

Импакт-фактор РИНЦ = 0,641

Журнал издается с 2003 г.  
12 выпусков в год

Электронная версия журнала [top-technologies.ru/ru](http://top-technologies.ru/ru)  
Правила для авторов: [top-technologies.ru/ru/rules/index](http://top-technologies.ru/ru/rules/index)  
Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 70062

*ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР*  
*Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор*  
*Ответственный секретарь редакции*  
*Бизенкова Мария Николаевна*

*РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ*

Бобыкина Ирина Александровна (д.п.н., доцент)  
Бурмистрова Ольга Николаевна (д.т.н., профессор)  
Бутов Александр Юрьевич (д.п.н., профессор)  
Германов Геннадий Николаевич (д.п.н., профессор)  
Грызлов Владимир Сергеевич (д.т.н., профессор)  
Далингер Виктор Алексеевич (д.п.н., профессор)  
Жеребило Татьяна Васильевна (д.п.н., профессор)  
Калмыков Игорь Анатольевич (д.т.н., профессор)  
Клемантович Ирина Павловна (д.п.н., профессор)  
Козлов Олег Александрович (д.п.н., к.т.н., профессор)  
Кохичко Андрей Николаевич (д.п.н., профессор)  
Куликовская Ирина Эдуардовна (д.п.н., профессор)  
Ломазов Вадим Александрович (д.ф.-м.н., доцент)  
Леонтьев Лев Борисович (д.т.н., профессор)  
Марков Константин Константинович (д.п.н., профессор)  
Мишин Владимир Михайлович (д.т.н., к.ф.-м.н., профессор)  
Моисева Людмила Владимировна (д.п.н., к.б.н., профессор)  
Мурашкина Татьяна Ивановна (д.т.н., профессор)  
Никонов Эдуард Германович (д.ф.-м.н., профессор)  
Осипов Юрий Романович (д.т.н., профессор)  
Пшеничкина Валерия Александровна (д.т.н., профессор)  
Рогачев Алексей Фруминович (д.т.н., профессор)  
Скрыпник Олег Николаевич (д.т.н., профессор)  
Снежко Вера Леонидовна (д.т.н., профессор)  
Хода Людмила Дмитриевна (д.п.н., доцент)  
Яблокова Марина Александровна (д.т.н., профессор)

---

Журнал «Современные наукоемкие технологии» зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий, и массовых коммуникаций. **Свидетельство ПИ № ФС 77 – 63399.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

**Импакт-фактор РИНЦ = 0,641.**

**Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.**

Учредитель, издательство и редакция:  
ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Ответственный секретарь редакции –  
Бизенкова Мария Николаевна  
тел. +7 (499) 705-72-30  
E-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать – 23.08.2017  
Дата выхода номера – 23.09.2017

Формат 60×90 1/8  
Типография  
ООО «Научно-издательский центр Академия Естествознания»  
г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка  
Митронова Л.М.  
Корректор  
Галенкина Е.С.

Способ печати – оперативный  
Распространение по свободной цене  
Усл. печ. л. 15,63  
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2017/8  
Подписной индекс 70062

## СОДЕРЖАНИЕ

**Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)**

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ <i>Добровольская Т.А.</i> .....	7
РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО КОРПУСА ЧУВАШСКОГО ЯЗЫКА <i>Желтов В.П., Желтов П.В., Сергеев Е.С.</i> .....	13
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИЩЕННОЙ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ОРГАНИЗАЦИИ В СРЕДЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ CISCO PACKET TRACER 6.2 <i>Кертов К.В., Болиев З.В., Шогенов А.А., Жилоков А.Х., Кучерова В.Ю.</i> .....	19
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ <i>Кремчеева Д.А., Кремчеев Э.А., Грудинин Н.Н.</i> .....	25
РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ УЧАСТИЯ МУНИЦИПАЛИТЕТА В УПРАВЛЕНИИ СИСТЕМОЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА Г. КАМЫШИНА <i>Крушель Е.Г., Бершшева Е.Д.</i> .....	30
ВЫЧИСЛЕНИЕ ЦЕН ОПЦИОНОВ В МОДЕЛЯХ СО СКАЧКАМИ <i>Никоненко Н.Д.</i> .....	35
МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕЖИМОВ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ <i>Осипов Ю.Р., Сеничев В.П.</i> .....	41
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СВАЙ ИЗ ГРУНТА С ПОМОЩЬЮ ОДНОСТВОЛЬНЫХ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ СИСТЕМ <i>Пенский О.Г.</i> .....	46
ОБРАБОТКА РАЗМЕРНОСТИ ПРИЗНАКОВОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ЗАДАЧ КЛАССИФИКАЦИИ МОРСКИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМОЙ <i>Пятакович В.А., Василенко А.М.</i> .....	50
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СРЕДЕ МАТЛАБ <i>Семёнов А.С., Якушев И.А., Егоров А.Н.</i> .....	56
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛИНФЫ С УВЕКСКОГО ГОРОДИЩА <i>Сингатулин Р.А.</i> .....	65
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ РАЗДЕЛЕНИЯ МНОГОФАЗНОЙ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ <i>Тугов В.В.</i> .....	69
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМА БАЙЕСА ДЛЯ БЕЗРАЗБОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ <i>Халиуллин Ф.Х., Халиуллин А.Ф., Ахметзянов И.Р., Гильмутдинов И.И.</i> .....	75
ВЛИЯНИЕ УПРУГОСТИ ТЯГОВОГО ОРГАНА НА ДИНАМИКУ ЭЛЕКТРОПРИВОДА В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ <i>Шабо К.Я.</i> .....	81

**Педагогические науки (13.00.00)**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕМЕНТОВ МОРАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ <i>Арутюнян Т.Г., Лапыгина О.В., Беседина Л.А.</i> .....	89
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ В СИСТЕМЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫХ КАЧЕСТВ БУДУЩИХ БАКАЛАВРОВ СОЦИАЛЬНОЙ РАБОТЫ <i>Вахабова С.А.</i> .....	95
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И РОЛЬ РЕФЛЕКСИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЕЕ ФОРМИРОВАНИИ <i>Камерилова Г.С., Медникова О.Н., Власова О.А., Костенко Г.А.</i> .....	100
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ К ОРГАНИЗАЦИИ ВОЛОНТЕРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗАХ СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ <i>Киселёва И.Н.</i> .....	105
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОЛЕВЫХ КАЧЕСТВ У ПОДРОСТКОВ В ПРОЦЕССЕ ЗАНЯТИЙ СПОРТИВНЫМИ ИГРАМИ <i>Филипченко С.Н., Маторин Д.О.</i> .....	111
ТЕХНОЛОГИИ ВОВЛЕЧЕНИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ В ИННОВАЦИОННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ: ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЛИЧНОСТНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ <i>Фильченкова И.Ф.</i> .....	116
НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ В ФИЛОСОФСКОМ УЧЕНИИ ДЖИДДУ КРИШНАМУРТИ <i>Чепурнова Н.А., Шляхов М.Ю.</i> .....	121

---

**CONTENTS**
**Technical sciences (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)**

PREDICTION OF THE PROPERTIES OF KNITTED CLOTHES BASED ON MATHEMATICAL MODELING WITH THE DESIGN OF LIGHT INDUSTRY PRODUCTS <i>Dobrovolskaya T.A.</i> .....	7
RESULTS OF TESTING THE SOFTWARE OF THE NATIONAL CORPORA OF THE CHUVASH LANGUAGE <i>Zheltev V.P., Zheltev P.V., Sergeev E.S.</i> .....	13
MODELING OF THE PROTECTED LOCAL NETWORK OF THE ORGANIZATION IN THE MEDIA OF IMITATION SIMULATION CISCO PACKET TRACER 6.2 <i>Kertov K.V., Boliev Z.V., Shogenov A.A., Zhilokov A.Kh., Kucherova V.Yu.</i> .....	19
USE OF A QUALITY MANAGEMENT SYSTEM AT THE IRON AND STEEL ENTERPRISE <i>Kremcheeva D.A., Kremcheev E.A., Grudin N.N.</i> .....	25
RESULTS OF COMPUTATIONAL EXPERIMENT TO EVALUATE THE DEGREE OF PARTICIPATION OF MUNICIPALITIES IN THE ADMINISTRATION OF PUBLIC TRANSPORTATION OF KAMYSHIN CITY <i>Krushel E.G., Berisheva E.D.</i> .....	30
CALCULATION OF OPTION PRICES IN MODELS WITH JUMPS <i>Nikonenko N.D.</i> .....	35
THE METHOD OF CALCULATION OF MODES OF HEAT AND HUMIDITY IN THE PROCESSING OF WOOD-CEMENT COMPOSITES <i>Osipov Yu.R., Senichev V.P.</i> .....	41
MATHEMATICAL MODELS OF EXTRACTING THE PILE FROM THE SOIL WITH THE USE OF SINGLE-RELATED ARTILLERIAN SYSTEMS <i>Penskiy O.G.</i> .....	46
REDUCING THE DIMENSIONALITY OF ATTRIBUTE SPACE IN PROBLEMS OF MARINE TECHNICAL OBJECTS CLASSIFICATION BY A NEURAL NETWORK EXPERT SYSTEM <i>Pyatakovich V.A., Vasilenko A.M.</i> .....	50
MATHEMATICAL MODELING OF TECHNICAL SYSTEMS IN THE MATLAB <i>Semenov A.S., Yakushev I.A., Egorov A.N.</i> .....	56
THERMAL AND STRENGTH CHARACTERISTICS OF BRICKS WITH THE UVEK SETTLEMENT <i>Singatulin R.A.</i> .....	65
MANAGE THE PROCESS OF SEPARATION OF A MULTIPHASE MIXTURE USING THE CENTRIFUGAL IMPACT <i>Tugov V.V.</i> .....	69
PECULIARITIES OF USING BAYES 'ALGORITHM FOR UNLESS DIAGNOSTICS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES <i>Khaliullin F.Kh., Khaliullin A.F., Akhmetzyanov I.R., Gilmutdinov I.I.</i> .....	75
INFLUENCE OF THE ELASTICITY OF THE TRACTION BODY ON THE DYNAMICS OF THE ELECTRIC DRIVE IN TRANSIENT MODES <i>Shabo K.Ya.</i> .....	81

---

**Pedagogical sciences (13.00.00)**

PERFECTION OF THE PROCESS OF PHYSICAL EDUCATION OF STUDENTS WITH USING ELEMENTS OF MORAL AND PSYCHOLOGICAL IMPACT <i>Arutyunyan T.G., Lapygina O.V., Besedina L.A.</i> .....	89
PROFESSIONAL STABILITY IN THE SYSTEM OF PROFESSIONALLY IMPORTANT QUALITIES OF FUTURE BACHELORS OF SOCIAL WORK <i>Vakhabova S.A.</i> .....	95
ECOLOGICAL CULTURE AND THE ROLE OF REFLEXIVE ACTIVITY IN ITS FORMATION <i>Kamerilova G.S., Mednikova O.N., Vlasova O.A., Kostenko G.A.</i> .....	100
THE USE OF INNOVATIVE APPROACHES THE ORGANIZATION OF VOLUNTEER ACTIVITIES IN THE UNIVERSITIES OF MODERN RUSSIA <i>Kiseleva I.N.</i> .....	105
FEATURES OF THE FORMATION OF STRONG-WILLED QUALITIES IN ADOLESCENTS IN THE PROCESS OF PLAYING SPORTS GAMES <i>Filipchenko S.N., Matorin D.O.</i> .....	111
TECHNOLOGY INVOLVEMENT OF TEACHERS IN INNOVATIVE ACTIVITY: THE TECHNOLOGY OF FORMATION OF PERSONAL-PROFESSIONAL RESOURCES <i>Filchenkova I.F.</i> .....	116
NEW APPROACHES TO THE SYSTEM OF EDUCATION IN THE PHILOSOPHICAL EXERCISE OF THE JIDU KRISHNAMURTI <i>Chepurnowa N.A., Shlyakhov M.Yu.</i> .....	121

УДК 51-74:687.3

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Добровольская Т.А.**

*ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, e-mail: dobtatiana74@mail.ru*

В статье приведены результаты экспериментальных исследований при определении структурных характеристик трикотажных полотен, их усадки по длине, ширине, поверхностной усадки. Предложен способ автоматизированного определения структурных показателей трикотажных полотен в соответствии с расчетными формулами в программе Microsoft Office Excel. Проведено векторно-матричное моделирование в математическом редакторе MathCad Edition 14. В результате получены математические модели, характеризующие зависимость усадки по длине, ширине, поверхностной усадки от структурных характеристик трикотажных полотен. Предложенные математические модели позволяют установить зависимость величины усадки от комплекса характеристик, прогнозировать величину возможной усадки для различных видов трикотажных полотен, что дает возможность определения обоснованной прибавки при разработке базовой конструкции изделия из трикотажных материалов с конкретными показателями.

**Ключевые слова:** усадка, трикотажные материалы, базовая конструкция, математическая модель, прогнозирование величины усадки, структурные характеристики, автоматизированный расчет, программный продукт, экспериментальные исследования

## PREDICTION OF THE PROPERTIES OF KNITTED CLOTHES BASED ON MATHEMATICAL MODELING WITH THE DESIGN OF LIGHT INDUSTRY PRODUCTS

**Dobrovolskaya T.A.**

*Southwest State University, Kursk, e-mail: dobtatiana74@mail.ru*

The article presents the results of experimental studies in determining the structural characteristics of knitted fabrics, their shrinkage along the length, width, and surface shrinkage. A method for automated determination of structural indicators of knitted fabrics is proposed in accordance with the calculated formulas in the program Microsoft Office Excel. Vector-matrix modeling in the mathematical editor MathCad Edition 14 has been carried out. As a result, mathematical models characterizing the dependence of shrinkage on the length, width, and surface shrinkage on the structural characteristics of knitted fabrics have been obtained. The proposed mathematical models allow us to establish the dependence of shrinkage on a complex of characteristics, to predict the magnitude of possible shrinkage for various types of knitted fabrics, which makes it possible to determine the reasonable increase in the development of the basic design of a product made from knitted materials with specific indicators.

**Keywords:** shrinkage, knitted materials, basic construction, mathematical model, shrinkage prediction, structural characteristics, automated calculation, software product, experimental studies

Повышение эффективности производства и качества изделий легкой промышленности необходимо обеспечивать на этапе проектирования продукции за счет применения научных методов исследования и математического моделирования технологических процессов. Вопросам повышения качества изделий из трикотажных полотен на основе результатов экспериментальных исследований уделяется большое внимание. Так, в работах [1–3] рассмотрены способы решения исследовательских задач для обеспечения качества трикотажных изделий. При конструировании изделий из трикотажных материалов крайне важно учесть величину условно-остаточной деформации и усадки. В статье [4] приведены результаты экспериментальных исследований и разработана на их основе методика расчета конструктивных параметров женских изделий с учетом остаточных деформаций трикотажа. Учет усадки возможен различными способами. Один из них – предусмотреть

необходимую прибавку при расчете базовой конструкции изделия. Для того, чтобы величина прибавки соответствовала величине усадки полотна, следует разработать математическую модель, позволяющую установить зависимость усадки полотен от их свойств структурных характеристик. Данные исследования также будут способствовать развитию ресурсосберегающих технологий, что является весьма актуальной задачей, отраженной в работах [5–6].

**Цель работы** – повышение точности процесса конструирования изделий из трикотажных полотен за счет учета и прогнозирования величины их усадки на основе данных математического моделирования

### **Материалы и методы исследования**

Для исследования влияния структурных характеристик трикотажных полотен на величину усадки были взяты девять образцов трикотажных полиакрилонитрильных (ПАН) полотен.

Режимы испытания

Параметры испытания	Модуль ванны	Температура воды, °С	Масса моющего средства, г/дм <sup>3</sup>	Продолжительность, мин: – без механических воздействий
1	2	3	4	5
С11 – режим ручной стирки	1:30	40 ± 3	3 ± 0,5	10 ± 5
П8 – ванна для полоскания	1:30	21 ± 3	Количество циклов 3	3 ± 0,1
О7 – режим обезвоживания	–	–	–	60 ± 6
В4 – режим высушивания	–	Комнатная температура	–	Не менее 720 мин
Г7 – режим глажения и прессования	–	115 ± 15	–	20 ± 1

Испытания проводились согласно ГОСТ 30157.0-95 и ГОСТ 30157.1-95, в соответствии с которыми был выбран режим испытания С<sub>11</sub>П<sub>8</sub>О<sub>7</sub>В<sub>4</sub>Г<sub>7</sub>.

Режимы испытания представлены в таблице.

Программа проведения исследования включает следующие этапы:

- подготовка образцов;
- проведение исследования;
- обработка данных и определение усадки;

– определение структурных характеристик трикотажных полотен;

– получение математической модели зависимости усадки от характеристик трикотажных материалов.

Проведение эксперимента осуществлялось в соответствии с выбранными режимами испытаний, представленных в таблице. В результате для различных образцов была определена: усадка линейная по длине  $U_d$  и ширине  $U_{ш}$ , поверхностная  $U_s$  и объемная  $U_v$  усадка.

Определение структурных характеристик трикотажных полотен проводилось в соответствии с методикой, изложенной в [7]. Для обеспечения автоматического расчета структурных характеристик трикотажных полотен была разработана информационная технология их определения с использованием электронных таблиц Microsoft Office Excel [8]. На рис. 1 представлены фрагменты определения структурных характеристик трикотажных полотен в программе Microsoft Office Excel

После определения структурных характеристик экспериментальным путем и в автоматизированном режиме в разработанной программе, а также значений усадки, полученных в ходе проведения эксперимента, было проведено математическое моделирование.

Для построения математической модели зависимости усадки от структурных ха-

рактеристик трикотажных полотен в работе был использован многомерный регрессионный анализ [9]. В матричной форме многомерная регрессионная модель имеет вид

$$Y = X \times B + \varepsilon, \quad (1)$$

где  $X$  – матрица входных параметров;  $Y$  – вектор-столбец выходных параметров;  $B$  – вектор-столбец неизвестных коэффициентов;  $\varepsilon$  – вектор-столбец случайных «ошибок».

