 0, \quad 0 < z < z_1, \quad \theta(0, t) = \mu(t), \quad \theta(z_1, t) = 0, \quad 0 < t \leq t_1. \quad (2)$$

В уравнении (1)  $\theta(z, t)$  – температура, функция пространственной координаты  $z$  и времени  $t$ . Здесь удельная мощность внутреннего тепловыделения  $f(z, t)$ ,  $C$  – теплоёмкость единицы объёма,  $k$  – коэффициент теплопроводности,  $\delta(z - z_0)$  – дельта-функция. В точке  $z = z_0$  помещена сосредоточенная теплоёмкость величины  $C_0$ . Тогда в этой точке должны выполняться условия непрерывности температуры и сопряжения [6]:

$$\theta = \theta_{z_0+0, t} - \theta_{z_0-0, t} = 0, \quad (3)$$

$$C_0 \frac{\partial \theta}{\partial t} = \left[ k \frac{\partial \theta}{\partial z} \right] \text{ при } z = z_0. \quad (4)$$

Для решения этой задачи можно воспользоваться проекционным методом МНК, который целесообразен с вычислительной точки зрения – к настоящему времени разработаны эффективные вычислительные алгоритмы решения некоторых задач анализа и идентификации, основанные на использовании проекционных методов [7].

## 3. Проекционная аппроксимация рассматриваемой задачи

Введем базисы из многочленов Чебышева: многочлены по переменной  $z$ , смещенные на отрезок  $0, z_0 - T_{li} z$ , многочлены по переменной  $z$ , смещенные на отрезок  $z_0, z_1 - T_{2j} z$ , а также многочлены по переменной  $t$ , смещенные на отрезок  $0, t_1 - T_{3k} t$ ;  $i, j, k = 0, 1, 2, \dots$  [8]. Далее для простоты будем брать одинаковое число базисных функций. Тогда каждую функцию от переменной  $z$  и  $t$ , входящую в исходную систему уравнений, аппроксимируем частичной суммой двойного ряда Фурье-Чебышева и перейдем от системы уравнений (1)-(4) к приближенной системе уравнений.



Здесь  $C^\theta$  – расширенный столбец из коэффициентов Фурье-Чебышева функции  $\theta(z, t)$  :

$$C^\theta = \begin{bmatrix} C^{\theta_1} \\ C^{\theta_2} \end{bmatrix},$$

$G$  – столбец, стоящий в правой части системы уравнений (5):

$$G = \begin{bmatrix} C_{mm}^{f_1} \\ C_{mm}^{f_2} \\ O_{m \times 1} \\ O_{m \times 1} \\ C_m^\mu \\ O_{m \times 1} \\ O_{m \times 1} \\ O_{m \times 1} \\ O_{m \times 1} \end{bmatrix}.$$

Далее, согласно методу МНК, будем искать псевдорешение переопределенной системы (5), минимизирующее сумму квадратов невязок всех уравнений:

$$J C^\theta = A_\theta C^\theta - G^T A_\theta C^\theta - G. \quad (6)$$

Тогда нормальное псевдорешение переопределенной системы уравнений (5) можно найти с помощью псевдообратной матрицы, т.е.

$$C^{\theta+} = A_\theta^T A_\theta^{-1} A_\theta^T G. \quad (7)$$

Получив нормальное псевдорешение  $C^{\theta+}$ , можно восстановить приближенное решение исходной задачи:

$$\theta_1 z, t \approx T_3^m t^T C^{\theta_1+} T_1^m z, \quad z \in 0, z_0, \quad t \in 0, t_1$$

$$\theta_2 z, t \approx T_3^m t^T C^{\theta_2+} T_2^m z, \quad z \in z_0, z_1, \quad t \in 0, t_1.$$

#### 4. Условие сходимости проекционной схемы

Теоретическое обоснование изложенной схемы проекционной аппроксимации было получено, опираясь на результаты, доказанные в [7]. Приведем без доказательства следующие теоремы.



**Теорема 1.** Пусть функция  $f(z,t)$  имеет непрерывные производные до порядка  $n > 1$  включительно. Тогда последовательность  $C_{mm}^{\theta^+}$  будет минимизирующей для функционала  $J C^\theta$  и

$$J C_{mm}^{\theta^+} \leq C n m^{-2n}, m \rightarrow \infty. \quad (8)$$

Если погрешности в исходных данных и погрешности вычислений отсутствуют, а учитываются лишь погрешности аппроксимаций, тогда имеет место следующий результат.

**Теорема 2.** Пусть функция  $f(z,t)$  имеет непрерывные производные до порядка  $n > 1$  включительно. Предположим, что при увеличении числа  $t$  погрешность  $\sigma_m$  в вычислении коэффициентов Фурье-Чебышева функции  $f(z,t)$  можно неограниченно уменьшать так, что

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \sigma_m m^3 = 0.$$

Тогда, если для  $t \geq 4$  обозначить через  $\tilde{C}_{mm}^{\theta^+}$  решение задачи минимизации возмущенного функционала  $\tilde{J} C^\theta$ , построенного с помощью проецирования на подпространство с базисом из произведений первых  $t$  многочленов Чебышева, то последовательность  $C_{mm}^{\theta^+}$  будет минимизирующей и для функционала  $J C^\theta$ .

## 5. Результаты расчетов

Расчеты проведены для широкого электронного пучка [1, 9-12] и полупроводникового материала – монокристаллического кремния. На глубине  $z_0 = 3$  мкм помещена сосредоточенная теплоёмкость. Форма сечений поверхности при  $t = \text{const}$  определяется как наличием сосредоточенной теплоёмкости, так и характером распределения выделяемой электронным пучком в полупроводнике мощности [9-12].

## 6. Заключение

Получено условие вычислительной устойчивости и дана оценка погрешности проекционной схемы МНК, соответствующей приближенному решению дифференциального уравнения теплопроводности с сосредоточенной теплоёмкостью для двумерного базиса из многочленов Чебышева.

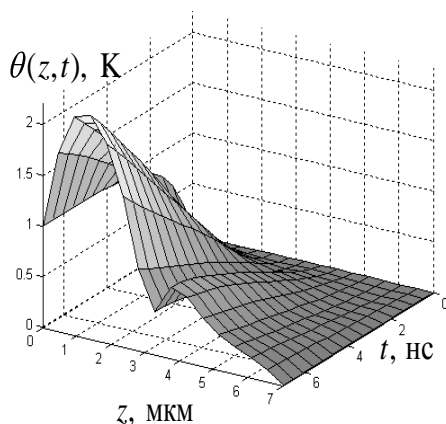


Рисунок 1 – Температурное поле, вычисленное в 8-м приближении в монокристаллическом кремнии для энергии электронов пучка  $E_0 = 20$  кэВ при токе зонда  $10^{-7}$  А

*Исследования проведены при частичной финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-03-00515) и гранта РФФИ и правительства Калужской области (проект № 18-42-400001).*

Список литературы:

1. Серегина, Е.В. О модифицированной проекционной схеме метода наименьших квадратов для моделирования распределения неосновных носителей заряда, генерированных электронным пучком в однородном полупроводниковом материале / Е.В. Серегина, М.А. Степович, А.М. Макаренков // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2013. – № 11. – С. 65-69.
2. Seregina, E.V. On a Modified Projection Scheme of the Least\_Squares Method for the Modeling of the Distribution of Minority Charge Carriers Generated by an Electron Beam in a Homogeneous Semiconductor Material / E.V. Seregina, A.M. Makarenkov, M.A. Stepovich // Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2013. – Vol. 7, № 6. – P. 1077-1080.
3. Серегина, Е.В. Модифицированная проекционная схема метода наименьших квадратов для моделирования концентрации неосновных

- носителей заряда в полупроводниковых материалах / Е.В. Серегина, М.А. Степович, А.М. Макаренков // Успехи прикладной физики. – 2013. – Т. 1, № 3. – С. 354-358.
4. Серегина, Е.В. О некоторых проблемах моделирования распределения неосновных носителей заряда, генерированных электронным пучком в полупроводниковом материале / Е.В. Серегина, М.А. Степович, А.М. Макаренков, М.Н. Филиппов // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2016. – № 4. – С. 88-93.
  5. Seregina, E.V. On Some Problems of Modeling the Distribution of Minority Charge Carriers Generated by Electron Beam in a Semiconductor Material / E.V. Seregina, M.A. Stepovich, A.M. Makarenkov, M.N. Filippov // Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2016. – Vol. 10, № 2. – P. 445-449.
  6. Самарский, А.А. Теория разностных схем / А.А. Самарский. – М.: Наука, 1977. – 656 с.
  7. Лапин, С.В. Теория матричных операторов и ее приложение к задачам автоматического управления / С.В. Лапин, Н.Д. Егупов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. – 496 с.
  8. Суетин, П.К. Классические ортогональные многочлены / П.К. Суетин. – М.: Физматлит, 2007. – 480 с.
  9. Михеев, Н.Н. Количественный анализ материалов полупроводниковой оптоэлектроники методами растровой электронной микроскопии / Н.Н. Михеев, В.И. Петров, М.А. Степович // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1991. – Т. 55, № 8. – С. 1474-1482.
  10. Mikheev, N.N. Quantitative Analysis of Semiconductor Optoelectronic Materials by Raster Electron Microscopy / N.N. Mikheev, V.I. Petrov, M.A. Stepovich // Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR. Physical Series. – 1991. – Vol. 55, № 8. – P. 1-9.
  11. Михеев, Н.Н., Степович М.А. Распределение энергетических потерь при взаимодействии электронного зонда с веществом / Н.Н. Михеев, М.А. Степович // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 1996. – Т. 62, № 4. – С.20-25.
  12. Mikheev, N.N. Distribution of Energy Losses in Interaction of an Electron Probe with Material / N.N. Mikheev, M.A. Stepovich // Industrial Laboratory. – 1996. – Vol. 62, № 4. – P. 221-226.

**О некоторых аспектах моделирования влияния  
магнитоимпульсной обработки на структуру жидких кристаллов**

**Т.П. Каминская<sup>1</sup>, М.А. Степович<sup>2</sup>, М.Н. Шипко<sup>3</sup>, Н.В. Усольцева<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва*

<sup>2</sup>*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

<sup>3</sup>*Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина,  
Иваново*

<sup>4</sup>*НИИ наноматериалов, Ивановский государственный университет, Иваново*

Рассмотрены некоторые возможности использования метода газоразрядной визуализации и атомной силовой микроскопии для изучения влияния магнитоимпульсной обработки на структуру жидких кристаллов. Установлено, что в растворах жидких кристаллов под влиянием электрических и магнитных импульсов наблюдается упаковка мицеллярных ансамблей вдоль определенных направлений. Такое распределение сопровождается формированием квазиструктурных ансамблей мицелл с различным позиционным порядком. Установлена корреляция картин свечения со стереографическими проекциями элементов симметрии 2-х сингоний: кубической и гексагональной.

*Ключевые слова:* метод газоразрядной визуализации, атомная силовая микроскопия, жидкие кристаллы, магнитоимпульсная обработка.

Мицеллы являются основными строительными элементами лиотропных мезофаз и воздействие на них электрическими или магнитными полями может существенно повлиять на их характеристики [1]. Мицеллы – это частицы дисперсной фазы в коллоидных растворах размером от  $10^{-5}$  см до  $10^{-7}$  см. Они состоят из нерастворимого в данной среде ядра, окруженного двойным электрическим слоем ионов. Один слой ионов, т.н. адсорбционный, находится на поверхности ядра, сообщая ему электрический заряд. В состав адсорбционного слоя входит также часть ионов противоположного знака – компенсирующих ионов, основная масса которых образует диффузный слой, другая их часть, включающая в себя только непосредственно связанные с коллоидной частицей молекулы и ионы, называется гранулой. В воде мицеллы представляют собой частицы, образуемые поверхностно-активными веществами (ПАВ) при достижении их определенной концентрации. Наличие упорядоченной мицеллярной структуры в водных растворах жидких кристаллов низкой концентрации позволяет ожидать, что при определённых условиях воз-

действие на них заряженных частиц может обуславливать проявление эффектов, подобных наблюдающимся в твёрдых телах. Отметим, что ранее проводилось изучение влияния магнитоимпульсной обработки в основном только на твёрдые тела – см., например, [2-14], имеются лишь единичные публикации результатов такого воздействия на жидкие объекты [15-17], причём физически обоснованные объяснения экспериментальных результатов прохождения киловольтных электронов через жидкие объекты даются лишь нами в последние несколько лет [16-18].

### **Методика исследований**

Объектами исследования служили водные растворы ПАВ цетилтриметиламмония бромистого  $C_{19}H_{42}N(CH_3)_3Br$  с концентрацией  $5,4 \cdot 10^{-3}$  мол. %, превышающей критическую концентрацию мицеллообразования. Растворы подвергали магнитоимпульсной обработке ( $H = 100$  Э,  $t_{имп.} = 0,4$  с,  $\tau_{паузы} = 1$  с – см. [19, 20]), которая способствовала процессам самосборки и разрушения мицелл.

Для исследования ориентационных эффектов, наблюдающихся при прохождении электронов, индуцированных электрическим полем в водных растворах жидких кристаллов низкой концентрации, использован т.н. метод газоразрядной визуализации (ГРВ) [21]. Исследования выполнены в импульсном электрическом поле камеры ГРВ со следующими параметрами электрического поля: напряжённость  $4,5 \cdot 10^6$  В/м, частота 1024 Гц, время действия импульса  $3 \cdot 10^{-6}$  с. Для калибровки прибора использовали результаты изучения газоразрядного изображения бидистиллированной воды.

Эмитируемые в жидкую среду электроны проходили через жидкость, а выходя из жидкости, вызывали ионизацию молекул окружающего воздуха, формируя скользящий газовый разряд на стекле оптической системы фотокамеры. Свечение воздуха с помощью системы видеопреобразования визуализировали в виде газоразрядного изображения, которое представляло собой пространственно-распределённую группу участков свечения воздуха различной яркости, формы, размеров и частоты. В результате анализа параметров получаемого изображения определяли амплитудные, яркостные, вероятностные параметры фотонов, и, как следствие, параметры эмитируемых электронов позволяли провести оценку структуры исследуемой капли раствора.

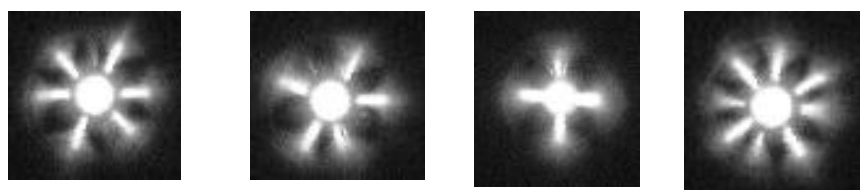
Учитывая тот факт, что параметры разряда определяются только структурой поверхности и объёмной части раствора, при неизменных параметрах внешней среды и электрического поля полученные значения характеристик эмиссионного процесса позволяют судить о форме и пространственном распределении молекулярных комплексов, присутствующих в жидкости.

Методика ГРВ позволяет также получать информацию об изменении параметров эмиссии в процессе электроимпульсного воздействия в течение 0...70 с с интервалом через 7 с, что даёт возможность оценить длительность процессов упорядочения молекулярных комплексов во внешнем электрическом поле.

Структура поверхности твёрдой фазы жидких кристаллов изучалась на сканирующем зондовом микроскопе «Smena-A», платформа «Solar» компании NT-MDT (г. Москва, Зеленоград) в полуконтактной моде в режиме фазового контраста [22, 23]. Для исследований были использованы стандартные кремниевые кантилеверы NA\_NC ETALONc частотой 125-250 кГц.

### Результаты исследований и их обсуждение

Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 1а.



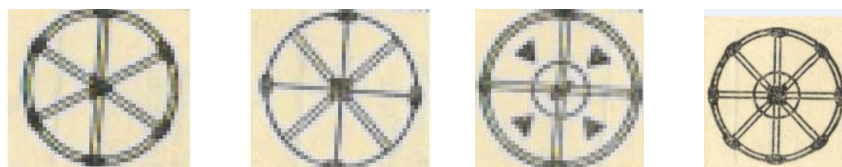
5 имп.

10 имп.

2 имп.

15 имп.

**а**



Гексагональная  
 $\bar{6}m2$

Кубическая  $\bar{4}3m$

Кубическая  $m\bar{3}$

Кубическая  $m\bar{3}m$

**б**

Рисунок 1 – а – результаты экспериментальных исследований; б – стереографические проекции элементов симметрии и плоскостей плотной упаковки ассоциатов, вдоль которых движутся электроны в растворе, для кубической и гексагональной сингоний [24]. Указано количество импульсов магнитоимпульсной обработки и элементы симметрии кубической и гексагональной сингоний

На этом рисунке видны стереографические проекции следов свечения водных растворов ПАВ концентрация  $5,48 \cdot 10^{-3}$  мол. % после

их магнитоимпульсной обработки и стереографические проекции элементов симметрии и плоскостей плотной упаковки ассоциатов, вдоль которых движутся электроны в растворе, для кубической и гексагональной сингоний [24]. Для рисунка *а* приведено количество импульсов магнитоимпульсной обработки, а для рисунка *б* – элементы симметрии кубической и гексагональной сингоний. Видно, что в зависимости от длительности магнитоимпульсного воздействия они представляют различные картины следов движения эмитируемых электронов. Учитывая, что в растворе существуют предмицеллярные ассоциаты и мицеллы, можно предположить, что их пространственное расположение упорядочено и они выполняют роль направляющих, вдоль которых движутся электроны. Взаимодействие между ассоциатами вследствие минимизации свободной поверхностной энергии способствует формированию квазиструктурных ансамблей (кластеров) с различным сочетанием плотности упаковки и симметрии позиционного порядка мицелл.

Исходя из принципа компактности упаковки структурных единиц, наиболее энергетически выгодными являются кубическая и гексагональная упаковки ассоциатов [15]. При кубической упаковке мицеллы формируют плотно упакованные слои, перпендикулярные четырем объемным диагоналям куба. Стереографические проекции этих слоев (плоскостей) соответствуют направлениям каналов, по которым осуществляется облегченная диффузия атомов, ионов и электронов (рис. 16). Для гексагональной упаковки таких направлений будет 6. Отсюда следует, что после кратковременной магнитоимпульсной обработки (2-10 импульсов) в электрическом поле прибора ГРВ стабилизируется кубическая или гексагональная упаковки мицелл. Кроме того, электрическое поле прибора изменяет не только пространственную упаковку, но влияет и на взаимную ориентацию нанокластеров. Повышение длительности магнитоимпульсной обработки раствора (10-15 импульсов) обеспечивает формирование кластеров с гексагональной упаковкой мицелл. При длительном магнитоимпульсном воздействии наблюдается разрушение структуры ансамблей, но в растворе сохраняются признаки, характерные для присутствующих отдельных мицелл, формирующих нитевидные или двумерно упорядоченные текстуры [16]. Отметим, что гексагональная упаковка сможет сформироваться при частичном разрушении крупных и мелких мицелл, проявляющихся в их полидисперсности, и способных образовать слои, отличающиеся степенью их заполнения по сравнению с классическими кубическими упаковками.

АСМ-снимки микроструктуры твёрдой фазы жидкого кристалла, как

результат сканирования поверхности образцов, представлены на рис. 2.

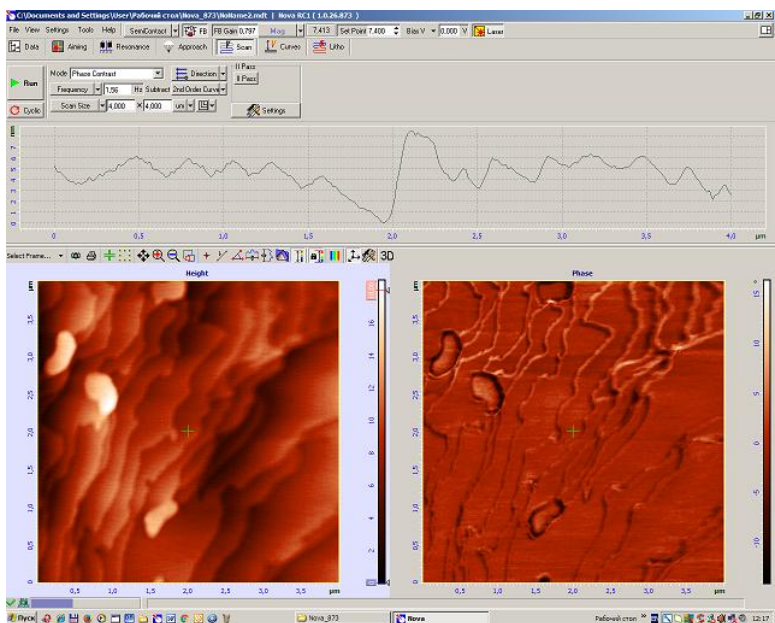


Рисунок 2 – АСМ-снимок жидкого кристалла в твердом виде размером  $4 \times 4$  мкм в режиме фазового контраста

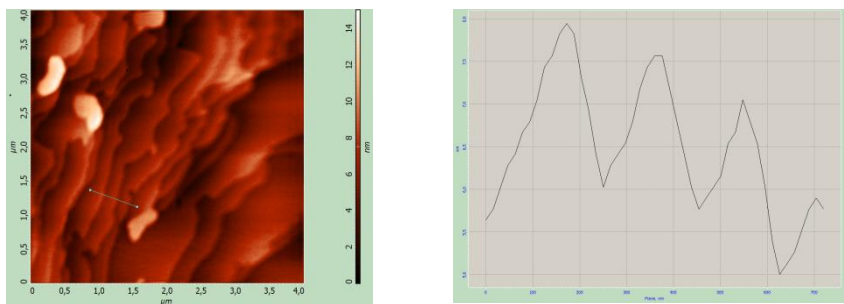


Рисунок 3 – Микроструктура (на левом рисунке) и сечение жидкого кристалла (на правом рисунке)

Слева показана микроструктура поверхности участка жидкого кристалла в твердом виде размером  $4 \times 4$  мкм, а справа – та же поверхность в режиме фазового контраста. Хорошо видна слоистая структура образца с толщиной слоёв от 2 до 7 нм, которая представлена сверху кривой разброса



по высоте для самой верхней (последней) линии сканирования, так как сканирование проводилось снизу-вверх (показано в «Direction»). Метод фазового контраста позволил чётче выявить границы слоёв и однородность химического состава образца.

Для более точного определения толщины отдельных слоев проведено сечение образца в месте, показанном стрелкой (отрезком) на рисунке 3 слева. Справа показан разброс по высоте в этом сечении. Толщина слоев составила 1.7- 2.5нм.

### **Заключение**

ГРВ анализ структурированных жидких кристаллов показал, что в этих растворах под влиянием электрических и магнитных импульсов наблюдается упаковка мицеллярных ансамблей вдоль определенных направлений. Такое распределение сопровождается формированием квазиструктурных ансамблей мицелл с различным позиционным порядком. Установлена корреляция картин свечения со стереографическими проекциями элементов симметрии 2-х сингоний: кубической и гексагональной. Получены АСМ-изображения твердой фазы жидких кристаллов.

*Исследования проведены при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-03-00515) и гранта РФФИ и правительства Калужской области (проект № 18-42-400001).*

#### Список литературы:

1. Усольцева, Н.В. Жидкие кристаллы: лиотропный мезоморфизм: учеб. пособие / Н.В. Усольцева. – Иваново: Иван. гос. ун-т, 2011. – 316 с.
2. Альшиц, В.И. Магнитоупругий эффект: основные свойства и физические механизмы / В.И. Альшиц, Е.В. Даринская, М.В. Колдаева, Е.А. Петржик // Кристаллография. – 2003. – Т. 48, № 5. – С. 826-854.
3. Альшиц, В.И. Электростимуляция магнитоупругости и магнитоупрочнения в кристаллах / В.И. Альшиц, Е.В. Даринская, М.В. Колдаева // Письма в ЖЭТФ. – 2008. – № 7. – С. 500-507.
4. Вирюс, А.А. Локальный анализ состава и структуры прецизионных сплавов системы Fe-Si-Al, подвергнутых магнитно-импульсной обработке / А.А. Вирюс, Т.П. Каминская, М.Н. Шипко, М.А. Степович // Физика и химия обработки материалов. – 2013. – № 2. – С. 71-75.
5. Каминская, Т.П. Атомная силовая микроскопия сплавов Fe<sub>3</sub>(SiAl), подвергнутых магнитоимпульсной обработке / Т.П. Каминская, В.В. Коро-

- вушкин, В.В. Попов, М.Н. Шипко, М.А. Степович // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2014. – № 12. – С. 26-30.
6. Kaminskaya, T.P. Atomic-Force Microscopy of Fe<sub>3</sub>(SiAl) Alloys under Magnetic-Pulse Treatment / T.P. Kaminskaya, V.V.Korovushkin, V.V. Popov, M.N. Shipko, M.A. Stepovich // Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2014. – Vol. 8, № 6. – P. 1235-1239.
  7. Вирус, А.А. Исследование локальных характеристик аморфной электро-технической стали / А.А. Вирус, Т.П. Каминская, М.А. Степович, В.В. Коровушкин, М.Н. Шипко, А.И. Тихонов, В.В. Попов // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2017. – № 10. – С. 52-55.
  8. Virus, A.A. Investigation of the Local Characteristics of Amorphous Electrical Steel / A.A. Virus, T.P. Kaminskaya, M.A. Stepovich, V.V. Korovushkin, M.N. Shipko, A.I. Tikhonov, V.V. Popov // Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2017. – Vol. 11, Issue 5. – P. 1046-1049.
  9. Степович, М.А. О влиянии импульсов магнитного поля на структуру и свойства магнетита / М.А. Степович, М.Н. Шипко, В.В. Коровушкин, В.Г. Костишин // Известия РАН. Серия физическая. – 2017. – Т. 81, № 8. – С. 1152-1156.
  10. Stepovich, M.A. Effect of Magnetic Field Pulses on the Structure and Properties of Magnetite / M.A. Stepovich, M.N. Shipko, V.V. Korovushkin, V.G. Kostishin // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2017. – Vol. 81, № 8. – P. 1037-1040.
  11. Вирус, А.А. Комплексный микроанализ состава и структуры порошков гематита / А.А. Вирус, М.Н. Шипко, М.А. Степович, В.В. Коровушкин // Прикладная физика. – 2018. – № 1. – С. 63-68.
  12. Шипко, М.Н. Экспериментальные исследования влияния слабых импульсных магнитных полей на свойства конденсированных сред / М.Н. Шипко, В.В. Коровушкин, М.А. Степович, В.Г. Костишин // Перспективные материалы и технологии: Материалы международного симпозиума (22-26 мая 2017 г., Белоруссия, г. Витебск, Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебский государственный технологический университет). В 2-х ч. Ч. 1 / под ред. В.В. Рубаника. – Витебск: УО «ВГТУ», 2017. – С. 118-120.
  13. Шипко, М.Н. Влияние магнитоимпульсной обработки на структуру и магнитные свойства ферритов / М.Н. Шипко, В.В.Коровушкин,

- В.Г. Костишин, И.М. Исаев, М.А. Степович, Е.С. Савченко // Известия РАН. Серия физическая. – 2018. – Т. 82, № 2. – С. 232-236.
14. Shipko, M.N. Effect of Magnetic Pulse Processing on the Structure and Magnetic Properties of Ferrites / M.N. Shipko, V.V. Korovushkin, V.G. Kostishin, I.M. Isaev, M.A. Stepovich, E.S. Savchenko // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2018. – Vol. 82, № 2. – P. 203-207.
  15. Шипко, М.Н. Применение метода газоразрядной визуализации для изучения структурного состояния водных растворов поверхностно активных веществ после их обработки в импульсном магнитном поле / М.Н. Шипко, Н.В.Усольцева, А.Л. Сибирев, О.М. Масленникова, М.А. Степович, А.И. Тихонов, Е.А. Марков, А.И. Смирнова // ГРВ технологии. Возможности и перспективы: Сборник статей международной научно-технической конференции (14-18 мая 2017 г., г. Санкт-Петербург, ООО «Биотехпрогресс»). – Санкт-Петербург: ООО «Биотехпрогресс», 2017. – С. 176-184.
  16. Шипко, М.Н. Магнитоимпульсное воздействие на структурное состояние растворов поверхностно-активных веществ / М.Н. Шипко, А.Л. Сибирев, М.А. Степович, Н.В. Усольцева, А.И. Смирнова, О.М. Масленникова // Электромагнитное поле и материалы (фундаментальные физические исследования): Материалы XXV международной конференции (24-25 ноября 2017 г., г. Москва, Национальный исследовательский университет «МЭИ»). – М.: ИНФРА-М, 2017. – С. 48-61.
  17. Шипко, М.Н. Влияние импульсных электромагнитных полей на позиционный и ориентационный порядок в водных растворах цетилтриметиламмония бромистого / М.Н. Шипко, Н.В. Усольцева, А.Л. Сибирев, О.М. Масленникова, А.И. Смирнова, М.А. Степович, Г.Ф. Габдулсадыкова // Жидкие кристаллы и их практическое использование. – 2018. – Т. 18, № 1. – С. 47-54.
  18. Шипко, М.Н. Моделирование прохождения электронов, индуцированных электрическим полем в водных растворах жидких кристаллов низкой концентрации / М.Н.Шипко, Н.В.Усольцева, А.Л. Сибирев, О.М. Масленникова, М.А.Степович, А.И. Тихонов, Е.А. Марков, А.И. Смирнова // Научные труды Калужского государственного университета им. К.Э. Циолковского. Естественные науки. – Калуга: КГУ им. К.Э. Циолковского, 2017. – С. 202-206.
  19. Староверов, Б.А. Автоматизация процессов импульсной магнитной обработки металлов и прецизионных сплавов / Б.А. Староверов, М.А. Степо-

- вич, М.Н. Шипко // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2011. – № 8. – С. 1-4.
20. Шипко, М.Н. Влияние слабых низкочастотных импульсных магнитных полей на физико-механические свойства металлов и прецизионных сплавов / М.Н. Шипко, М.А. Степович, Б.А. Староверов, В.Х. Костюк // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2012. – № 1. – С. 2-6.
21. Коротков, К.Г. Принципы анализа в ГРВ биоэлектрографии / К.Г. Коротков. – СПб., 2007. – 283 с.
22. Миронов, В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии / В.Л. Миронов. – Нижний Новгород: Институт физики микроструктур РАН, 2004. – 108 с.
23. Миронов, В.Л. Сканирующая зондовая микроскопия твердотельных структур: Дис. ... д-ра физ.-мат. наук (01.04.01) / В.Л. Миронов. – Нижний Новгород: Институт физики микроструктур РАН, 2009. – 395 с.
24. Шаскольская, М.Л. Кристаллография / М.Л. Шаскольская. – М.: Высшая школа, 1976. – 391 с.

УДК 681.3;65.011.56:004.3 681.3;65.011.56:004.3

**Методы оптимизации режимов работы морских  
транспортных узлов**

**А.М. Прохоренков, Р.А. Истратов**

*Мурманский государственный технический университет, Мурманск*

В статье рассмотрены математические модели, применяемые для анализа транспортных сетей, которые классифицируются по классу решаемым задачам, математическому аппарату, используемым данным и степени детализации описания движения. Показано, что представление модели транспортного узла в виде графа и его аналога, – матричной модели, позволяет решать задачу оптимизации различных вариантов перегрузки грузов с помощью математической модели. В качестве примера, в статье представлен состав программы для решения задачи моделирования перегрузочных процессов транспортного узла в системе MATLAB с использованием пакета Simulink.

*Ключевые слова:* математическая модель, граф, матрица, перемещение грузопотока, вероятность состояния, оптимизация управления.

В настоящее время развитие транспортных перевозок в России характеризуется повышением требований к срокам доставки грузов, качеству пе-

ревозок, сокращению затрат на транспортно-складские операции [1, с. 149]. Центральным звеном в системе перевозок являются транспортные узлы (ТУ). В них начинается и завершается доставка грузов, происходят процессы перевалки груза с одного вида транспорта на другой. Несмотря на ввод в эксплуатацию новых портовых перегрузочных комплексов, потребность России в перегрузочных мощностях удовлетворяется отечественными портами не полностью, а по переработке внешнеторговых грузов – менее чем на 70 % [2, с. 25]. В этой связи ведущим направлением повышения эффективности работы транспортных узлов является оптимизация управления перегрузочными процессами порта, его инфраструктурой на основе применения современных информационных и компьютерных технологий.

Для обеспечения эффективного функционирования перегрузочного комплекса, имеющего многоцелевой характер, требуется взаимосвязь значительного количества технических, экономических и социальных показателей, которые подвержены влиянию многочисленных факторов.

Особенностью перегрузочных процессов в порту является их непрерывное развитие, обусловленное как изменением потребностей в переработке тех или иных грузов, так и постоянно изменяющейся обстановкой внутри порта и в обслуживаемых им регионах. Это вызывает необходимость максимальной формализации способов принятия решений как по оперативно-диспетчерскому управлению перегрузочными процессами, так и по их модернизации и реорганизации. Совершенствование существующих методов оптимизации режимов работы ТУ является одним из путей снижения затрат на развитие перегрузочных мощностей в терминалах морских портов. Наряду с этим, использование современных методов оптимизации должно способствовать улучшению эксплуатационных и технико-экономических показателей работы ТУ. Перегрузочные процессы в ТУ рассматриваются как объекты моделирования, позволяющие решать задачи оптимального управления различными вариантами перегрузки/перевалки грузов.

Математические модели, применяемые для анализа транспортных сетей, классифицируются по классу решаемым задачам, математическому аппарату, используемым данным и степени детализации описания движения. Основываясь на задачах, для решения которых применяются модели, можно условно выделить три основные класса:

- прогнозные модели,
- имитационные модели,
- оптимизационные модели.

Прогнозные модели предназначены для решения следующей задачи. Пусть известны геометрия и характеристики транспортной сети, а также размещение потокообразующих объектов в транспортном узле. Необходимо определить, какими будут транспортные потоки в этой сети. Более подробно, прогноз загрузки транспортной сети включает в себя расчет усредненных характеристик движения, таких как объемы передвижений, интенсивность потока, распределение технических средств ТУ для выполнения работ по перемещению грузов, а также их погрузки и разгрузки. При помощи этих моделей можно прогнозировать последствия изменений в транспортной сети или в размещении объектов.

Имитационное моделирование ставит своей целью воспроизведение всех деталей движения, включая развитие процесса во времени. При этом усредненные значения потоков и распределение по путям считаются известными и служат исходными данными для этих моделей. Кратко это отличие можно сформулировать так: прогнозные модели отвечают на вопрос: сколько и куда будут ехать в данной сети, а имитационные модели отвечают на вопрос: как в деталях будет происходить движение, если известно в среднем, сколько и куда. Таким образом, прогноз потоков и имитационное моделирование являются дополняющими друг друга направлениями. Из этого следует, что к классу имитационных по их функциональной роли можно отнести широкий спектр моделей, известных под названием модели динамики транспортного потока. В моделях этого класса может применяться разная техника: от имитации движения каждого отдельного автомобиля до описания динамики функции плотности автомобилей на дороге [2, с. 24].

Для динамических моделей характерна значительная детализация описания движения и, соответственно, потребность в больших вычислительных ресурсах. Применение этих моделей позволяет оценить динамику скорости движения, задержки на перекрестках, длины и динамику образования очередей или заторов и другие характеристики движения. Основные области практического применения динамических имитационных моделей улучшение организации движения, оптимизация светофорных циклов и др. В настоящее время актуальной задачей является разработка систем автоматизированного оперативного управления движением, работающих в режиме реального времени. Такие системы должны использовать информацию, поступающую от датчиков в сочетании с динамическим имитационным моделированием.

Модели прогноза потоков и имитационные модели ставят своей целью адекватное воспроизведение транспортных потоков. Существует, однако, большое количество моделей, предназначенных для оптимизации функцио-

нирования транспортных сетей. В этом классе моделей решаются задачи оптимизации маршрутов пассажирских и грузовых перевозок, выработки оптимальной конфигурации сети и др.

Представление модели ТУ в виде графа и его аналога, – матричной модели, позволяет решать задачу оптимизации различных вариантов перегрузки грузов с помощью модели.

Рассмотрим этапы разработки граф-модели ТУ на примере Мурманского транспортного узла. В каждом ТУ существуют такие подсистемы, как причалы, терминалы, грузовые фронты железной дороги и автотранспортной дороги [1, с. 152].

Для составления граф-модели ТУ представим эти подсистемы пунктами погрузки-разгрузки вершинами графа:  $K = \{K1, K2, \dots, KN\}$  ( $N = 1 \dots 5$ ).

Множество дуг  $E = \{E12, E21, \dots, E15, E51\}$  – направление (вариант) перевозки грузов. Граф-модель  $V(K, E)$  перегрузочных процессов в Мурманском транспортном узле изображена на рисунке 1:

$K1, K7, K10$  – пункты железной дороги;

$K2 - K5$  - терминалы Западного берега Кольского залива;

$K8$  - терминал в Териберке;

$K11 - K16$  – терминалы Восточного берега Кольского залива;

$K6, K17$  – площадки для автотранспорта;

$K9$  – аэропорт.

Схема декомпозиции функционирования перегрузочных процессов в Мурманском транспортном узле представлена на рисунке 1.

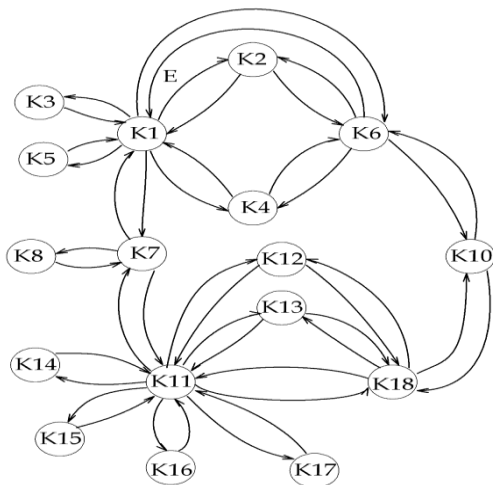


Рисунок 1 – Граф-модель перегрузочных процессов

Граф является ориентированным, так как все дуги имеют направленность. По теории графов его можно представить аналогично в виде матрицы перемещения  $M = m_{ij}$ , где  $N$  – строки, представляющие вершины графа, и  $L$  – столбцы (по одному на каждую дугу). Для основных терминалов были составлены матрицы перемещения  $M = m_{ij}$  [2, с. 26].

Элементы матрицы  $m_{ij}$  определяются следующим образом:

$$m_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если дуга выходит из } i\text{-й вершины в } j\text{-ю;} \\ -1, & \text{если дуга выходит из } j\text{-вершины;} \\ 0, & \text{если дуга не входит и не выходит из вершины} \end{cases}$$

применительно к перегрузочным процессам в морском торговом порту, входящем в состав МТУ, представление модели объекта исследования в виде графа и его аналога – матричной модели – позволяет с различных сторон взглянуть на задачу оптимизации различных по содержанию вариантов перегрузки грузов в транспортном узле.

Матрица  $M$  приведена в таблице 1. Строки матрицы обозначают направления перевозки грузов в транспортном узле. Множество  $E$  является вариантами перегрузочных процессов, для которых характерно определенное и конечное местоположение груза. Известны количество приходящих судов, вагонов в порт и время их прибытия, а наличие свободных перегрузочных машин, складов является случайным.

Таблица 1 – Матрица перемещения

	$E_{12}$	$E_{21}$	$E_{13}$	$E_{31}$	$E_{14}$	$E_{41}$	$E_{15}$	$E_{51}$	$E_{16}$	$E_{61}$	$E_{17}$	$E_{71}$	$E_{26}$	$E_{62}$	$E_{46}$
$K_1$	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	0	0	0
$K_2$	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0
$K_3$	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$K_4$	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$K_5$	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
$K_6$	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	-1	1	1
$K_7$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
$K_8$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$K_9$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$K_{10}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Для каждого момента времени  $t$  вероятность любого состояния системы в будущем зависит только от ее состояния в настоящем. Состояния системы связаны между собой связями (переходами из  $i$ -го состояния в  $j$ -е состояние).



Каждый переход характеризуется вероятностью перехода  $P_{ij}$ . Вероятность  $P_{ij}$  показывает, как часто после попадания в  $i$ -е состояние осуществляется затем переход в  $j$ -е состояние.

Перемещение грузопотока из одного пункта в другой представляет собой изменение системы, т. е. на графе это перемещение грузов из  $K_i$  в  $K_j$ . Вероятность  $i$ -го состояния системы обозначим  $P_i$ , условную вероятность

перехода из  $i$ -го состояния в  $j$ -е состояние –  $p_{ij} \left( \sum_{i=q}^N p_{ij} = 1 \right)$ . Тогда вероятность  $j$ -го состояния системы можно вычислить по формуле:

$$P_j = p_{ij}P_i, \quad i, j = 1, N. \quad (1)$$

Вероятности перехода  $p_{ij}$  могут быть представлены матрицей вероятностей перехода:

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1N} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{N1} & p_{N2} & \dots & p_{NN} \end{bmatrix},$$

где:  $p_{ij}$  – вероятность перехода за один шаг из состояния  $i$  в состояние  $j$ ;  $p_{ii}$  – вероятность задержки системы в состоянии  $i$ .