Неизвестные коэффициенты находятся методом наименьших квадратов при условии минимизации скалярной суммы квадратов по компонентам вектора  $B$ :  $Q = (Y - X \times B)^T (Y - X \times B) \rightarrow \min$ . Решая это уравнение, получаем выражение для нахождения неизвестных коэффициентов в матричном виде:

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y. \quad (2)$$

В качестве факторов были выбраны:  $X_1$  – поверхностная плотность материала;  $X_2$  – линейное заполнение пряжи;  $X_3$  – линейное заполнение по горизонтали;  $X_4$  – линейное заполнение по вертикали;  $X_5$  – поверхностное заполнение. В качестве параметров оптимизации:  $Y_1$  – усадка по длине;  $Y_2$  – усадка по ширине;  $Y_3$  – поверхностная усадка.

Построение многомерной регрессионной математической модели проводилось в программе Mathcad в соответствии со следующими этапами:

1. Ввод исходных данных.
2. Определение математических ожиданий и средних квадратических отклонений.
3. Нормирование параметров.
4. Построение математических моделей зависимости усадки по длине, усадки по ширине и поверхностной усадки от структурных характеристик трикотажных полотен.
5. Проверка адекватности математических моделей.

Библиотека функций									
M11 $f_x = 2 * K11 * F11$									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	
№ образца	Вид переплетения	Масса образца, г	Толщина, мм	Поверхностная плотность, М, кг/м <sup>2</sup>	Число петельных столбиков по горизонтали, Пг	Число петельных столбиков по вертикали, Пв	Петельный шаг, А, мм	Высота петельного ряда, В, мм	
1	2	3	4	5			6	7	
5	1	3,685	1,1	=C5*1000000/(100*100)	40	50	=100/F5	=100/G5	
6	2	1,525	0,5	=C6*1000000/(100*100)	105	155	=100/F6	=100/G6	
7	3	2,87	1,2	=C7*1000000/(100*100)	89	64	=100/F7	=100/G7	
8	4	3,71	1,4	=C8*1000000/(100*100)	68	46	=100/F8	=100/G8	
9	5	4,04	1,5	=C9*1000000/(100*100)	68	46	=100/F9	=100/G9	
10	6	3,275	1,1	=C10*1000000/(100*100)	110	95	=100/F10	=100/G10	
11	7	2,925	1,2	=C11*1000000/(100*100)	95	60	=100/F11	=100/G11	
12	8	4,245	1,3	=C12*1000000/(100*100)	72	48	=100/F12	=100/G12	
13	9	4,135	1,5	=C13*1000000/(100*100)	64	48	=100/F13	=100/G13	

а

J	K	L	M	N	O
Линейная плотность, Т	Расчетный диаметр нити, Ф, мм	Длина нити в петле, мм	Линейное заполнение, %		Поверхностное заполнение Е <sub>к</sub> , %
			Е <sub>г</sub>	Е <sub>в</sub>	
9	10		11	12	
31*2	=0,0357*КОРЕНЬ(62/0,8)	=1,57*H5+2*I5+3,14*K5	=2*K5*F5	=K5*G5	=100*(K5*L5-4*K5^2)/(H5*I5)
28	=0,0357*КОРЕНЬ(J6/0,8)	=1,57*H6+2*I6+3,14*K6	=2*K6*F6	=K6*G6	=100*(K6*L6-4*K6^2)/(H6*I6)
28	=0,0357*КОРЕНЬ(J7/0,8)	=1,57*H7+2*I7+3,14*K7	=2*K7*F7	=K7*G7	=100*(K7*L7-4*K7^2)/(H7*I7)
28	=0,0357*КОРЕНЬ(J8/0,8)	=1,57*H8+2*I8+3,14*K8	=2*K8*F8	=K8*G8	=100*(K8*L8-4*K8^2)/(H8*I8)
25	=0,0357*КОРЕНЬ(J9/0,8)	=1,57*H9+2*I9+3,14*K9	=2*K9*F9	=K9*G9	=100*(K9*L9-4*K9^2)/(H9*I9)
26	=0,0357*КОРЕНЬ(J10/0,8)	=1,57*H10+2*I10+3,14*K	=2*K10*F10	=K10*G10	=100*(K10*L10-4*K10^2)/(H10*I10)
28	=0,0357*КОРЕНЬ(J11/0,8)	=1,57*H11+2*I11+3,14*K	=2*K11*F11	=K11*G11	=100*(K11*L11-4*K11^2)/(H11*I11)
31	=0,0357*КОРЕНЬ(J12/0,8)	=1,57*H12+2*I12+3,14*K	=2*K12*F12	=K12*G12	=100*(K12*L12-4*K12^2)/(H12*I12)
33	=0,0357*КОРЕНЬ(J13/0,8)	=1,57*H13+2*I13+3,14*K	=2*K13*F13	=K13*G13	=100*(K13*L13-4*K13^2)/(H13*I13)

б

Рис. 1. Фрагменты электронной таблицы определения структурных характеристик трикотажных полотен

Фрагмент программы построения многомерных математических моделей в системе Mathcad на этапе ввода данных и начальной математической обработки представлен на рис. 2.

Фрагмент программы построения многомерных математических моделей в системе Mathcad на этапе нормирования показателей и получения коэффициентов регрессии представлен на рис. 3.

Mathcad - [Мат.модель]

File Edit View Insert Format Tools Symbolics Window Help

Normal Arial 12 B I U

### Построение математической многомерной регрессионной модели

1. Ввод исходных данных

$i := 0..8$

$M_{s_i} :=$	$T_i :=$	$E_{g_i} :=$	$E_{v_i} :=$	$E_{s_i} :=$	$Y_{d_i} :=$	$Y_{sh_i} :=$	$Y_{s_i} :=$
368.5	62	23.14	15.71	48.11	2.15	2.1	3.9
152.5	28	44.35	32.74	89.51	5	2.15	6.9
287	28	37.59	13.52	56.63	2.1	2.02	3.9
371	28	28.72	9.72	42.78	2.7	2.2	3.9
404	25	27.14	9.18	40.48	2.55	2.15	4.9
327.5	26	44.77	19.33	71.41	1.8	1.66	3.9
292.5	28	40.13	12.67	57.84	2	1.85	4.9
424.5	31	32.0	10.67	47.28	2.3	2.04	4.9
413.5	33	29.35	11.01	45.24	2.4	2	4.9

2. Определение математических ожиданий

$M(M_s) := \text{mean}(M_s)$      $M(T) := \text{mean}(T)$

$M(M_s) = 337.889$      $M(T) = 32.111$

Рис. 2. Фрагмент программы на этапе ввода данных и определения статистических характеристик

Mathcad - [Мат.модель]

File Edit View Insert Format Tools Symbolics Window Help

Normal Arial 12 B I U

### 4. Нормирование параметров

$$M_{ss_i} := \frac{M_{s_i}}{\text{St}(M_s)} \quad T_{s_i} := \frac{T_i}{\text{St}(T)}$$

$$E_{gs_i} := \frac{E_{g_i}}{\text{St}(E_g)} \quad E_{vs_i} := \frac{E_{v_i}}{\text{St}(E_v)} \quad E_{ss_i} := \frac{E_{s_i}}{\text{St}(E_s)}$$

$$Y_{ds_i} := \frac{Y_{d_i}}{\text{St}(Y_d)} \quad Y_{shs_i} := \frac{Y_{sh_i}}{\text{St}(Y_{sh})} \quad Y_{ss_i} := \frac{Y_{s_i}}{\text{St}(Y_s)}$$

### 5. Построение математических моделей

$X1 := \text{augment}(M_{ss}, T_s)$      $X2 := \text{augment}(M_{ss}, T_s)$      $X3 := \text{augment}(M_{ss}, T_s)$

$X1 := \text{augment}(X1, E_{gs})$      $X2 := \text{augment}(X2, E_{vs})$      $X3 := \text{augment}(X3, E_{ss})$

$d := 1$

$XN_{1,0} := d$

$X1 := \text{augment}(XN, X1)$

$X2 := \text{augment}(XN, X2)$

$X3 := \text{augment}(XN, X3)$

### 5.1. Усадка по длине

$+$

$$A_d := (X1^T \cdot X1)^{-1} \cdot X1^T \cdot Y_d$$

$$A_d = \begin{pmatrix} 11.653 \\ -1.092 \\ -0.356 \\ -0.752 \end{pmatrix}$$

Рис. 3. Фрагмент программы построения математической модели

**Результаты исследования  
и их обсуждение**

Таким образом, в работе для определения структурных характеристик трикотажных полотен с использованием программы Microsoft Office Excel была сформирована электронная таблица, представленная на рис. 4.

В колонки, выделенные желтым цветом, заносятся показатели полотен, определенные экспериментальным путем.

В колонках, выделенных зеленым цветом, происходит автоматический расчет характеристик трикотажных полотен по заранее внесенным формулам в соответствующие ячейки электронной таблицы.

В результате проведения компьютерного моделирования в программе Mathcad были получены следующие математические модели:

$$U_1 = 1,653 - 1,091X_1 - 0,356X_2 - 0,752X_3; \quad (3)$$

$$U_2 = 2,111 - 0,031X_1 + 0,037X_2 - 0,035X_4; \quad (4)$$

$$U_3 = 4,886 - 0,218X_1 - 0,138X_2 + 0,3X_5. \quad (5)$$

В работе предложен автоматизированный способ расчета прогнозируемой величины усадки с использованием разработанной электронной таблицы, представленной на рис. 4. Так, в соответствующие ячейки, выделенные сиреневым цветом, занесены математические модели согласно формулам (3–5). При изменении характеристик трикотажных полотен происходит определение усадки автоматически.

**Выводы**

Анализ математических моделей показал:

– в математической модели (3), характеризующей зависимость усадки по длине от характеристик трикотажа, наиболее значимым является коэффициент при факторе X3 – линейное заполнение по горизонтали. При этом при увеличении линейного заполнения по горизонтали усадка уменьшается, что соответствует изложенным в литературе сведениям о том, что увеличение числа петель на 100 мм снижает усадку, поскольку линейное заполнение напрямую зависит от числа петельных столбиков по горизонтали;

– в математической модели (4), характеризующей зависимость усадки по ширине от характеристик трикотажа наиболее значимым является коэффициент при факторе X4 – линейная плотность пряжи, при этом при увеличении линейной плотности усадка по ширине увеличивается, что также соответствует известному факту: при увеличении толщины нитей размеры полотна увеличиваются в направлении, перпендикулярном его поверхности;

– в математической модели (5), характеризующей зависимость поверхностной усадки от характеристик трикотажа, наиболее значимым является коэффициент при факторе X5 – поверхностное заполнение, при этом при увеличении поверхностного заполнения, поверхностная усадка увеличивается, что также согласуется с известными сведениями: с увеличением длины петли изменение размеров по длине возрастает, поскольку величина поверхностного заполнения находится в прямой зависимости от длины петли.

№ образца	Вид переплетения	C Масса образца, г	D Толщина, мм	E Поверхностная плотность, М, г/м <sup>2</sup>	F Число петельных столбиков по	G Число петельных столбиков по	H Петельный шаг I, А, мм	I Высота петельного ряда,	J Линейная плотность, Т	K Расчетный диаметр нити, φ, мм	L Длина нити в петле, мм	M Линейное заполнение, %		N Поверхностное заполнение E <sub>в</sub> , %	O Усадка, %		
												P E <sub>г</sub>	Q E <sub>в</sub>		R U <sub>д</sub>	S U <sub>ш</sub>	T U <sub>с</sub>
1	Кулирная гладь	3,7	1	368,5	40	50	2,50	2,00	31*2	0,314	8,912	25,14	15,71	48,11	2,15	2,1	3,9
2	Кулирная гладь	1,5	1	152,5	105	155	0,95	0,65	28	0,211	3,449	44,35	32,74	89,51	5	2,15	6,9
3	Интерлок	2,9	1	287	89	64	1,12	1,56	28	0,211	5,552	37,59	13,52	56,63	2,1	2,02	3,9
4	Ластик	3,7	1	371	68	46	1,47	2,17	28	0,211	7,320	28,72	9,72	42,78	2,7	2,2	3,9
5	Ластик	4	2	404	68	46	1,47	2,17	25	0,200	7,283	27,14	9,18	40,48	2,55	2,15	4,9
6	Интерлок	3,3	1	327,5	110	95	0,91	1,05	26	0,204	4,172	44,77	19,33	71,41	1,8	1,6	3,9
7	Комбинир. на базе ластик	2,9	1	292,5	95	60	1,05	1,67	28	0,211	5,649	40,13	12,67	57,84	2	1,85	4,9
8	Комбинир. на базе интерлок	4,2	1	424,5	72	48	1,39	2,08	31	0,222	7,045	32,00	10,67	47,28	2,3	2,04	4,9
9	Комбинир. на базе ластик	4,1	2	413,5	64	48	1,56	2,08	33	0,229	7,340	29,35	11,01	45,24	2,4	2	4,9

Рис. 4. Электронная таблица расчета структурных характеристик трикотажных полотен

Полученные математические модели позволяют установить зависимость величины усадки от комплекса характеристик: поверхностной плотности, линейной плотности пряжи, величин линейного и поверхностного заполнения, которые в свою очередь учитывают такие характеристики, как число петельных столбиков и петельных рядов, диаметр нити, длина нити в петле. Данные математические модели позволят прогнозировать величину возможной усадки в зависимости от структурных характеристик трикотажных полотен, с учетом которой при конструировании уточняются необходимые прибавки.

#### Список литературы

1. Шеромова И.А., Дремлюга О.А., Железняков А.С. Проблемы повышения качества швейно-трикотажных изделий // Швейная промышленность. – 2012. – № 6. – С. 29–30.
2. Кушнарева В.А., Веретено А.В., Железняков А.С. Исследование степени влияния производственно-технологических факторов на качество кроеных трикотажных изделий // Швейная промышленность. – 2011. – № 2. – С. 36–37.
3. Данилова С.А. К вопросу об эффективности прогнозирования свойств швейных изделий на этапе конфекционирования // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии. – 2012. – № 2–1. – С. 261–266.
4. Коваленко Е.В., Кучеренко О.А., Горбачевская М.С. Проектирование изделий из неэластичных трикотажных полотен // Швейная промышленность. – 2012. – № 3. – С. 42–43.
5. Травкина Н.Н. Выбор оптимальных режимов изготовления швейных изделий из современных текстильных материалов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологий и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. – 2015. – № 4. – С. 85–87.
6. Травкина Н.Н. Перспективные направления ресурсосбережения в производстве и отделке швейных изделий // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии. – 2012. – № 2–1. – С. 270–274.
7. Бузов Б.А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство) / под ред. Б.А. Бузова. – М.: Академия, 2008. – 448 с.
8. Добровольская Т.А. Информационные технологии в легкой промышленности / Т.А. Добровольская. – Курск: ЮЗГУ, 2012. – 150 с.
9. Данилов Н.Н. Математическое моделирование / Н.Н. Данилов. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2014. – 98 с.

УДК 004.912: 811.512.111

## РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО КОРПУСА ЧУВАШСКОГО ЯЗЫКА

**Желтов В.П., Желтов П.В., Сергеев Е.С.**

*ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары,  
e-mail: akaevgeniy@rambler.ru*

В статье рассматриваются вопросы тестирования и отладки программного комплекса национального корпуса чувашского языка. Приводятся результаты тестирования морфологического и синтаксического анализатора чувашского языка. Тестирование производилось по двум основным направлениям: проверка корректности работы системы и быстродействие программного обеспечения. При тестировании морфологического анализатора в качестве входной информации использовались слова с несколькими значениями, слова-исключения, слова с максимальным количеством букв и т.д. Синтаксический анализатор протестирован на предмет нахождения некорректного разбора простых и сложных предложений. Во всех случаях программа производила точный анализ с правильным определением всех характеристик слова с учетом части речи, типов предложения, основ предложения и др. показателей. Основные результаты проиллюстрированы в виде экранных форм и сведены в таблицу тестирования. Быстродействие системы проверялось при помощи встроенного класса Stopwatch среды Visual Studio. Слова с максимальным количеством букв обрабатываются не более чем за 3 миллисекунды. Процесс анализа простого и сложного предложения при помощи настоящего программного обеспечения по продолжительности практически не отличается, завершается за 3–4 миллисекунды.

**Ключевые слова:** тестирование, морфологический анализ, компьютерная лингвистика, лингвопроцессор, чувашский язык, синтаксический анализ, лингвистический корпус

## RESULTS OF TESTING THE SOFTWARE OF THE NATIONAL CORPORA OF THE CHUVASH LANGUAGE

**Zhelтов V.P., Zheltov P.V., Sergeev E.S.**

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Chuvash State University  
named after I.N. Ulyanov», Cheboksary, e-mail: akaevgeniy@rambler.ru*

The article discusses the testing and debugging of the software package of the national hull of the Chuvash language. The results of testing the morphological and syntactic analyzer of the Chuvash language are presented. The testing was carried out in two main directions: checking the correctness of the system and the speed of the software. When testing the morphological analyzer, words with several meanings, words-exceptions, long words, etc., were used as input information. The parser has been tested to find an incorrect analysis of simple and complex sentences. In all cases, the program produced an accurate analysis with the correct definition of all the characteristics of the word, taking into account the part of speech, the types of supply, the fundamentals of the proposal, and other indicators. The main results are illustrated in the form of screen forms and are summarized in the test table. The speed of the system was checked using the built-in Stopwatch class of Visual Studio. The longest words are processed no more than 3 milliseconds. The process of analyzing a simple and complex sentence with the help of this software for the duration is practically the same, ending in 3–4 milliseconds.

**Keywords:** testing, morphological analysis, computer linguistics, linguoprocessor, Chuvash language, syntactic analysis, linguistic corpus

Морфологический и синтаксический анализ естественного языка, как важные составляющие компьютерных лингвистических систем, необходимы для реализации механизма поиска, обслуживания национального корпуса языка, представления в качестве выходных данных морфологических и синтаксических составляющих текста (входной информации) [1–3].

В настоящей статье рассматриваются вопросы тестирования разработанного программного обеспечения национального корпуса чувашского языка, представляющего собой лингвопроцессор. На этапе проектирования морфологического и синтаксического анализатора выявлены характерные особенности чувашского языка, обработку

которых необходимо реализовать в программном обеспечении (ПО) для корректности работы ПО [4]. Исходными целями разработки лингвопроцессора являются реализация морфологического анализа слов (соответствие лексико-грамматического класса), синтаксического анализа простых и сложных предложений чувашского языка [5, 6]. Морфологический анализатор национального корпуса чувашского языка реализован на основе теории, изложенной в [7, с. 83–87; 8, с. 120–123, и включает в себя следующие компоненты:

1. dll-библиотеку, содержащую морфологический анализатор и реализованную на языке C# с использованием платформы .NET Microsoft.

2. Вкладку «Морфологический анализатор» на сайте национального корпуса чувашского языка (<http://yuman21.ru/Morf>).

Вкладка «Морфологический анализатор» содержит следующие элементы пользовательского интерфейса:

1) текстовое поле для ввода анализируемого слова на чувашском языке с кнопками для ввода специальных чувашских символов (ӓ, ӕ, ӧ, ӧ̄);

2) кнопку «Анализ», расположенную рядом с текстовым полем.

Морфологический анализатор, реализованный офлайн, содержит окно отображения результатов морфологического анализа как для отдельно введенного слова или фразы, так и возможность вставлять текст для анализа в специальном поле текстового ввода.

База данных морфологического анализатора состоит из словаря основ чувашского языка и базы аффиксов.

Словарь представляет собой текстовый файл, в котором слова представлены следующим образом: слово, часть речи, информация об источнике. В нем собрано более тридцати одной тысячи слов чувашского языка.

Процесс морфологического анализа разделен на два этапа. На первом этапе слово в исходной форме ищется в словаре основ. Грамматические характеристики в данном случае определяются по умолчанию в зависимости от части речи. На втором этапе производится непосредственный анализ слова, разбиение его на пары «корень-аффиксы» и извлечение характеристик. Оба этапа возвращают произвольное количество омонимов в зависимости от найденных совпадений. При отсутствии совпадений слово возвращается с «неопределенными» характеристиками.

Прямой поиск входного слова в словаре основ выполняет функция `SearchInDictionaries`.

Второй этап реализован в функции `DetermineOnYourOwn`. Исходное слово подвергается пошаговому разбиению на аффиксы и происходит исследование на основе выделения его компонент (основы и аффиксов) на предмет принадлежности к какой-либо части речи.

Основной задачей синтаксического блока лингвистического процессора (ЛП) является преобразование морфологической структуры (МорфС) предложения, поступающей с выхода морфологического блока, в синтаксическую структуру (СинтС). Синтаксический анализатор национального корпуса чувашского языка реализован на основе теории, изложенной

в [9, с. 91–99]. Так как МорфС предложения состоит из МорфС отдельных словоформ, то переход от МорфС предложения к его СинтС осуществляется путем установления синтаксических связей между МорфС слов и между самими связями. При этом МорфС отдельных словоформ служат для установления этих связей или, как принято их называть в компьютерной лингвистике, отношений. Поэтому от того, какую модель данных для представления СинтС мы примем за основу, будет зависеть эффективность работы синтаксического блока ЛП. Структура синтаксического анализатора состоит из следующих 10 классов:

`SyntParser.cs` – основной класс. Содержит поля и методы для работы с библиотекой.

1. `MainWork.cs` – класс, который отвечает за определение характеристик предложения.

2. `AttributesDeterminer.cs` – класс, который предоставляет основные методы по анализу предложений. Объединяет все полученные данные под одним объектом.

3. `AttrDeterHelper.cs` – вспомогательный класс класса `AttributesDeterminer`.

4. `Combinator.cs` – класс, который на основе входного предложения формирует всевозможные вариации предложения.

5. `Helper.cs` – класс, в котором собраны общие вспомогательные функции.

6. `BorderingWork.cs` – класс, который отвечает за определение границ простых предложений в сложном.

7. `Relations.cs` – класс, отвечающий за определение отношений (связей) между словами.

8. `GraphMaker.cs` – класс, который формирует граф на основе выявленных отношений.

9. `SyntConstants.cs` – класс синтаксических констант, используемых в проекте.

Разработанная библиотека выполняет следующие действия:

1. Определение подлежащих и сказуемых предложения.

2. Определение границ простых предложений.

3. Определение связей между словосочетаниями.

4. Визуализация выявленных связей.

5. Возможность вывода результатов в файл.

6. Режим логгирования для удобной отладки.

Определение корректности и соответствия результатов исходным данным возможно при комплексном тестировании программного обеспечения с использованием форм с характерными особенностями и исключениями в качестве входной информации [10].

Комплексное тестирование необходимо для нахождения несоответствий системы ее исходным целям. Разработанное ПО, благодаря дружественному интерфейсу, позволяет даже неопытному пользователю быстро разобраться в принципе работы системы. Главные пункты тестирования:

1. Корректность морфологического и синтаксического анализа.

2. Быстродействие программы.

Для контроля корректности анализа на вход приложения поступили слова с несколькими значениями, слова-исключения, слова с максимальным количеством букв и т.д. Далее приводятся основные направления тестирования на конкретных примерах, в статье они обозначены отдельными пунктами, результаты приведены на рисунках и в таблицах.

1. Слово «сурё» верно распознано. Лингвопроцессор вернул все три значения

слова. Существительное «сур + ё» (его сруб), глагол в будущем времени «сур+ё» (порубит), глагол в прошлом времени «су + р + ё» (помыл). Морфологические характеристики также отмечены верно (рис. 1). В программе реализовано представление нескольких значений слова, доступ к которым пользователь получает при помощи переключателя, на рис. 1 переключатель активировал позицию «1/3», данная позиция соответствует первому значению слова, последующие два значения слова определены системой корректно. Основные результаты тестирования сведены в табл. 1, в скобках указаны значения слов.

2. Слово «велосипедлисемпехчё» (был с велосипедными же) с шестью аффиксами протестировано корректно. Грамматические характеристики определены правильно, включая описание аффиксов (табл. 1).

Таблица 1

Результаты тестирования морфологического анализатора

Слово	Часть речи	Корень	Аффиксы	Падеж	Время	Число	Лицо
сурё (его сруб)	имя существительное	сур	ё	основной	–	единственное	3е
сурё (порубит)	глагол	сур	ё	–	будущее	единственное	3е
сурё (помыл)	глагол	су	р   ё	–	прошлое	единственное	3е
велосипедлисемпехчё-и? (был с велосипедными же)	прилагательное	велосипед	ли   сем   пехчё   -и	творительный	прошлое	множественное	–
сурям	имя существительное	суря	м	основной	–	единственное	1е
сурям	глагол	су	р   ям	–	прошлое	единственное	1е

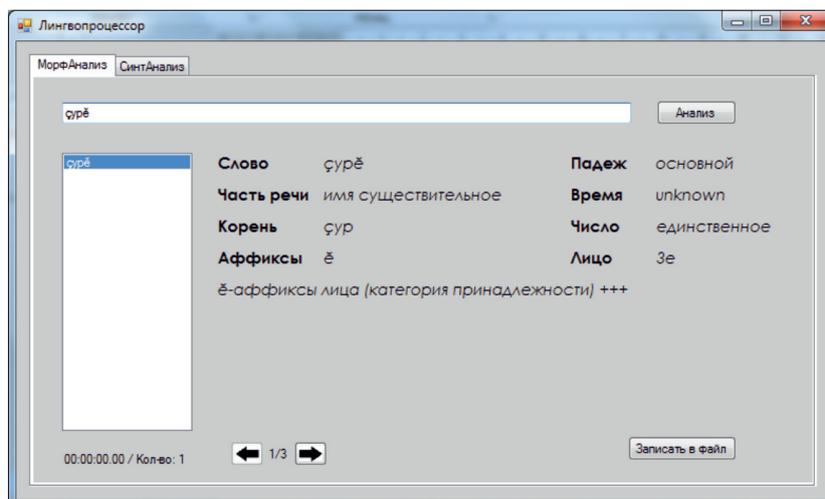


Рис. 1. Окно результатов анализа слова

3. Анализ слова «сурѣм» также верно дал результаты: существительное «сурѣ + м» и глагол в прошлом времени «су + р + ѣм».

Быстродействие оценивается средствами самого языка программирования C#. Класс Stopwatch предоставляет набор функций и свойств, которые можно использовать для точного измерения затраченного времени. Необходимо точно измерить время потраченное на анализ одного слова, нескольких слов, большого текста. В случае с синтаксическим анализатором интересует скорость анализа предложения простого и сложного [11].

В результате тестирования сделаны следующие выводы. Слова с максимальным количеством букв обрабатываются не более чем за 3 миллисекунды. 10 слов с разным количеством букв в среднем об-

рабатываются лингвопроцессором менее чем за 7 миллисекунд (рис. 2). Результаты анализа 100 слов с различным количеством букв следующие: система произвела анализ за 36 миллисекунд (рис. 3).

4. Анализ простого предложения «Ачасем паян шула каяймарѣс!» завершился за 4 миллисекунды. Полученные результаты оказались корректными: типы, главные члены определены верно, граф сформировался согласно полученным связям.

5. Анализ сложного предложения. Выявлены все простые предложения, тип установлен верно, граф сформирован корректно. Время работы со сложным предложением практически не отличается от анализа простого: 3 миллисекунды (рис. 4). Результаты тестирования простых и сложных предложений сведены в табл. 2.

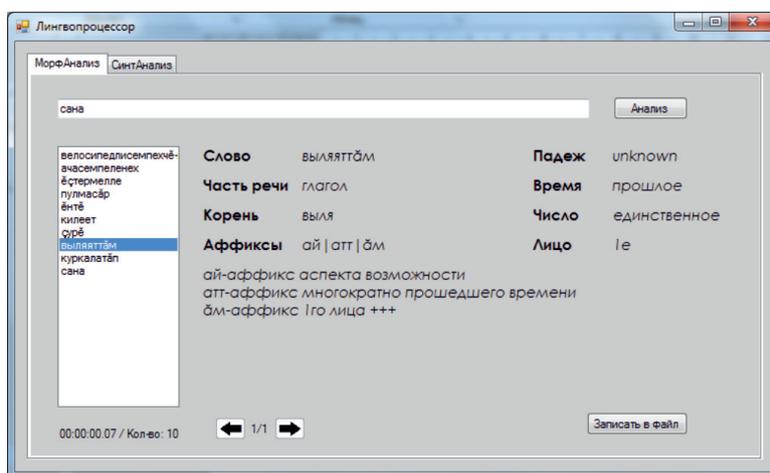


Рис. 2. Окно результатов анализа десяти слов

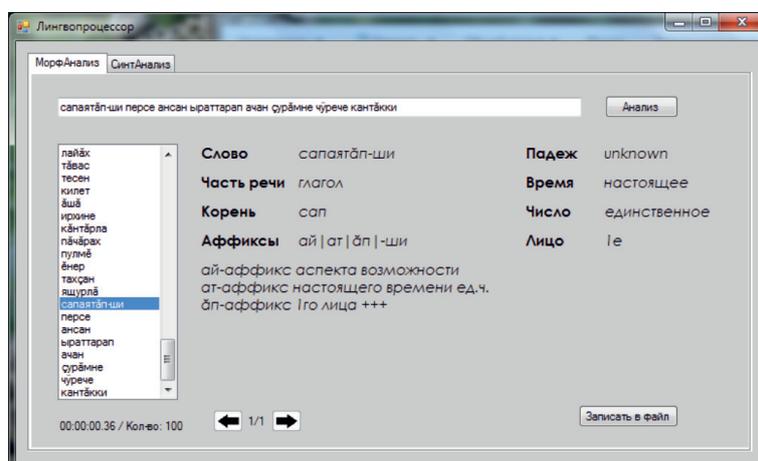


Рис. 3. Окно результатов анализа ста слов

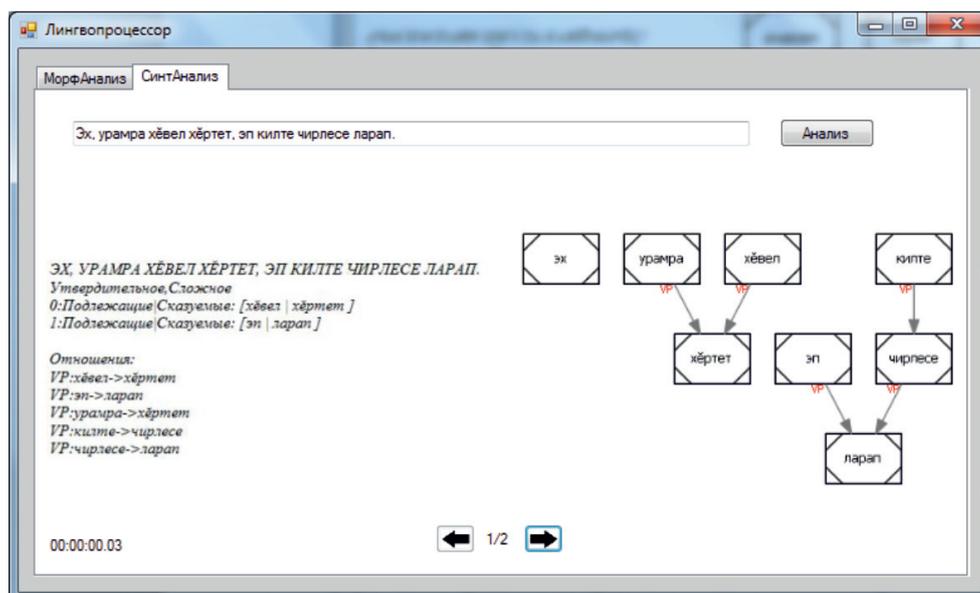


Рис. 4. Окно результатов анализа сложного предложения

Таблица 2

Результаты тестирования синтаксического анализатора

Предложение	Тип предложения, Подлежащее Сказуемое	Отношения
Ачасем паян шула каяймарёс!	Восклицательное, простое 0:Подлежащее Сказуемое: [ачасем каяймарёс]	VP: ачасем -> каяймарёс VP: паян -> каяймарёс VP: шула -> каяймарёс
Эх! Урамра хёвел хёртет, эп килте чирлесе ларап	Утвердительное, сложное 0:Подлежащее Сказуемое: [хёвел   хёртет] 1:Подлежащее Сказуемое: [эп   ларап]	VP: хёвел -> хёртет VP: эп -> ларап VP: урамра -> хёртет VP: килте -> чирлесе VP: чирлесе -> ларап

Таблица 3

Результаты тестирования быстродействия системы

Входная информация	Значение	Результаты
Слово с минимальным количеством букв	ача	1 миллисекунда
Слово с максимальным количеством букв	велосипедлисепехчэ	3 миллисекунды
10 слов	10 слов разной длины	7 миллисекунд
100 слов	100 слов разной длины	36 миллисекунд
Простое предложение	Ачасем паян шула каяймарёс!	4 миллисекунды
Сложное предложение	Эх! Урамра хёвел хёртет, эп килте чирлесе ларап.	3 миллисекунды

Во время тестирования никаких программных ошибок не выявлено. Нажатие по кнопке «Анализ» при пустой строке входных данных не выкидывает исключений. Кнопка «Записать в файл» доступна только при наличии слов в левой колонке. Изображения всех вариаций графов и информации о предложении успешно создавались и отображались. Результаты тестирования системы на быстродействие сведены в табл. 3. Как видно из таблицы, время работы с про-

стым или сложным предложением не превышает 3–4 миллисекунд.

В качестве эксперимента выбирались слова и предложения из разных открытых источников, размещенных на сайте национального корпуса чувашского языка. Во всех случаях при наличии морфем в словаре программа производила точный анализ с правильным определением всех атрибутов, отсутствие морфем при экспериментах не обнаружено.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-04-00532.*

#### Список литературы

1. Ганиева И.Ф. Об использовании корпусов в лингвистических исследованиях // Вестник Башкирского университета. – 2007. – Т. 12, № 4. – С. 104–106.
2. Губанов А.Р. Морфологический стандарт для систем автоматической обработки текстов на чувашском языке и архитектура грамматического словаря. В сборнике: Актуальные вопросы истории и культуры чувашского народа // Составитель и научный редактор Н.Г. Ильина; Чувашский государственный институт гуманитарных наук. – Чебоксары, 2015. – С. 146–161.
3. Губанов Д.А., Губанов А.Р. Синтаксические формальные модели русского и чувашского языков для синтаксического анализатора лингвопроцессора. В сборнике: Чтения, посвященные Дням славянской письменности и культуры // Сборник статей региональной научной конференции. – 2009. – С. 58–66.
4. Suleymanov D. Natural Cognitive Mechanisms in the Tatar language // In the Collection of the Vienna Proceedings of the Twentieth European Meeting in Cybernetics and Systems Research. Edited by Robert Trappel. Vienna, Austria, 6–9 April, 2010. – P. 210–213.
5. Ермаков А.Е. Метаязык описания грамматики в синтаксических анализаторах естественного языка на основе объектно-ориентированного языка программирования // Программная инженерия. – 2015. – № 12. – С. 12–21.
6. Захаров В.П. Корпуса русского языка. Труды института русского языка им. В.В. Виноградова. – 2015. – № 6. – С. 20–65.
7. Желтов П.В. Сравнительные исследования морфем чувашского языка. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2013. – 166 с.
8. Желтов П.В. Формальные методы и модели в сравнительно-сопоставительном языке знаний: Монография. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2006. – 252 с.
9. Желтов П.В. Лингвистические процессоры. Формальные модели и методы: теория и практика: Монография. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2006. – 208 с.
10. Майорова А.Д. Корпусная лингвистика: исторический и лингводидактический аспекты. Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 5–2 (май). – С. 42–46.
11. Шамсутдинова Э.Х., Сулейманов Р.Р. Обзор синтаксических анализаторов английского и русского языков. В сборнике: Информационные технологии в исследовательском пространстве разноструктурных языков Сборник статей I Международной интернет-конференции молодых ученых. – 2017. – С. 31–33.