Матрица  $P$  – это переходная матрица, элементами которой являются вероятности перехода из  $i$ -го в  $j$ -е состояние за один шаг процесса. При этом статическое состояние системы описывает вероятность состояния  $\{P_k\}$  ( $k = 1 \dots N$ ), а динамическое, – множество вероятностей всех переходов  $\{p_{ij}\}$ .

Если начальная вероятность состояния  $E_i$  равна  $a_i$ , то (безусловная) вероятность того, что система в момент  $n$  находится в состоянии  $E_k$ , равна

$$a_j^n = \sum_i a_i \cdot p_{ik}^{(n)}. \quad (2)$$

Аналогично, если начальная вероятность состояния  $E_i$  равна  $p_i$ , то получим

$$p_j^n = \sum_i p_i p_{ij}^{(n)}. \quad (3)$$

Выражение (3) в определенной степени отражает статические и динамические состояния системы.

Таким образом, описание и моделирование функционирования перегрузочных процессов транспортного узла можно определить через граф-модель и математическую вероятностную модель [1, с. 155].

На рисунке 2 представлен состав программы для решения задачи моделирования перегрузочных процессов транспортного узла в системе MATLAB с использованием пакета Simulink, которая состоит из трех подмоделей, реализованных в качестве отдельных блоков Way1, Way2 и Way3.

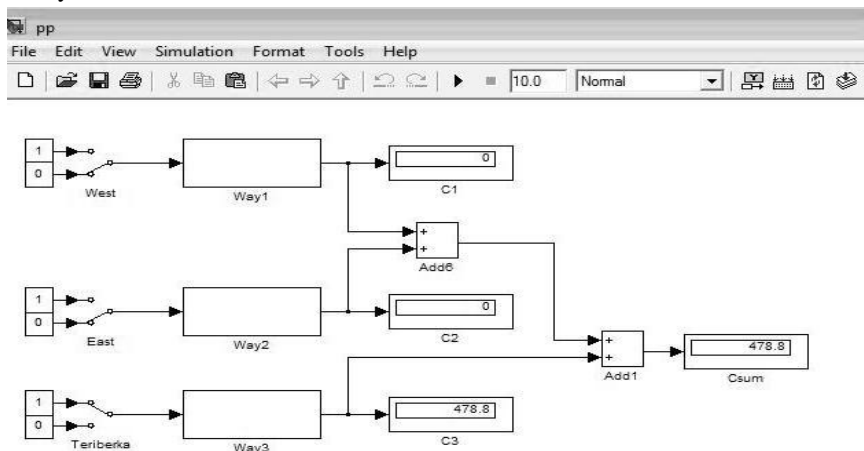


Рисунок 2 – Состав программы для моделирования перегрузочных процессов транспортного узла

С помощью ключей West, East, Teriberka можно выбирать необходимый маршрут перегрузочных процессов. Блоки сложения Add 1, Add 6 суммируют расходы на перегрузочные процессы с учетом коэффициента транзита.

Задача оптимизации управления перегрузочными процессами состоит в следующем: в транспортном узле имеется некоторое число погрузочно-разгрузочных пунктов, количество идентичных транспортных средств и количество грузопотоков, проходящих в транспортном узле. Необходимо составить маршрут передвижения каждого грузопотока и транспортного средства внутри транспортного узла, чтобы обеспечивать минимум затрат на перевозку грузов и сокращение времени обработки транспортных средств.

#### Список литературы

1. Прохоренков, А.М. Координирующая информационная система управления инфраструктурами транспортного узла / А.М. Прохоренков, Р.А. Истратов // Вестник МГТУ: Труды Мурм. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 16, № 1. – С. 148-156.

2. Прохоренков, А.М. Математическое моделирование управления перегрузочными процессами в морском порту / А.М. Прохоренков, Р.А. Истратов // Мир транспорта. – 2013. – № 1 (45). – С. 20-28.

УДК 512.81,30

### Семейства прямых в квазиэллиптическом пространстве

**И.И. Савоськина**

*Калужский государственный университет им. К.Э.Циолковского, Калуга*

В статье построено взаимно однозначное соответствие между прямыми квазиэллиптического пространства и точками сегре-евклидова пространства. Указаны свойства поверхности Сегре-Клиффорда.

*Ключевые слова:* квазиэллиптическое пространство, сегре-евклидово пространство, поверхность Сегре-Клиффорда.

Квазиэллиптическое пространство  $S_n^1$  определяется как проективное пространство  $P_n$  с заданным в нем абсолютном, который состоит из пары мнимо-сопряженных гиперплоскостей  $Q_0$ , пересекающихся по действительной плоскости  $T_{n-2}$ , и невырожденной мнимой квадрики  $Q_1$  в этой плоскости. Плоскость  $T_{n-2}$  и квадрака  $Q_1$ , входящие в абсолют, называются абсолютными [3, с. 64].

Прямые, не имеющие с абсолютной плоскостью  $T_{n-2}$  общих точек, называются эллиптическими.

Рассмотрим в квазиэллиптическом пространстве  $S_n^1$  семейство всех эллиптических прямых. Присоединим к нему подвижной репер так, чтобы точки  $A_a$  были полярно сопряжены относительно  $Q_0$  и однозначно определяли прямую, а точки  $A_i$  находились в плоскости  $T_{n-2}$  и являлись вершинами автополярного симплекса этой плоскости, являющейся эллиптической плоскостью  $S_{n-2}$ . Индексы принимают здесь и далее следующие значения:  $a, v, c, \dots = 0, 1$ ;  $i, j, k, \dots = 2, 3, \dots, n$ .

Деривационные формулы этого репера записываются в виде:

$$\begin{aligned} dA_a &= \omega_a^b A_b + \omega_a^i A_i, \\ dA_i &= \omega_i^j A_j, \end{aligned} \quad (1)$$

причем

$$\omega_a^b = -\omega_b^a, \quad \omega_i^j = -\omega_j^i.$$

Уравнения структуры многообразия эллиптических прямых имеют вид:

$$\begin{aligned} D\omega_a^i &= \omega_a^b \wedge \omega_b^i + \omega_a^j \wedge \omega_j^i, \\ D\omega_i^j &= \omega_i^k \wedge \omega_k^j, \\ D\omega_0^1 &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Так как точки  $A_a$  определяют эллиптическую прямую и число форм  $\omega_a^i$  равно  $2(n-1)$ , то многообразие имеет размерность  $2(n-1)$ . Из уравнений структуры следует, что многообразии эллиптических прямых квазиэллиптического пространства обладает нулевым тензором кривизны, то есть является плоским.

В многообразии эллиптических прямых, обозначим его  $M_{2n-2}$ , можно ввести инвариантную метрику, используя стационарные расстояния между прямыми. Тогда многообразие  $M_{2n-2}$  становится изометричным евклидову пространству  $E_{2n-2}$ . Группа же движений многообразия  $M_{2n-2}$  изоморфна не группе движений пространства  $E_{2n-2}$ , а ее подгруппе. Аналитическое задание этих движений имеет вид:

$$\begin{aligned} x_0^i &= U_j^i(x_0^j \cos t + x_1^j \sin t) + a_0^i, \\ x_1^i &= U_j^i(-x_0^j \sin t + x_1^j \cos t) + a_1^i. \end{aligned} \quad (3)$$

Группа этих движений, являясь подгруппой группы движений евклидова пространства  $E_{2n-2}$ , переводит в себя поверхность Сегре на бесконечно удаленной плоскости  $S_{2n-3}$ , поэтому будем называть пространство  $E_{2n-2}$  с этой группой движений сегре-евклидовым пространством и обозначать его  $sE_{2n-2}$ .

Таким образом, построена интерпретация многообразия эллиптических прямых квазиэллиптического пространства  $S_n^1$  на сегре-евклидово пространство  $sE_{2n-2}$ , при которой прямой ставится в соответствие точка. Полученный результат может быть распространен на многообразии  $r$ -мерных эллиптических плоскостей квазиэллиптического пространства  $S_n^r$  [2, с. 284]. В этом случае в системах (1) и (2) индексы принимают следующие значения:  $a, b, c, \dots = 0, 1, \dots, r$ ;  $i, j, k, \dots = r+1, r+2, \dots, n$ ; размерность сегре-евклидова пространства равна  $2n-2r$ , а метрическая поверхность Сегре имеет  $r$ -мерные и  $(n-r-1)$ -плоские образующие.

**Теорема 1.** Сегре-Евклидово пространство  $sE_{2n-2r}$  является моделью многообразия  $r$ -мерных эллиптических плоскостей квазиэллиптического пространства  $S_n^r$ .

Уравнение поверхности Сегре в случае  $S_n^1$  имеет вид:

$$x_0^i x_1^j - x_0^j x_1^i = 0. \quad (4)$$

Теорема 2.  $k$ -мерные плоскости сегре-евклидова пространства  $sE_{2n-2}$  при  $n \geq 2k+1$  изображаются в квазиэллиптическом пространстве  $S_n^1$  семействами прямолинейных образующих  $(k+1)$ -мерных поверхностей Сегре  $\sum_{1,k}$ .

Следствие. Прямые сегре-евклидова пространства  $sE_{2n-2}$  изображаются в квазиэллиптическом пространстве  $S_n^1$  демиквадриками.

Уравнение (4) метрической поверхности Сегре можно записать в параметрическом виде:

$$x_a^i = w^i v_a, \quad (5)$$

где параметры  $w^i$  и  $v_a$  связаны условием:  $(w^2)^2 + (w^3)^2 + \dots + (w^n)^2 = 1$  и  $(v_0)^2 + (v_1)^2 = 1$ . Число независимых  $w^i$  равно  $n-2$ , число независимых  $v_a$  равно 1. Эта поверхность обладает следующими свойствами:

1. Каждая прямолинейная образующая состоит из паратактичных между собой прямых, а семейство  $(n-2)$ -мерных плоских образующих состоит из паратактичных между собой плоскостей.

2. Каждая прямолинейная образующая поверхности вполне ортогональна каждой  $(n-2)$ -мерной плоской образующей этой поверхности.

3. 2-мерная поверхность является прямоугольной квадрикой Клиффорда.

Поэтому будем называть метрическую  $(n-1)$ -мерную поверхность Сегре  $\sum_{1,n-2}$  пространства  $S_{2n-3}$  поверхностью Сегре-Клиффорда и обозначать  $sK_{n-1}$ .

Теорема 3. Поверхность Сегре-Клиффорда  $sK_{n-1}$  является множеством бесконечно удаленных точек прямых пространства  $sE_{2n-2}$ , изображающих пучки эллиптических прямых квазиэллиптического пространства  $S_n^1$ , причем точки поверхности  $sK_{n-1}$ , соответствующие пучкам с общим центром, лежат на одной  $(n-2)$ -мерной плоской образующей поверхности  $sK_{n-1}$ , а точки этой поверхности, соответствующие пучкам с общей 2-мерной плоскостью, лежат на одной ее прямолинейной образующей.

Докажем это. Рассмотрим произвольные пучки эллиптических прямых квазиэллиптического пространства  $S_n^1$ . Если пучки имеют общий центр, то для них  $v_0 = m_0 = \text{const}$  и  $v_1 = m_1 = \text{const}$ , а из (5) следует, что  $x_0^i = w^i m_0$ ,  $x_1^i = w^i m_1$ . Так как число независимых  $w^i$  равно  $n-2$ , то точки поверхности Сегре-Клиффорда  $sK_{n-1}$ , соответствующие пучкам с общим центром, лежат на одной  $(n-2)$ -мерной плоской образующей поверхности  $sK_{n-1}$ . Если пучки имеют общую 2-мерную плоскость, то для них  $w^i = m^i = \text{const}$ , а из (5) следует, что  $x_0^i = m^i v_0$ ,  $x_1^i = m^i v_1$ . Так как число независимых  $v_a$  равно 1, то точки поверхности Сегре-Клиффорда  $sK_{n-1}$  соответствующие пучкам

с общей 2-мерной плоскостью, лежат на одной прямолинейной образующей поверхности  $sK_{n-1}$ .

#### Список литературы

1. Львова, Л.В. Интерпретация квазиэллиптического пространства: монография / Л.В. Львова; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Барнаул. гос. пед. ун-т». – Барнаул: Изд-во БГПУ, 2005. – 166 с.
2. Розенфельд, Б.А. Неевклидовы пространства / Б.А. Розенфельд. – М. Изд-во «Наука», 1969. – 546с.
3. Савоськина, И.И. Некоторые частные классы конгруэнций прямых квазиэллиптического пространства  $S_n^1$  / И.И. Савоськина // Геометрия многообразий и ее приложения (Материалы научной конференции с международным участием). – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского государственного университета, 2012. – С. 64-68.
4. Савоськина, И.И. Канонический репер конгруэнции эллиптических прямых квазиэллиптического пространства  $S_n^1$  / И.И. Савоськина // Вестник Калужского университета. – Калуга. Изд-во КГУ им. К.Э. Циолковского, 2013. – С. 27-29.
5. Савоськина И.И. О некоторых моделях конгруэнций прямых квазиэллиптического пространства  $S_n^1$  / И.И. Савоськина // Материалы Международной научной конференции «Теория приближений функций и родственные задачи анализа», посвященная памяти доктора физико-математических наук, профессора П.П. Коровкина. – Калуга: Изд-во КГУ им. К.Э. Циолковского, 2015. – С. 69.
6. Савоськина, И.И. Канонический репер конгруэнции прямых квазиэллиптического пространства  $S_4^1$  / И.И. Савоськина // Научные труды Калужского государственного университета им. К.Э. Циолковского. Серия Естественные науки, 2017. – Калуга: Изд-во КГУ им. К.Э. Циолковского, 2017. – С. 178-181.

**Уточнение оценки модуля непрерывности функции Больцано  
А.И. Савотин, И.А. Козлова**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В настоящей работе рассматривается хорошо известная в истории математики функция Больцано  $f \in \mathcal{C}^{\sim}$ , которая является непрерывной, но нигде не дифференцируемой. Данная функция определяется как предел последовательности ломаных [1] и для ее построения используются вспомогательные функции, представляющие собой ломаные. В работе [2] получена оценка модуля непрерывности функции Больцано:  $\frac{3}{2}\sqrt{\delta} \leq \omega \mathcal{C}; \delta \gtrsim 6\sqrt{\delta}$ . В данной работе дается уточнение этой оценки.

*Ключевые слова:* функция Больцано, модуль непрерывности, оценка модуля непрерывности, классы Липшица.

Модуль непрерывности непрерывной на отрезке  $[a; b]$  функции  $f \in \mathcal{C}^{\sim}$

$$\omega \mathcal{C}; \delta \gtrsim = \max_{|x_1 - x_2| \leq \delta} |f(x_1) - f(x_2)|, \quad x_1, x_2 \in [a; b]$$

одна из основных характеристик непрерывных функций. Согласно приведенному определению, модуль непрерывности  $\omega \mathcal{C}; \delta \gtrsim$  при каждом фиксированном  $\delta \in [a; b]$  указывает величину максимального колебания функции  $f \in \mathcal{C}^{\sim}$  на произвольном отрезке длины  $\delta$ .

В работе [2] была получена следующая оценка модуля непрерывности функции Больцано [1] на отрезке  $[0; 1]$  при  $h = 1$ :

$$\frac{3}{2}\sqrt{\delta} \leq \omega \mathcal{C}; \delta \gtrsim \leq 6\sqrt{\delta}. \quad (1)$$

Однако более тщательное изучение локальных экстремумов функции Больцано позволяет получить следующие соотношения:

$$\omega \mathcal{C}; \delta \gtrsim \geq 2 \text{ при } \frac{2}{3} \leq \delta \leq 1;$$

$$\frac{15}{8} \leq \omega \mathcal{C}; \delta \gtrsim \leq 2 \text{ при } \frac{39}{64} \leq \delta \leq \frac{2}{3};$$

$$\frac{7}{4} \leq \omega \mathcal{C}; \delta \gtrsim \leq \frac{15}{8} \text{ при } \frac{7}{16} \leq \delta \leq \frac{39}{64};$$

$$\begin{aligned}
\frac{3}{2} \leq \omega(\mathfrak{C}; \delta) \lesssim \frac{7}{4} n_{pu} \quad \frac{1}{4} \leq \delta \leq \frac{7}{16}; \\
\frac{11}{8} \leq \omega(\mathfrak{C}; \delta) \lesssim \frac{3}{2} n_{pu} \quad \frac{15}{64} \leq \delta \leq \frac{1}{4}; \\
\frac{5}{4} \leq \omega(\mathfrak{C}; \delta) \lesssim \frac{11}{8} n_{pu} \quad \frac{3}{16} \leq \delta \leq \frac{15}{64}; \\
\frac{9}{8} \leq \omega(\mathfrak{C}; \delta) \lesssim \frac{5}{4} n_{pu} \quad \frac{11}{64} \leq \delta \leq \frac{3}{16}; \\
1 \leq \omega(\mathfrak{C}; \delta) \lesssim \frac{9}{8} n_{pu} \quad \frac{1}{8} \leq \delta \leq \frac{11}{64}; \\
\frac{7}{8} \leq \omega(\mathfrak{C}; \delta) \lesssim 1 n_{pu} \quad \frac{7}{64} \leq \delta \leq \frac{1}{8}; \\
\frac{3}{4} \leq \omega(\mathfrak{C}; \delta) \lesssim \frac{7}{8} n_{pu} \quad \frac{1}{16} \leq \delta \leq \frac{7}{64}; \\
\frac{5}{8} \leq \omega(\mathfrak{C}; \delta) \lesssim \frac{3}{4} n_{pu} \quad \frac{3}{64} \leq \delta \leq \frac{1}{16}; \\
\frac{1}{2} \leq \omega(\mathfrak{C}; \delta) \lesssim \frac{5}{8} n_{pu} \quad \frac{1}{32} \leq \delta \leq \frac{3}{64}; \\
\frac{3}{8} \leq \omega(\mathfrak{C}; \delta) \lesssim \frac{1}{2} n_{pu} \quad \frac{1}{64} \leq \delta \leq \frac{1}{32}.
\end{aligned} \tag{2}$$

Из соотношений (2) получаются следующие оценки:

$$\begin{aligned}
2 \leq \frac{\omega(\mathfrak{C}; \delta)}{\delta^{1/2}} \leq \sqrt{6} n_{pu} \quad \frac{2}{3} \leq \delta \leq 1; \\
\frac{15\sqrt{3}}{8\sqrt{2}} \leq \frac{\omega(\mathfrak{C}; \delta)}{\delta^{1/2}} \leq \frac{16}{\sqrt{39}} n_{pu} \quad \frac{39}{64} \leq \delta \leq \frac{2}{3}; \\
\frac{14}{\sqrt{39}} \leq \frac{\omega(\mathfrak{C}; \delta)}{\delta^{1/2}} \leq \frac{15}{2\sqrt{7}} n_{pu} \quad \frac{7}{16} \leq \delta \leq \frac{39}{64}; \\
\frac{6}{\sqrt{7}} \leq \frac{\omega(\mathfrak{C}; \delta)}{\delta^{1/2}} \leq \frac{7}{2} n_{pu} \quad \frac{1}{4} \leq \delta \leq \frac{7}{16}; \\
\frac{11}{4} \leq \frac{\omega(\mathfrak{C}; \delta)}{\delta^{1/2}} \leq \frac{12}{\sqrt{15}} n_{pu} \quad \frac{15}{64} \leq \delta \leq \frac{1}{4}; \\
\frac{10}{\sqrt{15}} \leq \frac{\omega(\mathfrak{C}; \delta)}{\delta^{1/2}} \leq \frac{11}{2\sqrt{3}} n_{pu} \quad \frac{3}{16} \leq \delta \leq \frac{15}{64};
\end{aligned}$$



$$\frac{9}{2\sqrt{3}} \leq \frac{\omega(\mathfrak{C}; \delta)}{\delta^{1/2}} \leq \frac{10}{\sqrt{11}} \text{ при } \frac{11}{64} \leq \delta \leq \frac{3}{16}; \quad (3)$$

$$\frac{8}{\sqrt{11}} \leq \frac{\omega(\mathfrak{C}; \delta)}{\delta^{1/2}} \leq \frac{9\sqrt{2}}{4} \text{ при } \frac{1}{8} \leq \delta \leq \frac{11}{64};$$

$$\frac{7\sqrt{2}}{4} \leq \frac{\omega(\mathfrak{C}; \delta)}{\delta^{1/2}} \leq \frac{8}{\sqrt{7}} \text{ при } \frac{7}{64} \leq \delta \leq \frac{1}{8};$$

$$\frac{6}{\sqrt{7}} \leq \frac{\omega(\mathfrak{C}; \delta)}{\delta^{1/2}} \leq \frac{7}{2} \text{ при } \frac{1}{16} \leq \delta \leq \frac{7}{64};$$

$$\frac{5}{2} \leq \frac{\omega(\mathfrak{C}; \delta)}{\delta^{1/2}} \leq 2\sqrt{3} \text{ при } \frac{3}{64} \leq \delta \leq \frac{1}{16};$$

$$\frac{4}{\sqrt{3}} \leq \frac{\omega(\mathfrak{C}; \delta)}{\delta^{1/2}} \leq \frac{5\sqrt{2}}{2} \text{ при } \frac{1}{32} \leq \delta \leq \frac{3}{64};$$

$$\frac{3\sqrt{2}}{2} \leq \frac{\omega(\mathfrak{C}; \delta)}{\delta^{1/2}} \leq 4 \text{ при } \frac{1}{64} \leq \delta \leq \frac{1}{32}.$$

Наименьшая из нижних оценок в неравенствах (3) равна 2, а наибольшая из верхних оценок равна 4. Поэтому

$$2 \leq \frac{\omega(\mathfrak{C}; \delta)}{\delta^{1/2}} \leq 4 \text{ при } \frac{1}{64} \leq \delta \leq 1,$$

а это означает, что  $2\sqrt{\delta} \leq \omega \leq 4\sqrt{\delta}$  при  $\frac{1}{64} \leq \delta \leq 1$ .

Список литературы:

1. Бржечка, Б.Ф. О функции Больцано / Б.Ф. Бржечка // УМН. – 1949. – Т. 4, № 2. – С. 15-20 [Brzhechka, V.F. About the function of Bolzano / V.F. Brzhechka // Russ. Math. Surv. – 1949. – Vol. 4, № 2. – P. 329-346].
2. Козлова, И.А. Приближение функции Больцано многочленами Бернштейна / И.А. Козлова // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. – 2013. – Т. 13. – Сер. Математика. Механика. Информатика, вып. 1, ч. 2. – Саратов, 2013. – С. 56-59.

**Опыт использования элементов истории математики  
в школах Польши**

**Ю.А. Дробышев<sup>1,2</sup>, А.Н. Мокрушин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Калужский филиал ФГОБУ ВО «Финансовый университет  
при Правительстве Российской Федерации», Калуга*

<sup>2</sup>*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье на основе анализа учебных программ и учебников по математике представлен опыт использования элементов истории математики в школах Польши.

*Ключевые слова:* математическое образование, историко-математические сведения, Польша, программа, учебник.

В рамках подготовки будущего учителя математики к использованию в своей работе элементов истории математики нами проанализирован опыт Бразилии, Германии и Франции [1]. В данной статье мы обратились к опыту польской системы образования, которая была реформирована в 1999 году. В рамках этой реформы произошли существенные изменения, касающиеся школьных программ. Новая Базовая программа общего образования была разработана для каждого образовательного уровня. В этом документе Министерства Национального образования определены элементарные знания и основные умения и навыки, которые необходимы на данном образовательном уровне. Программу могут подготовить педагоги, предметные эксперты или учителя, и она должна быть принята Министерством Национального образования. Учитель может выбрать из многих уже подготовленных таких программ ту, которая представляется ему самой подходящей для его учеников. Программы обычно сопровождаются учебниками и различными дидактическими материалами.

Главная идея новых образовательных изменений состояла в том, чтобы поместить общее образование в рамки того, что называют «ключевыми компетенциями», таких как: планирование, систематизация, оценка собственного обучения, эффективное общение в различных ситуациях, работа в группе, способность решать проблемы, эффективное использование информационных технологий.

В Базовой программе общего образования, в части, касающейся математического образования, для каждого образовательного уровня приведен список необходимых для развития математических навыков и математиче-

ских понятий, которые должны быть сформированы, и которые считаются необходимыми с точки зрения общего образования и развития ключевых компетенций. Упоминания в этом документе истории математики нет. Важная роль истории математики в математическом образовании отмечается на уровне реализации образовательных целей.

Было предложено примерно десять программ по математике в начальной школе и гимназии, подготовленных на новой основе, большинство из которых практически не содержит историю математики. Учебники, предложенные в рамках этих программ, содержат некоторые биографические сведения и историческую справки. Чаще всего это некоторые биографические сведения о самых известных математиках – Пифагору, Евклиду, Платону, Декарту, а также информация о самых известных исторических фактах школьной математики: кто вводил прямоугольную систему координат, что такое Пифагоровы тройки, какие тела называют Платоновыми, и так далее.

Однако одна программа [2, с. 19] и сопровождающая ее серия учебников под названием Математика 2001, являются исключением, так как включают большее количество информации по истории математики и более продуманную интеграцию исторических и математических учебных материалов.

В рамках данной программы история математики используется как источник дидактических ситуаций, которые могут быть интересны ученикам, и как источник оригинальных простых рассуждений, которые могут быть легко усвоены и также оказаться полезными для современного ученика. История математики служит источником информации о различных способах математического мышления и аргументирования. Помимо списка тем для изучения, в данной программе описаны результаты учебной деятельности, ожидаемые на конкретном образовательном уровне. Кроме того, она включает список примеров дидактических ситуаций и конкретных задач, которые должны быть решены учениками. Среди этих дидактических ситуаций и результатов мы можем найти относительно много элементов истории математики. Рассмотрим данные примеры.

Учебная программа для начальной школы (4 класс).

Тема 411 «Числа и их свойства». Авторы предлагают среди примеров дидактических ситуаций и задач для решения сравнить различные системы счисления чисел. Например, сравнить систему с основанием 5 и ацтекскую систему счисления.

Тема 413 «Алгоритмы арифметических операций». Предлагается рассмотреть способы вычисления, используя китайский абак.

Тема 414 «Свойства чисел, свойства делимости». Предлагается использование графического представления чисел (ряды камней, прямоугольные формы и др.) и работа с ними для подтверждения обнаруженных свойств чисел.

Тема 454 «Измерения». Предлагается использование танграмов для того, чтобы ввести методы измерения площади.

Учебная программа для начальной школы (5 класс).

Тема 552 «Измерения, площадь треугольника, четырехугольника». Предлагается построить фигуры различных форм, используя одинаковые части танграмов, и выразить свои наблюдения относительно площади.

Учебная программа для начальной школы (6 класс).

Тема 613 «Свойства чисел, свойства делимости». Предлагается рассмотреть пифагоровы тройки и найти отношения с треугольниками (пропорциональные тройки в сравнении с треугольниками подобной формы). Также ученикам могут предложить исследовать магические квадраты и описать способы их преобразований.

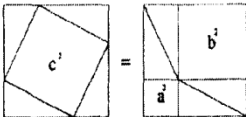
Тема 664 «Алгебра, открытие и формулировка закономерности». Использование алгоритма, известного как «решето Эратосфена», нахождение простых чисел меньших, чем 100.

Учебная программа для гимназии (1 класс).

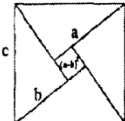
Тема 106 «Теорема, предположение, тезис, доказательство». Предлагается проанализировать и обсудить различные доказательства теоремы Пифагора. Например, ученики могут обсудить рисунки, иллюстрирующие различные доказательства теоремы (см. рисунок 1).

**Uczniowie mogliby:**

- analizować różne dowody twierdzenia Pitagorasa i ustalać, które z nich są bardziej przekonujące np.



**Patrz!**



**Licz!**

- szukać w literaturze różnych dowodów twierdzenia o kącie środkowym i wpisany oraz porównywać je;
- poszukiwać luk i usterek w różnych rozumowaniach;

Рисунок 1 – «Посмотрите!» и «Посчитайте!»

Учебная программа для гимназии (2 класс).

Тема 232 «Геометрические фигуры и их свойства, тригонометрические пропорции». Предлагается найти в некоторых материалах по истории мате-

матики информацию о том, как Фалес оценивал с берега моря расстояние между судами в море.

Тема 251 «Измерения, число  $\pi$ , окружность, площадь круга». Предлагается найти информацию о числе  $\pi$ , т. е. о том, как измерялась в прошлом длина окружности. Учеников также просят найти в литературе, как Эратосфен вычислил радиус Земли, и сравнить его результаты с данными, известными в настоящее время.

Тема 241 «Гомотетия и подобие фигур». Предлагается рассмотреть теорему Фалеса и доказать ее с помощью подобных треугольников.

Данные исторические сведения отражены в программах по математике. Помимо программ, материал такого содержания встречается и в учебниках.

Учебник начальной школы (4 класс).

Модуль 2: «Как египтяне вычисляли?».

Тема «Числа и их свойства». Ученики знакомятся с египетскими символами обозначения чисел и их просят обнаружить способы написания числа посредством этих символов. Они пытаются ответить: какова была египетская система написания чисел? Что такое система написания чисел сегодня? (см. рисунок 2).

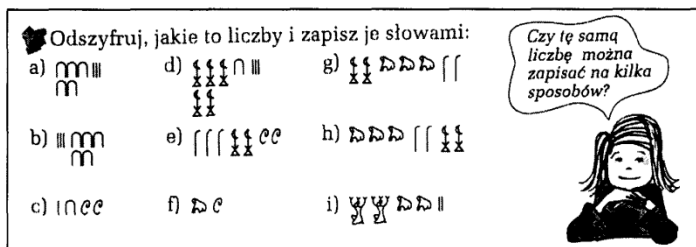


Рисунок 2 – «Как египтяне вычисляли?»

Модуль 11: «Счетные палочки». Тема 2Числа и их свойства». Учеников знакомят с алгоритмом умножения, разработанным Джоном Непером в XVII веке (часто называемый «Napier's gods» или «Палочки Непера») для того, чтобы сделать умножение чисел более легким процессом. Учеников просят открыть этот алгоритм, проанализировать и понять его. После этого они рассматривают современные алгоритмы умножения и выбирают наиболее удобный.

Учебник начальной школы (5 класс).

Модуль 2: «Как индус умножал числа?». Тема «Числа и их свойства». Учеников просят открыть индусский алгоритм, проанализировать его и найти преимущества и недостатки этого способа умножения.

Модуль 4: «Числовое решето». Тема «Свойства чисел, свойства делимости». Учеников просят найти числа, которые делятся на 2, 3 и так далее. Таким образом, они узнают метод нахождения простых чисел, известный как «Решето Эратосфена».

Модуль 15: «Достоинства таблицы умножения». Тема: «Числа: сложение и вычитание дробей». Ученики знакомятся с египетскими дробями и их просят представить некоторые дроби как суммы египетских дробей.

Учебник начальной школы (6 класс).

Модуль 27: «Время для загадки». Тема «Открытие закономерности». Учеников просят обнаружить и проанализировать закономерность математических действий, используя различные графические представления чисел, они также обсуждают Пифагоровы тройки.

В модулях 29 и 30 у учеников есть возможность рассмотреть простые примеры классического геометрического построения посредством циркуля и линейки.

Учебник гимназии (1 класс).

Раздел 1: «Что такое теорема?». Тема «Теорема предположение, тезис, доказательство». Ученикам предлагают текст с информацией о самых ранних теоремах, главным образом из Греции.

Модуль 7: «Секансы и тангенсы». Тема «Геометрические фигуры». Ученикам предлагают сделать плакат, представляющий математический факт, обнаруженный Фалесом: треугольник, вершины которого расположены на окружности, а одна из его сторон является диаметром круга, является прямоугольным.

Модуль 18: «От проблемы до уравнения». Тема «Алгебраический язык». Анализ проблем Диофанта и Баккара является отправным пунктом для получения очень важного умения: выражения математической проблемы эквивалентности в алгебраических символах. Представление старых способов мышления помогает ученикам проанализировать конкретные шаги процесса этого перевода. Ученики уже знают примеры простых уравнений. Теперь им предлагают развить свои навыки, читая математические тексты и выражая проблему в символах, приводя к алгебраическому уравнению.

Модуль 22: «Давайте сократим квадрат!». Тема «Теорема Пифагора». Учеников просят решить загадку. Благодаря этому они в состоянии обнаружить теорему Пифагора. Эта важная теорема представлена и проанализиро-

вана с различных сторон. В модуле 23 учеников также просят рассмотреть некоторые ситуации из реальной жизни, в которых полезно применить эту теорему (например, парковка автомобиля).

Этот краткий обзор позволяет увидеть, что есть две различные точки зрения на место элементов истории математики в учебных программах и учебниках: она либо включается в большом объеме, либо практически не используется.

Анализ дидактических подходов, которые подразумевают использование истории математики, и других дидактических подходов, в рамках которых история математики не используется, позволяет выдвинуть следующую гипотезу: отношение к истории математики очень зависит от общей точки зрения на изучение и обучение математике.

Авторы учебных программ и учебников, которые придерживаются активного использования истории математики при обучении, отмечают, что история математики может играть очень большую роль, но средства, с помощью которых осуществляется это включение, зависят от того, какой стиль обучения мы предпочитаем. Историко-математические сведения могут быть представлены как ряд любопытных деталей, которые могут пробудить интерес к математике. В данном контексте история математики используется практически всеми. История математики может также создать контекст для представления математических понятий способами, которые заставляют учеников думать. Исторические решения позволяют ученикам знакомиться с историческими способами мышления и развивать их. Различные точки зрения, которые можно найти в исторических контекстах, дают ученикам возможность развивать искусство обсуждения, аргументировать их собственные мнения, представить их собственное рассуждение другим людям. Исторические ситуации позволяют ученикам пройти тот путь, которым человечество пыталось решить основные математические проблемы. Все эти особенности использования историко-математического материала очень полезны для формирования математических понятий и развития математического мышления, однако включение такого материала зависит непосредственно от учителя и выбранной им учебной программы.

Список литературы:

1. Дробышев, Ю.А. Историко-математический аспект в методической подготовке учителя. Монография / Ю.А. Дробышев. – Калуга: КГПУ им. К.Э. Циолковского, 2004. – 156 с.

2. Fauvel, J. History in Mathematics Education / J. Fauvel, J. van Maanen // The ICMI Study. – 2002. – Vol. 6.

УДК 372.851

**Сюжетные задачи как средство обучения школьников  
математическому моделированию**

**В.В. Калманович, И.И. Манзюк**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье рассмотрена возможность использование сюжетных задач как одного из средств обучения школьников математическому моделированию. Приведены примеры методической работы над сюжетными задачами с нестандартными математическими моделями.

*Ключевые слова:* сюжетные задачи, нестандартные сюжетные задачи, методика работы над задачей.

Моделирование в современном мире является одним из самых популярных и важных способов познания мира вокруг нас. Его можно широко применять во многих областях наук, будь то науки гуманитарные (психология, социология и др.) или естественнонаучные (физика, химия и др.). По мнению академика В.И. Арнольда, «умение составлять адекватные математические модели реальных ситуаций должно составлять неотъемлемую часть математического образования» [1].

Математическое моделирование – процесс построения и изучения математических моделей. Основным его понятием является математическая модель, то есть представление реальной ситуации с помощью математического языка.

Сюжетные задачи весьма эффективны в обучении математическому моделированию. Определить задачу можно тоже по-разному. С точки зрения Л.М. Фридмана, «задача представляет собой требование или вопрос, на который надо найти ответ, опираясь и учитывая те условия, которые указаны в задаче» [2, 3]. Если в задаче связь между условием и требованием выражена в текстовом виде, задача называется текстовой. Текст – не единственное, что отличает текстовую задачу от примера. В ней обязательно нужно перевести условие или требование (или их часть) с естественного (нематематического) на математический язык. Если в текстовой задаче речь идет о реальных объектах, процессах, связях и отношениях, то есть описан некоторый жизненный



сюжет для нахождения определенных количественных характеристик, то такую задачу называют сюжетной [4].

В сюжетной задаче обычно дается описание не всего события, явления, а лишь его характеристик, которые бывают количественные (возраст, вес, рост и т.д.) и функциональные (например, изменяющиеся на протяжении времени) [1].

При работе над сюжетными задачами выделяют следующие этапы [5]:

1. Формализация – перевод имеющихся в задаче величин и связей между ними с естественного языка на математический (формальный).

2. Решение задачи внутри модели. Если модель известна, то для решения применяются соответствующие ей методы решения. Если составленная модель для учащихся неизвестна и не исследована (нестандартная), то учитель организует работу по анализу модели и поиску способов приведения ее к известным моделям или поиску новых для школьников способов решения.

3. Интерпретация полученного результата, т.е. переход с математического на естественный язык, при этом выясняется смысл полученных закономерностей или величин, отбрасываются значения, не имеющие смысла для решаемой сюжетной задачи.

4. Анализ проведенного решения. Работа на этом этапе может быть направлена на выявление типизации задачи, методов и приемов, полезных для решения других задач, работа по исследованию поведения модели при изменении входящих в нее параметров.

Для того чтобы научить школьников основам метода математического моделирования, учителю очень важно суметь правильно организовать работу над сюжетной задачей, чтобы навести учеников на ее модель, на поиск способа решения внутри модели (если модель для них новая), грамотно провести анализ и интерпретацию получившегося решения. Приведём примеры.

**Пример 1.** Пункты А и В расположены на одной реке так, что плот, плывущий из А в В со скоростью течения реки, проходит от А до В за 24 часа. Весь путь от А до В и обратно катер проходит не менее чем за 10 часов. Если бы собственная скорость катера увеличилась на 40%, то тот же путь (от А до В и обратно) занял бы у катера не более 7 часов. Найдите время, за которое катер проходит путь от В до А, когда его собственная скорость не увеличена [6].

Для успешного моделирования первоначально нужно определить тип задачи (здесь задача на движение) и общую математическую модель таких задач: произведение скорости на время движения даст нам пройденный путь. Затем вспомнить особенности движения объектов по реке: скорость движе-

ния плота совпадает со скоростью течения реки, а скорость катера при движении по течению представляет сумму его собственной скорости и скорости течения, при движении против – разность. Таким образом, приходим к обычному выбору переменных для задач такого типа:  $u$  – скорость катера,  $v$  – скорость плота (течения), причём моделирование движения плота дает нам возможность оценить расстояние между пунктами А и В –  $24v$  км. Важно на этапе построения модели обратить внимание на оценку времени катера в пути: слова «не более» и «не менее» говорят нам о том, что математической модели задачи будут непривычные нам уравнения, а неравенства. Также необходимо обсудить, сколько различных ситуаций описывается в условии задачи. Здесь их две: движение катера по реке при двух различных собственных скоростях, следовательно, математическая модель задачи представляет собой систему неравенств:

$$\begin{aligned} \frac{24v}{u+v} + \frac{24v}{u-v} &\geq 10, \\ \frac{24v}{1,4u+v} + \frac{24v}{1,4u-v} &\leq 7. \end{aligned}$$

При этом требуется найти путь от В до А (т.е. против течения) при неувеличенной скорости катера  $\frac{24v}{u-v}$ .

Получившаяся система является нестандартной моделью для учащихся. Решение «в лоб» не дает результатов (не приводит к упрощению или к модели известного вида), т.е. требуется существенное изменение модели. Самым известным способом упрощения структуры модели для школьников является метод замены переменной, для чего нужно проанализировать компоненты составленной системы неравенств. В данной ситуации наличие дробей и переменной  $v$  в числителе и в знаменателе может привести к идее сокращения дробей на  $v$  и на замены  $\frac{u}{v} = x$ . После введения новой переменной в результате преобразований получается система квадратных неравенств:

$$\begin{aligned} 5x^2 - 24x - 5 &\leq 0, \\ 49x^2 - 240x - 25 &\geq 0, \end{aligned}$$

где требуется найти  $\frac{24}{x-1}$ .

Решая систему, находим, что  $-\frac{1}{5} \leq x \leq -\frac{5}{49}$  и  $x = 5$ . Интерпретируя полученный результат, видим, что так как  $x$  – это отношение скоростей, то отрицательные значения в контексте данной задачи не имеют смысла, следовательно, нам подходит только  $x = 5$ , а время на путь из В в А составляет 6 часов.

**Пример 2.** При ревизии торговых книг магазина одна из записей оказалась залитой чернилами и имела такой вид, представленный на рис. 1. Не-

возможно было разобрать число проданных метров, но было несомненно, что число это не дробное; в вырученной сумме можно было различить только последние три цифры, да установить еще, что перед ними были три какие-то другие цифры. Может ли ревизионная комиссия по этим следам установить запись? [7].