УДК 004.7/.056

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИЩЕННОЙ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ОРГАНИЗАЦИИ В СРЕДЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ CISCO PACKET TRACER 6.2**

**Кертв К.В., Болиев З.В., Шогенов А.А., Жилоков А.Х., Кучерова В.Ю.**

*ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», Нальчик,  
e-mail: kazbek.kertov@mail.ru*

В данной работе проведено моделирование локальной вычислительной сети организации в среде имитационного моделирования Cisco Packet Tracer 6.2. Были описаны основные преимущества использования данного программного продукта. В реализованной модели узлам сети организации был предоставлен выход во внешнюю сеть, имитирующую сеть Интернет посредством технологии преобразования сетевых адресов PAT. Данная технология была рассмотрена с точки зрения безопасности сети организации. Были рассмотрены преимущества виртуальных локальных сетей VLAN и целесообразность их реализации. После завершения этих работ была выявлена уязвимость сети, которая является довольно актуальной для сетей большинства крупных организаций. Возможность реализации выявленной угрозы хакером, получившим несанкционированный доступ к сети организации, была смоделирована в виде атаки, представляющей собой ICMP-запросы из внешней сети Интернет. После успешной реализации данной атаки было осуществлено пресечение выявленных уязвимостей сети с помощью списков контроля доступа ACL.

**Ключевые слова:** локальная вычислительная сеть, технология преобразования сетевых адресов (PAT), виртуальная локальная сеть (VLAN), ICMP-запросы, списки контроля доступа (ACL)

## **MODELING OF THE PROTECTED LOCAL NETWORK OF THE ORGANIZATION IN THE MEDIA OF IMITATION SIMULATION CISCO PACKET TRACER 6.2**

**Kertov K.V., Boliev Z.V., Shogenov A.A., Zhilokov A.Kh., Kucherova V.Yu.**

*Kabardino-Balkarian State University, Nalchik, e-mail: kazbek.kertov@mail.ru*

In this paper we simulate the local computer network of the organization in the Cisco Packet Tracer 6.2 simulation environment. The main advantages of using this software product were described. In the implemented model, the nodes of the organization's network were provided with an outlet to an external network that mimics the Internet using PAT's network address translation technology. This technology was considered from the point of view of network security of the organization. The advantages of virtual local area networks VLAN and the feasibility of their implementation were considered. After the completion of these works, a network vulnerability was revealed, which is quite relevant for the networks of most large organizations. The ability to implement the detected threat by a hacker who received unauthorized access to the organization's network was modeled as an attack that represents ICMP requests from the external Internet. After the successful implementation of this attack, the identified network vulnerabilities were curbed using ACL access control lists.

**Keywords:** local computer network, Port Address Translation technology (PAT), Virtual Area Local Network (VLAN), ICMP – requests, Access Control Lists (ACL)

### **Постановка задачи моделирования и ее связь с актуальными научными и практическими исследованиями**

В современном мире локальная вычислительная сеть (ЛВС) играет ключевую роль в функционировании и развитии бизнес-процессов организации. В связи с этим одной из наиболее широко обсуждаемых тем в сетевой индустрии является безопасность сетей. Безусловно, проблематика безопасности всегда оставалась важной, но наблюдаемое в последнее время стремительное расширение масштабов в области применения сети Интернет приводит к возникновению все новых и новых проблем с безопасностью сетей. В прошлые годы в большинстве компаний не применялись постоянные соединения с глобальной сетью, т.е. с сетью, через которую можно попытаться проще всего получить несанкционированный доступ к внутрен-

ней сети организации. В настоящее время во множестве компаний поддерживаются постоянные соединения с сетью Интернет, поскольку определенная часть их доходов основана на использовании средств доступа к сети. Тем не менее повсеместное подключение к интернет-среде увеличивает опасность проникновения извне и появляются дополнительные предпосылки нарушения защиты информации. В связи с этим вопрос безопасности локальной вычислительной сети организации становится чрезвычайно актуальным [1].

Согласно статистическим данным, хакерские атаки из сети Интернет с каждым годом растут в экспоненциальном виде. Основная часть данных атак направлена на локальную вычислительную сеть, что грозит целостности информационных и финансовых активов организации. Защита на должном уровне ЛВС, в свою очередь, может от-

носителем обезопасить весь поток данных, циркулирующих в системе. Исследование безопасности локальной вычислительной сети методом имитационного моделирования и дальнейшая реализация таких моделей в реальной сети организации позволяет реагировать на актуальные виды угроз и имеет практическую значимость.

Целью данной научной работы является выявление имеющихся потенциальных угроз информационной безопасности и уязвимостей сети организации методом имитационного моделирования. Проведя исследования в данной области, построена модель ЛВС, которая соответствует следующим общепринятым требованиям:

- масштабируемость;
- гибкость;
- простота внедрения;
- надежность;
- безопасность.

Научная новизна данной статьи заключается в том, что реализация сетевых атак и средств их блокирования методом имитационного моделирования позволяет решать прикладные задачи в области обеспечения безопасности ЛВС. Статья посвящена иллюстрации результатов моделирования защищенной локальной вычислительной сети организации в среде Cisco Packet Tracer 6.2 [2].

#### **Моделирование локальной вычислительной сети организации и осуществление доступа во внешнюю сеть Интернет**

Защита ЛВС организации в первую очередь начинается с выявления имеющихся угроз безопасности системы. Далее следует выбрать необходимые программно-аппаратные средства защиты, в соответствии с политикой информационной безопасности организации. В основе политики информационной безопасности организации лежат соответствующие нормативно-правовые акты в области обеспечения безопасности.

Рассмотрим пример модели ЛВС организации (рис. 1). Приведенная модель не является эталонной и не содержит результатов комплексного и всестороннего моделирования защищенной локальной вычислительной сети. Она может быть изменена в зависимости от схемы ЛВС организации. В частности, могут быть изменены: топология, количество сетевого оборудования и количество конечных узлов сети. Данная модель спроектирована в среде имитационного моделирования Cisco Packet Tracer 6.2. Пакет Cisco Packet Tracer – это инструмент, предоставляющий возможность имитировать как работу некоторого набора сетевых устройств

(маршрутизаторы, коммутаторы, точки беспроводного доступа, персональные компьютеры, сетевые принтеры, IP-телефоны и т.д.), так и сетевое взаимодействие между ними (распространение пакетов по сети). Так, данное программное обеспечение методом имитационного моделирования позволяет выявить те или иные недостатки ЛВС организации в области информационной безопасности или устранить различные неполадки, возникающие в сети организации. Данный метод моделирования защищенной ЛВС может быть реализован как для средних, так и для крупных сетевых комплексов [3].

В рассматриваемой модели ЛВС организации реализована технология виртуальной локальной сети (Virtual Local Area Network – VLAN). Данная технология реализована на коммутаторе Switch. Основное назначение виртуальной локальной сети – это создание нескольких логических подсетей в одной физической подсети. Так, после введения определенных конфигурационных команд в командной строке коммутатора, пользователи User\_1, User\_2, User\_3 стали находиться в подсети 192.168.2.0/24 во VLAN 2, а сервер Server – в подсети 192.168.3.0/24 во VLAN 3. Данная технология уменьшает объем широкополосного трафика, что позволяет значительно увеличить пропускную способность сети. Помимо этого, технология виртуальной сети дает возможность ограничить доступ определенных пользователей, находящихся в ЛВС организации, к тем подсетям, к которым доступ для них запрещен. Также, в данной модели создана модель внешней сети Интернет, в которую входит маршрутизатор Provider и WEB-server. В маршрутизаторе Provider интерфейсам fastEthernet 0/0 и fastEthernet 0/1 присвоены IP-адреса из диапазона публичных IP-адресов 213.234.10.1/32 и 213.234.20.1/32 соответственно. Серверу WEB-server был присвоен IP-адрес 213.234.10.1/30, который также является публичным IP-адресом.

Технология преобразования сетевых адресов (Port Address Translation – PAT) позволяет отображать несколько частных адресов в один публичный IP-адрес. Это дает возможность не только временно решить проблему нехватки IP-адресов версии 4, но и позволяет пользователям сети организации выходить в сеть Интернет со своих частных IP-адресов. Так, в рассматриваемой нами модели была реализована данная технология трансляции сетевых адресов PAT на маршрутизаторе Router. Тем самым пользователи User\_1, User\_2 и User\_3 получили доступ к внешней сети Интернет со своих частных IP-адресов [4].

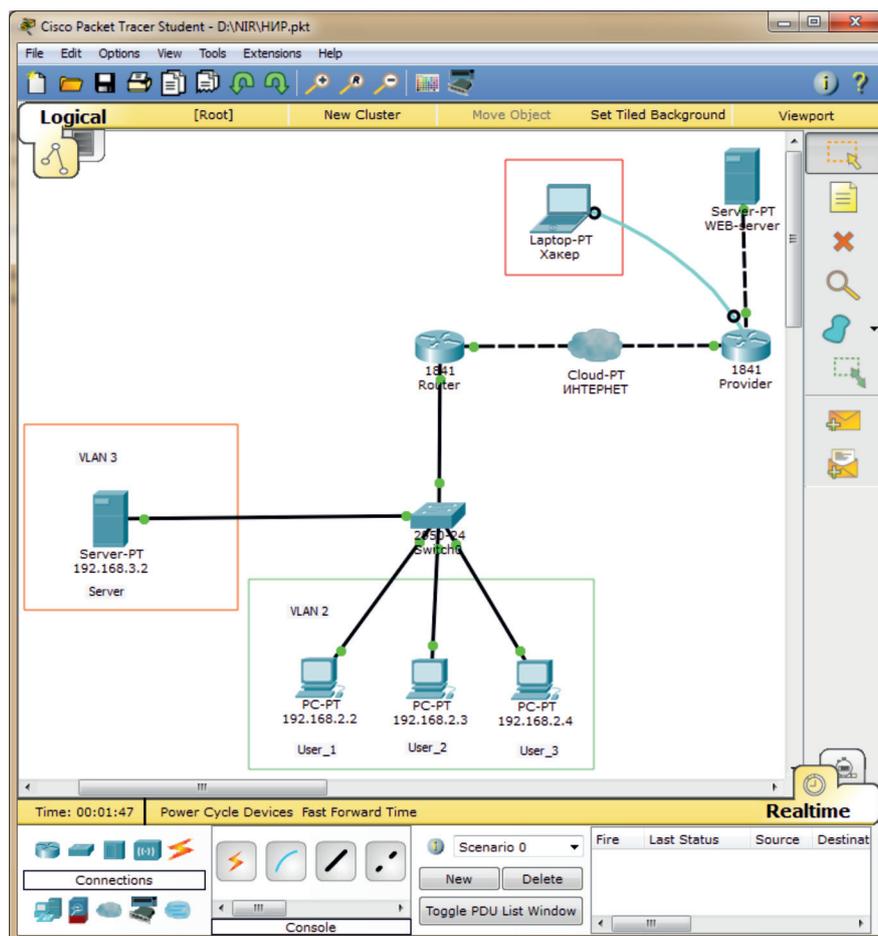


Рис. 1. Пример модели ЛВС организации

### Моделирование атаки из сети Интернет и пресечение данной атаки посредством списков контроля доступа ACL

Реализация технологии PAT фактически создает межсетевую защиту между внутренней ЛВС организации и внешней сетью Интернет. Это означает, что компьютер потенциального злоумышленника из внешней сети не сможет подключиться к компьютеру пользователей организации, так как внутренние IP-адреса организации не транслируются в сеть Интернет. Однако смоделируем ситуацию, в которой злоумышленник (хакер) осуществил несанкционированное подключение к внешнему маршрутизатору (рис. 1). В таком случае он может с легкостью прописать маршруты во внутреннюю сеть организации на внешнем маршрутизаторе Provider. При этом хакер может взять достаточно большой диапазон сети – 192.168.0.0 с маской подсети 255.255.0.0, так как данные IP-адреса очень часто используются для узлов ЛВС различных организаций. Смоделируем данный вид атаки посредством протокола

управления сообщениями Интернет (Internet Control Message Protocol – ICMP), т.е. ICMP-запросов (рис. 2). Мы видим, что атака прошла успешно, 100% ICMP-запросов получили ответы (на рисунке подчеркнута красным) [5].

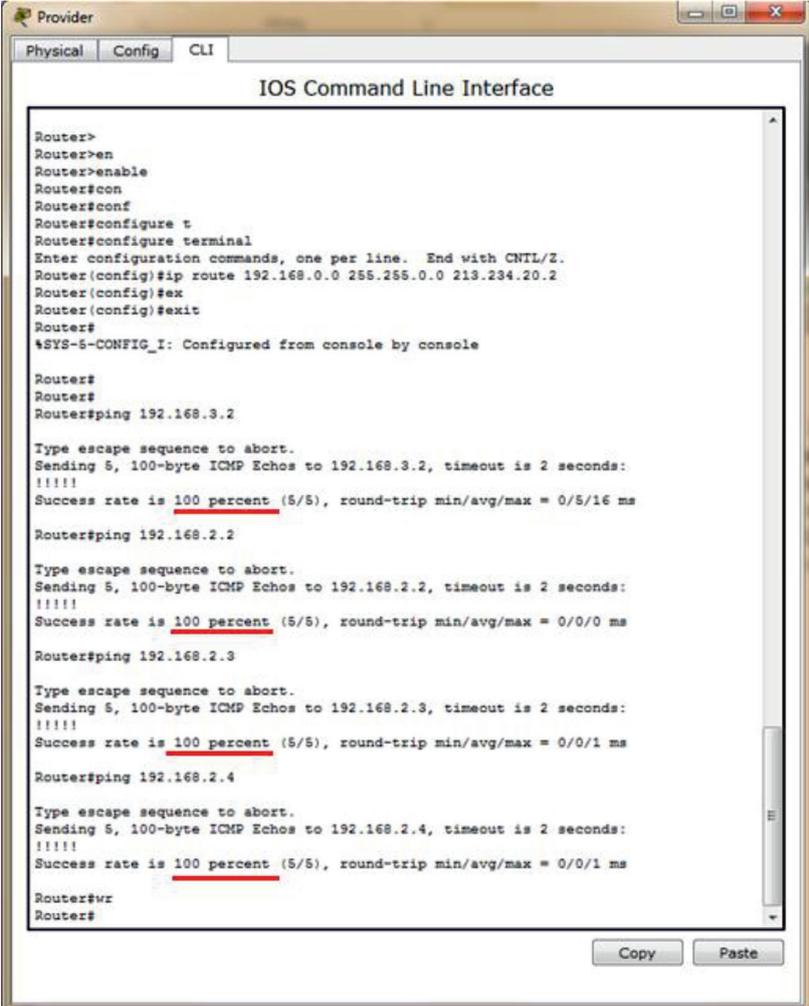
Защиту ЛВС организации от атаки из внешней сети Интернет можно осуществить посредством настройки списков контроля доступа (Access Control List – ACL), которая является одним из наиболее важных инструментальных средств в программном обеспечении Cisco IOS, использующихся в осуществлении продуктивной стратегии информационной безопасности. Эти списки определяют правила, которые могут использоваться для фильтрации в сети некоторых пакетов. Данное утверждение означает, что списки управления доступом IOS могут стать ключевым инструментальным средством обеспечения безопасности, составляющим часть общей стратегии безопасности, независимо от того, нужно ли просто ограничить доступ к серверу с конфиден-

циальной информацией, допуская к этим сведениям только санкционированных сотрудников, или требуется предотвратить проникновение из сети Интернет потенциальных злоумышленников, которые могут, например, нарушить работу веб-сервера электронной коммерции.

Так, технология ACL является важнейшим базовым средством осуществления безопасности сети на основе фильтрации пакетов, проходящих через маршрутизатор. Тем самым несанкционированный трафик сети блокируется. Технология ACL была реализована на внутреннем маршрутизаторе Router в рассматриваемой модели ЛВС организации. Для этого в командной строке CLI маршрутизатора был введен следующий набор команд (рис. 3).

Команды `deny ip any 192.168.2.0 0.0.0.255` и `deny ip any 192.168.3.0 0.0.0.255` позволяют отбрасывать пакеты, которые были сгенерированы из внешней сети

Интернет, в данном случае для подсетей 192.168.2.0/24 и 192.168.3.0/24. Следует отметить, что данные команды нужно вводить в соответствии с количеством подсетей в ЛВС. Это позволяет обезопасить внутреннюю локальную вычислительную сеть организации от внешних целенаправленных атак. Немаловажным преимуществом технологии списков контроля доступа ACL является то, что пакеты, которые генерируются в ЛВС организации при выходе в сеть Интернет, при прохождении через маршрутизатор помечаются определенным образом и благополучно получают ответы. После введения вышеупомянутых наборов команд еще раз проведем моделирование атаки хакера, подключенного к маршрутизатору Provider посредством ICMP-запросов из внешней сети Интернет (рис. 4). Как мы видим, данная атака оказалась безуспешной, ни один из ICMP-запросов не получил ответы (подчеркнуто синим).



```
Provider
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface
Router>
Router>en
Router>enable
Router#con
Router#conf
Router#configure t
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#ip route 192.168.0.0 255.255.0.0 213.234.20.2
Router(config)#ex
Router(config)#exit
Router#
!SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Router#
Router#
Router#ping 192.168.3.2

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.3.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/5/16 ms

Router#ping 192.168.2.2

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.2.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/0/0 ms

Router#ping 192.168.2.3

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.2.3, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/0/1 ms

Router#ping 192.168.2.4

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.2.4, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/0/1 ms

Router#wr
Router#
```

Рис. 2. Моделирование атаки в виде ICMP-запросов

```

Router
-----
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface

Router>
Router>enable
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#ip access-list extended OUTSIDE
Router(config-ext-nacl)#deny ip any 192.168.2.0 0.0.0.255
Router(config-ext-nacl)#deny ip any 192.168.3.0 0.0.0.255
Router(config-ext-nacl)#exit
Router(config)#interface fastEthernet 0/1
Router(config-if)#ip access-group OUTSIDE in
Router(config-if)#end
Router#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Router#write memory
Building configuration...
[OK]
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#
Router#

```

Рис. 3. Команды для реализации технологии ACL

```

Provider
-----
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface

Router#ping 192.168.2.3
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.2.3, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/0/1 ms

Router#ping 192.168.2.4
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.2.4, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/0/1 ms

Router#wr
Router#
Router#
Router#ping 192.168.3.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.3.2, timeout is 2 seconds:
UUUUU
Success rate is 0 percent (0/5)

Router#ping 192.168.2.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.2.2, timeout is 2 seconds:
UUUUU
Success rate is 0 percent (0/5)

Router#ping 192.168.2.3
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.2.3, timeout is 2 seconds:
UUUUU
Success rate is 0 percent (0/5)

Router#ping 192.168.2.4
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.2.4, timeout is 2 seconds:
UUUUU
Success rate is 0 percent (0/5)

Router#

```

Рис. 4. Моделирование атаки в виде ICMP-запросов после настройки ACL

Приводя количественную оценку полученных результатов моделирования, следует отметить, что изначально сеть была скомпрометирована на 100% (рис. 2), после реализации технологии ACL (рис. 3) сеть стала полностью защищенной в плане фильтрации внешнего трафика и тем самым оценка сетевых атак составила 0% (рис. 4) [6].

#### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Моделирование в среде имитационного моделирования Cisco Packet Tracer 6.2 наглядно продемонстрировало функционирование сетевых устройств и их взаимодействие; позволило обеспечить узлам сети доступ во внешнюю сеть Интернет, провести успешную хакерскую атаку, а также выявить имеющиеся уязвимости ЛВС организации и купировать их. Данная атака была успешно произведена в силу имеющихся уязвимостей сети, что на практике является частым явлением. На основе выявленных недостатков было решено осуществить фильтрацию трафика, проходящего через маршрутизатор Router, используя технологию управления списками контроля доступа ACL. Были описаны основные преимущества данной технологии и целесоо-

бразность ее внедрения в сетевую инфраструктуру. Обеспечение безопасности ЛВС методом имитационного моделирования и дальнейшая реализация таких моделей в реальной сети организации позволяет реагировать на актуальные виды угроз информационной безопасности, что обуславливает важность и перспективность проведения исследований в данном направлении.

#### **Список литературы**

1. Девянин П.Н. Модели безопасности компьютерных систем. Управление доступом и информационными потоками: учеб. пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011 – 320 с.
2. Андрончик А.Н. Сетевая защита на базе технологий фирмы Cisco Systems. Практический курс: учеб. пособие / А.Н. Андрончик, А.С. Коллеров, Н.И. Синадский, М.Ю. Щербakov; под общ. ред. Н.И. Синадского. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 180 с.
3. Одом У. Официальное руководство по подготовке к сертификационным экзаменам CCENT/CCNA ICND1, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2010. – 672 с.: ил. – Парал. тит. англ.
4. Уэнстром М. Организация защиты сетей Cisco.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 768 с.: ил. – Парал. тит. англ.
5. Леммл Т., Одом Ш., Уоллес К. CCNP: Маршрутизация. Учебное руководство. – М.: «Лори», 2015 – 444 с.
6. Одом У. Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCNA ICND2, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 736 с.: ил. – Парал. тит. англ.

УДК 658.562

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

**Кремчеева Д.А., Кремчеев Э.А., Грудинин Н.Н.**

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Санкт-Петербург,  
e-mail: kr.dinara@mail.ru*

Металлургия является ведущей отраслью промышленности и не вправе пренебрегать требованиями, диктуемыми современным рынком. Отечественные фирмы на сегодняшний день в большинстве случаев при современных экономических условиях проигрывают зарубежным конкурентам в борьбе за потребителя. Главный недостаток таких производителей – это более низкое качество той продукции, которую они производят. Необходимость повышать качество, используя различные механизмы, говорит об актуальности темы. Особенность системы менеджмента качества на металлургическом предприятии во многом обусловлена спецификой производства. Её успешное функционирование позволяет изготовить высококачественную продукцию. Использование системы менеджмента качества на металлургическом предприятии помогает снизить издержки, упорядочить работу, повысить не только качество, но и эффективность, тем самым создавая ряд конкурентных преимуществ на внешнем и внутреннем рынках.

**Ключевые слова:** системы менеджмента качества, металлургическое предприятие, металлургия, менеджмент качества

## USE OF A QUALITY MANAGEMENT SYSTEM AT THE IRON AND STEEL ENTERPRISE

**Kremcheeva D.A., Kremcheev E.A., Grudin N.N.**

*Mining University, Saint-Petersburg, e-mail: kr.dinara@mail.ru*

Metallurgy is a leading branch of industry and cannot neglect the requirements dictated by the modern market. In most cases now, the domestic companies in the modern economic conditions lose to their foreign competitors in the struggle for the customer. The main disadvantage of such manufacturers is lower quality of those products that they manufacture. The necessity to improve quality using various mechanisms confirms the significance of the topic. The peculiarity of the quality management system at the iron and steel enterprise is stipulated mostly by the specific character of production. Its successful functioning allows to manufacture the products of high quality. The use of the quality management system at the iron and steel enterprise allows to decrease the costs, to regulate the work, to increase not only the quality but also the efficiency creating some competitive advantages in the external and domestic market.

**Keywords:** quality management systems, iron and steel enterprise, metallurgy, quality management

Современные металлургические предприятия производят и поставляют множество разновидностей продукции, такой как холоднокатаный, горячекатаный прокат, белая и чёрная жёсть, электросварные трубы и сортовой прокат, прокат с полимерным, алюмоцинковым и цинковым покрытиями, а также сопутствующую продукцию коксохимического и доменного производства. На сегодняшний день рынок металлопродукции предъявляет жёсткие требования к производителям и поставщикам. Потребители в свою очередь требуют наличия сертифицированной системы качества. Игнорирование подобного требования приводит к потере потенциальных заказчиков [1]. Для потребителя наличие у поставщиков систем менеджмента качества является своеобразной гарантией, указывающей на то, что они в полном объёме способны выполнить требования контракта, обеспечив стабильное качество продукции. В металлургии качество конечной продукции является зеркальным отображением качества тех сплавов

и металлов, которые использовались в производстве готового изделия [2].

Эффективность деятельности современного металлургического предприятия во многом можно определить по техническому уровню производства, скорости и степени внедрения инноваций, по тому, как воспринимаются прогрессивные технологические идеи и какая результативность политики в сфере качества.

Именно разработка и использование системы менеджмента качества, отвечающей правильно поставленным задачам и целям, способствует развитию перечисленных приоритетов.

Поддержка направлений той деятельности, которая в значительной степени связана с менеджментом качества, должна отводиться техническому комплексу, объединяющему работу главных инженерно-технических подразделений [3].

Как создание, так и практическое использование систем менеджмента качества на металлургических предприятиях

в первую очередь зависит от людей, от их квалификации, желания и способности совершенствовать свои умения и знания, учиться чему-то новому, быть реально вовлеченными в деятельность для того, чтобы совместно решать проблемы качества. Это приводит к тому, что необходима стратегия эффективного управления персоналом, которая позволит планировать мероприятия по улучшению качества, устранять причины производства некачественных услуг или продукции, выделять людей и средства для проведения необходимых улучшений, анализировать и оценивать эффект от улучшений, затраты, связанные с качеством. Именно поэтому системы прозрачного управленческого и бухгалтерского учета в контексте систем менеджмента качества продукции должны быть неотъемлемыми составляющими стратегий на металлургических предприятиях [4].

Системы менеджмента качества продукции должны обеспечивать не только соответствие продукции на её спрос, но и гарантировать как выявление, так и устранение недостатков различных процессов, оказывающих влияние на качество. Особенность системы менеджмента качества на металлургическом предприятии обуславливается спецификой самого производства и изготавливаемой продукции [5].

Металлургическое производство – это большие масштабы. Они вызваны разнообразием сортамента, который выпускается в пределах предприятия и особенностями технологического процесса. Металлургические заводы представляют собой предприятия с огромными энергетическими и ресурсными затратами. Правильный менеджмент позволяет оптимизировать процессы, снижать все ненужные расходы и затраты. В одной из своих работ [6] доктор технических наук Сергей Анатольевич Федосеев, давая характеристику определению качества продукции на металлургических предприятиях, пишет о том, что оно является степенью выполнения таких требований потребителей:

- максимальная полезность, а именно: продукция должна иметь в наличии наибольшее количество ценных характеристик для потребителя;

- максимальная своевременность поставки, а именно: допускается от установленного потребителем срока предоставления продукции только минимальное отклонение;

- ноль дефектов, а именно: у продукции полностью отсутствуют несоответствия, которые относятся к её установленному или предполагаемому применению;

- максимальная безопасность, как для окружающей среды, так и для потребителя;

- минимальная цена, а именно: наименьшая сумма денег, за которые потребитель согласен купить, а производитель готов продать единицу продукции [6].

Контроль качества продукции подразумевает под собой контроль эргономических, химических, физических характеристик продукции. Также к нему относится проведение типовых, приемочных, выборочных, периодических испытаний в период серийного производства, анализ отказов, обеспечение гарантий. Следующие процессы являются основными объектами контроля [7]:

- визуально-измерительный контроль;
- ультразвуковой контроль;
- металлографические исследования;
- определение твердости;
- капиллярный контроль;
- входной контроль комплектующих, материалов и оборудования;
- стилоскопирование;
- радиографический контроль;
- химический анализ;
- магнитопорошковый контроль;
- контроль герметичности;
- механические испытания;
- спектральный анализ;
- испытания против межкристаллитной коррозии на стойкость.

Металлургическому предприятию необходимо быть в управлении гибким, перспектива развития в идеале выражается в виде будущего для настоящего, а именно:

1. План-прогноз.
2. Стратегия.
3. Стратегическое управление.

Цель организации должна достигаться не любой ценой, а благодаря необходимому результату в конкретной среде управления. Работая с персоналом, большую часть времени нужно затрачивать на его обучение [8].

Качественное управление предприятием представляет собой совокупность управления персоналом (его развитием и обучением), внутренними бизнес-процессами и финансами. Все перечисленные процессы мало просто качественно разработать, необходимо, чтобы они были взаимосвязаны, при этом нужно использовать процессный подход. Только в этом случае можно говорить о том, что предприятие соответствует требованиям, которые предъявляет современный менеджмент [9].

Процессный подход является одной из важнейших составляющих эффективной работы систем менеджмента качества. До внедрения массового машинного производства процессный подход осуществлялся

практически везде. Все этапы жизненного цикла продукции проходили в одном цеху и часто осуществлялись одним и тем же мастером или одной бригадой, то есть от того, насколько качественно будет выполнена предыдущая операция, напрямую зависело качество выполнения следующей, и эта зависимость очень легко отслеживалась. На современном же производстве многие этапы осуществляются одновременно в разных цехах. То есть последовательная схема сменилась параллельной. Каждый работник делает только свою часть работы и не отвечает за качество готового продукта, который получается на выходе, а именно это является конечной целью всего процесса. Процессный подход позволяет четко прописать все методики и требования к продукции, для того, чтобы даже при параллельной схеме производства качество оставалось на высшем уровне.

Однако процессный подход, внедренный только на самом производстве, не всегда может обеспечить надлежащее качество. Важно понимать, что система менеджмента качества охватывает все сферы деятельности предприятия, такие как работа с клиентами, обучение персонала и его вовлеченность в процесс, работа с документацией, контроль качества исходного сырья и концентратов, утилизация отходов, контроль экологических факторов. То есть важно контролировать все, что хоть как-то имеет отношение к данному производству. В этом и есть суть работы системы менеджмента качества. А поскольку продукция металлургических предприятий часто идет на экспорт, соблюдение международных стандартов по управлению качеством является не только желательным для международного рынка требованием, но и обязательным оружием в конкурентной борьбе.

Развитие систем менеджмента качества лучше всего начинать с применения международных, стандартных методов управления качеством. При этом можно использовать такие известные статистические методы, как:

- анализ управляемости и возможностей процесса;
- оценка описательных статистик для общего изучения выборки;
- использовать нейросетевое программирование для прогнозирования качества продукции и параметров процесса;
- изучение индекс воспроизводимости и пригодности, то есть характеристик качества процесса.

Необходимо помнить, что с полной отдачей работать на предприятии статисти-

ческие методы могут только тогда, когда обеспечена эффективная работа системы менеджмента качества.

Система менеджмента качества, которая основана на международных стандартах International Organization for Standardization (ISO) 9001:2015 [10] является универсальным способом, благодаря которому можно достигать максимальной эффективности в любой сфере деятельности. Поэтому внедрение стандартов – это необходимость, позволяющая укрепить позиции металлургических предприятий на рынке металлопродукции. Система менеджмента качества обеспечивает полноту, согласованность, своевременность, точность принимаемых решений в сфере качества.

Проектируя систему, необходимо четко определять порядок оценки эффективности решений, их подготовки, исполнения, принятия, контроля на любом уровне административного руководства качеством. Она представляет собой целостную систему, и отсутствие какого-либо компонента, будь то организационная структура, ресурсы, процессы, процедуры, делает её неполноценной.

Согласно ISO 9000 система качества представляет собой совокупность определенных факторов, которые необходимы для того, чтобы осуществлять общее руководство качеством. Под ним подразумеваются связанные с общей функцией управления аспекты, определяющие ответственность, цели, политику в сфере качества и осуществляющиеся при помощи улучшения, планирования, обеспечения и управления качеством в рамках системы качества.

Методические указания для руководящего состава, изложенные в международных стандартах, имеют в основе восемь принципов менеджмента качества, а именно [8]:

- лидерство руководителя. Именно руководитель обеспечивает единство направления и цели деятельности организации. Он должен создать, а затем и поддерживать внутреннюю среду, необходимую для того, чтобы вовлечь работников в решение задач предприятия;
- ориентация на потребителя. Металлургические предприятия зависимы от потребителей, поэтому необходимо понимать их потребности (текущие и будущие), выполнять требования, стремиться превзойти ожидания;
- постоянное улучшение. Это должно быть неизменной целью;
- вовлечение сотрудников. Работники всех уровней являются основой организации, их вовлечение позволяет предприятию использовать их способности с выгодой;

- принятие решений, которые основаны на фактах. Эффективные решения базируются на информации и анализе данных;

- процессный подход. Желаемый результат будет эффективнее, если соответствующими ресурсами и деятельностью управлять как процессом;

- взаимовыгодные отношения с поставщиками. Предприятие и его поставщики взаимозависимы, благодаря отношению взаимной выгоды повышается способность создавать ценности обеими сторонами;

- системный подход к менеджменту. Понимание, менеджмент и выявление взаимосвязанных процессов как системы вносят весомый вклад в эффективность и результативность предприятия при достижении его целей.

Металлургические предприятия должны разрабатывать, внедрять, обеспечивать функционирование и постоянное улучшение системы менеджмента качества, при взаимодействии необходимых процессов в соответствии с требованиями, предъявляемыми настоящим международным стандартом. Для этого должны быть определены процессы, которые необходимы для системы менеджмента качества, и применены внутри предприятия. Также следует установить:

- что необходимо для этих процессов, и какой ожидается результат;

- методы и критерии, включая соответствующие индикаторы и измерения деятельности, которые необходимы для того, чтобы обеспечить результативное управление процессами и их функционирование;

- необходимые ресурсы и обеспечение их наличия;

- осуществление и планирование действий по расчёту рисков и возможностей, своевременного реагирования на них;

- взаимодействие и последовательность процессов, необходимых для системы менеджмента качества;

- полномочия и ответственность в отношении данных процессов;

- методы оценивания, измерения, мониторинга внесения изменений в эти процессы, с целью достижения намеченного результата.

Металлургические предприятия должны обеспечить применение и разработку документированной информации в таком объеме и виде, который потребуется для того, чтобы обеспечить функционирование процессов, сохранение и фиксирование документированной информации для контроля над ними.

Методология решения поставленных задач следует из принципа менеджмента

качества, в основу которых положены действующие стандарты системы менеджмента качества ISO 9001, которые базируются на системном и процессном подходах [8]. Успешное использование предприятиями перечисленных восьми принципов менеджмента в результате даст преимущества заинтересованным сторонам, а именно: повышение стабильности, улучшение денежного возврата и так далее.

Исходя из всего сказанного, можно сделать вывод о том, что в условиях относительно преобладающей неценовой конкуренции и насыщенного рынка качество продукции можно смело отнести к числу важнейшего критерия функционирования предприятия [11]. Повышение качества продукции и технического уровня определяет темпы роста эффективности производства и научно-технического прогресса, оказывает значительное влияние на конкурентоспособность товаров, интенсификацию экономики, жизненный уровень населения. Рост качества выпускаемой продукции и технического уровня в настоящее время является самой характерной чертой работы предприятия в любой промышленно развитой стране. В условиях насыщенного рынка и преобладающей неценовой конкуренции высокое качество продукции является главным фактором успеха. Благодаря качеству продукции можно спрогнозировать выживаемость предприятия в условиях рынка, рост его эффективности, темп научно-технического прогресса, экономию различных ресурсов, которые оно использует.

Система менеджмента качества направлена на достижение согласованности и лучшего понимания деятельности в области качества, выбор оптимального варианта управления, оптимального решения комплекса задач, стирания границ между подразделениями. Она позволяет проводить реорганизацию внутренних процессов, оптимизацию процессов, связанных с сортировкой и закупкой, товарным запасом, повышать качество обслуживания, снижать издержки, изыскивать резервы, увеличивать удовлетворенность покупателей [12].

Увеличение российскими предприятиями производства высококачественных изделий позволит привести население к росту жизненного уровня, интенсификации экономики, повысить на мировом и внутреннем рынках конкурентоспособность российских товаров.

#### Список литературы

1. Стровский Л.Е. Внешний рынок и предприятие. / Л.Е. Стровский. – М.: Финансы и статистика, 2011. – 422 с.

2. Версан В.Г. Организация работ на предприятии (в рамках системы качества) по подготовке продукции к сертификации. – М.: Стандарт, 2015. – 653 с.
3. Загидуллин Р.Р. Оптимальное управление качеством: Монография / Р.Р. Загидуллин. – Ст. Оскол: ТНТ, 2012. – 124 с.
4. Федюкин В.К. Управление качеством производственных процессов. – М.: КноРус, 2013. – 232 с.
5. Круглов М.Г. Менеджмент систем качества: – М.: ИПК, Издательство стандартов, 2014, – 368 с.
6. Федосеев С.А. Управление качеством продукции метизно-металлургических предприятий на иерархически связанных этапах планирования производства. – Пермь, 2012, – 312 с.
7. Аристов О.В. Управление качеством. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 224 с.
8. ISO 9001. Разработка, внедрение, сертификация, улучшение системы менеджмента качества. Практическое руководство для специалистов по качеству. – М.: Изд. Форум Медиа, 2016. – 157 с.
9. Гембрис С. Управление качеством / С. Гембрис, Й. Геррманн; Пер. с нем. М.Н. Терехина. – М.: СмартБук, 2013. – 128 с.
10. ГОСТ ISO 9001: 2015. Межгосударственный стандарт Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: Стандартинформ, 2016. – 32 с.
11. Тарануха Ю.В. Экономическая природа и сущность конкуренции / Ю.В. Тарануха // Маркетинг в России и за рубежом. – 2011. – № 1. – С. 19–23.
12. Шемякина Т.Ю. Производственный менеджмент: управление качеством. – М.: Альфа-М, НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 272 с.