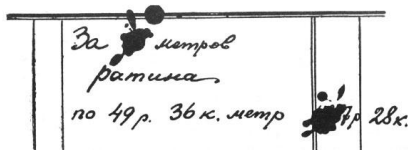


Рисунок 1 – Запись в торговой книге (к условию примера 2)

Процесс моделирования начинаем с обсуждения количества неизвестных величин в задаче (их две), их связей с известными величинами, а также единиц измерения величин. Перевод однотипных величин в единую единицу измерения хорошо знаком учащимся и является стандартным при моделировании, т.к. постоянно применяется ими на уроках физики и химии. Поэтому все денежные единицы в задаче переводятся в копейки (чтобы избежать дробных значений). Неизвестное число метров обозначаем за  $x$ , которое по условию является натуральным. А вот о неизвестной суммарной стоимости материала у нас есть информация, поэтому при построении модели необходимо обсудить с учащимися, как ее можно учесть, чтобы за вторую переменную можно было взять только скрытую кляжкой часть стоимости. Помочь в этом как раз сможет перевод вырученной суммы в копейки. Проводим анализ числа, и выясняем, что под кляжкой скрывается неизвестное число тысяч копеек, которое и обозначим за  $y$ , а само число тогда будет иметь следующий вид:  $(1000y + 728)$  копеек, причём, исходя из условия,  $y$  является трёхзначным натуральным числом. Таким образом, получаем математическую модель сюжетной задачи:

$$\begin{aligned} 4936x &= 1000y + 728 \\ 100 &\leq y < 1000 \\ x, y &\in N \end{aligned}$$

или, после сокращения на 8,

$$\begin{aligned} 617x &= 125y + 91 \\ 100 &\leq y < 1000 \\ x, y &\in N \end{aligned}$$

Таким образом, мы получили диофантово уравнение с дополнительными ограничениями. Такие уравнения не имеют общих методов решения, поэтому работа с такой моделью каждый раз может строиться по-разному.

Анализируя получившуюся систему с учениками, обращаем внимание на имеющееся ограничение на переменную  $y$ . Т.е. в принципе задача может быть решена перебором вариантов, но так как их слишком много, такой подход к решению будет нерациональным. Можно ли получить какие-то ограничения и на переменную  $x$ ? Выражая  $y$  через  $x$  и выделяя целую часть в получившемся выражении, получаем новое выражение (обозначим его  $t$ ), которое тоже должно быть целым.

$$y = \frac{617x-91}{125},$$

$$y = 5x - 1 + 2 \cdot \frac{17-4x}{125},$$

$$y = 5x - 1 + 2 \cdot t,$$

где  $t = \frac{17-4x}{125}$ .

Поступая в том же ключе и далее, получаем новые выражения

$$x = 4 - 31t + \frac{(1-t)}{4} = 4 - 31t + t_1,$$

где  $t_1 = \frac{(1-t)}{4}$ , откуда

$$t = 1 - 4t_1,$$

$$x = 4 - 31(1 - 4t_1) + t_1 = 125t_1 - 27,$$

$$y = 617t_1 - 134.$$

В итоге приходим к неравенству

$$100 \leq 617t_1 - 134 < 1000,$$

откуда

$$t_1 \geq \frac{234}{617} \text{ и } t_1 < \frac{1134}{617}.$$

Очевидно, этим ограничениям удовлетворяет только одно целое значение  $t_1 = 1$ , и тогда  $x = 98$ ,  $y = 483$ . Интерпретируя результат и возвращаясь к исходным единицам измерения, получаем, что было отпущено 98 метров на сумму 4837 рублей 28 копеек, т.е. ревизионная комиссия может восстановить запись в торговой книге.

**Пример 3.** Григорий является владельцем двух заводов в разных городах. На заводах производятся абсолютно одинаковые товары, но на заводе, расположенном во втором городе, используется более совершенное оборудование. В результате, если рабочие на заводе, расположенном в первом городе, трудятся суммарно  $t^2$  часов в неделю, то за эту неделю они производят  $3t$  единиц товара; если рабочие на заводе, расположенном во втором городе, трудятся суммарно  $t^2$  часов в неделю, то за эту неделю они производят  $5t$  единиц товара. За каждый час работы (на каждом из заводов) Григорий платит рабочему 500 рублей. Григорий готов выделять 6 800 000 рублей

в неделю на оплату труда рабочих. Какое наибольшее количество единиц товара можно произвести за неделю на этих двух заводах [7]?

Условие задачи, с одной стороны, содержит подсказку для учащихся – введена переменная  $t$ , и через неё выражено суммарное время работы на заводе ( $t^2$ ), а также произведённая продукция. С другой стороны, эта самая подсказка и вносит путаницу при моделировании. С одной стороны, не очень понятна единица измерения переменной  $t$ . С другой стороны, количество отработанных часов на разных заводах может быть разным (и этот вопрос нужно обязательно обсудить с учащимися), а значит, должно быть выражено разными переменными, тогда как в условии всё выражено через одну и ту же переменную  $t$ . Также необходимо обсудить и требование задачи – слова «число единиц товара» подразумевают, что нужное нам значение должно быть натуральным.

Обозначим за  $x^2$  – общее время, отработанное за неделю на первом заводе,  $y^2$  – общее отработанное время за неделю на втором. Анализируя условие, мы можем сразу вычислить максимально возможное количество часов на всех работников:  $6800000/500 = 13600$ . Тогда

$$x^2 + y^2 = 13600, \quad (1)$$

а  $S = 3x + 5y$  – суммарное количество единиц товара с двух заводов. В задаче требуется найти наибольшее значение этой функции, т.е. функции двух переменных, при выполнении условия (1).

Работа над составленной моделью сводится к приведению полученной функции к стандартному виду для школьников, т.е. к функции одной переменной. Выражаем из уравнения, например, величину  $y$

$$y = \sqrt{13600 - x^2}$$

и подставляем в функцию  $S$

$$S = 3x + 5\sqrt{13600 - x^2}, \text{ при } x \in [0, \sqrt{13600}].$$

Исследуя функцию  $S$  на заданном промежутке на наибольшее значение, получаем результат  $x=60$  и подставляем в функцию.

$$S(60) = 3 \cdot 60 + 5\sqrt{13600 - 3600} = 180 + 500 = 680.$$

Таким образом, наибольшее возможное суммарно количество единиц товара на двух заводах равно 680. В данном случае, поскольку полученное число натуральное, задача решена, но если бы наибольшее значение исследуемой функции оказалось бы не натуральным, необходимо было бы продолжить исследование. Как это осуществить, можно обсудить на этапе анализа решения задачи.

Основной трудностью при решении сюжетных задач является этап моделирования. В рассмотренных нами случаях все модели является нестан-

дартными для школьного уровня (система неравенств, система уравнений и неравенств, уравнение в целых числах, функция двух переменных), поэтому при работе с математической моделью возникает необходимость наиболее активной деятельности на каждом этапе работы над задачей. На этапе решения внутри модели проводится работа по преобразованию модели в стандартную или по изучению новой модели с целью открытия методов для ее решения. На этапе анализа решения – возможна, например, работа по типизации задачи, и как результат перевод первоначально нестандартной модели в стандартную. Таким образом, сюжетные задачи с нестандартными математическими моделями являются, на наш взгляд, одним из эффективных средств обучения самой сущности математического моделирования.

#### Список литературы:

1. Арнольд, В.И. Математика и математическое образование в современном мире / В.И. Арнольд // Математическое образование. – 1997. – №2. – С. 109-113.
2. Фридман, Л.М. Как научиться решать задачи: Кн. для учащихся ст. классов сред. школы. 3-е изд., доработ. / Л.М. Фридман, Е.Н. Турецкий. – М.: Просвещение, 1989.
3. Фридман, Л.М. Сюжетные задачи по математике. История, теория, методика: учеб. пособие для учителей и студентов педвузов и колледжей / Л.М. Фридман. – М.: Школьная пресса, 2002. – 208 с.
4. Шарова, О.П. Сюжетные задачи в обучении математике / О.П. Шарова // Ярославский педагогический вестник. – 2005. – №2. – С. 120-126.
5. Баданова, Т.А. Сюжетные задачи, как средство формирования экономической грамотности школьников в процессе изучения математики / Т.А. Баданова, Т.И. Трунтаева, А.В. Кузькина // Вестник Калужского университета. – 2018. – №1. – С. 42-46.
6. Рудин, В.Н. Текстовые задачи: Пособие для абитуриентов [Электронный ресурс] / В.Н. Рудин, Е.И. Рудина. – Режим доступа: <http://lyceum.tsu.ru/wp-content/uploads/2016/05/test.pdf>.
7. Перельман, Я.И. Занимательная алгебра / Я.И. Перельман. – Москва: Наука, 1967 – 200 с.
8. Открытый банк заданий ЕГЭ по математике, профильный уровень [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fipi.ru/content/otkrytyy-bank-zadaniy-ege> (дата обращения: 03.02.2016).

**Система упражнений  
для развития логической грамотности школьников  
на факультативе по математике**

**С.Е. Ануфрикова, Т.И. Трунтаева**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье описывается содержание факультативного курса «Элементы математической логики» для учащихся средних общеобразовательных школ, а именно, такие компоненты этого курса как учебные задачи и тренировочные упражнения, нацеленные на решение этих учебных задач. Также приводится текст самостоятельной работы для проверки сформированности у школьников универсальных способов действий, владение которыми является образовательным результатом решения учебных задач этого факультативного курса.

*Ключевые слова:* элементы математической логики, формирование логической грамотности школьников, факультативные курсы по математике, обучение математике в средней школе.

Основной задачей современной школы является не только формирование универсальных способов действия, включающих знания, умения и навыки, необходимые современному человеку, как в повседневной жизни, так и для продолжения образования, получения профессии, но и развитие интеллектуальных способностей ребенка. Одной из них является способность логически грамотно мыслить.

Развитие этой способности в процессе обучения математике обусловлено спецификой содержания данной предметной области. Усвоение компонентов математического содержания (понятий, теорем, методов решения задач) предполагает знание видов определений понятий, структуры определения каждого вида, логических связей «не», «и», «или», «следование», «равносильность», кванторов всеобщности и существования, методов доказательства. Знание этого материала необходимо как для формирования умения логически грамотно мыслить, так и для усвоения математических понятий и методов, овладения математическим аппаратом. Кроме того, математическая культура человека включает не только владение математической терминологией, математическими методами, умениями применять эти методы в решении прикладных задач, понимание математического языка и т.д., но и способность логически грамотно мыслить.

Наряду со значимостью этой способности традиционно имеет место ее несформированность у подавляющего большинства школьников. В работе с математическим содержанием учащимся необходимо применять такие логические понятия как «логическое следование», «равносильность», доказывать математические утверждения, решать задачи, в решении которых используется аппарат математической логики. В данной связи школьникам необходимо знать виды определений понятий, структуру определения каждого вида, методы доказательства, содержание логических связей, уметь выделить условие и заключение в формулировке теоремы, уметь сформулировать равносильные утверждения, отрицания математических предложений, устанавливать непротиворечивость предложений, устанавливать причинно-следственные связи между условиями. Кроме того, математическая логика является основой математического языка и понимание математического текста затруднительно без знания математической логики. Учащиеся часто этих знаний и умений не имеют, а без этих знаний и умений изучение математики вряд ли может быть глубоким и научным.

Исторически существовало три подхода к решению проблемы формирования у школьников логической грамотности:

– введение логики в курс средней школы как отдельного учебного предмета (А.Д. Гетманова, К.Я. Хабибуллин);

– включение элементов логики в содержание базовых школьных предметов, в частности, математики (О.В. Алексеева, В.Г. Ежкова, Т.А. Кондрашенкова);

– изучение элементов логики на факультативных курсах по математике (И.Л. Никольская, А.А. Столяр).

На данный момент, по мнению большинства авторов, оптимальным направлением решения проблемы формирования логической грамотности школьников является изучение элементов математической логики в рамках факультативных курсов по математике.

Проектирование факультативного курса, посвященного элементам математической логики, включает определение системы учебных задач, решаемых в рамках данного курса, разработку системы тренировочных упражнений, нацеленных на решение данных учебных задач.

В результате анализа школьных учебников по математике, учебных и учебно-методических пособий для внеклассной работы по математике, сборников заданий ЕГЭ и ОГЭ по математике были выделены учебные задачи и для каждой из этих задач определен общий вид тренировочных упражнений, нацеленных на ее решение. Перечень учебных задач и тренировочных



упражнений представлен в виде таблицы (таблица 1). В эту таблицу добавлена колонка, в которой для каждого вида упражнений приводится краткое описание теоретической основы его выполнения.

Таблица 1 – Перечень учебных задач и тренировочных упражнений

№	Учебные задачи	Виды тренировочных упражнений	Теоретическая основа выполнения тренировочного упражнения
1	Сформировать понятие о видах определений и структуре определения каждого вида	Определить вид определения понятия, выделить компоненты структуры этого определения	Виды определений понятий, структура определения каждого вида
2	Сформировать понятие о логических связках «не», «и», «или», «следование», «равносильность»	1. В предложении со стандартной формулировкой с логической связкой «следование» выделить условие и заключение. 2. Для данных двух условий установить, есть ли между ними логическая связь, определить характер этой логической связи. Сформулировать стандартное предложение с данной логической связью	Определение логических связей, стандартные предложения с логическими связками
3	Сформировать понятие о логическом выводе, научить решать задачи на установление, является ли одно предложение логическим выводом из других предложений	Сюжетные задачи на логический вывод	Способ решения задач на логический вывод, основанный на определении логического вывода и определении логических связей
4	Сформировать понятие о противоречивости предложений	Сюжетные задачи на установление противоречивости рассуждения	Способ решения задач на установление противоречивости предложений, основанный на определении противоречивых предложений и на определении логических связей

5	Сформировать понятие о равносильных предложениях, научить записывать формальную структуру предложения, то есть составлять формулу математической логики, познакомить с основными равносильностями математической логики	Сюжетные задачи на установление равносильности предложений	Способ решения задач на установление равносильности предложений, основанный на определении равносильных предложений и на определении логических связей, применении основных равносильностей математической логики (предполагает формальную запись структуры предложения, то есть составление формулы математической логики)
6	Сформировать понятие о кванторах, понятие о предложении с переменными, познакомить с аксиомами об отрицании предложений с кванторами	Сформулировать отрицание предложения, формальная структура которого содержит кванторы и не содержит логических связей	Формулы математической логики, содержащие кванторы, законы отрицания

В период прохождения педагогической практики в одной из средних общеобразовательных школ г. Калуги разработанная система тренировочных упражнений была апробирована автором статьи. На одном из занятий школьникам было предложено выполнить самостоятельно работу, содержание которой приведено ниже. В этой самостоятельной работе:

- задание 1 относится к виду упражнения 1 (таблица 1);
- задание 2 – к упражнению 2 (таблица 1);
- задание 3 – к упражнению 3 (таблица 1);
- задания 4 и 5 – к упражнению 4 (таблица 1);
- задание 6 – к упражнению 5 (таблица 1);
- задание 7 – к упражнению 6 (таблица 1);
- задание 8 – к упражнению 7 (таблица 1).

Обучающиеся выполняли эту работу до изучения теоретической основы решения этих задач. По окончании занятия листочки со своими решениями ребята сдали для проверки.

## **Самостоятельная работа**

### **Вариант 1**

Задание 1. Для данного определения запишите определяемое понятие, родовое понятие, видовые отличия:

«Параллелограмм – это четырехугольник, у которого противоположные стороны попарно параллельны».

Задание 2. В предложении выделите причину и следствие. Обоснуйте.

1. Для того чтобы мы начали работу, необходимо внести предоплату.
2. Для того чтобы получить пропуск, достаточно оплатить организационный взнос.
3. Если ты со мной не согласишься, то я тебе не помогу.

Задание 3. Установите, какое из условий является причиной, а какое следствием: «я думаю», «я живу».

Задание 4. Выберите верный ответ. Обоснуйте.

Он одноцветный: красный и синий. Если он круглый, то он красный. Если он синий, то он круглый. Значит он обязательно: а) круглый; б) красный; в) синий; г) красный и круглый.

Задание 5. Все пушистые барабашки любят кисель. Если барабашка не любит кисель, то он крикливый. Все непушистые барабашки не крикливые. Обязательно ли тогда все барабашки любят кисель? Обоснуйте.

Задание 6. Противоречиво ли рассуждение? Обоснуйте.

Все болтливые люди надоедливые. Все приятные в общении люди ненадоедливые. Можно быть разговорчивым и приятным в общении человеком.

Задание 7. Равносильны ли предложения? Обоснуйте.

«Если любит, то простит». «Если не простит, то не любит».

Задание 8. Сформулируйте отрицание каждого предложения.

1. «Все собаки доверчивые».
2. «Есть невеселые комедии».
3. «Некоторые бабушки любят всех своих соседей».
4. «У каждого полководца есть выигранное сражение».

### **Вариант 2**

Задание 1. Для данного определения запишите определяемое понятие, родовое понятие, видовые отличия: «Две перпендикулярные прямые – это две пересекающиеся прямые, которые при пересечении образуют четыре прямых угла».

Задание 2. В предложении выделите причину и следствие. Обоснуйте.

1. Для того чтобы любить математику, достаточно ее понимать.

2. Чтобы мотивировать трудовой коллектив работать эффективно, необходимо каждому сотруднику заметно повысить зарплату.

3. Если Вам это нужно, то и нам это нужно.

Задание 3. Установите, какое из условий является причиной, а какое следствием: «я умею», «я этому учился».

Задание 4. Выберите верный ответ. Обоснуйте.

Если барабашка крикливый, то он пугливый. Если барабашка не пугливый, то он крикливый. Значит он обязательно: а) пугливый; б) крикливый; в) не крикливый; г) не пугливый и не крикливый.

Задание 5. Все домовые любят пошалить. Все домовые любят чистоту и порядок. Есть и не домовые, которые любят шалить. Каждый, кто любит чистоту и порядок, не любит шалить. Обязательно ли тогда, домовых не существует? Обоснуйте.

Задание 6. Противоречиво ли рассуждение? Обоснуйте.

Все любители математики обладают развитым абстрактным мышлением. Есть люди с развитым абстрактным мышлением, которые не любят математику.

Задание 7. Равносильны ли предложения? Обоснуйте.

«Если ты со мной согласишься, то я тебе помогу. Если ты со мной не согласишься, то я тебе не помогу». Условия «Ты со мной согласишься» и «Я тебе помогу» равносильны.

Задание 8. Сформулируйте отрицание каждого предложения.

1. «Все белки живут на деревьях».

2. «Некоторые кошки хитрые».

3. «Есть игра, которую любят все дети».

4. «Каждый ключ открывает какую-нибудь дверь».

Анализ результатов выполнения школьниками этой самостоятельной работы показал, что обучающиеся:

– не знают содержания терминов «родовое понятие» и «видовые отличия»;

– не умеют выделить условие и заключение в необходимых условиях, в достаточных условиях;

– не знают содержания логической связки «логическое следование» и поэтому не умеют обоснованно различить, какое условие является логической причиной, а какое логическим следствием;

– не умеют решать задачи на установление, является ли то или иное предложение логическим выводом из перечисленных предложений;

– не умеют решать задачи на установление, являются ли предложения равносильными;

– не знают законов математической логики о равносильных предложениях и, поэтому, не умеют сформулировать предложение, равносильное данному предложению, в том числе, содержащему кванторы.

В основном все задачи были решены «наугад», полагаясь на интуицию, и, как правило, неправильно.

То есть, школьники не имеют базовых знаний и умений, приобретаемых в процессе изучения математической логики, и необходимых каждому образованному человеку в повседневной жизни для грамотного построения своих рассуждений, так и в учебе для изучения математики и других дисциплин.

Результаты повторной самостоятельной работы, содержащей задачи выделенных видов (таблица 1) после реализации разработанного факультативного курса, нацеленного на усвоение школьниками теоретической основы решения этих задач, способов их решения, показали, что большинство школьников приобрели знания и умения, владение которыми необходимо для решения этих задач. Таким образом, можно сделать вывод, что поставленные (таблица 1) учебные задачи по развитию логической грамотности школьников в рамках факультативного курса по изучению элементов математической логики реализуемы, и такая работа имеет огромное образовательное значение.

#### Список литературы

1. Алексеева, О.В. Логическая подготовка младших школьников при обучении математике: Автореф. дисс. канд. пед. наук / О.В. Алексеева. – М., 2000. – 19 с.
2. Гетманова, А.Д. Занимательная логика для школьников. Ч. 1 / А.Д. Гетманова. – М.: «ВЛАДОС», 1998. – 239 с.
3. Гетманова, А.Д. Логика: Учебник для педагогических учебных заведений / А.Д. Гетманова. – 6-е изд. – М.: ИКФ Омега, 2002. – 416 с.
4. Елифантьева, С.С. Технология изучения элементов математической логики в основной школе: Дисс. канд. пед. наук [Электронный ресурс] / С.С. Елифантьева. – Ярославль, 2006. – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/tehnologiya-izucheniya-elementov-matematicheskoi-logiki-v-osnovnoi-shkole>.

5. Ежкова, В.Г. Методические аспекты освоения логических конструкций языка школьной математики: Автореф. дисс. канд. пед. наук / В.Г. Ежкова. – М., 1999. – 20 с.
6. Кондрашенкова, Т.А. О межпредметном значении «логики ческой составляющей» курса математики / Т.А. Кондрашенкова, И.Л. Никольская // Математика в школе. – 1980. – № 3. – С. 62-63.
7. Кондрашенкова, Т.А. Формирование общелогических умений при обучении математике в IV-V классах / Т.А. Кондрашенкова, И.Л. Никольская // Самостоятельная деятельность учащихся при обучении математике. – М.: Просвещение, 1985. – С. 45-65.
8. Никольская, И.Л. Привитие логической грамотности при обучении математике: Автореф. дисс.канд. пед. наук / И.Л. Никольская. – М., 1973. – 26 с.
9. Никольская, И.Л. Учимся рассуждать и доказывать: Кн. для учащихся 6-10 кл. сред. шк. / И.Л. Никольская, Е.Е. Семенов. – М.: Просвещение, 1989. – 192 с.
10. Пронина, Е.Н. Логика: учебно-методическое пособие / Е.Н. Пронина. – М.: МГУП им. Ивана Федорова, 2015. – 164 с.
11. Столяр, А.А. Элементы математической логики в средней школе с математической специализацией / А.А. Столяр // Обучение в математических школах. – М.: Просвещение, 1965. – С. 126-150.
12. Хабибуллин, К.Я. Формирование общелогических умений учащихся / К.Я. Хабибуллин // Школьные технологии. – 2002. – № 1. – С. 124-133.

**Методика работы над задачами повышенной сложности  
в обучении математике**

**А.О. Биссерова, Т.И. Трунтаева**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье изложена методика работы с учащимися над задачами повышенной сложности. Эта методика применима к задачам, представляющим частный случай задачи общего вида. При этом образовательной целью такой работы со школьниками является овладение способом решения задачи общего вида. Составленная методика работы над задачей апробирована на факультативном занятии по математике со школьниками по теме «Уравнения, содержащие выражение с неизвестной под знаком модуля». В статье описана реализация разработанной методики на примере работы с учащимися, нацеленной на овладение способом решения уравнений вида  $f_1 x + \dots + f_n x = g x$ , где  $n \in N$ .

*Ключевые слова:* задачи в обучении математике, задачи повышенной сложности, работа с одаренными детьми, методика работы над задачей, понятие абсолютной величины в школьном курсе математики, уравнения, содержащие выражение с неизвестной под знаком модуля.

Задачи, упражнения и их системы традиционно являются одним из основных средств обучения математике. При этом методика работы над задачами, специфика системы упражнений определяется, в том числе, особенностями учащихся. В данной статье рассмотрена методика обучения решению обобщенных задач школьников, одаренных математическими способностями и проявляющих интерес к математике.

Согласно теории развивающего обучения (В.В. Давыдов, Д.Б. Эльконин, Л.В. Занков) учебная деятельность школьников в значительной степени должна носить исследовательский или поисковый творческий характер, а основной функцией учителя при этом в обучении школьников является организация их деятельности по самостоятельному открытию новых для них знаний и управление этой деятельностью. В обучении одаренных детей исследовательская или поисковая творческая учебная деятельность школьников становится ведущей.

В обучении одаренных детей математике исследовательская или поисковая творческая деятельность осуществляется школьниками и в процессе решения задач. Поэтому работа с одаренными школьниками над задачами

имеет ряд особенностей. Также проектирование систем задач и упражнений для обучения одаренных детей имеет ряд особенностей.

В исследованиях применения в обучении математике задач, упражнений и их систем можно выделить несколько аспектов. Например, системы задач и упражнений изучаются в аспекте определения общих и частных требований, которым они должны удовлетворять. К общим требованиям, как правило, относят требования доступности, постепенного усложнения, варьирования, полноты, нацеленности на достижение определенных образовательных результатов. Частные требования зависят от специфики предметной области, для освоения понятийного аппарата которой применяются эти системы задач и упражнений, от содержания поставленных образовательных целей, от особенностей обучаемых, особенностей организации учебного процесса и др.

В статье рассматривается методический аспект организации работы с учащимися, имеющими математические способности и интересующимися математикой, с помощью системы целесообразно составленных задач.

Как известно, в методике работе над задачей выделяют четыре этапа:

- 1) работа с условием задачи;
- 2) поиск решения задачи;
- 3) оформление решения задачи;
- 4) работа по решенной задаче.

Целью первого этапа является изучение условия задачи, отнесение ее к виду задач, известному школьникам, припоминание аналогичных задач, актуализация знаний о понятиях, о которых идет речь в задаче.

На втором этапе работы над задачей выполняется аналитическая деятельность поискового характера.

На третьем этапе осуществляется синтез выводов, полученных на втором этапе.

Работа по решенной задаче направлена на обобщение условия задачи, способа решения и приемов поиска решения задачи, акцентирование внимания учащихся на теоретической основе решения задачи, математических фактах, применявшихся в ее решении.

Виды деятельности учащихся в процессе работы над задачей и организационные формы могут варьироваться от этапа к этапу. В работе над задачей применяются такие виды деятельности как проблемное изложение, беседа, эвристическая беседа, самостоятельная работа и такие организационные формы как фронтальная, групповая и индивидуальная с последующим самоконтролем или взаимоконтролем. Конструктивные особенности методики



работы над задачей определяются, главным образом, выбором того или иного вида деятельности учащихся, той или иной организационной формы для каждого этапа этой работы.

Для формирования обобщенных способов действия по решению обобщенной задачи целесообразно использовать систему частных задач, относящихся к виду обобщенной задачи, с постепенным их усложнением и варьированием данных, с учетом многообразия частных случаев общей задачи. Выбор видов деятельности школьников и организационных форм для работы над этими задачами представлен в таблице 1. Данное распределение видов деятельности и организационных форм было апробировано и скорректировано в период прохождения автором статьи педагогической практики. Реализуемая с этими конструктивными особенностями методика работы над задачей применялась в классе, в котором ребята интересуются математикой, и большинство из них связывают с математикой свое дальнейшее образование. Задачи в таблице пронумерованы в последовательности их решения со школьниками.

Таблица 1 – Виды деятельности школьников и организационные формы работы

№ задачи	1-й этап	2-й этап	3-й этап	4-й этап
1	Фронтальная работа Эвристическая беседа	Фронтальная работа Проблемное изложение или эвристическая беседа	Фронтальная работа Беседа	Фронтальная работа Беседа
2	Фронтальная работа Беседа		Групповая работа Самостоятельная работа в парах с последующим самоконтролем	
3	Фронтальная работа Беседа	Групповая работа Самостоятельная работа в парах с последующим самоконтролем		
4	Индивидуальная работа Самостоятельная работа с последующим контролем			Этап может отсутствовать

Рассмотрим пример применения описанной методики работы для задачи: решить уравнение вида  $f_1 x + \dots + f_n x = g x$ , где  $n \in N$ .

**1-я задача:** решить уравнение  $x - 3 + x - 1 + x + 4 = 3x$ .

Первый этап работы над этой задачей нацелен на актуализацию знаний учащихся о понятии модуля числа, о том, как раскрыть знак модуля, а также на узнавание задачи и как следствие вывод о том, что это уравнение можно решить с помощью определения модуля числа.

Целью второго этапа работы над этой задачей является нахождение и обоснование способа решения этого уравнения с помощью числовых промежутков как более рационального по сравнению с известным школьникам способом. Приведем пример диалога учителя и учащихся, реализующего данную цель. Поскольку как основной вид деятельности на данном этапе работы над первой задачей из системы задач является проблемное изложение, то учитель может сам отвечать на свои вопросы в случае, если школьники затрудняются с ответом, и в любом случае повторять, акцентировать правильные ответы школьников.

Учитель: Сколько случаев придется рассмотреть в решении уравнения?

Ученик: 8 случаев.

Учитель: Можно ли уменьшить количество рассматриваемых случаев?

Учитель может дать подсказку: Вспомните теоретическую основу метода интервалов решения неравенств.

Ученик: Непрерывная и не принимающая значение 0 на некотором промежутке функция сохраняет на этом промежутке свой знак.

Учитель: Как использовать этот факт в решении нашего уравнения?

Ученик: Найти нули подмодульных выражений и точки, которые не входят в область определения подмодульных выражений. Эти точки разобьют числовую прямую на промежутки, на каждом из которых каждое подмодульное выражение сохраняет знак. Тогда количество промежутков и определит количество случаев. В решении нашего уравнения таких случаев будет 4.

Если в классе найдется ученик, который даст последний ответ, то этого ученика обязательно нужно поощрить отметкой «пять».

Далее переходим к третьему этапу работы над задачей. На данном этапе учитель записывает решение задачи на доске, а учащиеся переписывают это решение в свои тетради и усваивают способ грамотного оформления решения задачи, на который в дальнейшем они смогут ориентироваться в решении всех задач данного вида. В ходе этой работы учитель беседует с классом, выясняя у детей ход решения задачи, и тем самым поддерживает их познавательную активность.

На четвертом этапе работы над задачей учитель в беседе со школьниками обобщает уравнение и в результате демонстрирует школьникам запись общего вида данного уравнения. Также учитель обобщает способ решения уравнений данного вида (с помощью числовой прямой) и повторяет теоретическую основу этого способа решения (непрерывная и не обращающаяся в ноль на промежутке функция сохраняет свой знак на этом промежутке).

Последующие задачи по данной теме могут быть такими:

$$2\text{-я задача } \frac{x-3}{x} + x - 1 = 2,$$

$$3\text{-я задача } x^2 - 1 + x - 5 = x^2,$$

$$4\text{-я задача } x + x - 1 + x - 2 + x - 3 = 4.$$

Первый и второй этапы (изучение условия и поиск решения) работы над второй задачей учитель проводит, беседуя со школьниками, причем содержанием этой беседы, в том числе, является сравнение данной частной задачи с обобщением предыдущей задачи, выяснение отличительных нюансов данной задачи от предыдущей и озвучивание способа решения новой задачи. На третьем этапе (запись решения) ребятам предлагается записать решение самостоятельно, при этом разрешается тихим голосом обсуждать ход решения со своим напарником. Контроль этой работы можно осуществить через демонстрацию школьникам решения задачи с помощью документ-камеры. На 4-м этапе работы с задачей (работа по решенной задаче), учитель комментирует решение задачи и в беседе со школьниками повторяет способ и теоретическую основу решения задачи.

В работе над третьей задачей учитель беседует с учащимися только с целью отнесения этой задачи к изученной обобщенной задаче, способ решения задачи не озвучивается. Второй и третий этапы работы над задачей учащиеся выполняют самостоятельно. Контроль этой работы осуществляется также как и для предыдущей задачи. На 4-м этапе работы с задачей (работа по решенной задаче), учитель в беседе со школьниками выясняет частные нюансы в решении данной задачи, при этом ход решения не комментирует.

Четвертую задачу учащимся предлагается решить самостоятельно на отдельных листочках, которые по окончании своей работы они сдают учителю для проверки.

В период апробации описанной методики в учебном процессе по математике в средней школе большинство учащихся овладевали обобщенными способами действия по решению задач: школьники справлялись с самостоятельной работой по решению задач и по прошествии некоторого времени (2 недели) демонстрировали устойчивые остаточные знания по изученной теме.

В завершении следует отметить, что изложенная в статье методика работы над задачами апробировалась и полагается целесообразной для выработки у школьников обобщенных способов действия по решению задач общего вида. Можно найти немалое количество обобщенных задач в курсе математики средней школы, для работы над которыми удобна описанная в статье методика. Однако такие задачи не охватывают все многообразие математических задач для школьников.

Список литературы:

1. Андреева, И.Д. Профильное обучение: вчера, сегодня, завтра / И.Д. Андреева // Алгебра в школе. – 2015. – №5. – С. 21-24.
2. Полат, Е.С. Новые педагогические технологии в системе образования / Е.С. Полат. – М.: Издательский центр «Академия», 2016. – 224 с.
3. Бершадский, М.Е. Технологический концепт эффективного обучения [Электронный ресурс] / М.Е. Бершадский // Народное образование. – 2016. – №7. – С. 110-117.
4. Петутин, О. Профильное обучение: дидактическое обеспечение / О. Петутин // Учитель. – 2014. – №4. – С. 12-20.
5. Ленер, П.С. Роль элективных курсов в профильном обучении / П.С. Ленер // Профильная школа. – 2014. – №3. – С. 12-15.
6. Моисейкина, Е.В. Современный урок математики / Е.В. Моисейкина // Учитель. – 2016. – №2. – С. 28-35.
7. Никитин, А.А. Профильное обучение в специализированных школах России / А.А. Никитин // Профильная школа. – 2014. – №3. – С. 25-29.

**Применение эконометрических методов в учебном процессе  
и практической деятельности будущих экономистов**

**И.В. Зайчикова**

*Калужский филиал ФГОБУ ВО «Финансовый университет  
при Правительстве Российской Федерации», Калуга*

В статье обсуждается опыт вовлечения студентов экономических вузов в научно-исследовательскую деятельность, что позволяет приблизить процесс обучения будущих экономистов в вузе к практической деятельности.

*Ключевые слова:* эконометрика, научно-исследовательская деятельность, интерактивные методы.

В последние десятилетия проблемы образования стали наиболее актуальными. Некоторые исследователи причину возникших проблем связывают с недостаточным финансированием высшего образования, проводимой государством оптимизации [1, 2]. Другие исследователи видят причину проблем в содержании, давно не меняющихся методах и формах образовательного процесса, низкой практической направленности современного образования [3, 5, 6].

Считается, что традиционная классическая система образования исчерпала себя. В первую очередь, это объясняется тем, что в современную жизнь активно внедряются новые технологии, которые создают необходимость подготовки мобильного специалиста, способного не только быстро адаптироваться к содержательным изменениям внутри профессии, но и готового стремительно осваивать новые способы и виды деятельности.

Интеллект и технологии становятся важнейшими составляющими конкурентоспособности будущего экономиста. Таким образом, изменения, вносимые в современный образовательный процесс, должны быть направлены на развитие интеллектуальных, творческих способностей студентов и их компьютерной грамотности.

Наиболее эффективными методами, направленными на формирование таких способностей, являются:

1) внедрение в учебный процесс инновационных форм обучения, таких как интерактивные методы и свободное владение техническими средствами и информационными технологиями;

2) активное участие студентов в научно-исследовательской деятельности, соотнесенной с профессиональной.

Современная российская экономика все больше нуждается в участии математических и статистических методов. В связи с этим, эконометрика, включающая в себя совокупные знания по экономической теории, математике и статистике, должна быть одной из ведущих профессиональных дисциплин.

Однако в учебные планы многих вузов, выпускающих экономистов, эконометрике отводится, на наш взгляд, достаточно мало аудиторного времени, несмотря на обширные требования Федеральных государственных образовательных стандартов. Выходом из такой сложившейся ситуации является все большее включение в учебный процесс различных интерактивных форм обучения, а также повсеместное использование технических средств и информационных технологий.

С другой стороны, этому способствует и особенность современной эконометрики, которая заключается в быстром развитии новых, сложных, с точки зрения математики, методов.

Мы уже не раз делились опытом применения интерактивных методов при обучении студентов эконометрике [4].

В настоящей статье остановимся на опыте вовлечения студентов в научно-исследовательскую деятельность, которая позволила бы будущему экономисту достаточно быстро адаптироваться в своей профессии и с уверенностью использовать новые современные методы при анализе экономических ситуаций и их прогнозировании, приблизила бы учебный процесс к профессиональной деятельности.

Как известно, научно-исследовательская работа по содержанию бывает нескольких видов:

- теоретической, выполняемой на основе анализа и обобщения научных данных по выбранной теме;
- эмпирической, выполняемой на основе изучения и обобщения передового и личного опыта;
- экспериментальной, построенной на базе изучения литературных источников, обоснованной постановки задачи и проведения эксперимента;
- комплексной, то есть включающей в свою структуру все названные виды работ, связанные между собой единой темой и идеей.

В любой научно-исследовательской работе можно выделить следующие компоненты:

- 1) познавательный или базовый, на котором формируются у студентов специальные знания о способах и источниках получения научной информации, технологии научно-исследовательской деятельности;

2) мотивационно-ценностный – обеспечивает понимание необходимости применения знаний, полученных при изучении курса эконометрики в будущей профессиональной деятельности, воспитывает у студентов готовность и стремление к самостоятельной деятельности в процессе проведения исследования;

3) деятельностный – формирует исследовательские умения и навыки, на нем будущие экономисты учатся формулировать профессиональные задачи, подбирать и строить эконометрические модели, позволяющие их решать, анализировать полученные решения, а также на основе анализа полученных результатов делать выводы и формулировать рекомендации.

Каждый студент нашего вуза направления «Экономика» в конце изучения курса «Эконометрика» выполняет научное исследование. Выполнение курсовых работ по эконометрике в нашем вузе не предусмотрено. В учебном плане на заочном отделении запланировано выполнение двух контрольных работ, на очном – домашнего творческого задания. При выполнении этих видов самостоятельной работы, большое значение мы уделяем не только теоретической составляющей эконометрики, но и стараемся выработать у будущих экономистов практические, исследовательские навыки ее применения в профессиональной деятельности.

В зависимости от своих индивидуальных способностей, студент может выбрать посильный для себя вид научно-исследовательской работы из перечисленных выше. Так, студенты со слабой математической подготовкой, слабо владеющие методами статистики, как правило, выполняют работы узкой тематики теоретического или эмпирического характера с рассмотрением готовых примеров применения методов эконометрики в экономике. Примерная тематика таких заданий может быть следующей:

1. Эконометрика в области социально-экономических исследований.
2. Исследование и анализ моделей циклов и кризисов в экономической динамике.
3. Исторические этапы развития эконометрики.
4. Модели финансовой эконометрики.
5. Основные проблемы эконометрического моделирования. Использование фиктивных переменных и гармонических трендов.

Конечно, выполняя подобную работу, студент углубит и закрепит полученные знания, сформирует некоторые практические умения и навыки, научится писать отчеты, но не получит полноценного представления о применении эконометрических методов в профессиональной деятельности.

Более сильным студентам предлагается провести полноценное научное исследование, связанное с их профессиональной деятельностью. Например, будущим экономистам можно предложить проанализировать деятельность какого-либо предприятия, отрасли, региона, спрогнозировать ее на последующие периоды, возможно, сформулировать рекомендации по совершенствованию и развитию изучаемой экономической системы.

Для этого им предлагается самостоятельно:

- выбрать реальный объект исследования;
- сформулировать цель и задачи исследования;
- найти и проанализировать реальные статистические данные, определиться с видом и типом участвующих в исследовании переменных;
- выбрать спецификацию модели и оценить ее параметры;
- оценить качество построенной модели в целом и отдельных ее параметров с помощью соответствующих критериев;
- провести необходимый анализ и прогнозирование по модели.
- оформить исследование и защитить отчет по проведенному исследованию.

Наиболее активным студентам можно предложить по итогам проведенного исследования выступить на конференции, поучаствовать в конкурсе с обязательным оформлением работы в форме статьи.

Глубокое научное исследование с привлечением эконометрике в дальнейшем может быть использовано студентом при написании выпускной квалификационной работы, а так же в его профессиональной деятельности.

Подобная научно-исследовательская работа ориентирована на развитие интеллектуальных способностей студентов, повышения их творческого потенциала, формирование у них комплекса общекультурных и профессиональных компетенций, таких как способность анализировать, обобщать и систематизировать информацию; способность работать на компьютере с использованием современного общего и прикладного программного обеспечения; способность применять эконометрические методы для решения стандартных профессиональных финансово-экономических задач, интерпретировать полученные результаты; способность применять в учебном процессе, а также в дальнейшей профессиональной деятельности методики расчетов и основные методы исследований. Студент приобретает навыки, которые ему пригодятся в течение всей жизни, где бы он ни работал: умение концентрировать внимание, постоянно пополнять свой запас знаний, уметь целенаправленно и вдумчиво работать.



Вовлечение студентов-экономистов в научно-исследовательскую деятельность, конечно, в полной мере не решает проблем современного образования. В основе этого, как мы знаем, лежит множество причин. Но понимание пользы теоретических, эконометрических знаний от сближения их с профессиональной деятельностью в процессе научно-исследовательской деятельности неоспоримо.