УДК 004.942:656.078

## РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ УЧАСТИЯ МУНИЦИПАЛИТЕТА В УПРАВЛЕНИИ СИСТЕМОЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА Г. КАМЫШИНА

Крушель Е.Г., Беришева Е.Д.

*Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, Камышин, e-mail: elena-krushel@yandex.ru, elenaberisheva@mail.ru*

В статье предлагается способ обоснования изменений параметров транспортной системы городского общественного пассажирского автотранспорта (платы за проезд, количества транспортных средств и прибыли на каждом маршруте транспортной системы, а также ожидаемого пассажиропотока на всех дугах транспортной сети), которые могут произойти в результате внедрения мероприятий по повышению эффективности транспортной системы, планируемых муниципалитетом небольшого города. Эта задача затрагивает интересы пассажиров, владельцев частных транспортных средств, муниципальных властей, управления дорожным движением. Для решения поставленной задачи предлагаются способы скаляризации векторного критерия, позволяющие обеспечить компромисс между частично несовпадающими интересами различных социальных групп горожан. Скаляризация вектора проводится двумя способами: использование принципа чебышёвского выравнивания и поиск решения, доставляющего минимум средневзвешенному значению нормированных отклонений показателей от их оптимальных значений. Представлен пример нахождения компромиссного решения путем оптимизации показателя суммарной часовой прибыли от эксплуатации транспортных средств всех маршрутов, где для учета интересов отдельных групп горожан предусматриваются различные способы участия муниципалитета в управлении частными транспортными организациями. По результатам экспериментов сделаны выводы об эффективности существующей транспортной системы города и выработаны соответствующие рекомендации.

**Ключевые слова:** результаты моделирования системы общественного автотранспорта, оптимизация структуры пассажирского транспорта, критерии оптимизации

## RESULTS OF COMPUTATIONAL EXPERIMENT TO EVALUATE THE DEGREE OF PARTICIPATION OF MUNICIPALITIES IN THE ADMINISTRATION OF PUBLIC TRANSPORTATION OF KAMYSHIN CITY

Krushel E.G., Berisheva E.D.

*Kamyshin Technological Institute (branch of the) Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: elena-krushel@yandex.ru, elenaberisheva@mail.ru*

There is a way to study changes in the transport system parameters of urban public passenger transport (fares, the number of vehicles and the profit from each vehicle's route, and the expected passenger traffic of all arcs of the transport network) that may occur as a result of the introduction of measures to improve the efficiency of the transport system, that the small town municipality planned, represented in this article. This problem affects the interests of passengers, owners of private vehicles, municipal authorities, traffic control service. To solve this problem suggests ways scalarization vector criterion, allowing to provide a compromise between partially mismatched interests of different social groups of citizens. Scalarization of vector is conducted in two ways: using the principle of Chebyshev alignment and search for solutions, delivering a minimum weighted average of the normalized deviations of parameters from their optimal values. The example of finding a compromise solution by optimizing the index of total hourly income from the operation of the vehicle all of the routes, where to take into account the interests of certain groups of citizens of the municipality provides for various ways of participation in the management of private transport companies. According to the results of experiments made conclusions about the effectiveness of the existing city transport system and make appropriate recommendations.

**Keywords:** simulation results of the community passenger transport system, optimization of passengers transport structure, optimization criteria

В настоящее время большинство систем городского общественного пассажирского автотранспорта в небольших городах являются убыточными. Муниципальный пассажирский автотранспорт работает в условиях жесткой конкуренции с частным, который, в отличие от муниципального, является прибыльным. Целью исследования является поиск и обоснование вариантов управления городской транспортной системы (как муниципального, так и частного подчинения) со стороны администрации города, при которой

может быть преодолена убыточность муниципального автотранспорта.

Основные решения отработаны в процессе выполнения НИР по заказу администрации одного из небольших городов Волгоградской обл. Требовалось определить, какова должна быть степень участия муниципалитета в управлении не только муниципальным, но и частным пассажирским автотранспортом.

Подход к решению задачи базируется на идеях многокритериальной оптимизации

ции [1, 2], поскольку работа транспортной системы затрагивает не полностью совпадающие интересы различных социальных групп, в том числе: пассажиров (заинтересованных в снижении затрат времени на поездки и в низкой плате за проезд), администрации города (заинтересованной в увеличении налоговых поступлений в городской бюджет и в преодолении конфликтов, связанных с конкуренцией частных владельцев как между собой, так и с муниципальной транспортной системой), владельцев частных автотранспортных средств (заинтересованных в прибыли), управления дорожным движением (заинтересованного в отсутствии пробок и безаварийной работе транспортной системы).

Предлагается вариант векторного критерия, оптимизация которого может обеспечить компромисс между этими частично противоречивыми интересами за счет введения ряда общегородских ограничений.

Метод решения задачи – моделирование реакции как частного сектора, так и остальных социальных групп, заинтересованных в эффективной работе транспортной системы на различные варианты муниципальных ограничений, в том числе: введение единой платы за проезд на всех маршрутах частного автотранспорта; определение приемлемого значения этой цены; оценка количества транспортных средств на каждом маршруте; требование выравнивания прибыльности маршрутов.

Способ расчета: оценка перечисленных параметров по результатам оптимизации как векторного критерия, так и его элементов, осуществляемая на уровне муниципалитета. Данная оценка трактуется как ожидаемое значение технико-экономических показателей муниципального и частного автотранспорта при внедрении различных вариантов координации транспортной системы со стороны муниципалитета. Это дает возможность предсказать реакцию различных социальных групп, заинтересованных в работе транспортной системы, на внедрение предложений городской администрации. А также позволить в дальнейшем осуществить визуализацию движения транспорта в городе [3].

Обоснование допустимости муниципального вмешательства, в некоторой степени ограничивающего рыночную свободу частного бизнеса, основано на сопоставлении значения достигнутой прибыли частного сектора транспортной системы с ожидаемой после учета муниципальных требований. Расчеты, представленные ниже, показывают, что вмешательство муниципального управления приводит к упо-

рядочению работы частных транспортных средств, благодаря чему смягчаются различия в прибыльности отдельных маршрутов. В результате общая средняя прибыль частного сектора может оказаться больше, чем до введения муниципальных ограничений.

### Формальное описание и решение задачи

Решение задачи может оказаться различным в зависимости от того, какая из заинтересованных социальных групп будет оценивать качество системы транспортного обслуживания и предложит главный показатель, отвечающий ее интересам. Соответственно был разработан перечень следующих показателей качества как функции искомым переменных  $S$ :

1. Показатель  $Q_1(S)$ : суммарная часовая прибыль от эксплуатации транспортных средств (ТС) всех маршрутов (отвечает интересам муниципалитета и города в целом, поскольку обеспечивает высокий уровень налоговых поступлений в городской бюджет);  $Q_1(S) = \sum_{i \in w_a} \Pi_i(S)$ ,  $\Pi_i(S)$  – прибыль от эксплуатации  $i$ -го маршрута,  $i \in w_a$

2. Показатель  $Q_2(S)$ : удельная часовая прибыль всех частных транспортных организаций в расчете на 1 ТС/час (отвечает интересам владельцев частных транспортных средств);  $Q_2(S) = \frac{1}{\sum_{i \in w_a} n_i} \sum_{i \in w_a} n_i(S) \cdot \Pi_i(S)$ ,  $n_i(S)$  – количество транспортных средств, обслуживающих  $i$ -й маршрут,  $i \in w_a$ .

3. Показатель  $Q_3(S)$ : значение суммарного (по всем маршрутам) количества ТС/час (отвечает интересам управления дорожным движением);  $Q_3(S) = \sum_{i \in w_a} n_i(S)$ .

4. Показатель  $Q_4(S)$ : средневзвешенная (по числу ТС/час на маршрутах) плата за проезд (отвечает интересам пассажиров);

$Q_4(S) = \frac{1}{\sum_{i \in w_a} n_i(S)} \cdot \sum_{i \in w_a} n_i(S) \cdot c_i(S)$ ,  $c_i(S)$  – стоимость проезда, которую устанавливает владелец  $i$ -го маршрута,  $i \in w_a$ .

5. Показатель  $Q_5(S)$ : минимальное значение максимальной (по всем маршрутам) платы за проезд (вариант отвечает интересам владельцев маршрута, поскольку направлен на смягчение конкуренции между маршрутами);  $Q_5(S) = \max_{i \in w_a} \{c_i(S)\}$ .

Соответственно, задача определения значений  $S$  искомым переменных, отвечающих компромиссу между частично противоречивыми интересами различных социальных групп, формулируется как задача

оптимизации вектора показателей  $Q(S)$ :  $\{Q(S) = [Q_1(S), \dots, Q_5(S)]^T\}$ .

Подход, предложенный для решения задачи векторной оптимизации, содержит 2 этапа. На этапе 1 решается 5 однокритериальных задач, в каждой  $l$ -й из которых,  $l = 1, \dots, 5$ , рассчитываются оптимальные значения искомого переменных  $S^*$  и соответствующее им оптимальное значение  $Q_v^*(S^*)$  соответствующего показателя  $Q_v(S)$ , выбираемого в качестве критерия. Значения остальных показателей  $Q_m$ ,  $m = 1, \dots, 5$ ,  $m \neq v$  будут в общем случае иметь значения, не только отличающиеся от оптимальных, но и (возможно) окажутся неприемлемыми для других социальных групп. Критерии  $Q_1(S)$ ,  $Q_2(S)$  подлежат максимизации, остальные критерии – минимизации. Результаты решения представлены в статье [4].

На этапе 2 решается задача нахождения компромиссного решения с использованием двух подходов. Первый базируется на скаляризации вектора  $Q(S)$ , которая проводится одним из следующих способов:

– Нахождение решения, доставляющего минимум средневзвешенному значению нормированных отклонений показателей от их оптимальных значений:

$$\hat{Q}(S) = \sum_{v=1}^5 \alpha_v \cdot \frac{|Q_v(S^*) - Q_v^*(S^*)|}{\max(Q_v^*(S^*); Q_v(S^*))}. \quad (1)$$

Веса  $\alpha_v$  каждого из компонентов рассчитываются исходя из численности горожан, заинтересованных в соответствующем критерии;

– Использование принципа чебышёвского выравнивания, при котором минимизируется единая граница  $z$  нормированных отклонений показателей от оптимальных значений [5]:

$$\alpha_v \cdot \frac{|Q_v(S^*) - Q_v^*(S^*)|}{\max(Q_v^*(S^*); Q_v(S^*))} \leq z \quad \forall v = 1, \dots, 5. \quad (2)$$

Расчеты для компромиссных критериев (1), (2) должны быть выполнены как для различных, так и для равных значений весовых коэффициентов  $\alpha_v$ . Поскольку показатели  $Q_v$ ,  $v = 1, \dots, 5$ , не полностью противоречат друг другу, можно было ожидать, что решения не будут сильно зависеть от выбора весов  $\alpha_v$ , что и подтвердилось в расчетах.

Второй подход состоит в оптимизации показателя  $Q_1(S)$ , а для учета интересов отдельных групп горожан предусматриваются различные способы участия муниципалитета в управлении частными транспортными организациями [6].

В статьях [4, 7] представлена формализованная модель статической оптимизации структуры пассажирского транспорта не-

большого города. В данной работе описаны примеры использования разработанных математических моделей для повышения эффективности транспортной системы г. Камышина, имеющего 19 маршрутов и 78 остановок. Характеристика масштаба оптимизационных задач: число искомым переменных 200, число ограничений-равенств 100, число ограничений-неравенств 400.

### Результаты вычислительных экспериментов

Результаты решения частных оптимизационных задач с критериями во всех вариантах 1...5 на системе ограничений блока 1 представлены в отдельной статье. Приведенный анализ показал, что в рамках двухуровневой структуры управления частным общественным автотранспортом не удастся обеспечить компромисс между интересами различных социальных групп, заинтересованных в работе транспортной системы. Результаты оптимизации по вариантам скаляризации векторного критерия приведены в таблице.

В строках таблицы показаны значения показателей (компонентов векторного критерия, столбец 1) в процентах к потенциально достижимым значениям. Испытывались 2 варианта скаляризации: чебышёвское выравнивание с критерием (2), с различными и равными весами выравниваемых показателей (столбцы 2, 3 таблицы) и свертка отклонений показателей от оптимальных значений с различными и равными весовыми коэффициентами, критерий (1), (столбцы 4, 5). Для сравнения приведены расчеты показателей, достижимых при максимизации суммарной часовой прибыли при фиксированной плате за проезд на уровне действующей (столбец 6) и повышенной на 30% по сравнению с действующей платой (столбец 7).

Во всех вариантах скаляризации результаты получились близкими и приемлемыми, но во всех случаях выбор окончательного варианта остается за коллективом экспертов.

Компромисс между частично противоречивыми интересами социальных групп в вопросах управления транспортной системой может быть обеспечен не только скаляризацией векторного критерия, но и путем дополнений «обязательной» системы ограничений в задачах частной оптимизации каждого из критериев  $Q_1(S), \dots, Q_5(S)$  «необязательными» ограничениями из блока 2. Такие ограничения используются для имитации различных вариантов участия муниципалитета в управлении частной транспортной системой.

Варианты скаляризации векторного критерия

Критерии \ Показатели	Чebyшёвское выравнивание, разные веса компонентов критерия	Чebyшёвское выравнивание, равные веса компонентов критерия	Свёртка показателей, разные веса компонентов критерия	Свёртка показателей, равные веса компонентов критерия	Критерий: суммарная прибыль при существующей плате	Критерий: суммарная прибыль при плате, повышенной на 30%
1	2	3	4	5	6	7
Суммарная прибыль	40%	31%	36%	34%	31%	40%
Удельная прибыль	29%	28%	34%	32%	29%	41%
Суммарное к-во ТС	297%	237%	228%	229%	233%	210%
Средневзвешенная плата	375%	331%	371%	360%	347%	452%
Максимальная (по всем маршрутам) плата	640%	353%	395%	359%	319%	415%

Были построены зависимости каждого из критериев от параметров, характеризующих интенсивность этих ограничений.



Рис. 1. Влияние фиксированной платы за проезд на суммарную прибыль

На рис. 1 показана зависимость суммарной прибыли от платы за проезд, устанавливаемой муниципалитетом одинаковой для всех маршрутов. Верхняя кривая соответствует отсутствию требования выравнивания прибылей отдельных маршрутов; нижняя рассчитана для случая, когда допустимая погрешность выравнивания прибылей не превышает 5% величины средневзвешенной (по числу ТС на маршрутах) прибыли. Обе зависимости имеют экстремумы, которые соответствуют оптимальному балансу предложения услуг транспортных организаций пассажирам и спроса пассажиров на поездки, зависящего от установленной платы.

Для экспертов представляют интерес значения платы за проезд левее точки максимума. Если не устанавливать требование выравнивания прибылей, то при плате на уровне действующей прогнозируется 50%-ное

падение суммарной прибыли, крайне нежелательное для владельцев транспортных средств. При повышении действующей платы на 30% суммарная прибыль может уменьшиться на 30%, что, скорее всего, не приведет к активным протестам горожан и будет с пониманием встречено работниками транспортных организаций.

Ввод ограничения на допустимую погрешность выравнивания прибылей в области значений платы за проезд левее точки максимума может привести к потере 10% прибыли; на фоне объективно существующей неточности оценки пассажиропотока влиянием этого ограничения на суммарную прибыль можно пренебречь.

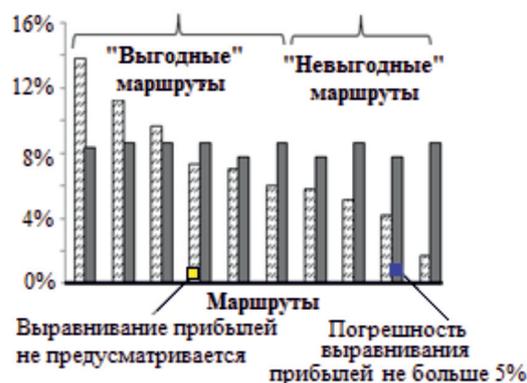


Рис. 2. Распределение прибыли между маршрутами

На рис. 2 представлено сравнение оценок прибылей отдельных маршрутов при фиксированной плате за проезд на уровне действующей. При отсутствии требований к выравниванию прибылей (светлые столбцы диаграммы) произойдет резкая дифференциация маршрутов по выгодности. Ввод огра-

ничения на допустимую погрешность выравнивания прибылей (не выше 5%) приведет к нивелированию различий маршрутов по выгодности (темные столбцы диаграммы). Но при фиксации платы за проезд на уровне действующей суммарная прибыль от эксплуатации частного транспорта снизится на 50%. Однако, поскольку объем налоговых поступлений в городской бюджет от эксплуатации частного общественного транспорта составляет незначительную часть общих налоговых поступлений, можно допустить такое снижение ради эффективного обслуживания пассажиров на всех маршрутах.

### Заключение

По результатам расчетов в муниципалитет города были переданы следующие рекомендации:

1. Двухуровневая структура управления частным общественным транспортом (верхний уровень – владелец или староста маршрута, нижний уровень – отдельное частное транспортное средство) является неэффективной, поскольку в рамках этой структуры не удастся обеспечить компромисс между интересами различных социальных групп, заинтересованных в работе транспортной системы. Целесообразно ввести третий, верхний уровень структуры, который будет внешним по отношению к частным транспортным организациям (уровень муниципального управления). Функции этого уровня – обеспечение баланса между частично противоречивыми интересами различных социальных групп, заинтересованных в работе транспортной системы.

2. На основе выполненных расчетов установлено следующее:

– Количество частных транспортных средств, эксплуатируемых в городе в настоящее время, может быть сокращено не менее чем в 2 раза без ущерба для качества обслуживания пассажиров. При этом прибыль отдельных маршрутов должна вырасти не менее чем на 20% при одновременном смягчении напряженности движения на загруженных магистралях и улучшении экологической обстановки вокруг них.

– Для условий небольшого компактного города целесообразно установить единую плату за проезд для всех маршрутов.