Список литературы:

1. Балынин, И.В. Финансовое обеспечение образования в Российской Федерации в 2008-2020 гг. / И.В. Балынин // Аудит и финансовый анализ. – 2014. – № 6. – С. 271-276.
2. Берулава, М.Н. Проблемы и перспективы развития современной высшей школы / М.Н. Берулава // Гуманизация образования. – 2015. – №2. – С. 8-11.
3. Данилова, Л.Н. Концептуальные основы реформирования общего образования. Монография / Л.Н. Данилова. – Ярославль: Изд-во Канцлер, 2016. – 218 с.
4. Зайчикова, И.В. Использование интерактивных методов в обучении студентов-экономистов дисциплине «Эконометрика» / И.В. Зайчикова // Теория и практика развития экономики на международном, национальном, региональном уровнях. Материалы международной научно-практической конференции; под ред. Т.Э. Пироговой. – Калуга, 2014. – С. 329-334.
5. Головина, О.В. Об одном из аспектов использования информационных технологий при изучении курса теории вероятностей и математической статистики в экономическом вузе / О.В. Головина, Н.В. Никаноркина // Развитие управленческих и информационных технологий, их роль в региональной экономике: сборник научных статей по материалам II Международной открытой научно-практической конференции; под ред. Т.Э. Пироговой, С.Т. Швецово́й, О.М. Орловцево́й. – Москва: Издательство: ООО «ТРП», 2016. – С. 295-301.
6. Современные проблемы науки и образования: научная рефлексия целей и результатов модернизации российского образования. Учебно-методическое пособие / сост. М.И. Гомбоева [и др.]. – Чита: ЗабГУ, 2015. – 140 с.

**Организация исследовательской деятельности учащихся  
при изучении вероятностно-статистической линии  
в школьном курсе математики**

**Т.А. Алмазова, Н.О. Громова**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье описаны методические особенности изучения вероятностно-статистической линии в школьном курсе математики. Приведены примеры использования виртуальных лабораторий для организации занятий по математике с использованием проблемных методов обучения.

*Ключевые слова:* вероятностно-статистическая линия в школьном курсе математики, исследовательская работа учащихся, виртуальные лаборатории.

С 2003-го года вероятностно-статистическая линия является неотъемлемой частью школьного образования. Ее включению в школьный курс математики содействовали такие ученые как П.А. Некрасов, А.И. Маркушевич, В.Я. Буняковский, Б.В. Гнеденко, А.Н. Колмогоров, П.Л. Чебышев и другие. Изучение вероятностно-статистической линии в школьном курсе математики является актуальной, поскольку она имеет большое прикладное значение, тесно связана с явлениями окружающего мира, в процессе изучения данной темы формируются навыки анализа и описания явлений и закономерностей окружающей действительности, кроме того задания по этой теме включены в итоговую аттестацию по математике (ЕГЭ, ОГЭ).

*Содержание вероятностно-статистической линии* в школьном курсе математики определено Федеральным компонентом государственных стандартов основного общего образования и среднего (полного) общего образования. Обязательный минимум содержания линии в программе основного общего образования должен включать несколько разделов. В раздел «Множества и комбинаторика» входит: множество, элемент множества, подмножество; объединение и пересечение множеств: диаграммы Эйлера; решение комбинаторных задач перебором вариантов, с использованием правила умножения. Раздел «Статистические данные» содержит: статистические данные, представление данных в виде таблиц, диаграмм, графиков; средние значения результатов измерений; понятие о статистическом выводе на основе выборки; понятие и примеры случайных событий. Раздел «Вероятность»:

частота события, вероятность; равновозможные события и подсчет их вероятности; представление о геометрической вероятности.

Содержание программы среднего (полного) общего образования: табличное и графическое представление данных; числовые характеристики рядов данных; поочередный и одновременный выбор нескольких элементов из конечного множества; формулы числа перестановок, сочетаний, размещений; решение комбинаторных задач; формула бинома Ньютона; свойства биномиальных коэффициентов; треугольник Паскаля; элементарные и сложные события; рассмотрение случаев и вероятность суммы несовместных событий, вероятность противоположного события; понятие о независимости событий; вероятность и статистическая частота наступления события; решение практических задач с применением вероятностных методов.

От учащихся требуется не только изучение входящих в раздел понятий, но и формирование комплекса умений и навыков, например, формирование представления о процессах и явлениях, имеющих вероятностный характер, о статистических закономерностях в реальном мире; умения моделировать реальные ситуации, исследовать построенные модели, интерпретировать полученный результат.

Содержание вероятностно-статистической линии, ввиду специфической формализации, является трудным для освоения учащимися. В связи с этим возникают вопросы, выявления и разработки различных методических аспектов изучения вероятностно-стохастической линии в школьном курсе математики.

В рамках темы исследования были проанализированы несколько комплектов учебников разных авторов. На основе этого был сделан вывод, что вопрос содержания вероятностно-статистической линии до сих пор актуален. В разных учебниках по-разному дается материал, в разной последовательности и в разном объеме, также он не всегда включает вопросы, предусмотренные Стандартами. Например, Федеральным государственным образовательным стандартом среднего общего образования предусмотрено изучение вероятностно-статистической линии на базовом и углубленном уровнях, однако в учебниках базового уровня Г.К. Муравина для 10-11 классов, этот раздел отсутствует. Также в учебник 10 класса С.М. Никольского не включен статистический раздел, требуемый Стандартами.

На основе анализа учебников и требований Стандартов были выделены *методические особенности* изучения вероятностно-статистической линии в курсе алгебры основной и средней школы. Изучение основных вопросов

темы осуществляется на основе метода «концентрических окружностей». В курсе алгебры основной школы:

- базой для изучения основных вопросов теории вероятности является комбинаторика, проходящая через весь школьный курс математики;
- методическая особенность изучения вопросов, связанных со статистикой, заключается в том, что необходима система задач на самостоятельный сбор и обработку информации;
- необходима система задач, направленных на качественное понимание статистических характеристик;
- особенностью изучения данной темы является необходимость использования опытов и экспериментов, в том числе виртуальных, для наблюдения явлений статистической устойчивости и получения ряда определений и утверждений.

В курсе алгебры старшей школы:

- для полноценного изучения вероятностно-стохастической линии в старшей школе, так же как и в основной, требуется использование опытов и экспериментов, как реальных, так и виртуальных;
- особенностью изучения вероятностно-стохастической линии является повторное включение материала, изученного ранее в основной школе;
- методическая особенность изучения вопросов, связанных со статистикой, заключается в том, что необходима система задач на самостоятельный сбор и обработку информации.

Рассмотрим более детально использование опытов и экспериментов, в том числе виртуальных, для изучения основных компонентов вероятностно-статистической линии.

Согласно Стандарту, у учащихся при изучении школьного курса математики должны формироваться навыки использования готовых компьютерных программ при решении задач. При изучении вероятностно-статистической линии это возможно осуществить с помощью использования *виртуальных лабораторий*.

На данный момент существуют различные виртуальные лаборатории, которые могут быть успешно использованы в процессе обучения школьников. Более детально нами были изучены виртуальные лаборатории из инновационного учебно-методического комплекса (ИУМК) «Вероятность и статистика в школьном курсе математики», которые имеют огромный потенциал при изучении школьниками вероятностно-статистической линии. С их помощью ученики могут пронаблюдать труднопроводимый в реальных условиях опыт, например, за несколько секунд можно провести опыт с подбрасывани-

ем монеты несколько тысяч раз. Возможности использования в процессе изучения математики виртуальных лабораторий в демонстрационном режиме были описаны в работах В.А. Булычева и В.В. Калманович [1, 2].

Рассмотрим примеры использования виртуальных лабораторий при изучении вероятностно-статистической линии и в частности для организации проблемных методов обучения, в частности для организации исследовательских работ учащихся, при изучении различных компонентов.

*Исследовательская работа «Равновозможность исходов».* Данная исследовательская работа направлена на выявление учащимися существенных признаков понятий «равновозможность исходов» и «статистическая устойчивость» и предлагается после того, как закончен этап мотивации, сформулирована проблема и поставлена учебная задача.

*Цель работы:* на основе анализа проведенных экспериментов сформулировать определение равновозможных вариантов.

Суть работы заключается в проведении виртуальных опытов по подбрасыванию монеты, кнопки и игрального кубика 50, 500 и 1000 раз. По итогам необходимо сделать выводы о зависимости вероятностей возможных исходов от количества проведенных опытов и связи вероятностей событий одного эксперимента.

Для этого учащимся предлагается инструкция, в которой подробно описывается ход работы. Предполагается, что на данном уроке каждый учащийся имеет доступ к компьютеру, на котором установлен ИУМК. Работа проводится в виртуальной лаборатории «Классическая вероятность». Вначале ученикам предлагается нажать два раза кнопку «Провести один опыт», что будет означать два виртуальных броска кубика, и пронаблюдать, как работает виртуальная лаборатория, как выглядят результаты опыта. Их можно отследить на трех вкладках. Во вкладке «Опыты» после каждого эксперимента в таблицу выводятся его результаты. В «исходах» перечисляются все возможные исходы опыта, а рядом с каждым исходом при проведении опыта выводится его абсолютная и относительная частота. Около каждого исхода имеется поле «Вероятность», в которое можно самостоятельно ввести предполагаемую вероятность данного исхода. Вероятность и относительная частота каждого исхода показываются на гистограмме в правой части окна, что дает возможность их сравнения. Во вкладке «события» показывается график изменения относительных частот всех возможных событий опыта. Также присутствует ползунок « $P =$ », передвигая который, можно отследить вероятность этих событий.

Далее учащимся предстоит «подбросить» игральный кубик 50, 500, а затем 1000 раз, для чего выставить в ячейке «Опыт 1 из...» число опытов равное соответственно 50, 500 и 1000. Эксперимент начинается после нажатия на «запустить серию опытов». После проведения экспериментальной части работы учащимся предлагается проанализировать полученные данные и сделать выводы о том, как изменяется вероятность события с изменением количества проводимых экспериментов? Какой исход опыта вероятнее? На графике видно, что при увеличении числа опытов вероятность всех шести исходов броска игрального кубика стремится к одному значению, на что и должны обратить внимание ученики. Далее проводятся аналогичные опыты с монетой и кнопкой, после чего учащиеся делают выводы о зависимости вероятности исходов от количества проведенных опытов, а затем формулируют определение равновероятных исходов и характеризуют явление статистической устойчивости.

Рассмотрим пример исследовательской работы, направленной на получение формулы перестановок без повторения. Данную работу целесообразно проводить на этапе открытия формулы, т.е. после того как поставлена проблема и сформулирована учебная задача.

*Исследовательская работа «Перестановки без повторения».*

*Цель работы:* открытие учащимися формулы для вычисления числа перестановок без повторения.

Для решения поставленной перед учащимися проблемы необходимо экспериментально выяснить, сколько существует способов выложить ряд их 2-х, 3-х и 4-х различных шаров. Им предлагается в виртуальной лаборатории «Комбинаторика» и провести три опыта – для 2-х, 3-х и 4-х шаров, выбрав тип «перестановки». В результате построится дерево вариантов и появится ответ – искомое число перестановок. Результаты опыта учащиеся заносят в таблицу, в которой необходимо указать количество вариантов выбора шаров на первое место в ряду, второе и т.д., а также количество способов составить ряд, то есть получившейся ответ. Затем предлагается проанализировать полученные данные, сравнить количество способов с количеством вариантов выбора и вспомнить, с помощью какого правила комбинаторики можно получить такой же результат. Затем, обобщая свое предположение для  $n$  шаров, учащиеся выдвигают гипотезу о том, как записать формулу для любого количества объектов.

Приведем пример исследовательской работы по получению формулы математического ожидания.

*Исследовательская работа «Математическое ожидание».*

*Цель работы:* получить формулу математического ожидания.

Проводится необходимая мотивация и ставится проблема, для решения которой учащимся предлагается найти математическое ожидание числа выпавших орлов при бросании трех монет в виртуальной лаборатории «Дискретные случайные величины».

При трех бросках монеты орел может выпасть 0, 1, 2 или 3 раза. Каждое из этих значений последовательно вносится в ячейки строки « $x = \dots$ », где  $x$  – случайная величина. В ячейку « $n = \dots$ » вводится число необходимых по условию исходов опыта. В данном случае таких исходов 4: за три броска монеты орел не выпадет ни разу, выпадет 1 раз, 2 раза или 3.

Далее необходимо вычислить вероятность каждого из исходов. Для этого ученики должны использовать свои знания, в частности формулу  $p = \frac{m}{n}$ , где  $m$  – число благоприятных исходов,  $n$  – число всех возможных исходов. Полученные четыре значения вероятности для каждого из случайных значений  $x$  записываются в строку « $P = \dots$ ». В ячейке «математическое ожидание = ...» появится искомый ответ.

Для дальнейшего удобства учащимся предлагается перевести его из десятичной дроби в обыкновенную и даются подробные инструкции по заполнению предложенной таблицы.

За 3 броска монеты орел выпадет 0 раз	За 3 броска монеты орел выпадет 1 раз	За 3 броска монеты орел выпадет 2 раза	За 3 броска монеты орел выпадет 3 раза
$x_1 =$	$x_2 =$	$x_3 =$	$x_4 =$
$p_1 =$	$p_2 =$	$p_3 =$	$p_4 =$
$x_1 \cdot p_1 =$	$x_2 \cdot p_2 =$	$x_3 \cdot p_3 =$	$x_4 \cdot p_4 =$
$M(x) = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} =$			

Сначала заполняются первые три строки, в квадрат вносится полученное значение математического ожидания. Основываясь на данных таблицы, и зная, чему равно математическое ожидание в данной задаче, учащиеся должны подумать, как именно получилось это значение, какие численные значения были использованы, какие операции над ними проводились. Строка произведений и плюсы в строке « $M(x) =$ » даются в помощь учащимся. В ней получается сумма произведений, то есть математическое ожидание, вычисленное для 4-х случаев. Аналогичную работу можно провести для двукратного и четырехкратного подбрасывания монеты. Далее учащимся предлагается

обобщить полученные результаты и записать формулу для нахождения математического ожидания для любого количества возможных случаев – от 1 до  $n$ .

После получения формулы математического ожидания использование виртуальной лаборатории для изучения данной темы может быть продолжено. Учащимся предлагается работа по решению задач на нахождение математического ожидания с последующей проверкой результатов в виртуальной лаборатории «Дискретные случайные величины».

*Цели работы:* формировать у учащихся умение вычислять математическое ожидание, пользуясь соответствующей формулой; формировать способность интерпретировать полученные результаты; формировать навыки решения задач с использованием компьютерных программ, в частности виртуальных лабораторий.

В ходе этой работы ученики должны решить несколько задач на нахождение математического ожидания, используя полученную ранее формулу. В данной работе четыре задачи, которые расположены так, что каждая последующая задача немного сложнее предыдущей.

1. Вычислите математическое ожидание числа очков при бросании игральной кости [6, с. 194].

2. В библиотеке города  $N$  ведется статистика – сколько книг берут посетители каждую неделю. В таблице указано число книг, которое брали посетители ( $x_i$ ) и с какой вероятностью они брали это количество ( $p_i$ ). Найдите математическое ожидание числа книг, взятых посетителем за неделю.

$x_i$	0	1	2	3	4	5
$p_i$	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2

3. В таблице приведены данные о годовом надое молока от коров некоторой фермы. Найдите математическое ожидание годового надоя молока от коровы [5, с. 198-199].

Надой, тыс. л	1,9	2,5	3,1	3,7	4,3	4,9	5,5
Количество коров, шт.	4	14	17	37	15	6	4

4. Рулетка имеет 38 номеров, выпадение каждого из которых единственно возможно и равновозможно. Если выпадет номер, на который поставил игрок, то он получает свою ставку обратно, плюс ту же сумму в 35-кратном размере, если нет, то теряет свою ставку. Определите, сколько в среднем получает каждый игрок в одной игре при ставке в 19 рублей [7, с. 351].



*Первая задача* имеет некоторое сходство с задачей, решение которой использовалось в работе по получению формулы математического ожидания. К задаче прилагается такая же таблица, с помощью которой легко и наглядно получить требуемый ответ.

*Вторая задача* немного иная, в условии дана таблица со значениями случайных величин и их вероятностями. Однако такая подробная таблица, как в первой задаче отсутствует.

В *третьей задаче* так же дана таблица из двух строк, но здесь от учеников требуется самостоятельно определить, что является случайной величиной, то есть  $x$ . Учащиеся должны также самостоятельно найти необходимую вероятность, поскольку, в отличие от предыдущих задач, в этой таблице отсутствует строка вероятностей, она заменена на строку с второстепенными значениями, необходимыми для ее отыскания.

*Четвертая задача* отличается от предыдущих тем, что содержит только текстовое условие, а также не имеет прямого вопроса о нахождении математического ожидания. Однако ко всем задачам прилагаются наводящие вопросы, которые дают возможность учащимся выбрать правильное направление в решении, если у них возникнут трудности.

Также после решения каждой из задач учащимся предлагается проверить полученные ответы с помощью виртуальной лаборатории «Дискретные случайные величины».

Таким образом, был проведен анализ содержания вероятностно-статистической линии в школьном курсе алгебры, ее методических особенностей. Изучены возможности использования цифровых образовательных ресурсов и разработаны методические рекомендации по их применению к изучению основных компонентов вероятностно-статистической линии. Полученные рекомендации и методические наработки требуют системной апробации в школе. Однако, уже на данном этапе исследования полученные результаты были продемонстрированы и предложены для анализа оценки учителям математики различных школ города Калуги.

Список литературы:

1. Булычев, В.А. Математическое моделирование при изучении элементов теории вероятностей / В.А. Булычев, В.В. Калманович // Математика в школе. – 2009. – №3. – С. 23-28.
2. Булычев, В.А. О построении эквивалентных моделей случайного опыта при изучении элементов теории вероятностей в школьном курсе матема-

- тики / В.А. Булычев, В.В. Калманович // Вестник Калужского университета. – 2008. – №3. – С. 69-70.
3. Гаваза, Т.А. О преподавании теории вероятностей в средней школе. Методический аспект / Т.А. Гаваза // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. – 2014. – №4. – С. 87-92.
  4. Муравин, Г.К. Алгебра и начала математического анализа. 10 класс / Г.К. Муравин. – 6-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2013. – 287 с.
  5. Муравин, Г.К. Алгебра и начала математического анализа. 11 класс / Г.К. Муравин, О.В. Муравина. – 6-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2013. – 253 с.
  6. Муравин, Г.К. Алгебра и начала математического анализа. Углубленный уровень. 11 класс / Г.К. Муравин, О.В. Муравина. – М.: Дрофа, 2014. – 318 с.
  7. Никольский, С.М. Алгебра и начала математического анализа. 10 класс / С.М. Никольский, М.К. Потапов, Н.Н. Решетников, А.В. Шевкин. – 8-е изд. – М.: Просвещение, 2009. – 430 с.

УДК 372.851

**Использование метода целесообразно подобранных задач для активизации познавательной деятельности учащихся при изучении теорем**

**Т.А. Алмазова<sup>1</sup>, Н.В. Никаноркина<sup>2</sup>, И.С.Чернова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

<sup>2</sup> *Калужский филиал ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Калуга*

В статье рассмотрены методические подходы к работе над теоремами, направленные на активизацию познавательной деятельности учащихся. Подробно описаны приемы, используемые при применении метода целесообразно подобранных задач для изучения теорем школьного курса математики. Приведены примеры, иллюстрирующие применение каждого приема.

*Ключевые слова:* методика работы над теоремой, активизация познавательной деятельности учащихся, метод целесообразно подобранных задач.

В основе федеральных государственных образовательных стандартов общего образования (ФГОС) второго поколения лежит системно-деятельностный подход, который в частности ориентирован на активную

учебно-познавательную деятельность обучающихся. Ориентация на активизацию познавательной деятельности школьников в процессе обучения является одним из ведущих направлений модернизации общего образования и предполагает внесение соответствующих изменений в методiku организации образовательного процесса в целом и обучения математике в частности.

В концепции развития математического образования в Российской Федерации отмечено, что математика занимает особое место в науке, культуре и общественной жизни, являясь одной из важнейших составляющих мирового научно-технического прогресса. Изучение математики играет системообразующую роль в образовании, развивая познавательные способности человека, способности к логическому, абстрактному, пространственному мышлению, влияя на успешность изучения других дисциплин. Установление и обоснование математических фактов, их оформление в виде формулировок и доказательства теорем может быть представлено в виде целенаправленно организованных проблемных ситуаций, поисковых и исследовательских заданий, а также на основе метода целесообразно подобранных задач, что позволяет вовлекать учащихся в самостоятельную поисковую познавательную деятельность, формировать их познавательные способности. При этом познавательная активность является важным условием эффективности учебной деятельности школьника на всех возрастных этапах его развития.

Вместе с тем, в практике преподавания математики, в используемой учителями методике работы над теоремами, все еще преобладает традиционный подход, основанный на сообщении готовых формулировок теорем и готовых их доказательств, что объясняется недостатком доступных учителям методических рекомендаций по активизации познавательной деятельности учащихся в процессе изучения теорем в школьном курсе математики.

В настоящее время на основе деятельностного подхода разработаны методики работы над компонентами математического содержания школьного курса математики. В частности методика работы над теоремой состоит из следующих этапов: мотивация, раскрытие содержания теоремы, мотивация необходимости доказательства теоремы, формулировка теоремы и работа над ее структурой, поиск доказательства теоремы, оформление доказательства, усвоение формулировки и доказательства теоремы, применение теоремы, контроль и оценка.

Охарактеризуем методические средства, способствующие активизации познавательной деятельности учащихся в процессе работы над теоремой.

На этапе *мотивации* формированию познавательной активности способствует использование следующих *приёмов работы*:

1) решение практической или теоретической задачи приводящее к проблемной ситуации, состоящей в недостатке имеющихся знаний и являющейся основой для формулировки проблемы и постановки познавательной задачи;

2) обобщение наблюдаемых фактов и явлений перевод их на математический язык обнаружение в результате этого новой, неизвестной, но значимой информации. Постановка на этой основе учебной задачи, указывающей на необходимость исследования полученных фактов и свойств, полученных эмпирическим путем, их теоретического обоснования;

3) показ необходимости знания и обоснования неизученного пока свойства или соотношения для доказательства других теорем или дальнейшего изучения математики;

4) показ того, как возникла и решалась эта проблема в истории науки.

Этап мотивации заканчивается постановкой проблемы (вопроса, на который нужно найти ответ) и учебной (познавательной) задачи.

На этапе раскрытия содержания теоремы имеются особенно широкие возможности для активизации познавательной деятельности и развития познавательной активности учащихся. Эти возможности, прежде всего, связаны с организацией самостоятельных исследований учащихся, направленных на открытие новых фактов и свойств.

Самостоятельная работа учащихся с целью раскрытия содержания теоремы строится на основе проблемной ситуации, созданной на этапе мотивации и состоит в выполнении системы заданий, предполагающих возможность самостоятельного осуществления учащимися одного, нескольких или всех этапов самостоятельной поисковой познавательной деятельности:

1) анализ возникшего затруднения (проблемной ситуации), установление причин, формулировка проблемы;

2) выделение зоны поиска решения проблемы, определение необходимых средств, дополнительной информации, накопление подлежащих анализу фактов;

3) выдвижение гипотез о возможном решении проблемы на основе анализа имеющейся информации, связей и отношений между известным и неизвестным;

4) реализация гипотезы, ее проверка, вычленение и решение подпроблем.

Необходимым элементом таких работ является постановка перед учащимися познавательной цели и исследовательской задачи. Принятие этой задачи учащимися обеспечивает активный характер, целенаправленность и осознанность самостоятельной поисковой познавательной деятельности.

Дальнейшая работа может проводиться в группах, в парах и реже индивидуально.

Еще одним этапом, предоставляющим широкие возможности для формирования познавательной активности учащихся, является этап поиска доказательства теоремы.

На этапе поиска доказательства теоремы для активизации познавательной деятельности учащихся могут быть использованы такие методические приемы как:

- проблемное изложение (диалогический монолог), предполагающее демонстрацию учителем рассуждений направленных на поиск (учитель ставит поисковые вопросы и показывает, как искать ответ на них);

- эвристическая беседа, состоящая в постановке учителем серии взаимосвязанных вопросов, каждый из которых служит шагом на пути к решению проблемы и большинство которых требует от учащихся не только воспроизведения своих знаний, но и осуществления небольшого поиска, осуществляемого в парах или группах;

- самостоятельная работа поискового (исследовательского) характера (в качестве опоры в такой работе могут быть использованы, например, схемы рассуждений аналитического или синтетического методов поиска).

Приведем в качестве примера разработку методики работы над теоремой о свойстве средней линии треугольника.

На этапе мотивации проблемная ситуация была создана в процессе работы над задачей, в результате которой вводится определение средней линии, формулируется проблема и ставится познавательная задача: найти взаимосвязь между средней линией со стороной треугольника.

#### *Мотивация*

Геометрическая задача. Дан треугольник, стороны которого равны 8 см, 5 см, 7 см (рис. 1). Найдите периметр треугольника, вершинами которого являются середины сторон данного треугольника.

*Проблемная ситуация:* неизвестно как связаны длины средних линий и сторон треугольника.

*Познавательная задача:* найти взаимосвязь между средними линиями и сторонами треугольника.

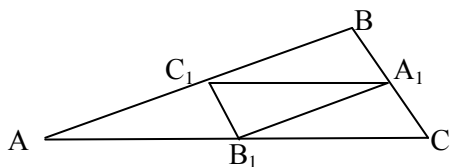


Рисунок 1 – Чертеж к задаче

*Раскрытие содержания теоремы*

*Самостоятельная поисковая работа*

*Цель:* установить взаимосвязь между длиной средней линии и длиной сторон треугольника.

*Исследовательская задача:* путем измерений средних линий и сторон в примерах треугольников практически установить, как связаны длины средних линий и длины сторон треугольника.

*Задания для групп учащихся с низким уровнем познавательной самостоятельности:*

1) для получения данных, на основе сравнения и обобщения которых можно установить, имеется ли какая-либо связь между длинами средних линий и сторон треугольника, начертите треугольник, проведите в нем средние линии и измерьте длины средних линий и сторон треугольника.

2) чтобы лучше было сравнивать, занесите результаты измерений в таблицу, располагая напротив длины средней линии длину противоположащей стороны треугольника.

3) проанализируйте, сравните и обобщите полученные результаты. Что заметили?

4) сформулируйте ваше предположение о том, есть ли связь между длиной средней линией и длиной какой-либо из сторон треугольника.

Необходимо отметить, что на начальном этапе формирования познавательной самостоятельности, учащимся целесообразно предлагать подробные задания для самостоятельной работы. По мере роста уровня сформированности познавательной самостоятельности для выполнения такой работы учащимся достаточно формулировки исследовательской задачи.

Рассмотрим методические возможности использования метода целесообразно подобранных задач для активизации познавательной деятельности учащихся при изучении терем в школьном курсе математики. Важно отметить, что использование задач в математике дает широкие возможности организации учебной деятельности на различных этапах ее организации и в частности на этапе формирования новых знаний и способов действий.

Концептуальные положения метода были заложены в работах С.И. Шохора-Троцкого, а дальнейшее развитие он получил в работах Н.Я. Виленкина, Л.М. Фридмана, Г.И. Саранцева, Ю.М. Колягина, Г.В. Дорофеева.

Д. Пойа в работе «Математические открытия» описывает вспомогательные задачи, к которым необходимо обращаться или с которыми необходимо работать не ради этих задач, а из-за того, что это поможет решить другие, главные задачи [2, с. 22]. Автором рассматриваются не отдельные задачи, а цепочки одинаковых задач (обладающих односторонней или двусторонней редукцией) а также некоторые вспомогательные задачи, подводящие к решению главной [2, с. 22]. «Профессор М.И. Зайкин обращает внимание на то, что особую ценность имеют цепочки задач, которые разрешают развивать задействованное в обучение математическое содержание, извлекать новые факты, выдвигать на их основе гипотезы, проводить доказательства с рассуждениями на пути индуктивного математического познания, ведущего учащихся естественным образом к догадкам и абстрагированию, обобщениям и систематизации»[1, с. 23].

Рассмотрим применение метода целесообразно подобранных задач к организации методики работы над теоремой, как средства активизации познавательной деятельности учащихся.

Организация методики работы над теоремой на основе метода целесообразно подобранных задач может строиться по нескольким направлениям.

В рамках первого направления предполагается использование метода целесообразно подобранных задач на различных этапах описанной выше методики работы над теоремой. Целесообразно подобранные задачи при организации методики работы над теоремой могут быть использованы как средство мотивации теоремы (практическая или теоретическая исследовательская задача, приводящая к проблемной ситуации или как комплекс подзадач более широко сформулированной теоретической задачи, приводящих к комплексу проблемных ситуаций), как средство, позволяющее учащимся в процессе анализа и обобщения результатов решения нескольких задач выдвинуть гипотезу (задачи с конкретными данными), как средство, используемое для поиска доказательства теоремы (подзадачи, решение которых помогает выстроить направление поиска доказательства) в процессе выполнения самостоятельной работы поискового (исследовательского) характера.

Таким образом, создается цикл взаимосвязанных задач, который органически встраивается в различные этапы методики работы над теоремой и может быть использован как одно из методических средств, направленных на активизацию познавательной деятельности учащихся. Приведем пример

системы целесообразно подобранных задач, которая может быть предложена учащимся на этапе поиска доказательства теоремы о средней линии треугольника в рамках реализации вышеописанной методики работы над теоремой.

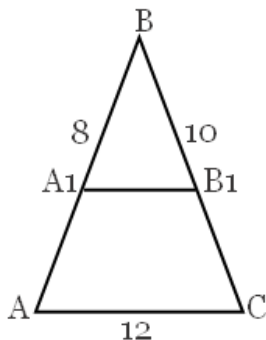


Рисунок 2. Чертеж к задаче

*Задача 1. В  $\triangle ABC$  проведена средняя линия  $A_1B_1$  (рис.2).*

*1. Доказать, что  $\triangle A_1BB_1 \sim \triangle ABC$ .*

*2. Найти длину отрезка  $A_1B_1$ .*

*3. Выяснить расположение прямых  $A_1B_1$  и  $AC$ .*

*Задача 2. Решить предыдущую задачу в случае, когда  $AB=a$ ,  $BC=b$ ,  $AC=c$ . Сделать выводы о связи средней линии треугольника и какой-либо его стороны.*

*Задача 3. Решить мотивационную задачу.*

*Задача 4. Решить мотивационную задачу в общем виде, когда  $AB=a$ ,  $BC=b$ ,  $AC=c$ .*

*Задача 5. Сделать выводы о том, как связаны периметры исходного треугольника и треугольника из средних линий.*

В результате выполнения данных задач учащиеся сформулировали и доказали теорему о средней линии треугольника, что позволило им решить мотивационную задачу и разрешить сформулированную проблему. Стоит отметить, что по мере возрастания самостоятельной активности учащихся задачи могут усложняться (задачи уже не содержат подзадач, требования менее конкретизированы, чаще встречаются обобщенные формулировки).

В рамках второго направления задача (или набор задач) с конкретными данными с последующим обобщением результатов и основных шагов решения (доказательства), может быть использована как средство открытия формулировки теоремы и способа ее доказательства. Такие задачи позволяют реализовать у учащихся «путь индуктивного математического познания» [2, с. 23].

В качестве примера рассмотрим систему задач, которая может быть использована для открытия учащимися теоремы о внешнем угле треугольника.

*Задача.* По готовым чертежам найти внешний угол при вершине C и сумме углов A и B  $\triangle ABC$  (рис. 3).



Проанализировать полученные результаты и сделать вывод о том, как связан внешний угол треугольника с двумя другими, не смежными с ним. Какая из решенных задач является доказательством этого утверждения?

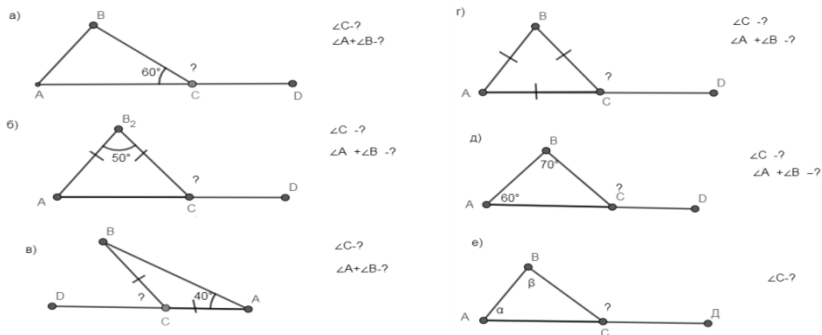


Рисунок 3 – Чертеж к задаче

В результате решения таких задач и анализа требования и проведенного решения задачи учащиеся открывают формулировку и доказательство теоремы о внешнем угле треугольника. Такие задачи могут предлагаться как для проблемного изложения (начальный этап формирования познавательной активности), так и для проведения самостоятельных работ исследовательского характера.

В рамках третьего направления задача, решенная в общем виде, на этапе исследования решения которой получены общие выводы и их частные случаи (формулировка теоремы и частные случаи ее применения), может быть использована как средство открытия и изучения теорем.

В качестве примера приведем задачу в процессе работы над которой, учащиеся открывают формулировку и доказательство теоремы об угле между хордой и касательной.

*Задача. Найти угол между касательной к окружности, проведенной в точке A и хордой AB, если угол, опирающийся на дугу AB равен  $\varphi$  (рис4).*

*Над данной задачей осуществляется методика работы в соответствии с основными этапами: анализ условия и требования задачи, поиск решения, осуществление решения и анализ проведенного решения.*

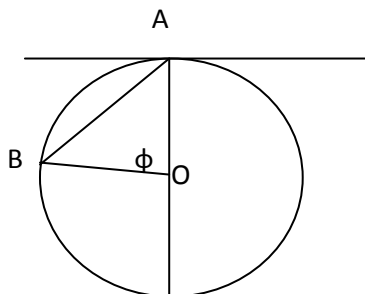


Рисунок 4 – Чертеж к задаче

*В процессе поиска решения задачи учащиеся приходят к выводу, что искомый угол равен половине  $\varphi$ . Анализ полученного результата и знания о том, что центральный угол равен половине градусной меры дуги, на которую он опирается, позволяют учащимся сделать вывод о связи угла между касательной и хордой, проведенными к одной точке окружности и градусной мерой дуги, заключенной внутри этого угла.*

Результатом проделанной работы является формулировка следующей теоремы: угол между касательной и хордой, проходящей через точку касания, измеряется половиной заключенной в нем дуги. А решение задачи практически является доказательством сформулированной теоремы. Это позволяет учащимся сделать вывод, что в процессе решения задачи была получена и доказана теорема.

Таким образом, были рассмотрены возможности использования целесообразно подобранных задач для активизации познавательной активности учащихся при изучении теорем в школьном курсе математики.

#### Список литературы:

1. Арюткина, С.В. Особенности организации алгебраических задач в профильной школе на основе блочно-циклового подхода / С.В. Арюткина // Вестник нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2013. – №5 (2). – С. 22-25.
2. Хрестоматия по методике математики: Обучение через задачи / сост. М.И. Зайкин, С.В. Арюткина. – Арзамас: АГПИ, 2005. – Т. 1. – 300 с.

**Особенности активизации познавательной деятельности  
при изучении математических понятий в классах различных профилей**  
**Т.А. Алмазова, М.С. Шубина**

*Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье описаны возможности активизации познавательной деятельности учащихся при изучении математических понятий. Для каждого этапа методики работы над понятием подробно описаны методические средства и приемы активизации.

*Ключевые слова:* активизация познавательной деятельности, методика работы над понятием, методические средства, приемы и методы обучения, профильная подготовка.

Вопросы активизации учения школьников относится к числу наиболее актуальных проблем современной педагогической науки и практики. Объясняется это тем, что решение задач: повышения качества подготовки выпускников средней школы, формирования их активной жизненной позиции – является велением времени в условиях ускоряющегося научно-технического и социального прогресса и требует поиска новых подходов к дальнейшему совершенствованию содержания, форм и методов обучения. Важнейший из таких подходов состоит в определении путей, дидактических условий и системы средств более полной реализации принципа активности в обучении в современных условиях и в частности в условиях предпрофильной и профильной подготовки школьников.

Одной из главных составляющих содержания любого учебного предмета, в том числе математики являются понятия. Не владея ими невозможно ни восприятие теоретического материала, ни способность решать задачи. Математические определения формируют язык математики, а овладение этим языком – математическую речь, умение выражать свои мысли в математической форме. Оперирование понятиями требует от учащихся активной мыслительной деятельности, поскольку только в этом случае можно обеспечить глубокое понимание сущности изучаемых предметов и явлений теории, отражённой в системе научных понятий, а также их взаимосвязь и прикладной потенциал.

Вместе с тем, специальные исследования, посвященные активизации познавательной деятельности учащихся в процессе изучения математических понятий и ее особенностям в профильной школе практически отсутствуют.

Проблема активизации познавательной деятельности учащихся и связанных с нею понятий рассматривается в работах таких авторов как: Е.В. Коротчаева, В.И. Лозовая, А.М. Матюшкин, М.Н. Скаткин, И.Ф. Харламов, Т.И. Шамова, Г.И. Щукина, и др.

Познавательная деятельность – сознательная деятельность субъекта, направленная на приобретение информации об объектах и явлениях реальной действительности, а также конкретных знаний [1, с. 237].

Познавательная активность – Т.И. Шамова рассматривает познавательную активность как качество личности, проявляющееся в отношении к содержанию и процессу деятельности, в стремлении к эффективному овладению знаниями и способами их получения, в мобилизации волевых усилий в достижении цели обучения [2, с. 86].

Активизация познавательной деятельности – следует понимать комплекс условий и средств организации образовательного процесса, обеспечивающий последовательное формирование всех компонентов познавательной активности и способствующий повышению ее уровня [3].

Рассмотрим методические средства и возможности активизации познавательной деятельности учащихся при изучении математических понятий и особенности их использования и реализации в классах различных профилей.

Каждый этап процесса формирования математических понятий можно осуществить с помощью различных средств, приемов и методов, способствующих активизации познавательной деятельности учащихся. Важно отметить, что при обучении математики в классах различных профилей «особую роль играет прикладная составляющая. Очевидно, что содержание этой составляющей определяется спецификой каждого профиля, и, соответственно, спецификой задач, для которых используется математический аппарат» [4, с. 6].

На этапе мотивации могут быть использованы следующие методические приемы:

- 1) анализ ситуаций, примеров, приводящих к обнаружению недостатка математических средств для описания и исследования рассматриваемых объектов, процессов, явлений; примеры целесообразно подбирать из предметной области, на которую ориентирован профиль подготовки;

- 2) решение задач, приводящих к получению новой неизученной математической модели; задачи также должны подбираться в соответствии с профилем подготовки;

3) практические работы позволяющие обнаружить новый не изученный класс объектов еще не получивший определения; такие работы, скорее всего, применимы в классах физико-математического, естественно научного и отчасти общеобразовательного профиля.

Эти приемы позволяют учащимся установить недостаточность имеющихся знаний и сформулировать на этой основе учебную задачу по выявлению характеристических свойств рассматриваемого класса объектов и формулировке на этой основе определения нового понятия.

Для активизации познавательной деятельности учащихся на этапе подготовки к введению определения можно использовать приемы, соответствующие различным уровням проблемности изложения учебного материала. Так в классах физико-математического и естественно-научного профиля это могут быть самостоятельные работы исследовательского характера, проводимые в парах или группах. В процессе выполнения таких работ могут выполняться следующие виды деятельности:

1) наблюдение и анализ конкретных примеров объектов изучаемого понятия с целью выявления их свойств;

2) сравнение обнаруженных свойств с целью разделения их на общие и различные, существенные и несущественные;

3) обобщение результатов сравнения, формулировка вывода о существенных свойствах изучаемого класса объектов.

В классах гуманитарного профиля и профилей, которые ориентированы на получение профессии, не связанной с математикой также можно проводить исследовательские работы. Выполнение таких работ желательно осуществлять совместно с учителем, который выступает в роли координатора.

Наряду с самостоятельной работой учащихся активизации познавательной деятельности может способствовать и проблемного изложения учебного материала, реализованный в форме эвристической беседы.

Следующий этап работы над понятием – логико-математический анализ структуры определения, который предполагает составление ориентировочной основы действий (ООД) по подведению под понятие и выведению следствий из того факта, что объект принадлежит понятию. На этом этапе вместе с учащимися обсуждается вопрос: По каким признакам можно узнавать объекты данного понятия?

Активизация познавательной деятельности на этом этапе также связана с расширением использования в обучении самостоятельной работы учащихся, проводимой в парах или группах. В процессе таких кратковременных (1-2 мин) и более длительных самостоятельных работ учащимся предлагается

выполнить следующие учебные действия по анализу определения: выделение термина, выделение родового (определяющего) понятия, выделение видовых отличий определяемого понятия; определение логической связи между видовыми отличиями; определение взаимосвязи между термином и характеристиками понятия; оформление опоры. Выполнение таких самостоятельных работ, практически не требуют от учащихся осуществления исследовательской деятельности, вследствие чего могут быть использованы для всех профилей подготовки.