– Принятая в городе в настоящее время величина платы за проезд является заниженной. При планируемом изменении структуры управления общественным транспортом (путем объединения владельцев частных ТС в предприятия, обслуживающие конкретный маршрут) эта плата не обеспечивает самокупаемость ряда маршрутов. Рекомендуемое повышение платы за проезд – не более чем на 30% по сравнению с существующей.

3. Целесообразно предусмотреть выравнивание прибыли между маршрутами для предотвращения необоснованного роста платы за проезд и для сохранения сложившейся системы маршрутов общественного транспорта.

Муниципалитет на основании этих рекомендаций принял решение о создании муниципального предприятия, внедрение которого позволило отказаться от убыточного варианта транспортного обслуживания силами областной автоколонны.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 15-47-02321.*

### Список литературы

1. Примак М.Е. О сходимости модифицированного метода чебышевских центров решения задач выпуклого программирования // Кибернетика. – 1977. – № 5. – С. 100–102.
2. Салуквадзе М.Е. Об оптимизации векторных функционалов. I. Программирование оптимальных траекторий // Автомат. и телемех. – 1971. – выпуск 8. – С. 5–15.
3. Мотовилов А.С. Разработка flash-компонента отображения данных о картографических объектах / А.С. Мотовилов, А.Э. Панфилов // Современное состояние и перспективы развития технических наук: сборник статей Междунар. научно-практ. конференции (23 мая 2015, г. Уфа) / РИО МЦИИ «ОМЕГА САЙНС». – Уфа, 2015. – С. 91–93.
4. Крушель Е.Г. Результаты решения частных оптимизационных задач при определении степени участия муниципалитета в управлении системой общественного транспорта г. Камышина / Е.Г. Крушель, Е.Д. Беришева // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12–3. – С. 508–512.
5. Системы поддержки принятия решений: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / под ред. В.Г. Халина, Г.В. Черновой. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 494 с.
6. Набатова Д.С. Математические и инструментальные методы поддержки принятия решений: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Д.С. Набатова. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 292 с.
7. Крушель Е.Г., Беришева Е.Д., Панфилов А.Э., Степанченко И.В. Статическая модель системы общественного автотранспорта малого города / Известия ВолгГТУ. – 2015. – № 13(177). – С. 100–104.

УДК 519.2: 336.763

## ВЫЧИСЛЕНИЕ ЦЕН ОПЦИОНОВ В МОДЕЛЯХ СО СКАЧКАМИ

**Никоненко Н.Д.**

*Южно-Российский институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Ростов-на-Дону, e-mail: natdniko@mail.ru*

В данной статье рассматриваются модели (B, S)-рынка со скачками. Обосновывается значение исследования данных моделей, указывается важность управления финансовым риском. Анализируется эффективный инструмент управления финансовым риском на примере опционов. Рассматривается задача определения справедливой цены опционов в моделях со скачками. Данная задача рассматривается как вычисление условного математического ожидания процесса со скачками. В качестве указанного процесса рассматривается экспоненциальный процесс Леви, который иллюстрирует поведение рискованного актива на (B, S)-рынке. Исследуемая задача сводится к определению условного математического ожидания дискретизированного экспоненциального процесса Леви по времени (мера Леви конечна). Полученные результаты сравниваются со случаем бесконечной меры Леви. Анализируется возможность получения аналитической формулы. Приводятся примеры решения исследуемой задачи.

**Ключевые слова:** опцион, условное математическое ожидание, процессы Леви, дискретизация по времени

## CALCULATION OF OPTION PRICES IN MODELS WITH JUMPS

**Nikonenko N.D.**

*The South Russian Institute of Management – branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Rostov-on-Don, e-mail: natdniko@mail.ru*

It is discussed (B, S)-market model with jumps. The importance of the study of these models is explained, indicated the importance of financial risk management. Effective tool for financial risk management on the example of options is analyzed. The problem of determining fair prices of options in models with jumps is explored. This problem is considered as a computation of conditional expectation of a process with jumps. As a specified process is an exponential Levy process, which illustrates the behavior of a risky asset on (B, S)-market. The investigated problem is reduced to definition of conditional expectation sampled on time exponential Levy process (finite measure Levy). The obtained results are compared with the case of infinite measure Levy. The possibility of obtaining analytical formulas is analyzed. Examples of solution of the investigated problem are given.

**Keywords:** option, conditional expectation, Levy processes, sampling on time

Одной из задач, возникающих на финансовом рынке, является управление финансовым риском. Существуют различные инструменты и подходы для управления риском. Эффективным инструментом для управления финансовым риском являются опционы. Указанная эффективность обуславливается их свойством защиты владельца от неблагоприятного исхода, а в случае благоприятного исхода возможность получения дополнительной прибыли. Однако возникает задача определения справедливой цены опциона (подробнее об опционах см. [1]).

Если рассматривать поведение цен рискованных активов, их траекторию, можно заметить, что в поведении цен рискованных активов наблюдаются скачки (рис. 1, данные приведены из [2]).

Для моделирования цен на финансовом рынке будем использовать процессы Леви, поскольку они обладают широким набором математических свойств, так как траектории указанных процессов имеют скачки. Процессы Леви используются для моделирования различных объектов в разных сферах деятельности, в том числе и для

моделирования поведения цен рискованных активов, но здесь возникает ряд сложностей, которые обусловлены неполнотой рассматриваемого (B,S)-рынка.

### Цель исследования

Целью исследования, приведенного в данной статье, является получение метода вычисления цен опционов для дискретизированных процессов Леви в случае конечной меры Леви.

### Материалы и методы исследования

Определение цены опционов можно рассматривать как задачу вычисления условного математического ожидания.

Будем считать, что дисконтированная цена рискованного актива является экспоненциальным процессом Леви (1):

$$S_t = e^{X_t}, X_t - \text{процесс Леви.} \quad (1)$$

Введем обозначение:  $f$  – дисконтированное финансовое обязательство (опцион можно рассматривать как ограниченную функцию).

Тогда задача определения безарбитражной цены хеджирования финансового обя-

зательства (которое является дисконтированным) в момент времени  $t$ , если в данный момент времени дисконтированная цена рискованного актива равна  $S$ :

$$V(t, S) = E(f(S_T)/S_t = S). \quad (2)$$

Если мера является мартингальной (риск-нейтральной), то задача (2) решается. Если исходная мера не является мартингальной, то сначала необходимо перейти к эквивалентной мартингальной мере (подробнее см. [3]).

Применяя свойства процесса Леви, задачу (2) можно рассматривать в виде

$$V(t, S) = Ef(Se^{X_{T-t}}). \quad (3)$$

Рассмотрим дискретизацию экспоненциального процесса Леви  $S_t$ . Отметим, что данный вид дискретизации применяется, если мера Леви конечна.

Будем рассматривать регулярные промежутки времени при дискретизации по времени:  $0, \Delta, 2\Delta, \dots$ , тогда получим случайное блуждание  $X_{n\Delta} \equiv \sum_{k=1}^n h_k$ . Тогда случайные величины  $h_k = X_{k\Delta} - X_{(k-1)\Delta}$  – одинаково распределенные, их распределение совпадает с распределением  $X_\Delta$ , является безгранично делимым. В итоге, указав шаг дискретизации, получаем семейство случайных блужданий  $X_{n\Delta}$  (случайные блуждания с пропущенными шагами рассмотрены в [4]).

После дискретизации по времени процесс  $S_t$  поведения рискованного актива, (1) перепишем в

$$S_k = S_{k-1}e^{h_k}, k = 1, \dots, N^{T-t}. \quad (4)$$

Естественная фильтрация имеет вид

$$F_k = \sigma\{(\epsilon_1, \delta_1), \dots, (\epsilon_k, \delta_k)\}, F_0 = \{\emptyset, \Omega\}.$$

$$h_k = \Delta m + \epsilon_k + \sigma \delta_k. \quad (5)$$

Процесс (4) – дискретизированный по времени процесс Леви на интервале  $[0, T-t]$  с достаточно малым шагом дискретизации  $\Delta = \frac{T-t}{N^{T-t}}$ ,  $\epsilon_k = \sum_{j=1}^{\xi_\Delta^{(k)}} \eta_j$ ,  $\epsilon_k$  не-

зависимы,  $\epsilon_k = \sum_{j=1}^{\xi_\Delta^{(k)}} \eta_j$ ,  $\xi_\Delta^{(k)}$  – независимые

и одинаково распределенные случайные величины по закону Пуассона с интенсивностью  $\lambda\Delta$ ,  $\eta_j$  – независимые и одинаково распределенные случайные величины с законом распределения  $F(dx)$ ,  $\delta_k$  – стандартные нормальные величины,  $\xi_\Delta^{(k)}$  и  $\delta_k$  – независимые случайные величины.

Соотношение для определения  $\Delta$  при заданной точности  $\alpha$  имеет вид

$$\frac{2e^{-\lambda\Delta} (\lambda\Delta)^3}{12 - 3\lambda\Delta} \leq \alpha.$$

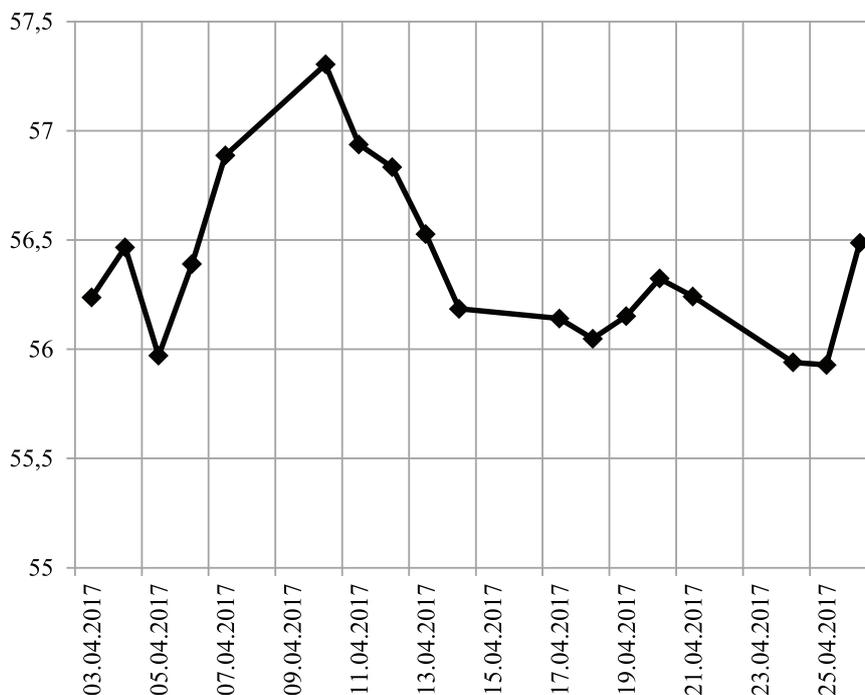


Рис. 1. Средневзвешенный курс (руб./долл.). Расчет «сегодня»

Если величина шага дискретизации  $\Delta$  является достаточно малой величиной, то со степенью точности  $\alpha$  можно считать, что число скачков на каждом интервале разбиения скачок или есть, или скачка нет, то есть невозможной является ситуация, когда на интервале будет не менее двух скачков.

В [6] был предложен подход для случая бесконечной меры Леви.

Тогда (5) примет вид

$$h_k = \mu_k + \rho_k \xi_k + \sigma \delta_k, \quad (6)$$

$\mu_k = \text{const}$ ,  $P(\rho_k = 1) = p$ ;  $P(\rho_k = 0) = q = 1 - p$ ;  $\xi_k$  – независимая случайная величина, закон распределения –  $F(dx)$ ;  $\delta_k$  – стандартные нормальные величины; случайные величины  $\rho_k, \xi_k, \delta_k$  являются независимыми.

В данном случае фильтрация будет следующей:

$$F_k = \sigma \{(\rho_1 \delta_1), \dots, (\rho_k \delta_k)\}.$$

Рассмотрим два случая:

1)  $\xi_k$  (скачок) в формуле (6) изменяется по закону  $P(\xi_k = 1) = \mu$ ,  $P(\xi_k = -1) = \eta = 1 - \mu$ ,  $\delta_k \in N(0, 1)$ ,  $N = 20$ ,  $T = 10$ ,  $\sigma = 0,05$  (рис. 2);

2) скачок в формуле (6) изменяется по экспоненциальному закону,  $\delta_k \in N(0, 1)$ ,  $N = 20$ ,  $T = 10$  (рис. 3). Рис. 2 и рис. 3 отражают эволюцию индекса  $h_k$ , который имеет скачки в случайные моменты времени.

Определим условие мартингалности для процесса (4) и  $h_k$  изменяются по за-

кону (6). Условие мартингалности имеет вид

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^x dF(x) = \frac{e^{-\frac{\sigma^2}{2} - m\Delta} - q}{p}. \quad (7)$$

Заметим, что если не выполняется условие (7), то необходимо переходить к мартингальной мере. Для этого можно использовать преобразование Гирсанова или Эшера.

Преобразование Гирсанова для моделей (4) будем искать при помощи процесса плотности:

$$Z_k = Z_{k-1} e^{\gamma_k + \varphi_k h_k}, Z_0 = 1, k = 1, 2, \dots, N^{T-t}. \quad (8)$$

Преобразование Эшера для моделей (4) имеет вид (подробнее о преобразовании Эшера [5, 6]):

$$Z_k = Z_{k-1} \frac{e^{\varphi_k h_k}}{E_p e^{\varphi_k h_k}}. \quad (9)$$

Для моделей (4), как было показано в [6], преобразование Эшера и Гирсанова совпадают.

Для параметра преобразования Эшера должно выполняться соотношение

$$p \int_{-\infty}^{\infty} e^{\varphi_k x} dF(x) + q = e^{\frac{\sigma^2(2\varphi_k + 1)}{2} + m\Delta} \left( p \int_{-\infty}^{\infty} e^{(\varphi_k + 1)x} dF(x) + q \right). \quad (10)$$

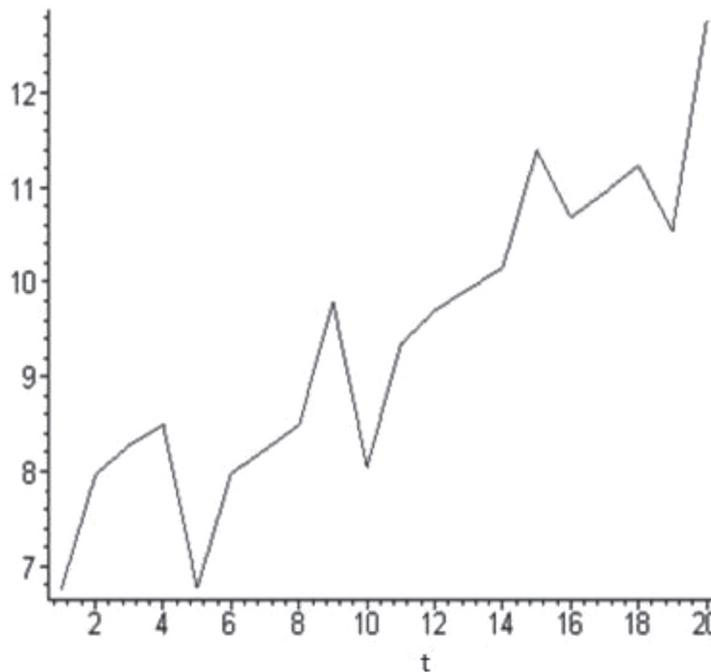


Рис. 2. Изменение  $h_k$ . Ситуация 1

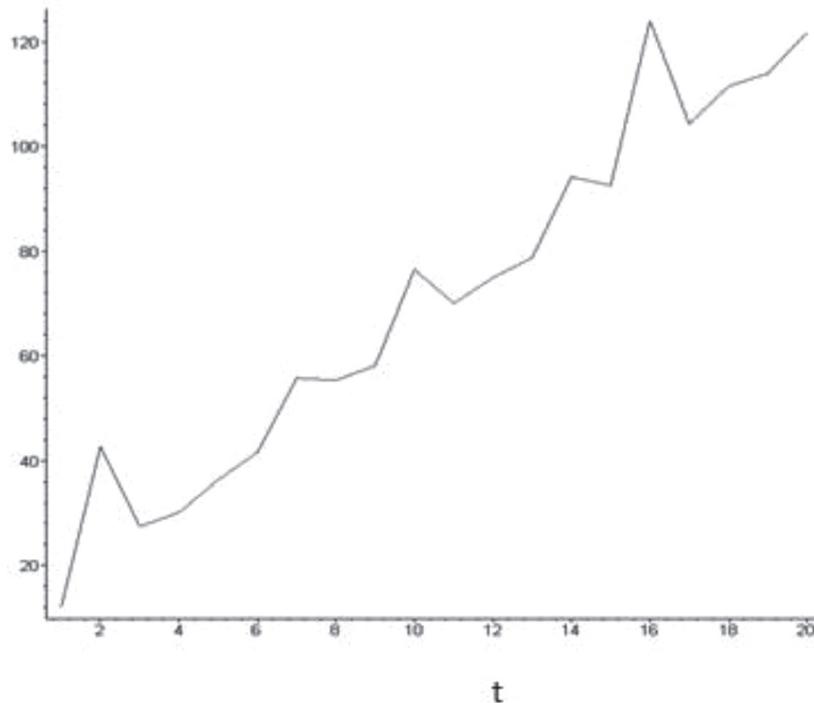


Рис. 3. Изменение  $h_k$ . Ситуация 2

Если в (6) случайные величины  $\xi_k$  распределены по закону Пуассона, интенсивность равна  $\lambda$ , тогда (6) примет вид

$$h_k = m\Delta + \rho_k \xi_k + \sigma \delta_k. \quad (11)$$

Условие (7) примет вид

$$\lambda = \frac{1}{e-1} \ln \left( \frac{e^{-m\Delta} - qe^{\frac{\sigma^2}{2}}}{p} \right), p \neq 0, q \neq 0. \quad (12)$$

Условие для параметра преобразование Эшера:

$$pe^{\lambda(e\varphi-1)} + q = e^{\frac{\sigma^2(2\varphi+1)}{2} + m\Delta} \left( pe^{\lambda(e^{\varphi+1}-1)} + q \right). \quad (13)$$

В случае выполнения условия для мартигальной меры, условие для интервала дискретизации имеет вид  $\Delta < -\frac{\ln(q)\sigma^2}{2m}$ .

$$S_{N^{T-t}} = S_0 e^{H_{N^{T-t}}}; H_{N^{T-t}} = \sum_{k=1}^{N^{T-t}} h_k = m(T-t) + \sum_{k=1}^n \xi_k + \sigma \delta; P_\eta(l) = C_{N^{T-t}}^l p^l q^{N^{T-t}-l}; \delta \in N(0, N^{T-t}).$$

$$E_P(Z_{N^{T-t}} f(S_{N^{T-t}})) = \frac{1}{\sqrt{2\pi N^{T-t}}} \sum_{l=0}^{N^{T-t}} \left( \int_{-\infty}^{\infty} \left( \int_{-\infty}^{\infty} (Z_{N^{T-t}} f(S_0 e^{m(T-t)+iy+\sigma x})) dF^{l*}(y) \right) e^{-\frac{x^2}{2N^{T-t}}} dx \right) P_\eta(l), \quad (16)$$

где  $F^{l*}$  –  $l$ -кратная свертка распределения  $F$  с собой.