Этап выполнения действий подведения под понятие реализуется через методические приемы, ориентированные на основные этапы усвоения умственных действий (материализованный, внешней речи, внутренней речи). На данном этапе для активизации познавательной деятельности учащихся целесообразно использовать различные способы и формы предъявления объектов для распознавания (аналитическая запись, графическое изображение (где это возможно), окружающая действительность и т.п.). Также важно предъявлять для распознавания объекты как принадлежащие объему изучаемого понятия, так и не принадлежащие ему, но схожие с первыми. Кроме того, необходимо, чтобы для каждого примера и контрпримера учащиеся аргументировали свои выводы (почему объект относится или не относится к данному понятию). Помимо фронтальной работы, здесь также способствует активизации использование микро-самостоятельных работ.

На этапе выведения следствий из факта принадлежности объекта понятию учащимся предлагаются задачи, обратные, по отношению к задачам предыдущего этапа. В этих задачах известно, что объект относится к данному понятию (назван соответствующим термином) и требуется получить выводы о свойствах данных объектов. Активизирующую роль на этом этапе выполняют творческие задания по самостоятельному конструированию примеров объектов изучаемого понятия, выделению частных случаев, проведению на этой основе классификацию внутри объема данного понятия. Такие задания являются универсальными для всех профилей подготовки. Как правило, наибольшую трудность вызывают задания на классификацию, так как должно быть правильно выбрано основание для классификации. Самостоятельную классификацию по различным основаниям, если это не очевидно, целесообразнее предлагать учащимся физико-математического и естественнонаучного профилей. Для учащихся других профилей лучше организовать эту работу совместно с учителем.

На этапе установления связи с изученными ранее понятиями для активизации используются следующие методические средства: фронтальная,

групповая или парная работа по решению задач на сравнение понятий. Эта работа включает:

- выполнение заданий на выявление отличий сравниваемых понятий;
- выделение признаков объединяющих понятия;
- установление связей между объектами, характеризующимися сравниваемыми понятиями.

Сложность заданий, предлагаемых на данном этапе, будет зависеть от профиля и уровня подготовки учащихся.

Формулировка эквивалентных определений дает возможность для освоения учащимися следующих интеллектуальных действий: анализ и выделение всех свойств и логических связей, зафиксированных в определении понятия; получение следствий из выделенных свойств, установление обратимости полученных утверждений; объединение (синтез) полученных свойств в формулировку нового определения понятия; сравнение нового и известного определений, установление их эквивалентности. В классах, где математика изучается на базовом уровне данный этап целесообразнее осуществлять в случае, если следствия из свойств и логических связей, представленные в определении понятия практически очевидны, и для их получения от учащихся не требуется осуществление длительных и трудоемких математических преобразований.

На этом этапе также эффективным средством активизации познавательной деятельности является индивидуальная, групповая или парная самостоятельная работа учащихся по конструированию эквивалентных определений или проверке эквивалентности.

На этапе контроля, оценки и самооценки усвоения понятия, не зависимо от профиля подготовки, необходимо организовать рефлексивную деятельность учащихся, направленную на овладение универсальными учебными действиями, связанными с формированием понятий. Важно чтобы они осознали какие действия нужно совершить, чтобы определить и усвоить новое понятие; из чего состоит и как конструируется определение; какие задачи оно позволяет решать; по каким критериям можно судить об овладении понятием.

Таким образом, был проведен анализ особенностей активизации познавательной деятельности при изучении математических понятий в классах различных профилей, результаты которого могут быть использованы для подготовки к проведению занятий в старшей школе.

Список литературы:

1. Психология детства. Учебник / под ред. члена-корреспондента РАО А.А. Реана – СПб.: Прайм-ЕВРО-ЗНАК, 2003.
2. Шамова, Т.И. Избранное / Т.И. Шамова. – М.: Центральное издательство, 2004 – 320 с.
3. Коротаяева, Е.В. Проблемы активизации субъектов в учебно-познавательном взаимодействии/ Е.В. Коротаяева // Педагогическое образование. – Екатеринбург Урал. гос. пед. ун-т. – 2008. – № 3. – С. 25-37.
4. Малахова, Е.И. Особенности математики как учебного предмета и технологии ее преподавания в различных профилях обучения / Е.И. Малахова // Технологии обучения математики в профильной школе: материалы конф. – Калуга, 2010. – С. 4-10.



# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 004.912

**Электронная демократия**  
**М.И. Белан, Н.В. Тимошина**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье обсуждаются вопросы реализации электронной демократии. Рассматривается сервис Активный гражданин для Калужской области, его основные возможности и преимущества.

*Ключевые слова:* электронный референдум, активный гражданин, информационные технологии в социальной сфере.

По мнению исследователей, для континентально-европейской модели присуще угасание интереса со стороны граждан к политическому участию по причине развития информационно-коммуникационных технологий и отсутствия доверия к институтам власти. В этой модели у понятия «электронная демократия» несколько трактовок, зависящих от разных направлений в реализации модели и разной роли граждан в концепции электронной демократии, т.е. от разных уровней понимания электронной демократии. А. Макинтош (А. Macintosh), говоря про электронную демократию (ЭД), в первую очередь, имеет в виду использование информационных и коммуникационных технологий для того, чтобы сагитировать граждан на участие с целью поддержать демократические процессы принятия решений. ЭД – это не только голосование с использованием средств информационно-коммуникационных технологий, но и электронное участие (e-participation). Именно на это направлена политика в континентально-европейской модели [1].

Таким образом, А. Макинтош [1] выделяет две категории в принятии демократических решений с помощью ЭД:

1. Адресный избирательный процесс, включая электронное голосование.

2. Адресное электронное участие в принятии демократических решений гражданами.

Рассмотрим реализацию данного направления электронной демократии на примере разработанного приложения. Приложение представляет собой список опросов посещенных разным сферам жизни города. Принять участие в опросе может любой житель Калуги. За участие в опросах начисляются баллы, которые в дальнейшем можно будет потратить на городские услуги и полезные мелочи. Например, на билеты в музеи.

Запуск приложения. Для того чтобы начать работать с приложением, вначале необходимо зарегистрироваться. Для регистрации достаточно просто указать номер телефона, придумать пароль и ввести код из SMS сообщения.

Главный экран приложения показан на рисунке ниже (рис. 2). Меню можно вызывать свайпом от левого края экрана либо нажав на соответствующую кнопку. В верхней части меню отображается фотография человека, рейтинг активности, очки голосований и опубликованные сообщения.

В нижней части меню находятся функциональные возможности приложения:

1. Мой профиль – опция для редактирования профиля человека. Редактировать имя, фамилию, пол.

2. Новое сообщение – опция для опубликования проблемы в городе. Она состоит из трёх шагов. На первом шаге нужно указать адрес проблемы. На втором – предлагается добавить фотографию к текущей проблеме. На третьем – добавить комментарии к проблеме.

3. Проголосовать – это опция для голосования. Здесь предлагается проголосовать по актуальным вопросам города.

4. Предложение – данная опция даёт возможность пользователю отправить предложения по данным категориям (рис. 2).

Опции «мои предложения» и «мои сообщения» дают пользователю возможность посмотреть статус проблемы и посмотреть статус предложения. Статус проблемы может находиться в обработке или оно уже выполняется.

Главная страница сайта изображена на рисунке 3. На ней находится приветственное слово мэра, ниже строка с разделами сайта. Так же есть статистика порта (пользователи, задач решено, задач в обработке, принято голо-

сов, предложения). Так же есть версия для слабовидящих. Внизу находится лента с фотографиями города (рис.3).

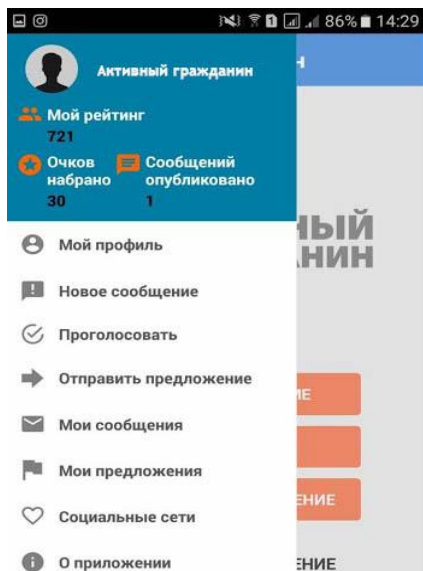


Рисунок 1 – Главный экран

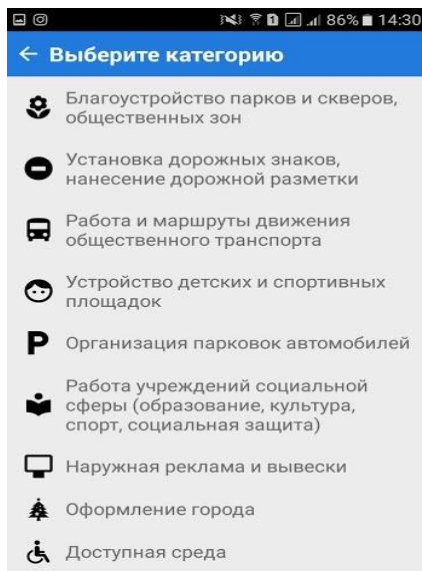


Рисунок 2 – Предложение

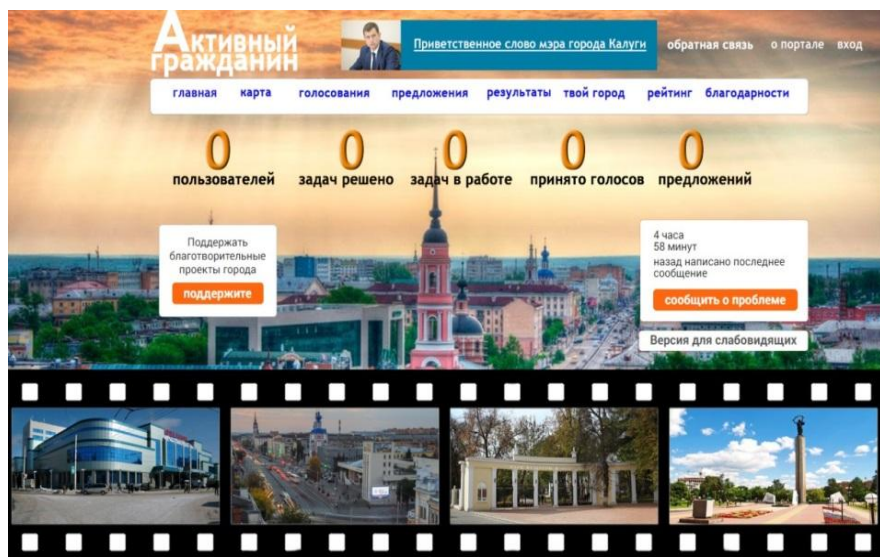


Рисунок 3 – Главная страница

Пролистнув страницу ниже можно увидеть ленту с благодарностью жителей и новостную ленту города (рис. 4).

## Благодарности

<p><b>Иванна Иванова</b></p> <p>Огромная благодарность администрации за выполнение заявки по обеспечению песочниц песком в парке Южный. Вы, словно, добрые невидимые волшебники делаете добро и творите волшебство. Еще ни одна моя просьба не осталась без ответа. СПАСИБО!!!! ...</p> <p>18 Мая 2018</p>	<p><b>Наталья Зайцева</b></p> <p>Огромное Вам,спасибо,за оперативную работу. Очень быстро обработали нашу заявку ( уличное освещение по ул. Советской), и так же быстро нашли и устранили причину, по которой не горел свет на столбах. Жители улицы Советской выражают Вам благодарность и желают Вам всем крепкого здоровья, удачи и процветания. Очень ...</p> <p>18 Мая 2018</p>
--	--



Объявлены народные голосования за звание «Врач года»-2018-18.05.2018 16:00  
Вы можете отдать свой голос как за медика, который участвует в проекте «Калинка года», так и за любого доктора, которому вы готовы доверить свое здоровье.



Губернатор поздравил членов нового Правительства РФ с назначением.  
18.05.2018 16:33  
Их деловые качества и опыт работы станут надёжной основой для решения важнейших государственных задач, подчеркнул Анатолий Артамонов.




МЧС опять предупреждает о грозе  
18.05.2018 13:10  
Порывы ветра усилился до 17 м/с.

ВСЕ НОВОСТИ


Рисунок 4 – Страница 2

Пролистнув ещё ниже мы увидим топ активных граждан и информационный блок сайта (рис 5).


### Топ-5 активных жителей




Денис Стратанович




Ольга Ханова



Наталья Статченко




Екатерина Савченко




Галина Усачева

Весь рейтинг

<p><b>О ПОРТАЛЕ</b></p> <p><a href="#">Приветственное слово мэра города Калуги Дмитрия Ратуйского</a></p> <p><a href="#">О чем еще можно сообщить</a></p> <p><a href="#">Часто задаваемые вопросы</a></p> <p><a href="#">Обязательная ссылка</a></p>	<p><b>ПОСЕТИТЕЛЯМ</b></p> <p><a href="#">Единые правила модерации предложений</a></p> <p><a href="#">Единые правила модерации сообщений</a></p> <p><a href="#">Согласие на размещение персональных данных в общедоступных источниках персональных данных портала</a></p> <p><a href="#">Пользовательское соглашение</a></p> <p><a href="#">Как оставить сообщение</a></p>
--	---



Вместе сделаем Калугу лучше!






Рисунок 5 – Страница 3

Во вкладке «карта» можно увидеть карту проблем города и категории проблем (рис. 6).

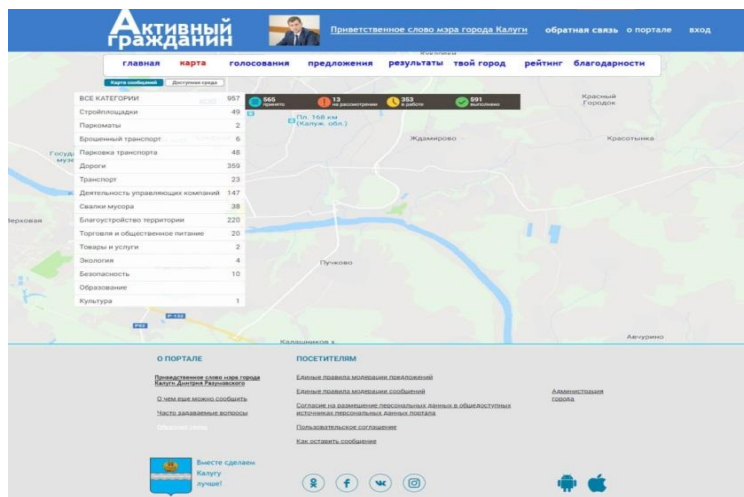


Рисунок 6 – Карта

Во вкладке «голосования» предлагается проголосовать по актуальным вопросам города (рис 7).

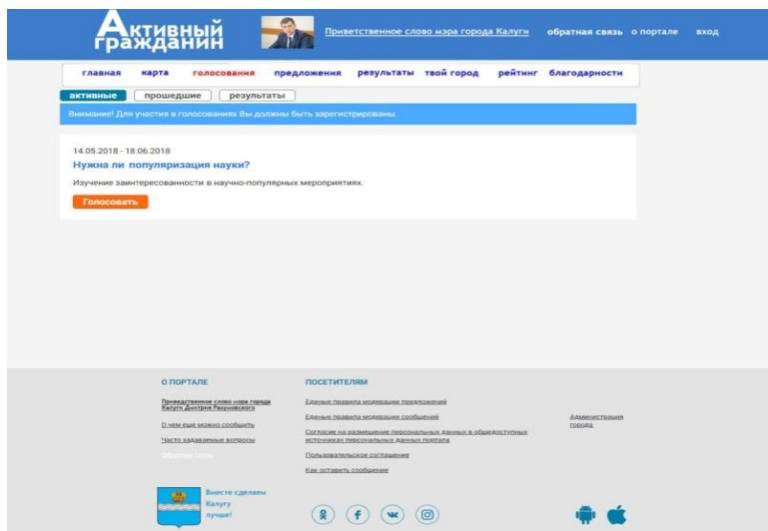


Рисунок 7 – Голосования

Во вкладке «предложения» пользователь может отправить предложение по категориям, изображённым на рисунке 8

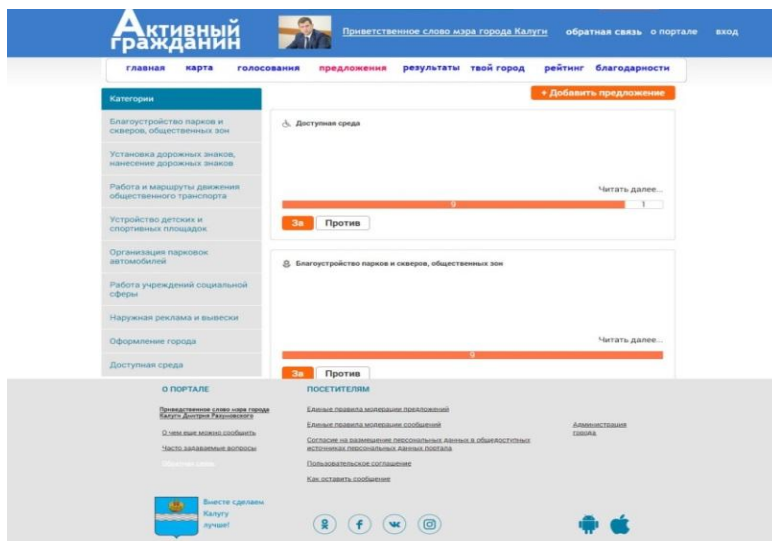


Рисунок 8 – Предложения

Во вкладке «результаты» можно посмотреть результаты о проделанной работе (рис.9).

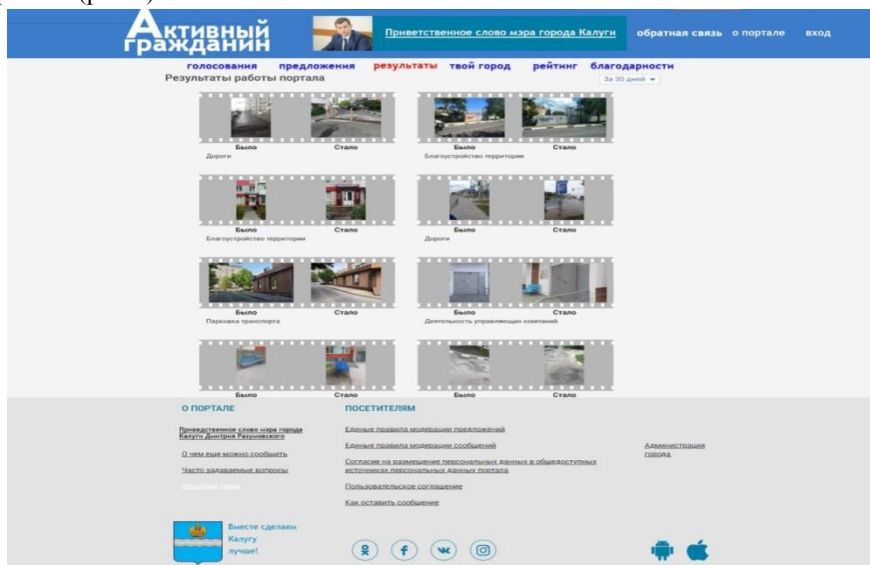


Рисунок 9 – Результаты

Во вкладке «твой город» можно увидеть проекты города и их новости.

Вкладка «рейтинг» показывает рейтинги активных граждан и их очки, которые можно будет потратить на различные промо-акции от руководства города.

Вкладка «благодарности» показывает сообщения с положительными отзывами о проделанной работе.

Список литературы:

1. Macintosh A. Smith. E. Electronic Government / Citizen Participation in Public Affairs, 2002. – P. 256-263.

УДК 004.021, 004.94

### **Моделирование двумерных клеточных автоматов средствами Borland Delphi 7.0**

**Н.Н. Хромова**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье раскрываются принципы построения алгоритмов наследования в двумерных клеточных автоматах, описываются правила Конуэя, дается алгоритм моделирования игры «Жизнь» и два варианта его реализации в среде Borland Delphi 7.0.

*Ключевые слова:* моделирование, двумерный клеточный автомат, игра «Жизнь», алгоритмы наследования, состояние клетки, устойчивая конфигурация, пульсирующая конфигурация.

Разновидностью двумерных клеточных автоматов является игра «Жизнь», которую придумал в конце 60-х годов американский математик Джон Конуэй. Удачные алгоритмы наследования, которые предложил Конуэй, сделали его детище необычайно популярным. Игра вызвала бурный интерес, как в научных кругах, так и среди любителей компьютерных забав.

Возникающие в процессе игры ситуации очень похожи на реальные процессы, происходящие при зарождении, развитии и гибели колоний (популяций) живых организмов. По этой причине «Жизнь» можно отнести к категории моделирующих игр, которые в той или иной степени имитируют процессы, происходящие в реальной жизни.

Для игры «Жизнь», если не пользоваться компьютером, понадобятся большая (строго говоря, бесконечная) доска, разбитая на клетки, и много фишек двух цветов.

Основная идея игры состоит в том, чтобы, начав с какого-нибудь простого расположения фишек (организмов, особей), расставленных по различным клеткам доски, проследить за эволюцией исходной позиции под действием «генетических законов» Конуэя, которые управляют рождением, гибелью и выживанием фишек. Конуэй тщательно подбирал свои правила и долго проверял их на практике, добиваясь, чтобы они удовлетворяли ряду условий, главные из которых:

1. Не должно быть ни одной исходной конфигурации, для которой существовало бы простое доказательство возможности неограниченного роста популяции.

2. Должны существовать простые начальные конфигурации, которые в течение значительного промежутка растут, претерпевают разнообразные изменения и заканчивают свою эволюцию одним из трех способов:

– полностью исчезают либо из-за перенаселенности, либо, наоборот, из-за разреженности жизненного пространства, т.е. популяция вырождается;

– переходят в устойчивую конфигурацию и перестают изменяться вообще – эволюция вышла на стационарный режим;

– выходят на колебательный режим, при котором совершают некий бесконечный цикл превращений с определенным периодом.

То есть, правила игры должны быть такими, чтобы поведение популяции было интересным, а главное, непредсказуемым.

Каждую клетку бесконечной доски окружают восемь соседних клеток: четыре имеют с ней общие стороны, а четыре другие – общие вершины.

**Законы** (правила игры):

1. *Правило выживания.* Каждая клетка, у которой имеются две или три соседних, выживает и переходит в следующее поколение.

2. *Правило рождения.* Если число фишек, с которыми граничит какая-либо пустая клетка, равно трем, то на ней происходит рождение нового организма, т.е. следующим ходом на нее ставится одна клетка.

3. *Правило гибели.* Каждая клетка, у которой оказывается более трех соседних, погибает от перенаселения. Каждая клетка, вокруг которой свободны все клетки или занята только одна, погибает от одиночества.

Гибель и рождение всех организмов происходит одновременно. Выжившие и вновь рожденные организмы образуют одно поколение, или ход (шаг), эволюции начальной конфигурации [1, 2].



Законы, напоминающие игры, подобные Жизни, прежде разрабатывали и другие математики, но только генетические законы Конуэя позволили найти золотую середину между слишком высокой рождаемостью и смертностью, при которой ход «жизни» можно проследить на большую глубину и даже играть вручную.

Целая армия энтузиастов занималась исследованием Жизни. Были исследованы организмы на цилиндрических, сферических, торообразных поверхностях и даже на ленте Мебиуса. Были попытки запустить Жизнь на досках с шестиугольными и треугольными ячейками, вывести жизнь в объем, задав правила жизни в трехмерном мире, и, конечно же, пробовали менять сами правила жизни, то есть число соседей, при котором сохраняется, погибает или рождается клетка. Пробовали разные алгоритмы раскраски и даже запускались организмы разного пола, чтобы посмотреть, как они будут размножаться. Однако, время показало, что самая наглядная «Жизнь», самая действующая ее модель для философов, генетиков, химиков, физиков и математиков – это простые алгоритма Конуэя на элементарном клетчатом поле. Именно на эту Жизнь ссылаются многочисленные ученые, философы и публицисты, толкуя о самых разных предметах.

Алгоритм компьютерного моделирования игры «Жизнь» следующий:

1. Заполняется массив **New** (новое поколение) согласно начальному состоянию.

2. Прорисовывается текущее состояние: «живые» клетки рисуются заданным цветом (**colGen**), «мертвые» – белым.

3. Рассчитывается новое поколение:

1) «старому» значению состояний клеток (массив **Old**) присваивается текущее:

**Old:=New;**

2) согласно правилу по предыдущему («старому») значению определяется новое (текущее) значение клеток, т.е. организуется подсчет суммы значений соседей и предыдущего значения самой клетки (**hor** и **ver** определяют размеры ареала клеточной колонии):

```
for i:=1 to hor do
  for j:=1 to ver do begin
    k:=Old[i-1,j-1]+Old[i-1,j]+Old[i-
1,j+1]+Old[i,j-1]
      + Old[i,j+1]+Old[i+1,j-
1]+Old[i+1,j]+Old[i+1,j+1];
    if (Old[i,j]=0) and (k=3) then New[i,j]:=1
```

```

        else if (Old[i, j]=1) and((k<2) or (k>3))
then New[i, j]:=0;
        end;

```

Нами разработано два компьютерных варианта игры «Жизнь».

Первый – это игра для заданной конфигурации. Для отmarkания клеток используется таблица Pole типа TDrawGrid. Любая «мертвая» ячейка (клетка) этой таблицы, попадающая в фокус ввода, окрашивается в «живой» цвет; с любой «живой» клетки такая отметка снимается. Соответствующие изменения происходят в двумерном массиве New, определяющем начальное состояние клеточной колонии.

```

procedure TForm1.PoleDrawCell(Sender: TObject; ACol, ARow: Integer;

```

```

    Rect: TRect; State: TGridDrawState);

```

```

    var i, j: integer;

```

```

    begin

```

```

        if (gdFocused

```

```

in State) then

```

```

begin

```

```

    i:=Pole.Row; j:=Pole
    .Col;

```

```

    New[i+1, j+1]:=1-

```

```

    New[i+1, j+1]

```

```

        end;

```

```

        if

```

```

    New[ARow+1, ACol+1]=
    1 then

```

```

    Pole.canvas.brush.c
    olor:=colGen

```

```

        else

```

```

    Pole.canvas.brush.c
    olor:=clwhite;

```

```

    Pole.Canvas.fillRec
    t(rect);

```

```

    end;

```

Для расчета и рисования следующего поколения используется кнопка «Next».

Непрерывную смену поколений можно организовать с помощью компонента типа TTimer, который запускается нажатием кнопки «Старт» (рис. 1).

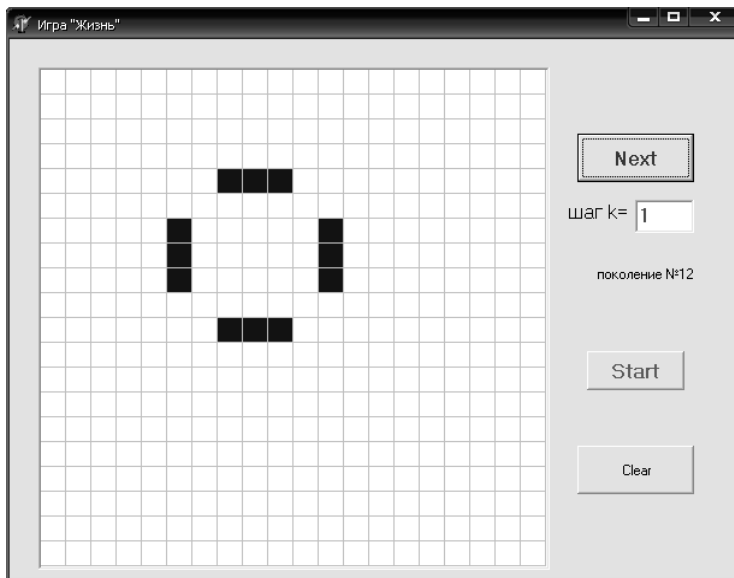


Рисунок 1 – Игра «Жизнь» с заданным начальным состоянием

На этой модели можно наблюдать поведение как ранее открытых игроками конфигураций (стационарных, пульсирующих, передвигающихся, расширяющихся и вырождающихся), так и изучать свои.

Второй вариант моделирования – игра для случайной первоначальной конфигурации. Вероятность зарождения «жизни» в клетке (prob) задается пользователем.

```
for i:=1 to hor do
  for j:=1 to ver do
    if random<prob then New[i,j]:=1 else
New[i,j]:=0;
  Draw;
end;
```

Рисование колонии осуществляется на Pole:TImage ( $d$  – размер клетки).

```
for i:=1 to hor do
```

```

for j:=1 to ver do begin
  x:=(j-1)*d;
  y:=(i-1)*d;
  if New[i,j]<>Old[i,j] then begin
    if New[i,j]=0 then Im-
age1.Canvas.Brush.Color:=clwhite
    else Image1.Canvas.Brush.Color:=colGen;
    Image1.Canvas.FillRect (Rect (x, y, x+d, y+d) )
    end;
  end;

```

Интересно, что рано или поздно любая случайная конфигурация стабилизируется, т.е. разбивается на стационарные или пульсирующие участки (рис. 3).

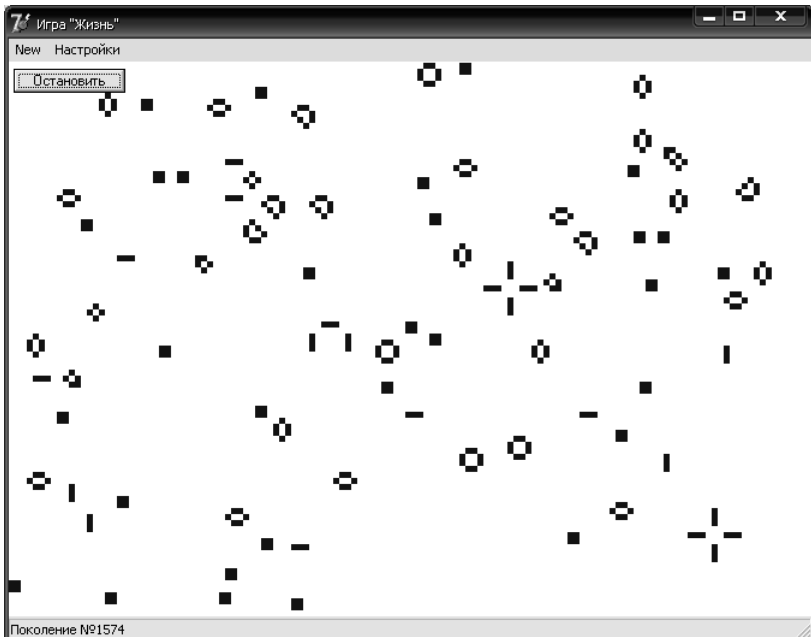


Рисунок 2 – Игра «Жизнь» со случайным начальным состоянием

Список литературы:

1. Гарднер, М. Математические досуги / М. Гарднер. – М.: Мир, 1972.
2. Гарднер, М. Крестики-нолики / М. Гарднер. – М.: Мир, 1988. – 352 с.

## Особенности разработки веб-витрины

Н.В. Бурмистрова, Е.Д. Грибова

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье рассмотрены вопросы разработки сайта-витрины, определены основные структурные разделы, типовые страницы, выделены преимущества такого вида сайтов и описана реализация на примере разработки веб-витрины магазина авторских украшений.

*Ключевые слова:* Интернет, сайт-витрина, веб-витрина, JavaScript, HTML, CSS.

В настоящее время Интернет является наиболее эффективным средством рекламы, продвижения товаров, услуг и одним из важных элементов современной цивилизации. Практически все фирмы, компании, магазины имеют свой сайт в Интернете, на котором размещается вся необходимая для клиентов информация.

По схеме представления, объёму информации и категории решаемых задач сайты можно разделить на следующие группы: интернет-представительства, информационные ресурсы и веб-сервисы. К интернет-представительствам относят сайты-визитки, корпоративные сайты, интернет-витрины и промо-сайты [1]. В рамках данной работы более подробно рассмотрим один из таких видов сайтов – интернет-витрину.

Веб-витрина (интернет-витрина) – совокупность средств электронных коммуникаций, которая предназначена для приёма заявок на товары и/или услуги через Интернет. Веб-витрина позволяет знакомиться с характеристиками товаров, осуществлять их выбор и оформлять заявки на покупку средствами компьютерных сетей [3].

Разработка интернет-витрины для организации может способствовать достижению следующих целей:

- увеличению объема продаж;
- привлечению новых клиентов, расширению базы потенциальных клиентов и партнеров;
- распространению информации о компании, как о компании, предоставляющей качественные услуги;
- повышению узнаваемости компании и улучшению ее имиджа;
- информационному обеспечению клиентов и партнеров.

По своей структуре сайт-витрина похож на интернет-магазин, но толь-

ко в нем отсутствует функция покупки. Несмотря на данный недостаток у этого вида сайтов есть ряд преимуществ:

- он облегчает демонстрацию товаров и услуг;
- позволяет привлечь потенциальных клиентов;
- расширяет территориальное покрытие;
- упрощает рекламу.

Разделы веб-витрины включают в себя разделы интернет-представительства и разделы, характерные только для интернет-витрин. К разделам интернет-представительства относятся обязательные (информация о компании, ее история, контактная информация, корпоративные и рыночные новости, специальные предложения, система статистики) и необязательные (рекламные кампании, предложения о сотрудничестве для дилеров и партнеров, обратная связь, книга отзывов или форум, поиск по сайту, перспективы, успехи, награды, сертификаты и подобная информация).

Разделами, характерными только для интернет-витрин, являются:

- каталог продукции/услуг с описаниями, документацией, характеристиками и т.д.;
- система отбора по параметрам (экспертная система);
- отзывы о продукции/услугах;
- резервирование;
- поддержка.

Разработка интернет-витрины для магазина авторских украшений «DIAMOND» должна будет помочь в достижении следующих целей: привлечь новых клиентов, увеличить объемы продаж, повысить узнаваемость магазина и товаров.

В процессе разработки на главной странице сайта были реализованы следующие элементы: главное меню, баннеры на разводящие страницы каталога, информация о владельце магазина и отзывы о товарах в виде слайд-шоу (рис. 1).

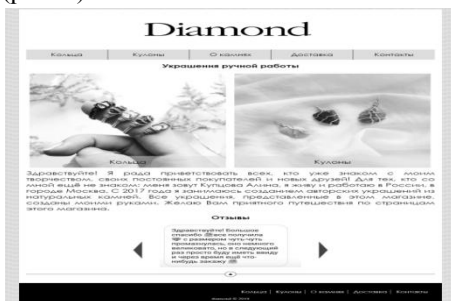


Рисунок 1 – Главная страница сайта

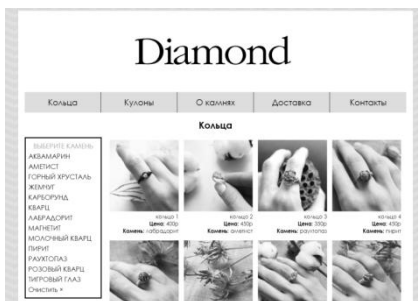


Рисунок 2 – Каталог

Каталог (рис. 2) был создан с помощью библиотеки JS jQuery и передаваемых GET запросов (cat). Список товаров и категории заполнены с помощью JSON (текстовый формат обмена данными, основанный на JavaScript) следующим образом:

```

{
  "catalog": [
    {
      "kolco": [
        {
          "name": "Кольца",
          "goods": [
            {
              "1": [
                {
                  "name": "кольцо 1",
                  "color": "серый",
                  "price": "488",
                  "attr": "лабрадорит"
                }
              ]
            }
          ]
        }
      ]
    }
  ]
}

```

Также был реализован фильтр по атрибуту «камень», в котором можно отфильтровать товары или очистить фильтр без перезагрузки страницы. Фильтр был реализован с помощью JavaScript и библиотеки jQuery.

Страницы «Доставка» и «Контакты» являются статичными страницами HTML. На странице «Доставка» (рис. 3) указана необходимая информация о способах заказа и доставки, а также расположена форма обратной связи. Для проверки валидности заполненных данных в форме использовался HTML-5.

На странице «Контакты» (рис. 4) располагается интерактивная Яндекс-карта и контактная информация.

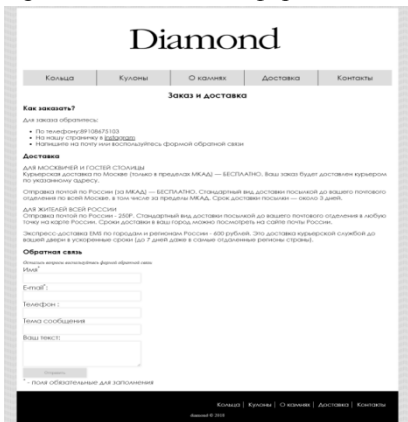


Рисунок 3 – Страница «Доставка»

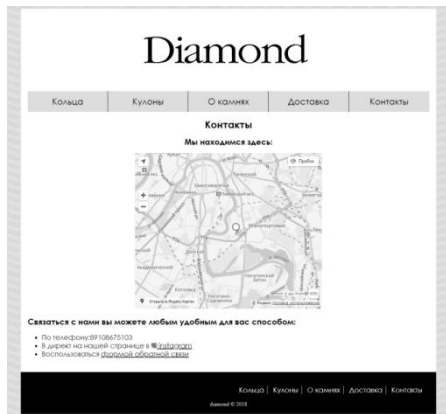


Рисунок 4 – Страница «Контакты»

Итогом проделанной работы является сайт-витрина магазина авторских украшений «DIAMOND», который обладает всеми необходимыми функциональными возможностями. При его разработке были учтены особенности веб-витрин, а все необходимые обязательные и необязательные разделы (каталог, карточка товара, отзывы, информация о доставке и контакты) были реализованы с помощью HTML, CSS, JavaScript и библиотеки jQuery.

Список литературы:

1. Классификация web-сайтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://poisk-ru.ru/s37097t6.html>.
2. Юрасов, А.В. Основы электронной коммерция: учебное пособие / А.В. Юрасов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2014. – 500 с.
3. Юрасов, А.В. Системы электронной коммерции в потребительском секторе (B2C) [Электронный ресурс] / А.В. Юрасов. – Режим доступа: <http://elcomrevue.ru/sistemyi-elektronnoy-kommertsii-v-potr/>.

УДК 004.9, 373

**Использование ИКТ  
в формировании и коррекции звукопроизношения детей  
Е.Е. Травкина, Н.И. Прокопенко**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье рассмотрены преимущества использования ИКТ в коррекционной логопедической работе, отмечены особенности создания развивающих игр-презентаций для работы с детьми, имеющими нарушения речи.

*Ключевые слова:* информационные технологии, речевые нарушения, логопедическая работа, педагогические программные средства.

Дети с речевыми нарушениями характеризуются как дети, которые имеют проблемы с речью, при том, что у них нет проблем со слухом, а также сохранен интеллект. Разновидностей речевых нарушений очень много. Они проявляются в виде проблем в произношении, грамматического скелета речи, скудностью словарного запаса, а также проблемы с нарушением темпа и плавности речи. Степени тяжести речевых нарушений также бывают разными.

Информационные технологии в последнее время стали перспективным средством коррекционно-развивающей работы с детьми, имеющими наруше-



ния речи. Повсеместная компьютеризация открывает новые, еще не исследованные варианты обучения. Они связаны с уникальными возможностями современной электроники и телекоммуникаций.

Статья имеет своей целью познакомить будущих педагогов-дефектологов с возможностью разработки педагогических программных средств с помощью редактора презентаций PowerPoint на примере *игры «Пора идти за покупками»*.

### **1) Компьютерные логопедические программы**

Коррекционно-воспитательная работа с детьми, имеющими речевые нарушения и отклонения в развитии, предполагает использование специализированных или адаптированных компьютерных программ (главным образом обучающих, диагностических и развивающих), которые разработаны непосредственно для определенной группы детей, схожих в нарушении. Эффект их применения зависит от профессиональной компетенции педагога, умения использовать новые возможности, включать ИКТ в систему обучения каждого ребенка, создавая большую мотивацию и психологический комфорт, а также предоставляя воспитаннику свободу выбора форм и средств деятельности. К таким программам, например, относятся: «Игры для Тигры», «Видимая речь», «Море Словесности» и др. Для разработки таких игр и программ привлекаются лучшие специалисты: логопеды, дефектологи, педагоги психологи, программисты. Однако из-за высокой стоимости они оказываются недоступными для работы большинству педагогов-дефектологов.

Вместе с тем, каждый педагог, владея основами работы в Power Point, может самостоятельно разработать программу для поддержки любого своего занятия.

### **2) Описание игры «Пора идти за покупками»**

*Цель игры:* научить ребёнка использовать определенную букву в словах как ключ к запоминанию слова, закрепить правильное произношение звуков в речи (автоматизация звуков), научить различать звуки, схожие по каким-то признакам (дифференциация звуков).

#### *Правила игры*

– Игроки по очереди нажимают кнопку, генерирующую ту или иную букву. Если выпадет буква «Р», дети произносят её, переносят в корзину с буквой «Р». Если буква «Л», дети произносят её, переносят в корзину с буквой «Л». Если выпадет буква «К», дети произносят её, переносят в корзину с буквой «К» (рисунок 1).

– Можно увеличить число букв и добавить, соответственно, другие задания (буква в середине слова, в конце).

– Если ребёнок выбрал попку, которая не подходит, то она исчезнет. Если выбор сделан верно, то игрушка останется в корзине.

– Ребёнок должен собрать в каждую корзину по три попки. Можно увеличить число букв и добавить, соответственно, другие задания (буква в середине слова, в конце).

– В конце игры обязательно следует использовать картинку-похвалу для ребёнка. Не следует использовать конкретных отметок, так как для детей с нарушениями речи это может отразиться негативно (потеря мотивации, зажатость в себе, нервное потрясение).



Рисунок 1 – Интерфейс игры «Пора идти за покупками»

### **3) Разработка игры «Пора идти за покупками»**

Для разработки игры требуются следующие макросы.

– Макрос для перемещения объектов в режиме демонстрации. Это может быть любой из макросов-презентаций: DragAndDrop, MoveEx, или MoveShar (двигать объект). Готовые макросы можно бесплатно скачать, например, на сайте ДИДАКТОР.

– Макрос, генерирующий букву («Р», «Л», «К») случайным образом. Этот макрос написан нами самостоятельно на языке программирования Visual Basic for Application.

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
Dim Letter(1 To 3) As String  
a = Int(Rnd() * 3 + 1)  
Letter(1) = "Р"  
Letter(2) = "Л"
```

```
Letter(3) = "К"  
TextBox1.Text = Letter(a)  
End Sub
```

Желательно в игру добавить триггер, запускающий эффект анимации из группы «Выход» для случая ошибочного действия ребёнка – неправильно выбранная покупка исчезает с полки магазина, а также добавить звуковое сопровождение действий ребёнка.

### **Выводы**

Использование мультимедиа ресурсов в коррекционной работе имеет ряд преимуществ:

- повышение мотивации работы над нарушением речи;
- создание психологического комфорта на занятиях;
- развитие психологической базы речи: восприятия, внимания и мышления за счет повышения уровня наглядности;
- развитие мелкой моторики;
- совершенствование познавательной деятельности, прежде всего мышления, памяти, внимания.

Каждый педагог может разработать программу (презентацию, игру, тест) для определенного занятия и на определенную тему в MS Power Point. Использование в Power Point триггеров, макросов, аудио и видео расширяет круг возможностей для взаимодействия педагога с детьми.

### Список литературы:

1. Гибсон, Р. Делай и играй. Веселые игры [Электронный ресурс] / Р. Гибсон, Дж. Тайлер. – М.: Росмэн, 1997. – 128 с. – Режим доступа: [http://www.liveinternet.ru/users/alex\\_inna/post385323949/](http://www.liveinternet.ru/users/alex_inna/post385323949/).
2. Устинова, Л. Информационные технологии в дефектологии [Электронный ресурс] / Л. Устинова. – Режим доступа: <https://sites.google.com/site/ustinovalubasha/individualnaa-tema/t>.
3. Чупрова, Е.С. Использование информационных технологий в коррекционной работе [Электронный ресурс] / Е.С. Чупрова // Педагогика: традиции и инновации: материалы IV междунар. науч. конф. (г. Челябинск, декабрь 2013 г.). – Челябинск: Два комсомольца, 2013. – С. 75-78. – Режим доступа: <http://moluch.ru/conf/ped/archive/98/4610/>.
4. Шаблон с макросом Move Ex (MoveHim, MoveTo) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.it-n.ru/attachment.aspx?id=85427>.

5. Шаблон с макросом Drag&Drop 2010-2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://didaktor.ru/novyj-shablon-s-makrosom-draganddrop-dlya-powerpoint-2010/>.
6. Шаблон с макросом MoveSharp (двигать объект) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.it-n.ru/attachment.aspx?id=92201>.

УДК 004.92

### **К вопросу о функциональном потенциале программных продуктов для построения 3D моделей**

**В.Ю. Белаш, Е.Д. Годонога**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье рассмотрены популярные графические редакторы для создания 3D-моделей, проведен их сравнительный анализ.

*Ключевые слова:* графический редактор, трехмерная графика.

**3D-моделирование** – это процесс создания трёхмерной модели объекта. Задача 3D-моделирования – разработать визуальный объёмный образ желаемого объекта [1].

Трёхмерная графика активно применяется для создания изображений на плоскости экрана или листа печатной продукции в науке и промышленности, например, в системах автоматизации проектных работ (САПР; для создания твердотельных элементов: зданий, деталей машин, механизмов), архитектурной визуализации (сюда относится и так называемая «виртуальная археология»), в современных системах медицинской визуализации [2].

Программные пакеты, позволяющие создавать трёхмерную графику, то есть моделировать объекты виртуальной реальности и создавать на основе этих моделей изображения, очень разнообразны. Последние годы устойчивыми лидерами в этой области являются коммерческие продукты, такие, как: *Autodesk 3ds Max; Autodesk Maya; Autodesk Softimage; Blender; Cinema 4D; SweetHome 3D; Houdini; SculptrisAlpha 6; Wings3D; КОМПАС-3D Home; Google SketchUp и другие* [2].

**1. Google SketchUp.** Понятный и простой в использовании интерфейс: привычные с детства инструменты (линейка, карандаш, транспортир, ластик) в трех плоскостях (рисунок 1). Доступен импорт и экспорт различных форматов двухмерной растровой и трехмерной графики, в частности (3ds, dwg, ddf, jpg, png, bmp, psd). Возможность использования плагинов, установки теней в

соответствии с заданными широтой, долготой, временем суток и года. По-полняемые библиотеки компонентов, материалов и стилей [3].

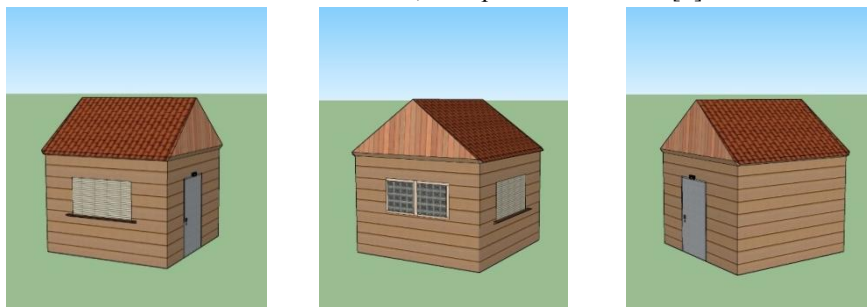


Рисунок 1 – Графический объект, созданный в 3D редакторе Google SketchUp

**2. 3dsMax.** Эта программа пользуется в нашей стране огромной популярностью, ориентирована, в основном, на архитектурную визуализацию, кроме того, в данном 3D-редакторе присутствуют средства для анализа и настройки освещенности трехмерного проекта, в программу интегрирован фотореалистичный визуализатор, который дает возможность добиться высокой правдоподобности просчитываемого изображения. При всей своей сложности *3ds Max* легко изучается, нехватка какого-либо специфического инструмента компенсируется большой базой дополнений – плагинов [1, 3].

**3. AutodeskMaya.** Эта программа является промышленным стандартом в производстве компьютерной 3D графики. Со знанием данной программы легче всего получить высокооплачиваемую должность. Среди профессиональных 3D-художников данный пакет используется чаще других.

Maya позволяет пройти все этапы создания 3D – от моделирования и анимации до текстурирования, композитинга и послойного рендеринга. Программа довольно сложна в освоении, но это компенсируется большим количеством уроков по данному редактору и удобным интерфейсом [2, 3].

**4. Blender.** Характеризуется, как один из лучших бесплатных редакторов. Работать в нем легко, особенно, если запомнить горячие клавиши. Он обладает отличным от других редакторов интерфейсом. К работе над Blender может присоединиться любой желающий. Многие из инструментов, которые появились в этой программе, были добавлены совершенно разными людьми, создававшими те или иные функции для решения своих задач. Хотя начинался Blender, как коммерческий проект, но позже был закрыт и возрожден уже с открытыми исходными кодами. Размер этого редактора всего несколько десятков мегабайт. Кроме того, программа может функционировать даже на ПК с очень слабыми конфигурациями, вплоть до нетбуков [2].

**5. Wings3d.** У программы открытый исходный код и она абсолютно бесплатная в использовании в коммерческих целях. Доступен экспорт и импорт моделей в формате: 3ds, ndo, lwo, lxo и другие. Wings3D обладает интуитивно понятным интерфейсом: стоит лишь нажать ПКМ и меню уже перед глазами. В Wings3D есть полный набор стандартных и дополнительных инструментов. Можно настроить интерфейс под себя. Программа не подходит для моделей с высокой детальной обработкой. Ее скорее можно рекомендовать новичкам в 3D моделировании [1, 3].

**6. SweetHome 3D.** *SweetHome 3D* обладает удобным и интуитивно понятным интерфейсом, поэтому разобраться в ней не составит труда даже новичку. Программа обладает открытым исходным кодом и соответственно является полностью бесплатной. Есть возможность работы онлайн в браузере. Предназначен в первую очередь для дизайнеров и архитекторов. Например, для планирования дизайна своей квартиры [2].

**7. SculptrisAlpha 6.** *Sculptris* – бесплатный 3D редактор для создания цифровой скульптуры. Sculptris позволяет «лепить» 3D модели. Функции программы легко освоить пользователю даже, не имеющему опыт. Виртуальную глину можно сформировать во что вы захотите с помощью разнообразных инструментов программы – вытягивание, сглаживание, вдавливание и т.д. [3].

**8. КОМПАС-3D Home.** Предназначен, в основном, для создания чертежей. КОМПАС-3D Home V13 (Базовая часть) – это полнофункциональная версия системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D. Позволяет создавать трехмерные модели деталей и сборок, чертежи и спецификации любой сложности. Единственное ограничение системы – невозможность коммерческого использования. В КОМПАС-3D Home можно открыть только документы, созданные в текущей или в одной из предыдущих версий системы КОМПАС-3D или КОМПАС-3D Home (но не в более новой версии или других редакторах) [1].

### **Заключение**

Таким образом, рассмотрено несколько распространенных 3D редакторов, способных реализовать требования пользователей. Анализ их характеристик позволил сделать следующие выводы:

1) Самый удобный и простой интерфейс у Google SketchUp, Wings3d, SweetHome 3D, SculptrisAlpha 6.

2) Самые низкие системные требования к ПК предъявляют Google SketchUp, Blender, Wings3d, SweetHome 3D, SculptrisAlpha 6.

3) Совместимы с другими графическими пакетами Google SketchUp, 3ds Max, AutodeskMaya, Blender, Wings3d.

4) Подходят для обучения новичков, обладающих минимальными навыками работы с графикой SweetHome, 3D Wings3d, Google SketchUp, Blender.

5) Для получения навыков работы в профессиональном 3D моделировании подходят Blender, 3ds Max, AutodeskMaya, КОМПАС-3D.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки программных продуктов для 3D-моделирования

Преимущества/Недостатки								
Наименование ПО	Оф. сайт	Сложность в освоении	Русификация	Наличие справки	Стоимость, цена	Объем, вес.	Продукт	Поддержка форматов других редакторов
Google SketchUp	Да	Нет	Да	Да	Бесплатно	72,2 Мб	3D модели	Да
3dsMax	Да	Да	Да	На сайте	3 года бесплатно (в учебных целях)	1 Гб и более	3D модели и анимация	Да
Autodesk Maya	Да	Да	Отдельно	На сайте	3 года бесплатно (в учебных целях)	2Гб и более	3D модели и анимация	Да
Blender	Да	Да	Да	На сайте	Бесплатно	10 Мб	3D модели и анимация	Да
Wings3D	Да	Нет	Отдельно	На сайте	Бесплатно	7,2 Мб	3D модели	Да
SweetHome 3D	Да	Нет	Да	На сайте	Бесплатно	41,5 Мб	Дизайн интерьерера 3D	Нет
Sculptris Alpha 6	Да	Нет	Да	На сайте	Бесплатно	19 Мб	3D модели	Да
КОМПАС-3D Home	Да	Да	Да	На сайте	1 год бесплатно (в учебных целях)	Более 3Гб	3D модели	Нет

*Примечание: За основу данной таблицы были взяты реальные отзывы пользователей [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].*

### ***Личный опыт использования «Google SketchUp»***

Созданию, практической части данного проекта, послужило ПО – Google SketchUp, которое, на наш взгляд, является простым в освоении, но при этом не является примитивным и устарелым редактором. Его можно

использовать практически в любой сфере жизни, что показывает универсальность программы. Она поддерживается и обновляется разработчиками, внося в интерфейс незначительные изменения и добавляя новые и полезные функции. Данное ПО доступно бесплатно для использования в учебных целях и платно в случае коммерческих целей. Положительные критерии, которые необходимо выделить это: универсальность, эргономичность, простота и стоимость.

#### Список литературы:

1. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>.
2. Студенческая библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>.
3. Электронный научный журнал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eduherald.ru/ru>.
4. Форум Google SketchUp [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forums.sketchup.com/>.
5. Форум 3DsMax [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forums.autodesk.com>.
6. Форум AutodeskMaya-Maya [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forums.autodesk.com>.
7. Видео хостинг YouTube [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/>.
8. Группа в социальной сети Twitter [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://twitter.com/Blender\\_Cloud](https://twitter.com/Blender_Cloud).
9. Информационный портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.softportal.com>.
10. Форум SweetHome 3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sweethome3d.com/support/forum>.
11. Интернет ресурс для IT-специалистов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru>.
12. Торговая интернет-площадка OZON [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ozon.ru>.



## **Некоторые возможности библиотеки jQuery в создании лендинг-сайта Н.В. Бурмистрова, В.А. Смольянинов**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье описана разработка сайта с использованием библиотеки jQuery, продемонстрированы преимущества использования некоторых ее элементов на примере проектирования лендинг-сайта для спортивного клуба КГУ им. К.Э. Циолковского.

*Ключевые слова:* Интернет, веб-дизайн, лендинг-сайт, jQuery, Javascript, слайдер, параллакс.

Лендинг-сайт (landing page) – это специальная страница, созданная для продажи одного конкретного товара (или услуги). Часто подобные страницы заменяют собой весь сайт (т.е. сайт состоит из одной этой самой страницы). В отличие от обычного сайта, она должна сразу побудить пользователя совершить нужное действие (зарегистрироваться, оставить заявку, купить, отправить форму). При создании лендинг-сайта следует руководствоваться следующей последовательностью: зацепить, заинтересовать, убедить пользователя и продать [3].

Чтобы реализовать эти задачи, сайт должен быть динамичным, поэтому при создании сайта спортклуба КГУ им. К.Э. Циолковского была использована библиотека jQuery.

jQuery – библиотека JavaScript, которая фокусируется на взаимодействии языков JavaScript и HTML. Библиотека jQuery помогает легко получить доступ к любому элементу DOM, обратиться к атрибутам и содержимому элементов DOM, манипулировать ими. Также библиотека jQuery предоставляет удобный интерфейс API для работы с использованием подхода AJAX [1].

jQuery включается в web-страницу как один внешний JavaScript-файл следующим образом:

```
<script type="text/javascript" src="plugins/jquery-1.12.3.min.js"></script>
```

Вся работа с jQuery производится с помощью функции \$. Если на сайте применяются другие библиотеки JavaScript, в которых также может использоваться \$, то следует использовать её синоним – jQuery. Этот способ считается более правильным. Для того, чтобы код получался не слишком громоздким, его можно записывать следующим образом:

```
jQuery(function ($) {})
```

Одним из важных элементов лендинг-сайтов являются слайдеры. Slick-slider – это специальный jQuery-плагин для быстрого создания на сайте адаптивного слайдера любой сложности. Его использование позволяет реализовать заикливание, автопроигрывание, эффект перехода, динамическое добавление слайдов и многое другое.

Для подключения слайдера указывается путь к jQuery-библиотеке, непосредственно к slick-slider, основным стилям и пользовательским стилям для оформления элементов слайдера:

```
<link rel="stylesheet" href="slick/slick.css">  
<link rel="stylesheet" href="slick/slick-theme.css">  
<script src="slick/slick.min.js"></script>
```

После подключения всех необходимых библиотек и стилей slick, необходимо создать html-каркас для слайдера. Основное отличие slick-слайдера заключается в том, что его элементы (слайды) должны быть заключены в блоки (теги <div></div>) следующим способом, иначе он работать он не будет:

```
<div class="single-slide">  
  <div>Слайд1</div>  
  <div>Слайд2</div>  
  <div>Слайд3</div>  
</div>
```

Создав html-каркас слайдера, необходимо наполнить его контентом. Слайдер сайта спортклуба (рис. 1) имеет 4 слайда, каждый из которых несёт соответствующую информацию.

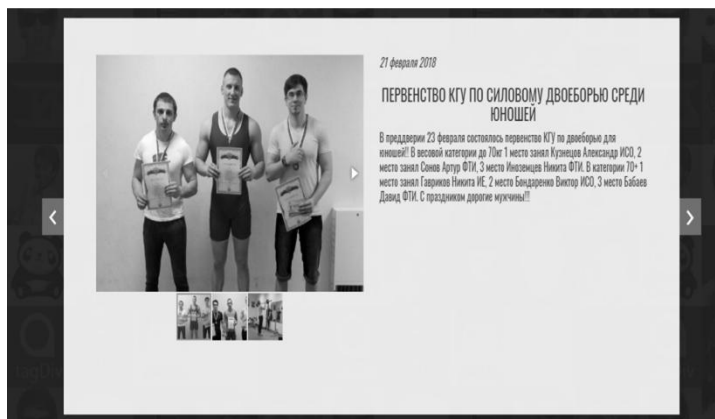


Рисунок 1 – Страница слайдера с новостями

Последнее, что необходимо сделать, – вызвать и настроить слайдер внутри тега `<body></body>`. Так как цель работы – создание адаптивного сайта, то настройки следует расписать для различных экранов. Ниже показан код, отвечающий за вызов слайдера с новостями и его настройками:

```

<script>
    $(document).ready(function() {
        $('.news-slider').slick({
            responsive: [
                {
                    breakpoint: 2999,
                    settings: {
                        prevArrow:      '<button      type="button"
class="news-slider-btn      news-prev-btn"></button>',
                        nextArrow:      '<button      type="button"
class="news-slider-btn      news-next-btn"></button>'
                    }
                },
                {
                    breakpoint: 991,
                    settings: {
                        prevArrow:      '<button      type="button"
class="news-slider-btn      news-prev-btn"></button>',
                        nextArrow:      '<button      type="button"
class="news-slider-btn      news-next-btn"></button>'
                    }
                },
                {
                    breakpoint: 767,
                    settings: {
                        slidesToShow: 1,
                        dots: true,
                        prevArrow:      '<button      class="prev      ar-
row"></button>',
                        nextArrow:      '<button      class="next      ar-
row"></button>'
                    }
                }
            ]
        })
    })

```

```
});  
</script>
```

Дизайн сайта предусматривает не только наличие слайдера с новостями, но и слайдера со списком команды спортклуба, а также его партнёрами и спонсорами. Эти слайдеры почти ничем не отличаются за исключением настроек, помогающих адаптировать их под разные устройства. Ниже представлен фрагмент скрипта, отвечающего за вызов и настройку слайдеров команды и партнёров:

```
<script>  
    $(' .partners-slider').slick({  
        infinite: true,  
        slidesToShow: 4,  
        slidesToScroll: 1,  
        responsive: [  
            {  
                breakpoint: 991,  
                settings: {  
                    slidesToShow: 2,  
                    prevArrow: '<button class="prev arrow">  
</button>',  
                    nextArrow: '<button class="next arrow">  
</button>',  
                    slidesToScroll: 2  
                }  
            },  
            {  
                breakpoint: 767,  
                settings: {  
                    slidesToShow: 1,  
                    prevArrow: '<button class="prev arrow">  
</button>',  
                    nextArrow: '<button class="next arrow">  
</button>',  
                    slidesToScroll: 1  
                }  
            }  
        ]  
    });  
</script>
```

Достаточно интересно смотрятся сайты, в оформлении которых присутствуют такие динамичные элементы, как параллакс (parallax). Параллакс – это способ оформления страницы в интернете, используемый web-мастерами

для привлечения большого количества посетителей. Движение параллакс – изменение местоположения объекта на каком-либо фоне относительно наблюдателя, который находится на месте.

Чтобы установить параллакс-скролинг на разрабатываемом сайте, нужно указать путь к jQuery-библиотеке, а затем подключить документ `parallax.min.js`:

```
<script type="text/javascript" src="plugins/jquery-1.12.3.min.js"></script>
<script src="js/parallax.min.js"></script>
```

Чтобы параллакс заработал, необходимо в нужной секции добавить следующие два обязательных атрибута:

```
data-parallax="scroll"
data-image-src="путь к картинке"
```

Следует обратить внимание, что картинка не помещается в секцию при помощи тега `<img>`, а задается непосредственно атрибутом в том контейнере, в котором необходимо реализовать `parallax`. Атрибутом `data-speed` задается скорость прокрутки:

```
<section class="info parallax-window" data-
parallax="scroll" data-speed="0.05" data-image-
src="img/info.jpg">
```

Следует отметить, что данный способ использования параллакс-эффекта не единственный. Другие способы более подробно описаны на официальном сайте `Simple Parallax Scrolling`.

Несомненно, каждый сайт должен иметь форму обратной связи. При ее разработке для сайта спортклуба отправка формы была реализована способом, который отлично подходит для одностраничных и простых сайтов. Использованный метод отправки почты достаточно простой, полностью настраиваемый, основан на PHP. А для того, чтобы не перезагружать страницу во время отправки, дополнительно был использован `Ajax`.

Для начала была реализована форма обратной связи (рисунок 2), с помощью которой можно связаться с председателем спортклуба. При ее разработке был использован тег `<form>`. Форма содержит в себе поле ввода номера телефона, заданное тегом `<input>`, и кнопку отправки заявки, заданную тегом `<button>`. Для обязательных полей указывается `required= «required»`.

Чтобы отправлять данные с помощью формы, подключается библиотека `mailer.php` и вносятся необходимые изменения в файл `smart.php`: прописываются доступ к электронной почте, с помощью которой будут присылаться данные, и адрес почты-получателя. В разделе `$mail->subject` указывается

тема сообщения, в теле сообщения \$mail->body указываются данные, которые должен оставить пользователь при отправке формы: в данном случае только номер телефона. Затем проверяется, отправлены ли данные или нет. Если данные отправлены, выходит всплывающее окно с уведомлением об успешной отправке формы (рисунок 3).

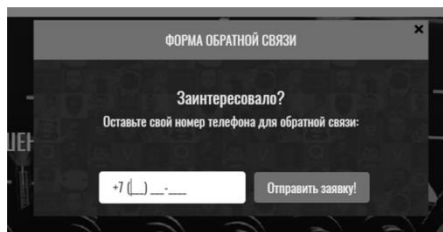


Рисунок 2 – Форма обратной связи

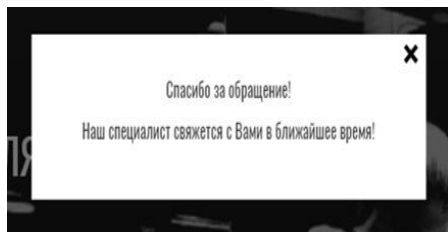


Рисунок 3 – Уведомление об успешной отправке данных формы

Для реализации отправки формы в исходном файле index.html прописывается специальный скрипт. Обращаемся к форме, отслеживаем событие submit (отправить), по данному событию будем выполнять: запрет на отправку незаполненной формы (return false), обращение к методу \$.ajax с последующей передачей необходимых параметров (путь к обработчику smart.php; метод передачи данных POST), затем осуществление сбора всей информации с полей формы при помощи метода .serialize (). По завершении вышеперечисленных операций прописывается код на закрытие всплывающего окна с формой обратной связи и появлением уведомления об успешной отправке данных или о сбое. При этом все поля формы очищаются. Код выглядит следующим образом:

```
<script>
    $('form').submit(function(event) {
        event.preventDefault();
        $.ajax({
            url: "mailer/smart.php",
            type: "POST",
            data: $(this).serialize()
        })
        .done(function() {
            $(' .popup-sent').fadeIn();
            $(' .popup').fadeOut();
            $(this).find("input").val("");
            $("form").trigger("reset");
        });
    });
</script>
```

```
});  
return false;  
});  
</script>
```

В результате проделанной работы получился адаптивный сайт, в котором с помощью библиотеки jQuery были реализованы такие элементы как просмотр ленты новостей с помощью slick slider; parallax-scrolling и рабочая форма обратной связи. В итоге можно сделать вывод, что на разработанном landing-сайте спортивный клуб КГУ сможет разместить всю необходимую информацию о своей деятельности и продемонстрировать все свои преимущества. Сайт поможет привлечь спортсменов, а также дополнительных спонсоров и партнёров среди пользователей глобальной сети, которая является одной из крупнейших рекламных площадок.

#### Список литературы:

1. jQuery: материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/JQuery/>.
2. Бибо, Б. jQuery. Подробное руководство по продвинутому JavaScript / Б. Бибо, И. Кац. – М.: Символ-плюс, 2011. – 624 с.
3. Кушнеров, Ю. Что такое Landing pages и зачем они нужны? [Электронный ресурс] / Ю. Кушнеров. – Режим доступа: <http://marketnotes.ru/about-usability/landing-pages/>.
4. Макфарланд, Д. JavaScript и jQuery. Исчерпывающее руководство (+ DVD-ROM) / Д. Макфарланд. – М.: Эксмо, 2012. – 688 с.
5. Самков, Г.А. jQuery. Сборник рецептов / Г.А. Самков. – М.: БХВ-Петербург, 2011. – 416 с.

**Построение графиков функций на плоскости  
средствами Borland Delphi 7.0  
Н.Н. Хромова, Е.И. Муравьев**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье описывается один из основных подходов к компьютерному изображению графиков явно заданных функций на плоскости и его реализация в среде Borland Delphi 7.0., а также рассматриваются возможности использования программы для численного решения нелинейных уравнений.

*Ключевые слова:* графика 2D, график функции, экранная система координат, масштаб, parser.pas, графическое решение уравнений.

Существует несколько подходов к компьютерному изображению графиков функций 2D. Если функция задана в явном виде, т.е. существует правило  $y = f(x)$ , по которому для любого  $x$  можно вычислить соответствующий  $y$ , то проще всего найти значения функции в нескольких точках и соединить соседние точки ломаной. При большом количестве точек ломаная линия будет восприниматься органами зрения как плавная кривая.

Если функция имеет особые точки – точки экстремума или точки разрыва – полученный таким образом график может быть ошибочным. В компьютерных программах, поддерживающих изображение графиков функций, эти проблемы решаются по-разному.

Например, для правильного воспроизведения экстремумов функции часто используется т.н. адаптивный алгоритм, согласно которому вблизи точек экстремума для изображения графика берется большее количество точек, чем вдали от них. Сами точки экстремума могут выявляться как методами численного дифференцирования и численного решения нелинейных уравнений, так и более простыми способами.

Наличие точки разрыва в компьютерных изображениях чаще всего выглядит как вертикальная прямая, соединяющая точки с большой разницей ординат. Т.е. фактически в местах скачков функции рисуется вертикальная асимптота.

Рассмотрим возможности создания изображений графиков явно заданных функций средствами Borland Delphi 7.0.

В простейшем случае изображение можно создавать на канве (Canvas) формы (Form1). Так как все точки канвы имеют целочисленные координаты, необходимо координаты всех точек графика округлять. Чтобы при этом



не получить практически одинаковые ординаты (и соответственно, ошибочный график), используем специальную переменную *Scale*, задающую масштаб, – количество пикселей, соответствующих единице. По умолчанию возьмем *Scale=100*.

Для удобства будем считать, что начало координат расположено в центре экрана – точке (*Cx; Cy*).

Исходные данные для построения графика: отрезок построения [*a; b*] и количество *n* точек построения. Будем строить график по равномерной сетке – точкам (*x<sub>i</sub>; y<sub>i</sub>*), где  $x_i = a + h \cdot i$ ,  $h = \frac{b-a}{n}$  – шаг построения (т.е. фактически точек будет не *n*, а *n+1*),  $y_i = f(x_i)$ .

Для перевода в экранную систему координат опишем соответствующие функции:

```
function Xscr(x:real):integer;
begin
    Xscr:=Cx+round(x*Scale)
end;
function Yscr(y:real):integer;
begin
    Yscr:=Cy-round(y*Scale)
end;
```

Рассчитав координаты очередной точки графика, соединим ее отрезком с предыдущей точкой.

```
for i:=0 to n do begin
    x:=a+i*h;
    y:=f(x);
    if i=0 then Canvas.MoveTo(Xscr(x),Yscr(y))
    else Canvas.LineTo(Xscr(x),Yscr(y));
end;
```

Интересно, когда пользователь сам определяет формулу функции *f(x)*. В открытом доступе имеется модуль *parser.pas*, позволяющий «считывать» формулу и вычислять ее значения при разных значениях аргумента. Для этого в программе надо объявить переменную *f* типа *TParser*, создать ее динамически, указать обозначение аргумента (как правило, *x*) и прочесть формулу из строковой переменной (например, из *Edit1.Text*). Для вычисления значений функции вызывается метод *calc*.

```
f:=TParser.Create;
```

```

f.Variables.Add('x');
f.Formula:=Edit1.Text;
for i:=0 to n do begin
  x:=a+i*h;
  y:=f.calc(x);
  if i=0 then Canvas.MoveTo(Xscr(x),Yscr(y))
    else Canvas.LineTo(Xscr(x),Yscr(y));
end;

```

На рис. 1 представлен интерфейс разработанной нами программы.



Рисунок 1 – Построение графика явно заданной функции

В программе реализованы возможности изменения масштаба и сдвига начала координат, рисуются не только координатные оси, но и шкалы по осям.

Данную программу можно легко модифицировать для графического решения нелинейных уравнений  $f(x) = g(x)$ . Добавим еще один объект  $g$  типа TParser и построение в той же самой системе координат соответствующего графика.

Например, для решения уравнения  $\sin x = x^2 - 1$  надо построить в одной системе координат графики функций  $f(x) = \sin x$  и  $g(x) = x^2 - 1$ .

Сначала отрезок построения можно выбрать произвольно, чтобы понять, сколько корней имеет уравнение (рис. 2).

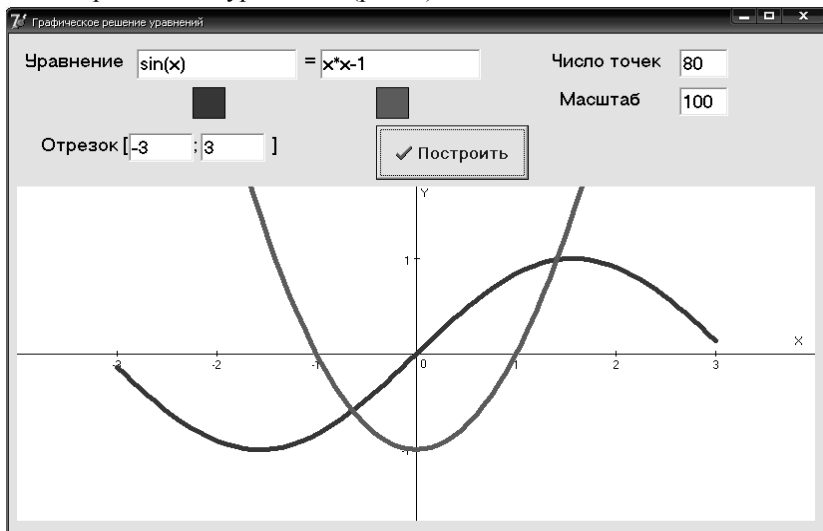


Рисунок 2 – Отделение корней уравнения

Чтобы уточнить корни уравнения, можно либо увеличить масштаб изображения (рис. 3), либо уменьшить отрезок построения.

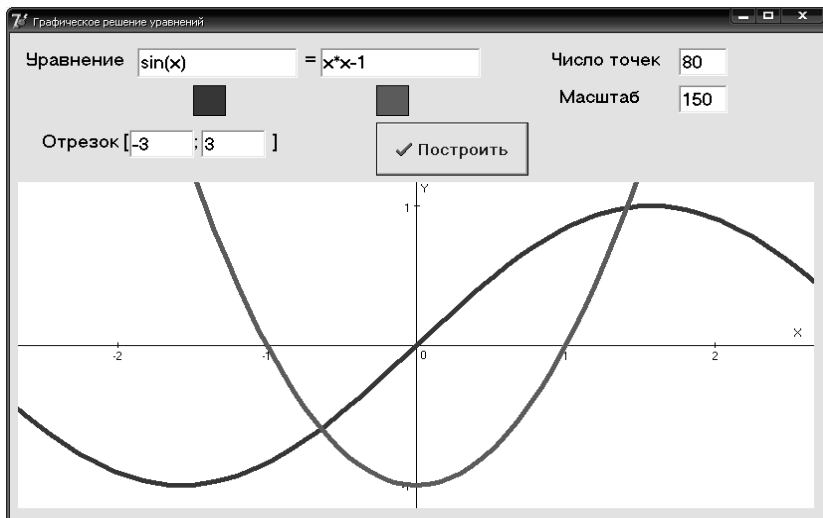


Рисунок 3. Уточнение корней уравнения

## **Использование ИКТ в проектной деятельности при изучении студентами предметов гуманитарного цикла**

**А.Ю. Никитин**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье рассматриваются цели, задачи, формы и методы применения информационных технологий в преподавании исторических дисциплин при подготовке бакалавров и магистров истории. Значительное внимание уделяется использованию метода проектов.

*Ключевые слова:* информатизация образования; информационные технологии; метод проектов; исследовательская деятельность.

Переход Российского высшего образования на компетентностную модель подготовки специалиста потребовал необходимости формирования новой образовательной парадигмы, призванной осуществлять подготовку творчески мыслящих людей высокого уровня культуры [1].

Компетентностный подход положен в основу проектирования Федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО). В новых стандартах выделяются общекультурные, общепрофессиональные, профессионально-прикладные и другие виды компетенций по конкретным направлениям подготовки, отмечают: «Общекультурная компетентность является обязательной для всех направлений подготовки и выполняет методологическую функцию профессионального образования» [5].

Общекультурную компетентность невозможно сформировать в рамках традиционного объяснительно-иллюстративного обучения, ориентированного преимущественно на передачу академических образцов знаний, умений и навыков. Образовательные программы должны быть ориентированы преимущественно на организацию исследовательской деятельности обучающегося, нахождение собственных путей приобретения знания. Наиболее эффективно и целостно эту задачу решает внедрение в педагогическую практику проектной деятельности.

Проектная деятельность рассматривается в системе личностно-ориентированного образования и способствует развитию таких личностных качеств студентов, как самостоятельность, инициативность. Проектное обучение представляет собой технологию, рассчитанную на последовательное выполнение учебных проектов. Ее целью является самостоятельное «пости-

жение» обучающимися различных проблем, имеющих жизненный смысл. Ее материализованным продуктом является учебный проект, который определяется как самостоятельно принимаемое обучающимися развернутое решение проблемы [3, с. 157].

Особая роль в формировании общекультурной компетентности бакалавров и магистров в учебном процессе вуза отводится гуманитарным наукам.

В проектной деятельности можно выделить несколько этапов. Первый этап – мотивационно-целевой. Данный этап предусматривает осознание мотива и цели деятельности; постановку проблемы и включает в себя: выделение приоритетных ценностей, на основе которых будет реализовываться проект; определение замысла проекта.

На организационном этапе строится модель деятельности и ее планирование, определяются источники необходимой информации, группы участников, примерный объем проекта, выявляется значимость проектной работы, производится детализация, прописываются роли всех участников проекта, сроки исполнения ими каждого вида работы.

Практико-исследовательский этап включает собственно проектирование. На этом этапе обучающиеся, осуществляют сбор информации по проекту, выбирают форму реализации проекта, происходит творческий поиск лучшего варианта решения задачи.

На этапе представления проекта (результативно-презентационный этап) возможно использование следующих форм учебной деятельности: пресс-конференции, круглые столы, публичные лекции, мини-конференции.

Завершающий этап проектного цикла – оценочно-рефлексивный. Его основу составляет самооценка деятельности студентов. Рефлексия сопровождает каждый этап проектной технологии. Однако выделение самостоятельно оценочно-рефлексивного этапа способствует целенаправленному самоанализу и самооценке. На данном этапе на основе рефлексии может проводиться корректировка проекта. Завершается работа защитой проекта. Здесь студенты представляют не только результаты и выводы, но и описывают приемы, при помощи которых была получена информация, рассказывают о проблемах, возникших при выполнении проекта, демонстрируют приобретенные знания, умения. На этом этапе студенты включаются в дискуссию по обсуждению проектов, учатся конструктивно относиться к критике своих суждений, признавать право на существование различных точек зрения на решение одной проблемы, осознают собственные достижения и выявляют нерешенные вопросы [7, с. 49].

Технология проектного обучения, ориентированная на «создание» новых знаний об объекте, процессе, способе деятельности, требует изменения и роли преподавателя. Он должен овладеть технологией проектирования деятельности обучающихся, уметь исполнять роль «независимого консультанта».

Общая тенденция совершенствования методов и форм обучения состоит в том, чтобы активизировать познавательные интересы и максимально развивать самостоятельность обучаемых. При этом одним из условий успешной модернизации учебного процесса, мощным источником информации, самообразования являются информационные и коммуникационные технологии (ИКТ). Они выступают как новые интерактивные средства обучения, обладающие целым рядом дидактических достоинств, направленных на активизацию познавательной деятельности студентов.

Применение информационных и телекоммуникационных технологий само по себе не приводит к существенному повышению эффективности образовательного процесса, необходимо изменить технологию обучения. Информационная технология обучения – это определенная логика организации учебно-познавательного процесса, основанного на использовании компьютерных и других информационных средств, которая направлена на достижение заданных целей подготовки специалистов-профессионалов, активное включение обучаемых в сознательное освоение содержания образования, обеспечение мотивации, творческое овладение основными способами будущей профессиональной деятельности [9].

Комплексное использование возможностей средств ИКТ в учебном процессе и соответствующей технологии обучения способствует созданию информационно-образовательной среды, которая позволяет перенести акцент в деятельности преподавателя с активного педагогического воздействия на личность обучающегося, в область формирования «образовательной среды», в которой происходит его самообучение и саморазвитие.

Под информационной образовательной средой И.В. Роберт, С.В. Панюкова, А.А. Кузнецов понимают совокупность условий, обеспечивающих единые подходы к осуществлению информационной деятельности и информационного взаимодействия при использовании распределенного информационного ресурса в области образования, науки и культуры [8].

Таким образом, информационно-коммуникационная предметная среда представляет собой совокупность условий, обеспечивающих информационное взаимодействие между пользователями и интерактивными средствами обучения некоторой предметной области. В этом случае ученик получает

доступ к распределенным информационным образовательным ресурсам конкретной предметной области и, работая с ними, изучает теоретический материал, отвечает на вопросы, общается с другими учениками, обсуждает изучаемые вопросы [8].

Целесообразным является создание такой образовательной среды, которая обеспечивала бы процессы гуманизации образования, повышения его креативности, создавала бы условия, максимально благоприятствующие саморазвитию личности [4].

Личностно-ориентированное обучение направлено на создание условий для развития у обучаемых способности к самообразованию, самообучению, самовоспитанию, саморазвитию, самоопределению, самостоятельности и самореализации; для проявления и реализации его возможностей в соответствии с его подготовкой, способностями и психофизиологическими особенностями [6].

Наиболее полно реализация задач саморазвития личности и формируемых с этой целью компетенций может быть осуществлена в ходе проектной деятельности в преподавании исторических дисциплин. Инновационный процесс в преподавании истории тесно связан с исследовательской деятельностью, где важной составляющей является не просто поиск информации, а умение видеть проблемы, конструировать гипотезы, задавать вопросы, наблюдать, экспериментировать, делать умозаключения и выводы, давать определение понятиям и классифицировать их.

Специфичным для преподавателя истории в подготовке и выполнении проекта будет отбор содержания. В этом преподавателю большую помощь может оказать использование компьютерных технологий. На занятиях обычно используются мультимедийные презентации, которые позволяют поддерживать интерес студентов к теме занятия.

Компьютер обеспечивает возможность реализовать на занятии следующие возможности:

1. При изложении нового материала – визуализация знаний (демонстрационно-энциклопедические программы; технологии Power Point).
2. Проведение виртуальных лабораторных работ с использованием обучающих программ.
3. Закрепление изложенного материала (разнообразные обучающие программы, лабораторные работы).
4. Система контроля и проверки (тестирование с оцениванием, контролируемые программы).
5. Самостоятельная работа студентов.

6. Проведение интегрированных уроков по методу проектов, результатом которых будет создание Web-страниц, проведение телеконференций, использование современных Интернет-технологий; конструирование, моделирование.

Использование ИКТ в системе высшего образования создает условия для успешного формирования общекультурных и профессиональных компетенций:

1. Информационные технологии значительно расширяют возможности предъявления учебной информации: применение цвета, графики, звука, всех современных средств видеотехники позволяет воссоздавать реальную обстановку деятельности.

2. Компьютер позволяет существенно повысить мотивацию студентов к обучению.

3. ИКТ вовлекают учащихся в учебный процесс, способствуя наиболее широкому раскрытию их способностей, активизации умственной деятельности.

4. Использование ИКТ в учебном процессе увеличивает возможности постановки учебных задач и управления процессом их решения, так как компьютеры позволяют строить и анализировать модели различных предметов, ситуаций, явлений.

5. ИКТ позволяют качественно усилить контроль деятельности студентов, обеспечивая при этом гибкость управления учебным процессом.

Все это позволяет расширить, углубить и систематизировать знания студентов, наиболее эффективно применить их на практике. Работа с документом приближает студентов к изучаемой эпохе, изучаемому событию, создает особый эмоциональный фон восприятия. Сам учебный процесс приобретает исследовательский характер. Изменяется и функциональная деятельность преподавателя, который выступает преимущественно как организатор и руководитель самостоятельной работы студентов.

Для того, чтобы эффективно использовать метод проектов необходимо четко представлять особенности исследовательской деятельности, как образовательной деятельности, связанной с решением студентами творческих, исследовательских задач и предполагающей наличие основных этапов, характерных для научного исследования, а также таких элементов, как практическая методика познания выбранного явления, сбор собственного материала, его анализ и обобщение, собственные выводы.

Исследовательский проект как элемент творчества студентов сегодня часто рассматривается как органичная составная часть современных педаго-



гических технологий. Введение в педагогические технологии элементов исследовательской деятельности студентов позволяет педагогу не только и не столько учить, сколько помогать студенту учиться, направлять его познавательную деятельность.

Проектная деятельность может занимать всего несколько занятий, а может длиться достаточно длительное время. Также она может быть индивидуальной, однако чаще всего используются ее совместные, групповые формы.

Студент должен иметь возможность работать над одним проектом, чтобы углубиться в проблему, работать с дополнительной информацией, обсуждать процесс продвижения с партнерами. В то же время важно, чтобы студенты были систематически заняты проектной деятельностью не только в одной области, но и в другой, смежной.

Определив факторы, влияющие на ситуацию, установив причинно-следственные связи создавшегося положения, студенты получили возможность начать поиски путей решения проблемы. При работе над проектами они имеют дело с историческими документами, дневниками и мемуарами, с научной и научно-популярной литературой, информацией СМИ, ресурсами интернета.

Метод проектов является эффективным способом организации исследовательской деятельности студентов. Однако именно тот факт, что организация проектной работы на занятиях истории позволяет развивать не только внутрипредметные связи, но и метапредметные, выводит на первое место проектную деятельность студентов. Изучение важнейших закономерностей, отражающих сущность актуализации метода проектов в современной гуманитарной подготовке студентов учреждений профессионального образования, показывает, насколько она обусловлена социально-политическими, экономическими и социокультурными трансформациями общества, внедрением в учебный процесс образовательных стратегий, соответствующих требованиям общества, личности и рынка труда.

Практика показывает, что метод проектов при изучении исторических дисциплин позволяет решить сразу несколько актуальных проблем в современном образовании. Повышается мотивированность студентов, а также растет уровень заинтересованности в дальнейшей работе по предмету. Эффективность результатов при этом значительно повышается при условии использования информационных технологий и метода проектов.

Практика обучения показывает, что для успешного выполнения проекта необходимо обеспечить высокий уровень теоретических знаний на лекци-

онных и практических занятиях, эффективный контроль результатов по изучаемым дисциплинам.

Во время поиска и обработки информации студенты применяют и закрепляют навыки, полученные при изучении информационных технологий. К числу положительных характеристик проектного метода можно отнести также возможность работы группой.

Таким образом, включение проектной деятельности с использованием ИКТ в образовательный процесс подготовки студентов обеспечивает достижение инновационных образовательных целей, формирование личности обучающегося, обладающего потенциалом научного творчества, высоким уровнем обученности, воспитанности и развития, ориентированной на решение проблем познавательного, мировоззренческого, жизненного, профессионального характера.

#### Список литературы:

1. Анисимов, П.Ф. О задачах вузов по переходу на уровневую систему высшего профессионального образования / П.Ф. Анисимов // Высшее образование в России. – 2010. – № 3. – С. 3-7.
2. Березовая, Л.Г. История русской культуры. В 2 частях. Ч. 2 / Л.Г. Березовая, Н.П. Берлякова. – М.: «Владос», 2002. – С. 9.
3. Загрекова, Л.В. Теория и технология обучения: учеб. пособие / Л.В. Загрекова, В.В. Николина. – М.: Высшая школа, 2004. – С. 157.
4. Кречетников, К.Г. Креативная образовательная среда на основе информационных и телекоммуникационных технологий как фактор саморазвития личности [Электронный ресурс] / К.Г. Кречетников // ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ «ЭЙДОС». – 12.01.2011. – Режим доступа: <http://www.eidos.ru/journal/2004/0622-10.htm> (дата обращения: 05.10.2016).
5. Павлова, О.А. Проектная деятельность как способ формирования общекультурной компетентности студентов в процессе изучения истории: теория и опыт / О.А. Павлова, О.Н. Шумилова // Вектор науки ТГУ. Серия: Педагогика, психология. – 2015. – № 1 (20). – С. 143-146.
6. Панюкова, С.В. Использование информационных и коммуникационных технологий в образовании / С.В. Панюкова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 224 с.
7. Реализация компетентного подхода в высшем педагогическом образовании: теоретические и практические аспекты: коллективная монография / сост. В.А. Антохина. – Калуга: КГУ им. К.Э. Циолковского, 2014. – 110 с.

8. Роберт, И.В. Информационные и коммуникационные технологии в образовании: Учебно-методическое пособие для педагогических вузов / И.В. Роберт, С.В. Панюкова, А.А. Кузнецов, А.Ю. Кравцова; под ред. И.В. Роберт. – М.: ИИОРАО, 2006. – 374 с.
9. Тимошина, Н.В. Подготовка будущих педагогов к эффективному использованию информационных образовательных ресурсов при обучении школьников / Н.В. Тимошина. – Калуга: издательство КГУ им. К.Э. Циолковского. – 2013. – 164 с.

УДК 004; 37

**К вопросу о возможностях СДО Moodle  
для дистанционного образования**

**В.Ю. Белаш, З.И. Зуева**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье рассмотрены основные моменты дистанционного образования, способы его реализации, а также достоинства и недостатки. Подробно описана система дистанционного обучения Moodle.

*Ключевые слова:* дистанционное обучение, система дистанционного обучения, коммуникация, образование.

Дистанционное обучение – это взаимодействие учеников и учителя на расстоянии (дистанционно), причем такое обучение содержит большинство критериев, характерных для реального учебного процесса (методы, цели, содержание, средства обучения) и реализуемое специфичными подразумеваемыми интерактивностью процесса обучения средствами ИТ технологий [1].

Часто бывает такое, что человек хочет учиться, но у него нет возможности непосредственно посещать аудиторные занятия. Развитие коммуникационных технологий и использование новых способов передачи данных и спутниковой связи сделало возможным проводить обучение вне зависимости от того, где находится обучаемый, главное, чтобы у него был доступ к сети.

Образованная в последние годы посредством информационных технологий огромная сеть с колоссальным количеством информации позволяет дистанционно обучаться большому количеству желающих. Буквально полве-

ка назад о таком и думать не могли, а сейчас это реальность, претендующая на главенствующую роль в учебном процессе.

В настоящее время необходимо постоянно повышать свой профессиональный уровень, развиваясь и получая новые знания и навыки, чтобы стать преуспевающим специалистом в любом деле. В этом может помочь дистанционное образование. Это могут быть как стандартные программы повышения уровня квалификации, так и полноценные курсы высшего образования, реализуемые с помощью телекоммуникационных технологий практически по той же схеме, что и очное обучение. Но для дистанционного обучения необходим более широкий спектр инструментов: от электронной почты и специальных программ до конференц-связи и онлайн-мессенджеров. Для обеспечения интерактивности обучения с технической точки зрения понадобится персональный компьютер либо смартфон.

Преимущества дистанционного образования:

- удобная и гибкая форма обучения;
- малые затраты на проведение;
- более высокий уровень качества обучения за счет использования передовых технологий;
- экономия личного времени;
- возможность моментального доступа к электронным библиотекам и базам знаний;
- возможность одновременного обучения большого количества учеников;
- действительно хорошо составленная программа обучения вызывает интерес у обучающихся, жажду знаний и желание к последующему самообразованию.

Существующие формы дистанционного обучения [1]:

- **Чат-занятие:** синхронно проводимые учебные мероприятия с одновременным доступом к чату всех участников (преподавателей и учащихся).
- **Веб-занятие:** все формы взаимодействия между преподавателем и учеником реализуются с помощью возможностей сети Интернет как синхронно, так и асинхронно. Это могут быть стандартные уроки, практические работы, семинары, конференции и др.
- **Телеконференция:** осуществляется с помощью рассылок по электронной почте. Выполняя практические домашние задания, учащиеся приобретают навыки, совмещая теоретические знания с практическими задачами.

– **Телеприсутствие**: достигается формированием атмосферы присутствия. Обучаемые находятся вне помещения класса, но воссоздается ощущение личного присутствия в аудитории.

Moodle (модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда) – это свободная система управления обучением, созданная, прежде всего, для организации взаимодействия между преподавателем и учениками, но используемая также для организации дистанционных курсов и поддержки очного обучения. С помощью данной системы преподаватель может создавать курсы, включая в них как текст, так и любые вспомогательные файлы, тесты, презентации и др. Использование этой учебной среды достаточно удобное и гибкое как для преподавателя, так и для студента, поскольку для доступа к ней необходимо иметь лишь любой web-браузер.

Moodle является средой для создания учебного материала и обеспечения дистанционного взаимодействия между преподавателем и студентами. Moodle на равных соперничает с мировыми флагманами рынка СДО. Над системой уже более 10 лет работает международная команда разработчиков, под руководством фонда Moodle в Австралии. Благодаря этому, Moodle сочетает в себе богатство функционала, гибкость, надежность и простоту использования. Система широко известна в мире, имеет более 60 тысяч инсталляций более чем в 100 странах, переведена на несколько десятков языков [2].

### **Возможности Moodle [3]**

#### **Единая база знаний**

Система дает возможность создавать и хранить курсы в электронном виде, при этом задавая последовательность их изучения, организовывать их с помощью гиперссылок, ярлыков и тегов. Такой формат делает реальным использование в качестве учебного материала не только текстовые документы, но и интерактивные ресурсы любого формата: от статей на форумах до роликов на видеохостинговых компаниях. Доступ к Moodle осуществляется через сеть Интернет, потому студенты не ограничены конкретным временем, местом и скоростью обучения.

#### **Коллективное решение учебных задач**

Moodle ориентирована на совместную работу. Обучение при этом может быть синхронным (занятия проводятся в режиме онлайн) либо асинхронным (каждый ученик изучает материал в своем темпе). Обмен файлами любых форматов может вестись как между преподавателем и студентом, так и между самими студентами.

#### **Преподаватель всегда на связи со студентами**

Одна из сильных сторон системы – широкие возможности коммуникации. Обсуждение проблем может вестись совместно в группах или в личных сообщениях. При этом можно подкреплять свои высказывания файлами всех форматов. Нет надобности сообщать отдельно каждому студенту о новых заданиях – вся группа может получать уведомления автоматически с помощью рассылок.

### **Контроль качества обучения**

Для каждого студента создается портфолио, где хранятся его сданные работы, оценки и комментарии преподавателей, сообщения на форуме, статистика его активности и времени работы в сети. Преподавателю не требуется рассматривать отдельно каждого студента, он может собрать статистику по всей группе.

### **Moodle для пользователя [3]**

В системе Moodle существуют следующие роли:

- **Ученики** – обучаются в любое удобное время в любом месте и темпе, узнают то, что им действительно интересно.
- **Преподаватели** – создают курсы и наполняют их, контролируют работу группы, поддерживают связь со студентами.
- **Администрация** – распределяет нагрузку преподавателей, снижает затраты на проведение учебного процесса, анализирует результаты обучения.

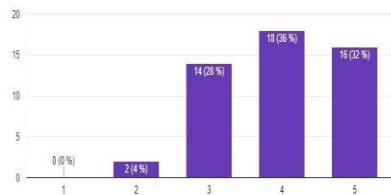
По данным опроса среди студентов 1-3 курса направления «Информационные системы и технологии» были выявлены следующие результаты качества системы по критериям, которые представлены на диаграмме 1. В целом, Moodle хороша для дистанционного обучения; практически по всем показателям результаты на 4 из 5. Возникают трудности лишь при процессе управления файлами.

### **Список литературы:**

1. Science Debate – научно-популярные новости. Что такое дистанционное обучение? Формы и преимущества дистанционного образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sciencedebate2008.com/chto-takoye-distantsionnoye-obucheniye/>.
2. ООО «Открытые технологии». Moodle – среда дистанционного обучения с открытым исходным кодом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://opentechology.ru/products/moodle>.
3. Документация Базальт СПО. Обучающая среда Moodle.

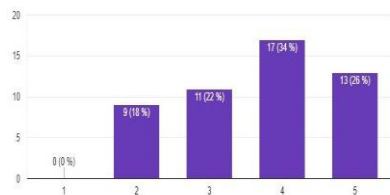
### Удобство системы в целом

50 ответов



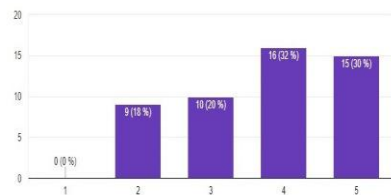
### Удобство загрузки домашних заданий

50 ответов



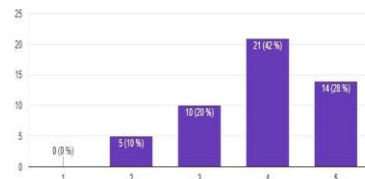
### Понятность интерфейса

50 ответов



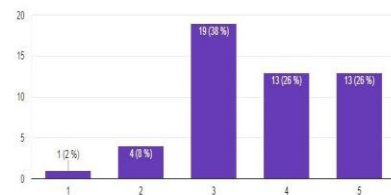
### Доступность информации

50 ответов



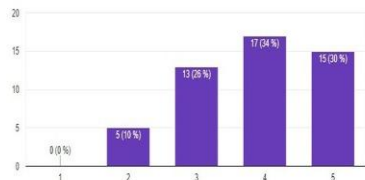
### Лёгкость управления файлами

50 ответов



### Простота коммуникации

50 ответов



### Удобство редактирования профиля

50 ответов

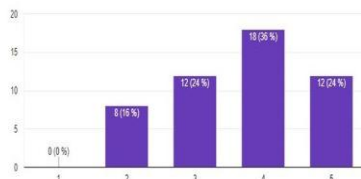


Диаграмма 1 – Результаты оценки качества системы Moodle по критериям

## Средства разработки веб-приложений

М.Ю. Виноградская, С.В. Сайкин

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье описываются средства разработки, которые используются для создания веб-приложений. Описываются необходимые языки программирования, такие как HTML, JS, CSS и другие. Коротко описываются полезные библиотеки, их функционал и примеры использования. Производится обзор редакторов кода, которые используются для разработки веб-ресурсов и могут облегчить разработчику жизнь. Ведется повествование о MVC фреймворках, которые используются в средних и крупных проектах. Особое внимание уделяется CMS системам, с помощью которых можно создать сайт, не имея глубоких знаний в языках программирования.

*Ключевые слова:* Интернет, веб-технологии, HTML, JavaScript, CSS, фреймворк, CMS, редакторы кода.

Актуальность данной темы заключается в распространенности Глобальной сети Интернет по всему земному шару. На начало 2018 года, количество интернет пользователей по всему миру достигло отметка 4 млрд. человек, при общем количестве человек в 7,6 млрд. Это более половины населения земли, и эта цифра в будущем будет только расти. Самый большой процент проникновения Интернета наблюдается в Европе и Северной Америке (США, Канада). Россия тоже не отстает от остального мира, находясь на 6 месте по количеству пользователей (87 млн. человек), что составляет примерно 70 % от населения страны [7]. Именно поэтому веб-среда является одной из самых больших сфер для работы и разработки новой продукции (сайтов).

Первое и самое важное на что нужно в первую очередь обратить внимание – это языки разработки:

**HTML** – начало начал, то, без чего невозможно создать веб-страницу. HTML (от англ. HyperText Markup Language – «язык гипертекстовой разметки») – стандартизированный язык разметки документов во Всемирной паутине. Большинство веб-страниц содержат описание разметки на языке HTML (или XHTML). Язык HTML интерпретируется браузерами; полученный в результате интерпретации форматированный текст отображается на экране монитора компьютера или мобильного устройства [1]. Фактически он являет-



ся языком для общения с браузером. С помощью тегов вы объясняете браузеру, что вы хотите от него видеть и где.

**JavaScript.** JavaScript обычно используется как встраиваемый язык для программного доступа к объектам приложений. Наиболее широкое применение находит в браузерах как язык сценариев для придания интерактивности веб-страницам. JavaScript изначально создавался для того, чтобы сделать веб-странички «живыми». Программы на этом языке называются скриптами. В браузере они подключаются напрямую к HTML и, как только загружается страничка, то тут же выполняются. Программы на JavaScript – обычный текст. Они не требуют какой-то специальной подготовки. В этом плане JavaScript сильно отличается от другого языка, который называется Java [4].

**CSS (Cascading Style Sheets – каскадные таблицы стилей)** – одна из базовых технологий в современном Интернете. Нечасто можно встретить сайт, сверстаный без применения CSS. CSS-код – это список инструкций для браузера, – как и где отображать элементы веб-страницы, написанный особым образом. Если HTML говорит просто «поставь это там», то CSS точно объясняет, где находится это «там» и также объясняет каким образом это «там» поставить. Это позволяет сделать сайт менее шаблонным и монотонным, добавляя различные краски на страницу.

**Серверные языки.** Серверные языки выполняют огромную роль для развитых сайтов. Они позволяют динамически создавать страницы, взаимодействовать с СУБД (добавлять, изменять, удалять и выбирать данные из Базы). Если нужен большой и динамичный сайт, типа Интернет-магазины, то без серверных языков не обойтись. К серверным языкам относятся: PHP (достаточно часто используемый язык), Perl, Python, Ruby, Java, и любой другой .NET язык программирования (технология ASP.NET). В данной области выбор достаточно большой [4].

Знание вышеперечисленных языков уже позволяет созвать простые сайты. Однако со временем, выявятся типичные проблемы и пожелания заказчиков. Например, «Сделать так чтобы информация поступала на страницу сразу, а не требовала открытия новой страницы». С этим поможет справиться специальный, разработанный другими людьми функционал.

**AJAX.** Он как раз отвечает на вопрос, заданный выше. AJAX (аббревиатура от «Asynchronous Javascript And Xml») – технология обращения к серверу без перезагрузки страницы. За счет этого уменьшается время отклика и веб-приложение по интерактивности больше напоминает десктоп. Несмотря на то, что в названии технологии присутствует буква X (от слова XML), использовать XML вовсе не обязательно. Под AJAX подразумевают

любое общение с сервером без перезагрузки страницы, организованное при помощи JavaScript. Достаточно простой пример – это поисковики «Яндекс» и «Google» которые выдают вам возможные варианты ваших запросов.

**COMET** – общий термин, описывающий различные техники получения данных по инициативе сервера. Можно сказать, что AJAX – это «отправил запрос – получил результат», а COMET – это «непрерывный канал, по которому приходят данные». Примеры COMET-приложений [5]:

- Чат: человек сидит и смотрит, что пишут другие. При этом новые сообщения приходят «сами по себе», он не должен нажимать на кнопку для обновления окна чата.

- Аукцион: человек смотрит на экран и видит, как обновляется текущая ставка за товар.

- Интерфейс редактирования: когда один редактор начинает изменять документ, другие видят информацию об этом. Возможно и совместное редактирование, когда редакторы видят изменения друг друга.

**jQuery** – это JavaScript-библиотека, фокусирующаяся на взаимодействии JavaScript, HTML и CSS. Что умеет jQuery:

- Обращаться к любому элементу DOM (объектной модели документа) и не только обращаться, но и манипулировать ими.

- Работать с событиями.

- Легко осуществлять различные визуальные эффекты.

- Работать с AJAX (которая была уже описана выше).

- Имеет огромное количество JavaScript плагинов, предназначенных для создания элементов пользовательских интерфейсов [10].

Примеры работы jQuery можно посмотреть по ссылке: «<https://habrahabr.ru/post/38208/>», и это не все что он может.

**Bootstrap** – свободный набор инструментов для создания сайтов и веб-приложений. Включает в себя HTML- и CSS-шаблоны оформления для типографики, веб-форм, кнопок, меток, блоков навигации и прочих компонентов веб-интерфейса, включая JavaScript-расширения. Bootstrap использует современные наработки в области CSS и HTML, поэтому необходимо быть внимательным при поддержке старых браузеров. Он позволяет преобразить старые приевшиеся формы ввода информации, кнопки, и т.д. и сделать страницу более красивой.

Кроме вышеперечисленных фреймворков и библиотек существует еще множество других, которые облегчат нелёгкую судьбу верстальщика.

Итак, после определения функционала и языков программирования, можно плавно перейти к редакторам. Фактически для создания веб-страницы

не нужно никаких особых программ, написать можно хоть в «Блокноте», однако это потребует огромной внимательности и знания языка, т.к. в случае ошибки найти её будет сложно и долго. Итак, перейдем к редакторам:

**Notepad++** – расширенная версия обычного блокнота, которая поставляется отдельно и обычно бесплатна. В Notepad++ html-тэги подсвечиваются цветным шрифтом, и разработчик может визуально отличить код от основного текста страницы. Поэтому вероятные ошибки и неточности в коде легче выявить, однако, так же, как и при работе в обычном блокноте, в Notepad++ требуется хорошее знание языка HTML.

**Microsoft FrontPage** – html-редактор из пакета MS Office. Microsoft FrontPage является визуальным редактором (WYSIWYG – What You See Is What You Get – что видишь, то и получишь), но в Microsoft FrontPage код можно также редактировать вручную. Интерфейс Microsoft FrontPage похож на интерфейс Microsoft Word, привычный для большинства пользователей, поэтому очень удобен для новичков в веб-дизайне. В Microsoft FrontPage для работы доступны три режима: Normal, HTML и Preview. В режиме «Normal» пользователь может редактировать текст и картинки как в обычном текстовом файле. Средства редактирования в Microsoft FrontPage позволяют легко форматировать текст, добавлять таблицы (даже таблицы MS Excel) и рисунки, создавать маркированные и нумерованные списки пользователям без знаний языка HTML. В режиме «HTML» пользователь может просматривать и редактировать код создаваемой веб-страницы, а в режиме «Preview» может увидеть, как будет выглядеть создаваемая веб-страница в браузере.

**Adobe Dreamweaver.** В популярном визуальном редакторе Adobe Dreamweaver можно редактировать html-коды, причем делать это легко и непринужденно. Если Вы достаточно хорошо знаете язык разметки HTML, то можете воспользоваться режимом «code», в котором на экране отображается только окно для редактирования кода. Если же Вы не знаете HTML или знаете его не очень хорошо, можете воспользоваться режимом «design», в котором Вы «один к одному» увидите, как будет выглядеть Ваш сайт в результате. Хотите сами писать код и при этом сразу же видеть, что получится в итоге? Пожалуйста: режим «split» отображает два окна, визуального и обычного редактирования html-кодов. Кроме того, если Вы забудете какой-нибудь html-тэг, Adobe Dreamweaver даст Вам всплывающую подсказку со всеми доступными в данном месте документа вариантами тэгов и их атрибутов [8].

**PhpStorm** – коммерческая кроссплатформенная интегрированная среда разработки для PHP. Разрабатывается компанией JetBrains на основе плат-

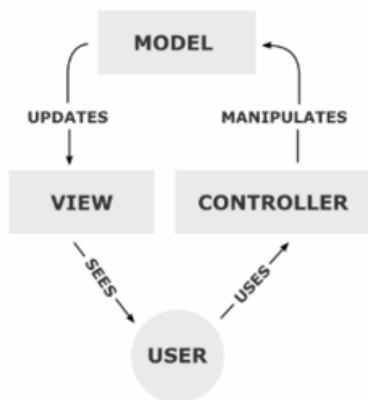
формы IntelliJ IDEA. PhpStorm представляет собой интеллектуальный редактор для PHP, HTML и JavaScript с возможностями анализа кода на лету, предотвращения ошибок в коде и автоматизированными средствами рефакторинга для PHP и JavaScript. Автодополнение кода в PhpStorm поддерживает спецификацию PHP 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 7.0 и 7.1 (современные и традиционные проекты), включая генераторы, сопрограммы, пространства имен, замыкания, типаж и синтаксис коротких массивов. Имеется полноценный SQL-редактор с возможностью редактирования полученных результатов запросов [8].

Все вышеперечисленные редакторы являются платными (за исключением Notepad++) и требуют покупки. Однако существует большое множество бесплатных редакторов, которые смогут предоставить похожий функционал.

Зная все вышенаписанное можно уже создавать неплохие сайты, однако, для создания более понятного сайта (как для себя, при возвращении к разработке (доработке) сайта, так и для других людей) существуют специальные MVC фреймворки.

Model-View-Controller (MVC, «Модель-Представление-Контроллер», «Модель-Вид-Контроллер») – схема разделения данных приложения, пользовательского интерфейса и управляющей логики на три отдельных компонента: модель, представление и контроллер – таким образом, что модификация каждого компонента может осуществляться независимо [2].

Для более ясного представления работы данной системы рассмотрим схему, представленную ниже.



– Модель (Model) предоставляет данные и реагирует на команды контроллера, изменяя своё состояние.

– Представление (View) отвечает за отображение данных модели пользователю, реагируя на изменения модели.

– Контроллер (Controller) интерпретирует действия пользователя, оповещая модель о необходимости изменений.

Использование такой модели поможет разделить основные части сайта, упростит его понимание и ускорит разработку.

Популярные MVC фреймворки:

– Laravel

– CodeIgniter

– Symfony

– Yii

– Nette Framework

Существует и более простой способ создания и управления сайтом – это CMS. Система управления содержимым (контентом) (Content management system) – информационная система или компьютерная программа, используемая для обеспечения и организации совместного процесса создания, редактирования и управления содержимым, иначе – контентом.

Основные функции CMS:

– Предоставление инструментов для создания содержимого, организация совместной работы над содержимым.

– Управление содержимым: хранение, контроль версий, соблюдение режима доступа, управление потоком документов и т.п.

– Публикация содержимого.

– Представление информации в виде, удобном для навигации, поиска [9].

Эти системы позволяют без особых знаний языка создать собственный сайт, главное найти нужные, подходящие для своих целей модули. Это могут быть модули регистрации, галереи, защиты и другие. Фактически создание данной системы напоминает игру «ЛЕГО», где по кусочкам собирается сайт. Однако для создания каких-либо специфических функций придется постараться. Кроме этого, не все модули, которые будут необходимы, можно будет получить бесплатно, за некоторые из них придется заплатить. Однако если необходим простой информационный сайт, то CMS могут с легкостью помочь в этом деле.

Одними из самых популярных CMS являются WordPress и Joomla, они занимают примерно по трети (каждая) всех CMS сайтов. Они обе бесплатны, что и объясняет такую большую популярность. Однако для того, чтобы создать хороший сайт на данных CMS, придется либо долго искать бесплатные

модули, либо покупать готовые модули для сайта. Однако затраты на создание такого сайта (как временные, при условии, что уже известен алгоритм создания таких сайтов, так и денежные) будут меньше, чем у предприятий, которые занимаются разработкой сайта. В дополнение к этому, можно будет с легкостью управлять данными на сайте и дальнейшем развитии сайта.

Список литературы:

1. HTML: материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/HTML>.
2. Model-View-Controller: материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Model-View-Controller>.
3. PhpStorm: материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/PhpStorm>.
4. Веб-программирование: материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Веб-программирование>.
5. Кантор, И. Введение в AJAX и COMET [Электронный ресурс] / И. Кантор. – Режим доступа: <https://learn.javascript.ru/ajax-intro>.
6. Кантор, И. Введение в JavaScript [Электронный ресурс] / И. Кантор. – Режим доступа: <https://learn.javascript.ru/intro>.
7. Пользователи интернета в мире [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.bizhit.ru/index/polzovateli\\_interneta\\_v\\_mire/0-404](http://www.bizhit.ru/index/polzovateli_interneta_v_mire/0-404).
8. Программы для создания сайтов. Создание сайта на HTML. HTML-редакторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://webstudio2u.net/ru/programming/188-html-redactor.html>.
9. Система управления содержимым: материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Система\\_управления\\_содержимым](https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_управления_содержимым).
10. Уроки jQuery [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.site-do.ru/js/jquery1.php>.

## Создание автоматизированного опроса

Н.Е. Журавлев, Н.В. Тимошина

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье рассматривается возможность использования специализированного программного обеспечения для проведения опросов. Основные требования к программам данного характера. Приводятся примеры работы разработанного продукта.

*Ключевые слова:* автоматизированный опрос, требования к программным продуктам для проведения опросов, функционал программы.

Информационные технологии связаны с изучением методов и средств сбора, обработки и передачи данных с целью получения информации нового качества о состоянии объекта, процесса или явления. Ввиду возрастания потребностей человечества в обработке всё большего объёма данных, средства получения информации совершенствовались от самых ранних механических изобретений до современных компьютеров. Ранее, любые опросы обрабатывались вручную. Все заполненные листы перечитывались, что занимало много времени. Сейчас же, технологии позволяют как «читать» заполненные листы, так и совершать электронные опросы. Рассмотрим преимущества электронного опроса перед традиционным:

1. Относительно низкие затраты проведения опроса.
2. Высокая скорость сбора информации.
3. Возможность использования демонстрационных материалов.
4. Интерактивный характер коммуникации с дружественным интерфейсом.
5. Глобальный охват.

В глобальной сети Интернет, совершив поиски по всем возможным системам, были найдены следующие программные продукты: Interro-SL, Student Test. Интерфейс данных информационных ресурсов не является интуитивно понятным, вторым недостатком является высокая стоимость.

Для того чтобы разрешить данную ситуацию, было решено создать программу способную сочетать в себе возможность проведения и тестов, и опросов.

Основные требования к такой программе:

1. Удобное управление.
2. Быстрое перемещение в самой программе.

### 3. Простой и понятный интерфейс.

В первую очередь для решения данной проблемы необходимо было решить следующие задачи:

1. Выбор языка программирования.
2. Определение масштабов программного обеспечения.
3. Определение возможностей программного обеспечения.
4. Выбор способа загрузки опроса в программное обеспечение.
5. Выбор способа прохождения опроса.

Для решения первой задачи рассмотрим несколько языков программирования и выберем наиболее подходящий.

Delphi – императивный, структурированный, объектно-ориентированный язык программирования со строгой статической типизацией переменных. Основная область использования – написание прикладного программного обеспечения. Первоначально носил название Object Pascal и исторически восходит к одноимённому диалекту языка, разработанному в фирме Apple в 1986 году группой Ларри Теслера. Однако в настоящее время термин Object Pascal чаще всего употребляется в значении языка среды программирования Delphi. Начиная с Delphi 7, в официальных документах Borland стала использоваться название Delphi для обозначения языка Object Pascal.

Java Development Kit (сокращенно JDK) – бесплатно распространяемый компанией Oracle Corporation (ранее Sun Microsystems) комплект разработчика приложений на языке Java, включающий в себя компилятор Java (javac), стандартные библиотеки классов Java, примеры, документацию, различные утилиты и исполнительную систему Java (JRE). В состав JDK не входит интегрированная среда разработки на Java, поэтому разработчик, использующий только JDK, вынужден использовать внешний текстовый редактор и компилировать свои программы, используя утилиты командной строки.

HTML (от англ. HyperText Markup Language – «язык гипертекстовой разметки») – стандартизированный язык разметки документов во Всемирной паутине. Большинство веб-страниц содержат описание разметки на языке HTML (или XHTML). Язык HTML интерпретируется браузерами; полученный в результате интерпретации форматированный текст отображается на экране монитора компьютера или мобильного устройства. Язык HTML является приложением SGML (стандартного обобщённого языка разметки) и соответствует международному стандарту ISO 8879. Язык XHTML является более строгим вариантом HTML, он следует всем ограничениям XML и, фактически, XHTML можно воспринимать как приложение языка XML к области разметки гипертекста.



Наиболее подходящим языком программирования для написания данного программного обеспечения стал Delphi (Pascal Object). Так как степень его владения, выше других языков.

Для того чтобы данная программа смогла стать доступной для всех, необходимо понять сколько пользователей сможет пользоваться ей одновременно и будут ли при большом количестве пользователей какие-либо трудности.

Для эффективного прохождения опроса необходимо установить ограничения на прохождения данного опроса одним пользователем. Для ограничения можно использовать какие-либо маяки, по которым программа сможет определять, проходил ли опрос пользователь.

Наиболее эффективным считается:

1. Передача краткой информации о компьютере в БД программного обеспечения, которая расположена во всемирной паутине, либо на хостинге.
2. Создания метки на самом компьютере (в директории самой программы, в папке «мои документы», либо в реестр компьютера).

Первый вариант является наиболее надежным, в то время когда второй – более простым.

Рассмотрим ситуацию: На компьютере пользователя X1 нет доступа к Интернету на данный момент. В то время когда у пользователя X2 есть доступ. Тем самым результаты опроса дойдут только от пользователя X2. Для прохождения опросов, когда опрашиваемый и владелец опроса находятся вне локальной сети, наиболее эффективным способом будет являться опрос, находящийся на веб-странице (HTML). Тем самым наиболее эффективным и доступным способом установки ограничения является «маяк» на самом компьютере пользователя. Результаты же опроса от каждого компьютера, во избежание каких-либо ситуаций, будет разумно сохранять в локальной сети под название идентификатора. Идентификатор будет состоять из: (Первая буква имени)\_(возраст)\_(Случайное число до 100000)\_(последнее значение MAC-адреса компьютера).ini

Пример: Никита 19 лет, физический адрес: 38-2С-4А-В7-Е3-СС.

Н\_19\_46785\_СС.ini.

Случайное число позволит избежать проблем при сохранении и повторения идентификатора.

На данный момент программа имеет довольно узкий круг возможностей и предполагает дальнейшие обновления и улучшения. Часто пользователи отказываются обновлять установленные программы – зачем, если все и так нормально работает? А вдруг после обновления слетят настройки или

программа начнет вылетать с ошибкой. Что вообще дает обновление программ? Некоторые приносят с собой новые функции или улучшают уже существующие. Другие обеспечивают совместимость программ друг с другом, с разными протоколами, новыми версиями ОС. Еще бывают обновления безопасности: они закрывают уязвимости и исправляют критические ошибки в программах.

Разберем возможности отдельно для преподавателей и для студентов.

Для студентов, это возможность тренировок, проверок собственных знаний. Если тренироваться постоянно, можно добиться больших результатов.

Выбор опроса происходит путем открытия вкладок на боковой левой стороне (рис. 1).

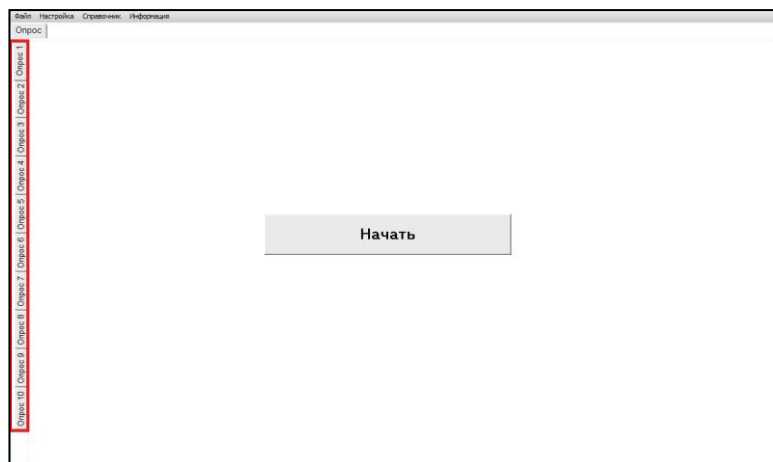


Рисунок 1 – Окно программы во время выбора опроса

Загрузка опросов происходит через соответствующую кнопку «Выбрать файл». Опрос не требует какую-либо сложную кодировку или закодированный файл. Это сделано, что бы преподаватели всегда могли посмотреть опрос или тест и исправить его при необходимости.

На каждый опрос преподаватели может установить такие ограничения как:

- ограничение по времени прохождения;
- ограничение по работе с интернет-браузерами (рис. 2).

Ограничение по времени прохождения позволяет ограничить время прохождения каждого теста или опроса. На запуске теста или опроса опра-

шиваемому выдается сообщение о том, что на данном опросе или тесте установлено ограничение, но не выдается, за сколько по времени необходимо пройти опрос или тест.

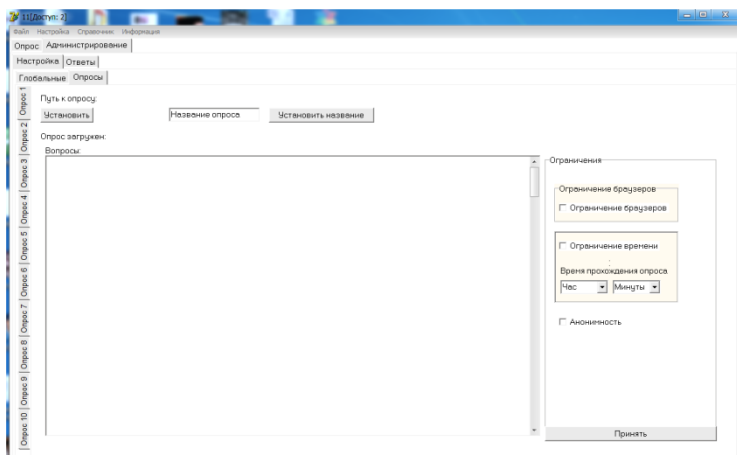


Рисунок 2 – Окно программы при работе с выбором ограничений

Ограничение по работе с интернет-браузерами позволяет ограничить запуск и/или использование всемирной паутины интернета на момент прохождения теста или опроса. На запуске теста или опроса опрашиваемому выдается сообщение о том, что на данном опросе или тесте установлено ограничение по работе с интернет-браузерами. В случае попытки открыть тест или опрос с данным ограничением, выдается ошибка с просьбой закрыть все интернет-браузеры. При попытке открыть интернет-браузер с запущенным тестом или опросом, через 5 секунд тест или опрос принудительно закрывается. Все вопросы, оставшиеся без ответа, помечаются с ответом «0».

Так же, на каждый опрос можно установить, будет ли прохождение анонимным. В этом случае никакие данные, кроме самих ответов, не записываются.

Для удобства, есть возможность выгрузки ответов в формате .xls (Microsoft Excel). Или отобразить ответы в самой программе. Так же, при просмотре ответов или их выгрузке, можно выбрать такое значение как «ключ ответов». Это правильные ответы на каждый вопрос. В случае если такое поле заполнено, то программа автоматически сравнит ответы и выдаст в конце таблицы значения:

– Максимальное количество баллов.

– Набранное количество баллов.

Максимальное количество баллов равно количеству вопросов. За каждый верный ответ добавляется 1 балл.

Реализация данного программного обеспечения может решить проблему поднятую выше. Так как, данная программа является бесплатной и доступна для скачивания всем. Так же в дальнейшем будут происходить обновления, для улучшения не только функционала программы, но и улучшения дизайна самой программы.

УДК 004.9

**Возможности применения технологии HTML  
в образовательном процессе  
В.Ю. Белаш, В.В. Смирнов**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье рассмотрены возможности языка HTML для разработки программных продуктов образовательного назначения.

*Ключевые слова:* Интернет, технологии, HTML.

В современном мире всё большее влияние на различные сферы деятельности оказывает Всемирная сеть. Раньше любую информацию (новости, познавательные и развлекательные программы) мы получали через радио, позднее – через телевизор, а сейчас, в основном, через Интернет. Важную роль играет Сеть в образовательном процессе.

Несмотря на растущую популярность клиент-приложений для работы с каким-либо сайтом, основным способом взаимодействия с ресурсами Интернет был и остаётся браузер. Основным способом интерпретации ресурса является язык гипертекстовой разметки HTML.

Язык HTML был разработан британским учёным Тимом Бернерсом-Ли в 1986-1991 годах в Женеве в Швейцарии. HTML создавался как язык для обмена научной и технической документацией, для людей, не являющимися специалистами в области вёрстки. Язык HTML был задуман и создан как средство структурирования и форматирования документов без их привязки к средствам воспроизведения (отображения). HTML успешно справлялся с проблемой сложности SGML путём определения небольшого набора структурных и семантических элементов – дескрипторов. Дескрипторы часто называют «тегами». HTML помогает создать простой, но красиво оформлен-

ный документ. Помимо упрощения структуры документа, в HTML внесена поддержка гипертекста. Мультимедийные возможности были добавлены позже [1].

Текст с разметкой HTML должен быть без стилистических и структурных искажений воспроизводится на оборудовании с различной технической оснащённостью (цветной экран современного компьютера, монохромный экран органайзера, ограниченный по размерам экран мобильного телефона или устройства и программы голосового воспроизведения текстов). Однако современное применение HTML еще не совершенно. Например, тег `<table>` предназначен для создания в документах таблиц, но иногда используется и для оформления размещения элементов на странице. С течением времени основная идея платформонезависимости языка HTML была принесена в жертву современным потребностям в мультимедийном и графическом оформлении [2].

Применение технологии HTML в образовательном процессе можно использовать при обучении студентов работе с данным языком разметки. Это начальная ступень web-разработки и её изучение позволит заинтересовать студентов в этом направлении. А применение отдельных страниц и сайтов можно использовать для обучения. Здесь не имеются в виду уже существующие образовательные платформы и сайты.

Наверное, самым необходимым online-ресурсом для студентов является расписание занятий (рисунок 1). Оно же будет и самым сложным в разработке. Не в техническом плане, а во множестве возможностей, предоставляемых HTML. Можно составить простейшую страницу с минимумом украшений, нетребовательную к ресурсам, как клиента, так и сервера. А можно, используя весь функционал разметки и CSS, создать вычурную схему, показывающую не только расписание, но и, например, план здания, фотографию аудитории и преподавателя (что будет особенно полезно для первокурсников).

Предполагается разработка и внедрение индивидуальных проектов для каждого ВУЗа. Конечно, многие из них будут схожими, но необходимо учитывать специфику каждого отдельного учебного заведения на финальной стадии разработки.

Другой возможностью применения HTML будет создание учебных пособий, методических указаний, лабораторных работ и других материалов для студентов. Многообразие способов визуализации материала позволит создать наиболее удобный формат подачи для каждого предмета и направления подготовки. Одним из наиболее востребованных возможностей языка разметки

в создании учебных материалов – это гиперссылки. Они позволят связать в единую сеть всю программу курса или направления подготовки.

	В I сем (1)	В II сем (2)	В III сем (3)	В IV сем (4)
1	Основы мед. знаний и основы здоров проф. Ишанходжаев У.У. 322 к.2	Психология развития и саморазвития личности доц.Меньшиков П.В. 403 к.3	Управление данными доц.Крижева Е.В. 710 к.1	Иностранный язык доц.Ручкина Е.М. 402 к.3
2	Модуль "ТМТО". Методика обучения физике доц.Красин М.С. 307 к.2	<b>Управленческие решения</b> доц.Стовбун С.Ф. 313 к.3		Психология развития и саморазвития личности доц.Меньшиков П.В. 403 к.3
3	Модуль "ТМТО". Методика обучения физике доц.Красин М.С. 307 к.2	Иностранный язык	Иностранный язык	Основы конфликтологии доц.Меньшиков П.В. 403 к.3
4	Методология исследования в области об доц.Прокофьева О.Н. 111 к.2	Кулабухов Н.В. 420 к.3	Чернова С.В. 402 к.3	Основы конфликтологии Бакурова О.Н. 312 к.3
5	Методология исследования в области об проф.Серезжинкова Р.К. 310 к.1			Хорова Н.Н. 128 к.2 Экономика организации доц.Губина Н.К. 412 к.3
6				Основы конфликтологии Бакурова О.Н. 111 к.3 Естественковучные дисциплины: экология доц.Голофлева А.С. 111 к.3
7				

Рисунок 1 – Пример расписания (расписание КГУ им. К.Э. Циолковского)

Вышеуказанная возможность применима как в онлайн, так и в оф-лайн пространстве. Иной же способ применим только в онлайн. Это wiki-пространство университета. В Сети существует множество wiki-проектов. Наиболее известный, конечно, Wikipedia, но существуют проекты, посвященные отраслям науки, искусства, произведениям литературы и кино. Да, в чём-то этот проект будет дублировать предыдущий, но, с другой точки зрения, wiki больше словарь и справочник, нежели учебник (рисунок 2). Таким образом, оба этих проекта имеют право на жизнь [3].

Таким образом, применение HTML в учебном процессе возможно как в чисто утилитарном виде – составление расписаний занятий и их привязка к схеме помещений учебного заведения, так и непосредственно для учебного процесса – создание ссылок к справочникам, словарям и иным ресурсам дополнительной информации для студентов.

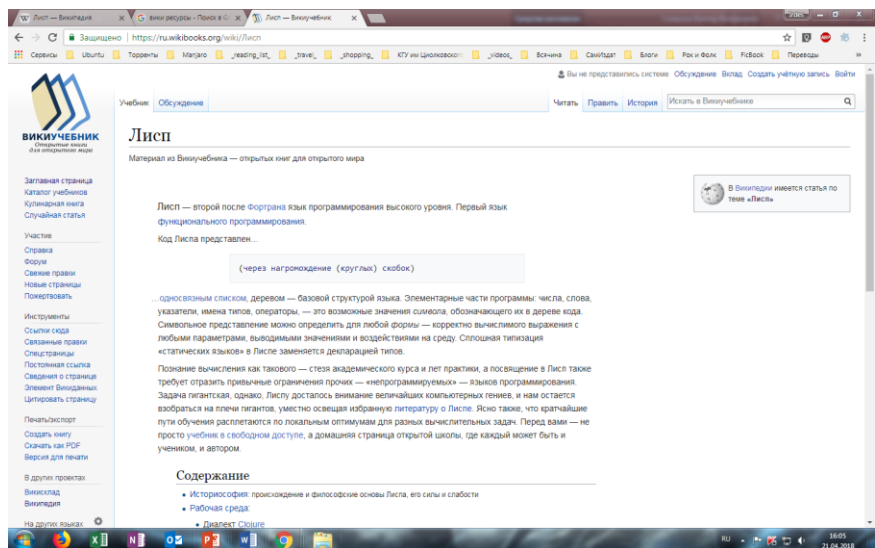


Рисунок 2 – Пример wiki-ресурса (Wiki-учебник)

### Список литературы:

1. Фримен, Э. Изучаем HTML, XHTML и CSS = Head First HTML with CSS & XHTML / Э. Фримен, Э. Фримен. – П.: «Питер», 2010. – 656 с.
2. Титтел, Э. HTML, XHTML и CSS для чайников, 7-е издание = HTML, XHTML & CSS For Dummies, 7th Edition / Эд Титтел, Джефф Ноубл. – М.: «Диалектика», 2011. – 400 с.
3. Шафер, С. HTML, XHTML и CSS. Библия пользователя, 5-е издание = HTML, XHTML, and CSS Bible, 5th Edition / Стивен Шафер. – М.: «Диалектика», 2010. – 656 с.

**Возможности визуального редактора Adobe Muse  
в разработке сайта предприятия**

**Н.В. Бурмистрова, В.С. Макарова**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье рассмотрены возможности разработки сайта с использованием визуального редактора Adobe Muse, определены достоинства и недостатки данного программного продукта, описана практическая реализация на примере разработки сайта трикотажного предприятия.

*Ключевые слова:* Интернет, веб-дизайн, визуальный редактор, сайт, Adobe Muse.

Базовым программным обеспечением, с помощью которого веб-дизайнеры осуществляют верстку HTML-страниц, являются HTML-редакторы. В веб-дизайне используют два типа таких редакторов – текстовые и визуальные.

Текстовые редакторы предполагают написание HTML-кода самостоятельно и используются обычно профессиональными веб-дизайнерами. Визуальные редакторы работают по принципу WYSIWYG (от англ. – What You See Is What You Get – что ты видишь, то и получишь). Это означает, что при редактировании материал выглядит точно так, как он будет выглядеть в конечном результате. При использовании визуального редактора нет необходимости знать язык разметки гипертекста HTML, но в то же время можно полноценно пользоваться разметкой: разметать абзацы, заголовки, картинки или таблицы, при этом сразу видя то, что получится в итоге.

Adobe Muse – визуальный редактор компании Adobe Systems, который ориентирован на создание сайтов, небольших интернет-магазинов без необходимости написания кода. В Adobe Muse имеются все необходимые инструменты для визуальной компоновки веб-страниц, непосредственно в нем можно создавать различные картинки (например, для шапки сайта), легко импортировать уже готовые HTML-страницы и дорабатывать их.

Для создания шаблона сайта (рис. 1) трикотажного предприятия использовался встроенный виджет меню, содержащий гиперссылки на страницы сайта (главная, о компании, ассортимент и контакты). Надписи «Паритет» и «Copyright» в «подвале» сайта созданы с использованием инструмента «Текст».





Рисунок 1 – Шаблон главной страницы

Для создания страницы «Главная» дополнительно были добавлены композиция, форма обратной связи и якорь. Композиция состоит из двух триггеров и фрейма изображений, который содержит картинки, сменяющие друг друга при наведении на триггер. Форма обратной связи (рис. 2) содержит три основных текстовых поля для заполнения: имя, адрес электронной почты и номер телефона. Каждое из них является обязательным и выделяется красным цветом, если оно не заполнено. Так же форма содержит группу переключателей, из которых следует выбрать один. Согласие на обработку персональных данных является обязательным флажком, которые следует обязательно выбрать.

Вы не знаете, что именно вам нужно?

Запросите коммерческое предложение. Мы свяжемся с вами, обсудим детали и сделаем предложение, которое вам понравится!

Имя

Адрес электронной почты

Номер телефона

Позвоните мне  Напишите мне

Я согласен с обработкой персональных данных, с условиями обработки персональных данных ознакомлен.

**Отправить**

Рисунок 2 – Форма обратной связи

На странице «Контакты» (рис. 3), помимо контактной информации, расположена интерактивная Google-карта с адресом предприятия, которая добавлена с помощью встроенного виджета, а также дополнительная форма обратной связи.

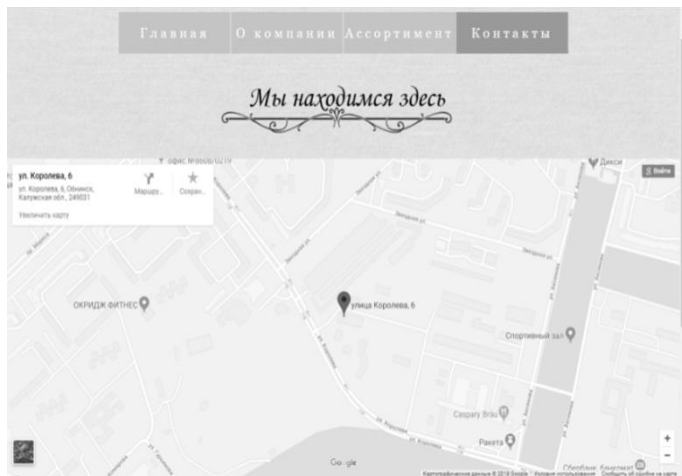


Рисунок 3 – Страница «Контакты»

Для создания страницы «Ассортимент» (рис. 4) использовались текстовые фреймы и композиции или фреймы изображения. Композиция содержит фрейм изображения и три триггера, при нажатии на каждый открывается соответствующий цвет. Каждое изображение на странице «Ассортимент» является гиперссылкой на страницу выбранного товара.



Рисунок 4 – Страница «Ассортимент»

На странице каждого товара (рис. 5) имеется гиперссылка для возврата на предыдущую страницу «Ассортимент». Есть информация о названии товара, размерном ряде, составе и уходе. Композиция имеет изображения, представленные в виде триггеров, при нажатии на которые открывается изображение, соответствующее миниатюре в триггере. Если имеется продукция нескольких цветов, то фреймы с соответствующим цветом будут являться гиперссылкой на одежду данного цвета.



Рисунок 5 – Страница товара

Таким образом, была создана следующая структура сайта для трикотажного предприятия «Паритет» (рис. 6):

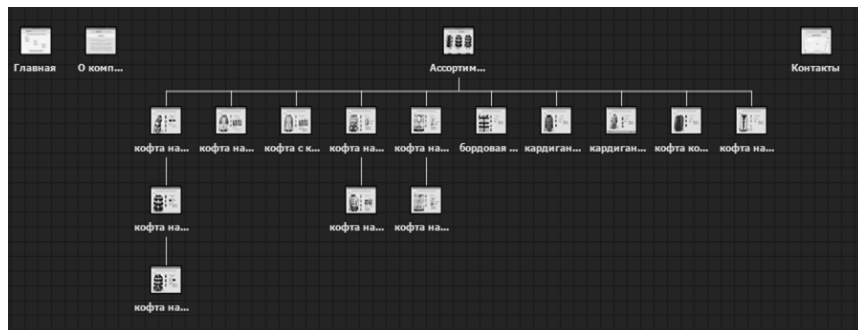


Рисунок 6 – Структурная схема сайта

В итоге, с использованием визуального редактора Adobe Muse был разработан полноценный сайт-витрина для трикотажного предприятия «Паритет». Сайт имеет все необходимые разделы (каталог товаров, контактная

информация, сведения о компании) и удобен в использовании любому пользователю, так как все необходимые элементы и ссылки находятся в непосредственной видимости.

По результатам проделанной работы можно выделить следующие достоинства визуального редактора Adobe Muse:

1. Простой, интуитивно понятный интерфейс.
2. Большой набор возможностей (виджеты, лайтбоксы, шрифты).
3. Возможность создания отдельных версий сайтов для телефонов, планшетов.
4. Возможность адаптации сайта под любой размер монитора без потери функциональных возможностей.
5. Создание «красивых» сайтов с помощью функции parallax.

Но, как у большинства визуальных редакторов, у Adobe Muse есть и недостаток: программа создает слишком громоздкий код, добавляя в него много лишнего.

Список литературы:

1. Самоучитель по редактору Adobe Muse [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rusemuse.ru/>.
2. Руководство для пользователя программы Adobe Muse [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://helpx.adobe.com/ru/muse/get-started.html>.

УДК 004.01

### **Разработка электронного классного журнала**

**А.С. Кошкарёва, Н.И. Прокопенко**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье рассмотрены преимущества использования электронного журнала оценок, приведена инструкция по разработке электронного журнала по физике. Предложен разработанный автором вариант электронного журнала, реализованного в программе MS Excel.

*Ключевые слова:* ученик, учитель, успеваемость, электронный журнал, электронные таблицы, MS Excel.

В соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 декабря 2009 года документы, предоставляемые образовательным учреждениям, должны быть представлены в электронном виде. Для выполне-

ния данного распоряжения были созданы и распространены по школам, в частности, электронные журналы. Но, к сожалению, в наше время остались школы, которые, по тем или иным причинам, не имеют возможности их использовать. Поэтому существует необходимость самостоятельной разработки учителем электронного журнала по своим предметам.

Статья имеет своей целью познакомить будущих учителей с возможностью разработки электронного журнала оценок по учебному предмету «физика» с помощью MS Excel.

## Инструкция по разработке электронного журнала

### 1. Запустите MS Excel и создайте таблицу по образцу:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1																							
2			1 Четверть										2 четверть										
3			1	1	1	2	1	2	1	2	1	2		1	2	1	1	1	1	2			
4	№	Фамилия	2 сен	9 сен	16 сен	23 сен	30 сен	7 окт	14 окт	21 окт	28 окт	1-я четверть	4 ноя	18 ноя	25 ноя	2 дек	9 дек	16 дек	23 дек	2-я четверть	Дата		
5	1	Алексеева		4		4		3			5	4		4		5			4	3	4		
6	2	Андреева				4		3			5	4	5	4			5		4	4	4	2 сен	
7	3	Борисов	н			3		4		4	5	4		4			5		5	5	5	9 сен	
8	4	Голиков		5		5		4			4	4		4		4			5	4	4	16 сен	
9	5	Голщикова				4		5		5	4	4		3					5	4	4	23 сен	

*Пояснение.* Нумеровать фамилии учащихся и вводить даты занятий удобно с помощью режима автозаполнения. Расположить фамилии учащихся по алфавиту поможет команда **Данные – Сортировка**.

Для удобства навигации по журналу столбцы **A** и **B** рекомендуется закрепить. Команда **Вид – Закрепить области – Закрепить первый столбец** позволяет закрепить только один первый столбец. Чтобы закрепить два первых столбца, поступите следующим образом: скройте первый столбец (**A**), закрепите столбец **B**, отобразите столбец **A**. Скрыть (отобразить) столбцы (строки) таблицы поможет команда **Главная – группа Ячейки – Формат – группа Видимость – Скрыть или отобразить**. Перед тем как выполнить команду **Отобразить столбцы** необходимо выделить весь лист Excel – щёлкнуть в верхнем левом углу листа (на пересечении имён столбцов и номеров строк) или перетащить мышью левую границу столбца **B**.

Столбцы таблицы с оценками за контрольные работы и лабораторные работы целесообразно выделить цветом. В данной таблице жёлтым цветом выделены контрольные работы, зелёным – лабораторные работы. В ячейках с датами занятий удобно иметь примечания, напоминающие тему занятия. Со-

здать примечания поможет команда **Рецензирование – Создать примечание**.

Поскольку есть уроки более важные и менее важные, то очевидно, что они должны иметь разное влияние на итоговую оценку за четверть. Поэтому в таблицу введена дополнительная строка, где указан коэффициент, то есть «вес», каждого занятия – это строка **3**.

**2. Рассчитайте итоговую оценку учащихся с учётом коэффициента занятия.**

*Пояснение.* Формула для расчёта итоговой оценки будет иметь вид: **=ОКРУГЛ(СУММПРОИЗВ(C5:K5;C\$3:K\$3)/СЧЁТ(C5:K5;F3;H3;K3);0)**. Введите эту формулу в ячейку **L5** и скопируйте в остальные ячейки столбца **1-я четверть**.

**3. Подсчитайте общее количество пятёрок, четвёрок, троек и двоек учащихся за контрольные работы, за лабораторные работы и за четверть.** Для этого используйте функцию **СЧЁТЕСЛИ**.

*Пояснение.* Общий вид формулы для получения количества, например, пятёрок будет иметь вид: **=СЧЁТЕСЛИ(L5:L24;5)**. По полученным результатам можно построить диаграмму, чтобы получить наглядное представление об успеваемости учащихся класса:



**4. Добавьте в таблицу гиперссылки** (или специальные вставки) на необходимые к уроку материалы: конспект урока, инструкцию по лабораторной работе, цифровой образовательный ресурс и др.

*Пояснение.* Возможность в любой момент урока оперативно открыть нужный материал значительно облегчит проведение урока.

2 четверть					Тема занятия				
25 ноя	2 дек	9 дек	16 дек	23 дек	2-я четверть	Дата	Конспект урока	Проверочная работа	Презе
	5		3	4					
	5		4	4	2 сен	<a href="#">Отчеты\Урок физики.docx</a>	<a href="#">999\Тест кинематика.xlsx</a>	<a href="#">вбораторна</a>	
		5	5	5	9 сен				
4			5	4	16 сен				

5. Добавьте в удобное место текущего листа Excel кнопки, запускающие макросы, скрывающие и открывающие ненужные в данный момент фрагменты таблицы (например, работая во второй четверти, вам не требуется журнал за первую четверть).

Пояснение. Для записи макроса используйте команду Вид – Макросы – Запись макроса, для создания кнопки: Разработчик – Вставить – Элементы управления формы – Кнопка.

25	Ср. значение			4	4	
26		Всего:	"5"	5	7	
27	СкрытьЧ1		"4"	7	7	
28			"3"	6	6	
29	ОткрытьЧ1		"2"	2	0	
31		Итоги первой контрольной работы				
32	СкрытьЧ2					

6. Переименуйте листы таблицы Лист1, Лист2, Лист3, соответственно, в 7 «А» класс, Табель успеваемости, Сводная ведомость:

7 "А" класс	Табель успеваемости	Сводная 7 "А" класса	+
-------------	---------------------	----------------------	---

7. Перейдите на лист Табель успеваемости, создайте таблицу «Табель успеваемости». Табель успеваемости позволяет проводить сортировку записей, делать выборку учащихся, имеющих ту или иную отметку за четверть.

Пояснение. Для удобства создания таблицы в ячейки А2 и С4 введены формулы, осуществляющие связь с ячейками, соответственно, А4 и L5 листа 7 «А» класс. Например, в ячейке С4 записана формула =7 "А" класс!L5, осуществляющая связь с ячейкой L5 листа 7 "А" класс.

Сортировка и выборка записей выполняются командой Данные – группа Сортировка и фильтр.

	A	B	C	D
2	№	Фамилия	Учащиеся обучающиеся на "оценку ..."	
4	1	Алексеева	4	
5	2	Андреева	4	
6	3	Борисов	4	
7	4	Голиков	4	

Сводная ведомость (лист **Сводная ведомость**) имеет вид:

СВЕДЕНИЯ ОБ УСПЕВАЕМОСТИ УЧАЩИХСЯ 7 "А" КЛАССА ПО ФИЗИКЕ ЗА 2017 - 2018 УЧЕБНЫЙ ГОД						
№	Фамилия	По четвертям				Годовая
		I	II	III	IV	
1						
4	1 Алексеева	4	4			4
5	2 Андреева	4	4			4
6	3 Борисов	4	5			4
7	4 Голиков	4	4			4
8	5 Голикова	4	4			4



*Пояснение.* Ячейки столбцов **№**, **Фамилия**, с четвертными отметками связаны формулами с соответствующими ячейками листа 7 «А» класс.

### Выводы

В основе разработки электронного журнала лежала идея сохранения знакомого каждому педагогу внешнего вида традиционного классного журнала. Интуитивно понятный интерфейс позволяет учителям затрачивать минимум времени на заполнение журнала и составление регулярной отчетности.

Создание и использование журнала MS Excel имеет ряд преимуществ:

1. Независимость от Интернета.
2. Доступность программы и простота разработки.



3. Возможность внесения изменений.
4. Автоматизация перерасчёта итоговой оценки.
5. Возможность оперативного получения материалов, подготовленных к уроку.
6. Возможность наглядного представления успеваемости класса.
7. Быстрый анализ успеваемости и посещаемости учащихся.
8. Оперативная подготовка отчетов.
9. Открытость и понятность требований к уровню подготовки ученикам и их родителям.

Список литературы:

1. Карчевский, Е.М. Excel 2010 в примерах [Электронный ресурс] / Е.М. Карчевский, И.Е. Филиппов, И.А.Филиппова. – Режим доступа: [http://kpfu.ru/docs/F154316488/Excel\\_2010.pdf](http://kpfu.ru/docs/F154316488/Excel_2010.pdf).
2. Леонтьев, В. Microsoft Excel 2016. Новейший самоучитель / В. Леонтьев. – М.: Издательство «Э», 2016. – 128 с.
3. Михеева, Е.В. Практикум по информационным технологиям в профессиональной деятельности / Е.В. Михеева. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 256 с.

УДК 004.021, 004.94

**Моделирование одномерных клеточных автоматов  
средствами Borland Delphi 7.0**

**Н.Н. Хромова, Д.И. Лысов**

*Калужский государственный университет имени К.Э.Циолковского, Калуга*

В статье раскрываются понятие и общие правила построения клеточных автоматов, дается алгоритм моделирования одномерных клеточных автоматов и его реализация в среде Borland Delphi 7.0.

*Ключевые слова:* моделирование, клеточный автомат, кодовое число, начальное состояние, состояние клетки, состояние автомата.

Если состояние системы в произвольный момент времени характеризуется лишь ее предыдущим состоянием и набором правил, регламентирующих ее переход, то она называется автоматом.

Клеточный автомат состоит из множества одинаковых компонент; каждая компонента развивается в соответствии с простым набором правил, однако все вместе эти компоненты ведут себя чаще всего очень сложно.

Клеточные автоматы широко применяются для моделирования систем, в которых важную роль играет пространственное взаимодействие между элементами. Существует много примеров таких моделей в биологии, химии, физике и других областях.

Законы развития системы клеточного автомата выражаются единственным набором правил, по которым любая клетка на каждом шаге вычисляет свое новое состояние в момент времени  $k+1$  по состояниям ее близких соседей и состояниям клеток минимальной окрестности в момент времени  $k$ . Если задан подходящий набор правил, то такой простой операционный механизм достаточен для поддержания целой иерархии структур и явлений.

Есть еще ряд ограничений, которыми определяют модели клеточных автоматов. Необходимо учитывать свойства границы поля, поскольку в представляющих реальный интерес моделях такая граница всегда существует. Законы поведения автоматов на границе поля задают отдельными правилами. Одно из самых существенных свойств систем клеточных автоматов: состояния всех клеток изменяются одновременно.

Общие правила построения клеточных автоматов можно сформулировать следующим образом:

1. Состояние клеток дискретно (обычно 0 и 1, но вообще могут быть автоматы и с большим числом состояний).
2. Соседями являются ограниченное число клеток, часто это ближайшие клетки.
3. Правила, задающие динамику развития клеточного автомата, обычно имеют простую функциональную форму и зависят от решаемой проблемы.
4. Клеточный автомат является тактируемой системой, т.е. смена состояний клеток происходит одновременно.

Расположение ячеек в клеточном автомате образует некоторую геометрическую структуру. В большинстве случаев выбирается прямоугольная решетка, состоящая из квадратов. Легко можно построить трехмерную (и даже с большим числом измерений) схему, но гораздо труднее ее себе представить.

Одномерный клеточный автомат состоит из расположенных по прямой цветных клеток. Каждая клетка может принимать некоторое число возможных значений, представленных различными цветами. Эволюция клеточного автомата происходит за ряд шагов, показанных в виде последовательности строк из квадратов; направление развития – сверху вниз.

На каждом шаге состояние клетки определяется состоянием ее и ближайших соседей, например:

$$a_i(t+1) = f(a_{i-1}(t) + a_i(t) + a_{i+1}(t))$$

Если число различных состояний клетки равно трём, то значение в клетке может быть 0 (черная клетка), 1 или 2 и, следовательно, максимальное значение суммы равно шести. Пусть правило развития автомата (кодированное число) таково:

<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
0	1	2	2	1	2	0
<span style="font-size: 2em;">}</span> <b>122120<sub>3</sub></b>						

Для начального состояния 1 2 0 1 1 получим:

0	0	0	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	0	0	0
0	0	2	2	2	2	1	1	2	0	0
0	1	2	0	0	1	2	2	2	1	0

Общее поведение клеточного автомата может быть крайне сложным даже для кодированного числа 010<sub>2</sub>, поэтому наиболее эффективным способом исследования его поведения служит машинный эксперимент.

Нами разработана программа, которая для заданного кодированного числа и начального состояния находит состояние автомата в произвольный момент времени.

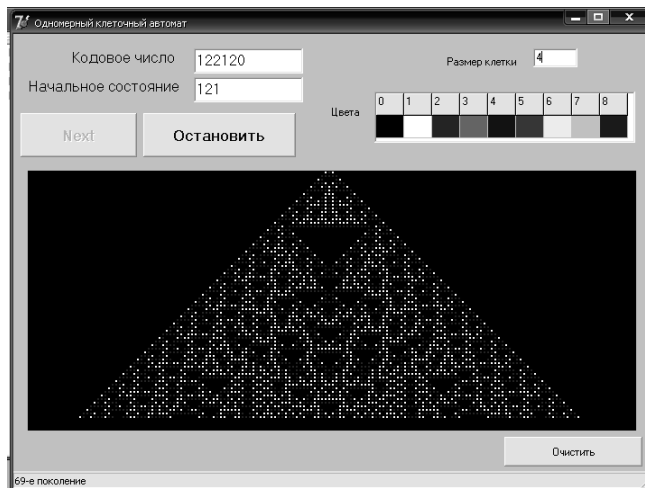


Рисунок 1 – Интерфейс программы

Алгоритм моделирования следующий:

1. Заполняется массив **New** (новое поколение) согласно начальному состоянию. Кодовое число хранится в одномерном массиве **F**, соответствующие цвета клеток заданы в массиве **ColorF**.

2. Прорисовывается текущее состояние ( $n$  – номер состояния,  $n_1$  и  $n_2$  – границы клеточной колонии,  $d$  – радиус клетки,  $k$  – переменная для центрирования рисунка).

```
procedure TForm1.Draw(n:integer);
var i:integer;
begin
  for i:=n1 to n2 do begin
    Image1.Canvas.Brush.Color:=ColorF[New[i]];
    Image1.Canvas.Rectangle((i-1+k)*d, (n-
1)*d, (i+k)*d, n*d);
  end;
end;
```

3. Рассчитывается новое поколение:

1) «старому» значению состояний клеток (массив **Old**) присваивается текущее:

```
Old:=New;
```

2) согласно правилу по предыдущему («старому») значению определяется новое (текущее) значение клеток, т. е. организуется подсчёт суммы значений соседей и предыдущего значения самой клетки;

3) значению клеток ставится в соответствие состояние, определённое кодовым числом:

```
for i:=n1 to n2 do New[i]:=F[Old[i-
1]+Old[i]+Old[i+1]].
```

Программа поддерживает как пошаговый режим развития (кнопка «*Next*»), так и непрерывный расчёт новых поколений и их рисование (кнопка «*Начать/Продолжить/Остановить*»), которые обеспечивает компонент **TTimer**.

Результаты компьютерного моделирования одномерных клеточных автоматов позволяют сделать выводы о том, что бывают как бесконечные автоматы, так и вырождающиеся. У многих клеточных автоматов «живые» клетки чередуются с «мертвыми». Часто клеточные автоматы обладают симметрией.

## **Сравнение языков программирования для мобильной платформы Android**

**В.Ю. Белаш, Н.И. Тараканов**

*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

В статье проводится сравнение популярных языков программирования для мобильной платформы Android и выявление подходящего для изучения языка программирование для начинающих специалистов.

*Ключевые слова:* Android, язык программирования, Java, Kotlin.

Сегодня почти у каждого человека планеты есть персональный мобильный телефон, у многих не один. В связи с таким большим количеством мобильных устройств, на рынке приложений сильно возрос спрос на мобильные приложения. В данный момент на рынке мобильных устройств в основном преобладают устройства на базе платформ Android и IOS. Существует множество языков программирования для написания программ для Android и IOS, но, как начинающему специалисту понять, какой язык лучше? Именно на этот вопрос нам и предстоит ответить.

Цель данной работы: сравнить языки программирования для платформы Android и выявить их плюсы и минусы.

Из большого множества языков программирования для мобильных устройств основными являются Java, C++ – для Android и objective-c, swift – для IOS. Так же существуют кроссплатформенные языки, которые одинаково используют для устройств на операционной системе как android, так и IOS, такие языки как: HTML, CSS, JS (PHONEGAP).

### **Всё о Java и немного о C++ (в рамках Android)**

Программы на Java транслируются в байт-код Java, выполняемый виртуальной машиной Java (JVM) – программой, обрабатывающей байтовый код и передающей инструкции оборудованию как интерпретатор.

Достоинством подобного способа выполнения программ является полная независимость байт-кода от операционной системы и оборудования, что позволяет выполнять Java-приложения на любом устройстве, для которого существует соответствующая виртуальная машина. Другой важной особенностью технологии Java является гибкая система безопасности, в рамках которой исполнение программы полностью контролируется виртуальной машиной. Любые операции, которые превышают установленные полномочия

программы (например, попытка несанкционированного доступа к данным или соединения с другим компьютером), вызывают немедленное прерывание.

Часто к недостаткам концепции виртуальной машины относят снижение производительности. По данным сайта [shootout.alioth.debian.org](http://shootout.alioth.debian.org), для семи разных задач время выполнения на Java составляет в среднем в полтора-два раза больше, чем для C/C++, в некоторых случаях Java быстрее, а в отдельных случаях в 7 раз медленнее. С другой стороны, для большинства из них потребление памяти Java-машиной было в 10-30 раз больше, чем программой на C/C++. Также примечательно исследование, проведенное компанией Google, согласно которому отмечается существенно более низкая производительность и большее потребление памяти в тестовых примерах на Java в сравнении с аналогичными программами на C++.

Java является самым популярным языком программирования для ОС android. Язык Java активно используется для создания мобильных приложений под эту операционную систему. Java свободная платформа с открытым исходным кодом. Java прост в изучении особенно, если хорошо владеешь английским языком. При этом программы компилируются в нестандартный байт-код, для использования их виртуальной машиной ART. Для такой компиляции используется дополнительный инструмент, а именно Android SDK (Software Development Kit), разработанный компанией Google.

Разработку приложений можно вести в среде Android Studio, NetBeans, в среде Eclipse, используя при этом плагин Android Development Tools (ADT), или в IntelliJ IDEA. Версия JDK при этом должна быть 5.0 или выше.

8 декабря 2014 года Android Studio признана компанией Google официальной средой разработки под ОС Android.

### **Всё о Kotlin**

Kotlin (Котлин) – статически типизированный язык программирования, работающий поверх JVM и разрабатываемый компанией JetBrains. Компилируется также в JavaScript и на другие платформы через инфраструктуру LLVM (Low Level Virtual Machine). Язык назван в честь острова Kotlin в Финском заливе, на котором расположен город Кронштадт.

Авторы ставили целью создать язык более лаконичный и типобезопасный, чем Java, и более простой, чем Scala. Следствием упрощения по сравнению со Scala стали также более быстрая компиляция и лучшая поддержка языка в IDE (Integrated Development Environment).

Позиционируется разработчиками как объектно-ориентированный язык промышленного уровня, а также как язык, который сможет заменить Java. При этом язык полностью совместим с Java, что позволяет разработчи-

кам постепенно перейти с Java на Kotlin. В частности, в Android язык встраивается с помощью Gradle, что позволяет для существующего Android-приложения внедрять новые функции на Kotlin без переписывания приложения целиком.

Синтаксис языка похож на Pascal, TypeScript, Scala, C++, Java, C#. При объявлении переменных и параметров типы данных указываются после названия (разделитель – двоеточие). Точка с запятой как разделитель операторов так же необязательна, как в Scala и Groovy; в большинстве случаев перевода строки достаточно, чтобы компилятор понял, что выражение закончилось. Кроме объектно-ориентированного подхода, Kotlin также поддерживает процедурный стиль с использованием функций. Как и в языках C/C++/D, точка входа в программу – функция «main», принимающая массив параметров командной строки. Программы на Kotlin также поддерживают Perl- и Unix/Linux shell-стиль интерполяции строк. Kotlin также поддерживает вывод типов.

Kotlin отлично подходит для разработки приложений для Android, принося все преимущества современного языка на платформу Android без введения каких-либо новых ограничений:

**Совместимость:** Kotlin полностью совместим с JDK 6, гарантируя, что приложения Kotlin могут работать на старых устройствах Android без проблем. Инструмент Kotlin полностью поддерживается в Android Studio и совместим с системой сборки Android.

**Производительность:** приложение Kotlin работает так же быстро, как эквивалент Java, благодаря очень похожей структуре байт-кода. При поддержке Kotlin встроенных функций код с использованием lambdas часто работает даже быстрее, чем тот же код, написанный на Java.

**Взаимодействие:** Kotlin на 100% совместим с Java, позволяя использовать все существующие Android-библиотеки в приложениях Kotlin. Это включает обработку аннотаций, поэтому привязка данных и Dagger тоже работают.

**Малогобаритность:** Kotlin имеет очень компактную библиотеку времени исполнения, которая может быть дополнительно уменьшена за счет использования ProGuard. В реальном приложении, среда выполнения Kotlin добавляет всего несколько сотен методов и менее 100 килобит к размеру файла. apk.

**Время компиляции:** Kotlin поддерживает эффективную инкрементную компиляцию, поэтому, хотя для чистых сборок есть дополнительные наклад-

ные расходы, инкрементные сборки обычно бывают такими же быстрыми или быстрее, чем с Java.

Гибкость: для разработчика Java, начать работу с Kotlin очень легко. Автоматический конвертер Java в Kotlin, включенный в плагин Kotlin, помогает с первыми шагами. Kotlin Koans предлагает руководство по ключевым функциям языка с помощью ряда интерактивных упражнений.

Kotlin был успешно принят крупными компаниями, и некоторые из них поделились своим опытом: Pinterest успешно внедряет Kotlin в свое приложение, используемое 150 миллионами людьми каждый месяц. Android-приложение Basecamp – это 100-процентный код Kotlin, и они сообщают о огромной разнице в счастье программиста и улучшении качества и скорости работы. Приложение KeepSafe App Lock также было преобразовано в 100% Kotlin, что привело к 30% -ному уменьшению количества исходных строк и уменьшению количества методов на 10%.

### **Сравнение Java и Kotlin**

Kotlin решает целый ряд проблем, от которых страдает Java:

- Ссылки на null контролируются системой типов.
- Нет сырых (raw) типов.
- Массивы в Kotlin инвариантны.
- Kotlin имеет правильные функциональные типы и поддерживает их использование вместо SAM-типов из Java.

– Вариативность на месте использования без подстановочных символов (или масок, ориг.: wildcards).

– В Kotlin нет проверяемых исключений.

Что есть в Java, но нет в Kotlin:

- Проверяемые исключения.
- Примитивные типы, которые не являются классами.
- Статические члены.
- Неприватные поля.
- Подстановочные символы (маски, wildcards).

Что есть в Kotlin, но нет в Java:

– Лямбда-выражения + inline-функции = производительные и контролируемые пользовательские структуры.

- Функции-расширения.
- Null-безопасность.
- Умные приведения.
- Строковые шаблоны.
- Свойства.



- Первичный конструктор.
- Делегирование на уровне языка.
- Выведение типа для переменных и свойств.
- Синглтоны на уровне языка.
- Вариативность на уровне объявления и Проекция типов.
- Интервалы.
- Перегрузка операторов.
- Вспомогательные объекты.
- Классы данных.
- Раздельные интерфейсы для изменяемых и неизменяемых коллекций.
- Сопрограммы (корутины).

Гибкость и простота синтаксиса. Простые функции и структуры можно объявить одной строкой. Геттеры и сеттеры задаются за кулисами для интроспективности с Java-кодом. Добавление data-аннотации к классу активирует автоматическую генерацию различных шаблонов.

Null-безопасность. Kotlin не допускает возникновения `NullPointerException`, выдавая ошибку компиляции.

Классы данных (Data Classes). В Kotlin появились специальные классы, предназначенные специально для хранения данных. Они генерируют различные шаблоны: `equals()`, `hashCode()`, `toString()`, геттеры и сеттеры и т.д. Сравните код на Java:

Функции-расширения. Kotlin позволяет расширять функциональность существующих классов, не прибегая к наследованию. Это делается при помощи функций-расширений. Для объявления такой функции к её имени нужно приписать префикс в виде расширяемого типа.

Умные приведения типов. Компилятор Kotlin очень умён, когда речь заходит о приведениях типов. В большинстве случаев не требуется явно указывать операторы приведения, поскольку в языке есть оператор `is`, который делает за вас всю работу.

Вывод типов. В Kotlin необязательно явно указывать тип переменной.

Функциональное программирование. Важно отметить, что Kotlin заточен под функциональное программирование. Он предоставляет большое количество полезных возможностей, например, функции высшего порядка, лямбда-выражения, перегрузку операторов и ленивые вычисления логических выражений.

Сравнение скорости Java и Kotlin. Первая сборка Kotlin-кода занимает примерно на 15-20% больше времени, чем аналогичный процесс на Java. Од-

нако инкрементная сборка Kotlin даже немного быстрее, чем у Java. Таким образом, языки примерно равны по скорости компиляции.

Kotlin – это следующий этап развития Java, с которой он полностью совместим. Это делает его отличным инструментом для мобильных и энтерпрайз-приложений. А поскольку Kotlin теперь является официальным языком Android, можно не бояться, что, изучив его, вы останетесь без работы.

За счет хорошей совместимости с java и возможности заменять старый код постепенно, в будущем Kotlin мог бы стать хорошей заменой java в больших проектах и удобным инструментом для создания небольших проектов с перспективой их развития. Простота языка и его гибкость дает разработчику больше возможностей для написания быстрого, но качественного кода.

### **Заключение**

Kotlin является перспективным языком программирования. Первоначально Kotlin был начат для виртуальной машины Java, но через некоторое время Kotlin эволюционировал в современной статический типизированном языке программирования и Jet Brains команды решил разрешить разработку проекта Multi-платформы в Kotlin.

Идея Kotlin Native является возможность развития Multi-платформы, введенную в Kotlin 1.2.

Kotlin Native компилирует код, написанный в Kotlin для различных двоичных файлов для различных платформ (так Kotlin могут быть использованы для IOS развития, развития на стороне сервера, разработки веб-приложений, Android Development) с использованием LLVM. Средства Kotlin Native позволяет код повторно практичности между различными платформами.

### **Список литературы:**

1. Statically typed programming language for modern multiplatform applications [Electronic resource]. – URL: <http://kotlinlang.org/>.
2. Using Kotlin for Android Development [Electronic resource]. – URL: <http://kotlinlang.org/docs/reference/android-overview.html>.
3. Руководство по языку [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kotlinlang.ru/>.
4. Kotlin. Материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Kotlin>.
5. Java. Материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Java>.

6. О Java [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.java.com/ru/download/faq/index\\_mobile.xml](https://www.java.com/ru/download/faq/index_mobile.xml).
7. New to Java Programming Center [Electronic resource]. – URL: <http://www.oracle.com/technetwork/topics/newtojava/overview/index.html>.

**НАУЧНЫЕ ТРУДЫ**  
**Калужского государственного университета**  
**имени К.Э. Циолковского**

**Серия**  
**ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ**  
**2018**