Рассмотрим случай (11), если (6) имеет вид

$$S_k = S_{k-1} e^{h_k}, h_k = \mu + \rho \xi_k. \quad (14)$$

Тогда исходя из условия мартигальности, соотношение для определения интервала дискретизации имеет вид  $\Delta < -\frac{\ln(q)}{m}$ .

#### Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим задачу перехода к мартигальной мере (определения цены хеджирования, дисконтированное финансовое обязательство можно рассматривать как опцион европейского типа):

$$E_P(Z_{N^{T-t}} f(S_{N^{T-t}})). \quad (15)$$

Введем допущение:  $S_{N^{T-t}}$  эволюционирует по закону (4) и  $h_k$  изменяется по закону (5).

Пример 1. Если  $h_k$  изменяется согласно (11), тогда

$$G = \frac{1}{\left( p e^{\lambda(e^{\phi}-1)} + q \right) e^{\frac{(\phi\sigma)^2}{2}}}, \tag{17}$$

$$\begin{aligned} E_P \left( Z_{N^{T-t}} f \left( S_{N^{T-t}} \right) \right) &= E_P \left( Z_{N^{T-t}} f \left( S_0 e^{H_{N^{T-t}}} \right) \right) = \\ &= G^{N^{T-t}} \sum_{l=0}^{N^{T-t}} E_P \left( e^{\phi \sum_{k=1}^l \xi_k + \phi\sigma\delta} f \left( S_0 e^{m(T-t) + \sum_{k=1}^l \xi_k + \sigma\delta} \right) \right) P_{\eta}(l) = \\ &= \frac{G^{N^{T-t}}}{\sqrt{2\pi N^{T-t}}} \sum_{l=0}^{N^{T-t}} \left( \int_{-\infty}^{\infty} \left( \sum_{j=0}^{\infty} \left( e^{\phi j + \phi\sigma x} f \left( S_0 e^{m(T-t) + j + \sigma x} \right) \right) \frac{e^{-\lambda l} (\lambda l)^j}{j!} \right) e^{-\frac{x^2}{2N^{T-t}}} dx \right) P_{\eta}(l). \end{aligned}$$

Следовательно, (16) примет вид

$$E_P \left( Z_{N^{T-t}} f \left( S_{N^{T-t}} \right) \right) = \frac{G^{N^{T-t}}}{\sqrt{2\pi N^{T-t}}} \sum_{l=0}^{N^{T-t}} \left( \int_{-\infty}^{\infty} \left( \sum_{j=0}^{\infty} \left( e^{\phi j + \phi\sigma x} f \left( S_0 e^{m(T-t) + j + \sigma x} \right) \right) \frac{e^{-\lambda l} (\lambda l)^j}{j!} \right) e^{-\frac{x^2}{2N^{T-t}}} dx \right) P_{\eta}(l). \tag{18}$$

Напомним, что мы получили аналитическую формулу в случае конечной меры Леви для определения цены хеджирования опциона Европейского типа.

Пример 2. Рассмотрим случай, если в (6)  $\xi_k$  будет независимой случайной величиной, распределенной по симметризованному геометрическому закону распределения.

Проведем симметризацию геометрического закона распределения, используя подход, предложенный в [7]:

$$\begin{aligned} \hat{p}_n &= P(\xi_k = n) = P(\xi_k = -n) = \hat{p}_{-n} = \sum_{j=0}^{\infty} p_j p_{j+n} = \sum_{j=0}^{\infty} (q^j p)(q^{j+n} p) = \\ &= p^2 q^n \sum_{j=0}^{\infty} q^{2j} = p^2 q^n \sum_{j=0}^{\infty} (q^2)^j = \frac{p^2 q^n}{1-q^2}, 0 < p \leq 1, q = 1-p. \end{aligned}$$

Исходная мера является мартингальной, если выполнено условие

$$\exp \left( -\mu_k - \frac{\sigma^2}{2} \right) = \frac{2p^3}{(1-q^2)(1-eq)}. \tag{19}$$

Плотность представляется в виде

$$Z_{N^{T-t}} = \prod_{k=1}^{N^{T-t}} \left( G e^{\phi(\rho_k \xi_k + \sigma\delta_k)} \right) = G^{N^{T-t}} \exp \left( \phi \sum_{k=1}^{N^{T-t}} (\rho_k \xi_k + \sigma\delta_k) \right), \tag{20}$$

где  $\phi$  – параметр преобразования Эшера,  $G = \frac{e^{-\frac{(\phi\sigma)^2}{2}} (1-e^{\phi}q)}{A+q(1-e^{\phi}q)}$ ,  $A = \frac{2p^3}{1-q^2}$ .

$$E_P \left( Z_{N^{T-t}} f \left( S_{N^{T-t}} \right) \right) = \frac{G^{N^{T-t}}}{\sqrt{2\pi N^{T-t}}} \sum_{l=0}^{N^{T-t}} \left( \int_{-\infty}^{\infty} \left( \sum_{j=0}^{\infty} \left( e^{\phi j + \phi\sigma x} f \left( S_0 e^{m(T-t) + j + \sigma x} \right) \right) \left( \frac{p^2 q^j}{1-q^2} \right)^l \right) e^{-\frac{x^2}{2N^{T-t}}} dx \right) P_{\eta}(l). \tag{21}$$

### Заключение

В статье предложен численный метод вычисления цен опционов в моделях (B,S)-рынка, который является стохастическим

аналогом метода сеток с равномерным шагом. В данном методе шаг выбирается в зависимости от индивидуальных свойств процесса Леви. В результате применения указанного метода получена аналитическая

формула для определения безарбитражной цены хеджирования дисконтированного финансового обязательства (опцион Европейского типа). Наличие аналитической формулы существенно упрощает вычислительный процесс, позволяет при вычислении цен опционов не использовать метод деревьев, который обладает достаточно большой вычислительной сложностью, для уменьшения которой необходимо переходить к параллельным вычислениям. Заметим, что в данном случае мера Леви является конечной. Кроме того, появляется возможность проведения различных видов анализа на основе аналитической формулы. В случае, если мера является бесконечной, то возникает ряд сложностей с получением аналитической формулы. Для данного случая численный метод вычисления безарбитражной цены дисконтированного финансового обязательства отличается от сеточных методов. Указанный метод приводит к случайному разбиению временной шкалы.

### Список литературы

1. Галиц Л. Финансовая инженерия: инструменты и способы управления финансовым риском / Л. Галиц. – М.: ТВП, 1998. – 600 с.
2. Динамика курсов доллара США и евро к рублю и показатели биржевых торгов // Центральный банк Российской Федерации: сайт. – URL: [http://www.cbr.ru/hd\\_base/Default.aspx?Prtid=micex\\_doc](http://www.cbr.ru/hd_base/Default.aspx?Prtid=micex_doc) (дата обращения: 27.04.2017).
3. Jacod J. Limit Theorems for Stochastic Processes / J. Jacod, A.N. Shiryaev. – 2nd ed. – Berlin: Springer, 2002. – 660 p.
4. Белявский Г.И. Случайные блуждания с пропущенными слагаемыми / Г.И. Белявский, Н.В. Данилова, Н.Д. Никоненко // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2013. – № 16:4. – С. 21–28.
5. Ширяев А.Н. Основы стохастической финансовой математики / А.Н. Ширяев. – В 2 т. Т. 2. Теория. – М.: ФАЗИС, 1998. – 544 с.
6. Белявский Г.И. Алгоритм расчета безарбитражной цены финансового обязательства на основе дискретизации процессов Леви по состоянию / Г.И. Белявский, Н.Д. Никоненко // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2012. – № 3. – С. 56–59.
7. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения / В. Феллер. – В 2 т. Т. 2; пер. с англ. – М.: Мир, 1967. – 752 с.

УДК 691.3

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕЖИМОВ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ

Осипов Ю.Р., Сеничев В.П.

ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», Вологда,  
e-mail: vasily.senichev@yandex.ru

Представлена методика расчета режимов тепловлажностной обработки древесно-цементных композитов на примере арболита. В результате применения разработанной методики определены в характерные моменты времени в характерных сечениях древесно-цементного блока температуры, влагосодержания и их перепадов между сечениями. Установлена возможность прогнозирования обезвоживания контактной зоны заполнителя и связующего, развития объемно-влажностных деформаций заполнителя и призмочной прочности древесно-цементных конструкций. Приведены рекомендации по применению методики в инженерных расчетах. Повышение начальной температуры смеси уменьшает перепад температуры, но вместе с тем увеличивает перепад влагосодержания. Рекомендована методика для расчета изотермических режимов ТВО арболита и аналогичных ДЦК на основе измельченной древесины и вяжущего компонента на основе портландцементов марок 400–500 в комплексе с химически активными минерализаторами.

**Ключевые слова:** тепловлажностная обработка, арболит, расчет режимов, призмочная прочность

## THE METHOD OF CALCULATION OF MODES OF HEAT AND HUMIDITY IN THE PROCESSING OF WOOD-CEMENT COMPOSITES

Osipov Yu.R., Senichev V.P.

Vologda State University, Vologda, e-mail: vasily.senichev@yandex.ru

The presented method of calculation of modes of heat and humidity in the processing of wood-cement composites on the example of the arbolit. The application is defined in a characteristic time points in the characteristic sections of the block temperature, moisture content and their changes between sections. The possibility of prediction of dehydration surface area of the filler and the binder, the development of space-and humidity deformation of the aggregate and compressive strength of wood-cement structures. Provides guidance on the application of techniques in engineering calculations. The increase in the initial temperature of the mixture reduces the temperature drop, however, increases the differential moisture content. Recommended method to calculate isothermal modes YOUR arbolita and similar DCK on the basis of crushed wood and binder component, based on Portland cement grades 400–500 in combination with chemically active mineralizer.

**Keywords:** heat and humidity treatment, arbolit, calculation modes, compressive strength

Тепловлажностная обработка (ТВО) изделий из древесно-цементных композиционных материалов (ДЦК) направлена на решение задачи сокращения времени структурообразования древесно-цементной массы и набора изделием марочной прочности. В то же время характерная анизотропия древесного заполнителя накладывает ряд ограничений на применение при обработке ДЦК высокотемпературного агента. Основная проблема связана с тем, что под влиянием температурного градиента происходит неравномерное распределение влаги в сечениях и активное развитие в период структурообразования конструкции объемно-влажностных деформаций заполнителя. Кроме этого в связи со специфическими свойствами древесно-цементной структуры, характеризующейся значительным объемом пор и вовлеченного в них воздуха, возникает преждевременное обезвоживание контактной зоны древесины – цементный камень при несоответствии выбранных режимов ТВО. В результате данных про-

цессов значительно снижаются показатели призмочной прочности конструкции.

В результате проведенных исследований [1–2] установлено, что на теплотехнические и механические характеристики ДЦК определенным образом влияет гранулометрический состав древесного заполнителя. Установленная возможность применения в составе композита различных фракций расширяет технологические возможности изготовления ДЦК, с другой стороны, осложняется выбор режимов ТВО в связи с различным размером частиц заполнителя и повышенной неоднородностью композитной структуры.

В практике известны способы ТВО при производстве таких материалов, как цементно-стружечные плиты (ЦСП) и арболит. Тепловлажностная обработка ЦСП заключается в выдержке конструкции после прессования в камере гидратации при температуре 60–80 °С и последующей стабилизации. Благодаря преимущественно минеральной составляющей и однородности применяемого древесного заполни-

теля процесс ТВО протекает достаточно стабильно, что значительно упрощает расчет режимов и проектирование технологии обработки [3]. Одним из известных способов тепловой обработки арболита является нагрев готовой конструкции в тоннельных камерах при температурах, не превышающих 40–50 °С, с постоянным перемещением материала [4]. В данном случае в связи с характерной неоднородностью структуры, значительным объемом межзеренного пространства отклонение от оптимальных режимов ТВО влечет нарушение процессов гидратации и ослабление контактной зоны связующего и заполнителя.

В связи с высокой сложностью процессов формирования таких материалов, как арболит, выбор оптимальных режимов ТВО преимущественно обеспечивается экспериментально-расчетными способами, которые характеризуются высокими производственными затратами и длительностью сроков реализации. Кроме этого экспериментальная проверка проводится на лабораторных образцах, которые могут значительно отличаться от реальной конструкции протекающих в них тепло- и массообменных процессов. На практике выбранные режимы часто не обеспечивают заданного результата, поэтому приходится проводить их корректировку в условиях производства, что нарушает технологический цикл и отрицательно влияет на качество продукции. Следовательно, совершенствование технологии производства арболитовых изделий на основе оптимизации методики расчета режимов ТВО с учетом расчетно-экспериментальных исследований процессов тепло- и массообмена является актуальной задачей.

На основании изложенного целью исследования является оптимизация методики расчета режимов ТВО в производстве ДЦК на примере арболита.

При ТВО обработке арболитовых конструкций отличительной особенностью процесса является массивность изделия. Следовательно, их нельзя рассматривать как термическое тонкое тело, а необходимо учитывать распространение теплоты вглубь конструкции путем теплопроводности и движение влаги к поверхности изделия путем влагопроводности. Причем свойства этих процессов существенно зависят от локального тепловлажного состояния материала. Теоретические основы исследуемых процессов подробно рассмотрены и сформулированы в терминах дифференциальных уравнений в частных производных.

Известны многочисленные способы решения данных уравнений численными ме-

тодами, из которых можно выделить методы ячеечных моделей. Так как данный способ базируется на наглядных балансовых уравнениях для элементарной ячейки, при рассматриваемых условиях его можно назвать наиболее перспективным. Он реализуется с помощью универсального вычислительного алгоритма и свободен от ограничений на линейность процесса и стационарность краевых условий. Расчетная схема моделируемого процесса сушки арболитового блока представлена на рис. 1.

Состояние представленной модели рассматривается через малые промежутки времени  $\Delta t$  и фиксируется в дискретные моменты времени  $\tau_k = (k - 1)$ , где  $k$  – номер временного перехода. Преобразование вектора состояния в течение перехода представлено равенством, которое для переноса массы влаги в объеме ячеек, описываемое вектором  $W$ , в изолированном отрезке имеет вид

$$W^{k+1} = P_w W^k, \quad (1)$$

где  $P_w$  – матрица влагопроводности;  $W^k$  – вектор влагопроводности.

Аналогичным образом описывается эволюция вектора теплоты:

$$Q^{k+1} = P_Q Q^k + (W^{k+1} - W^k) \cdot C_w, \quad (2)$$

где  $P_Q$  – матрица теплопроводности;  $Q^k$  – вектор теплопроводности; второе слагаемое правой части формулы характеризует перенос теплоты вместе с диффундирующей влагой.

Краевые условия переноса влаги и теплоты через поверхность блока записываются для крайней ячейки 1 (рис. 1). Масса влаги, удаляемая из крайней ячейки в течение временного перехода, рассчитывается как

$$\Delta W_1^{k+1} = \beta(p_w^{k+1} - p_g^{k+1})\Delta\tau, \quad (3)$$

где  $\beta$  – коэффициент массоотдачи;  $p_w^{k+1}$  – парциальное давление насыщения влаги при температуре поверхности;  $p_g^{k+1}$  – парциальное давление влаги в сушильном агенте.

Перенос теплоты в крайней ячейке описывается следующим образом:

$$\Delta Q_1^{k+1} = \alpha(t_q^{k+1} - t_1^{k+1})\Delta\tau - r\Delta W_1^{k+1}, \quad (4)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи;  $r$  – удельная теплота испарения;  $t_q^{k+1}$  – температура сушильного агента, меняющаяся во времени.

После расчета подвода теплоты и отвода влаги состояние крайней ячейки корректируется по следующим соотношениям:

$$W_1^{k+1} = W_1^{k+1} - \Delta W_1^{k+1}, \quad (5)$$

$$Q_1^{k+1} = Q_1^{k+1} + \Delta Q_1^{k+1}. \quad (6)$$

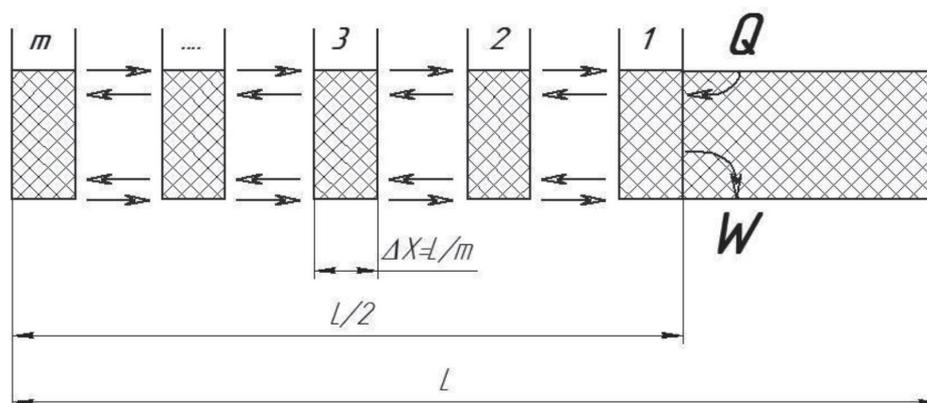


Рис. 1. Модель ячеечного переноса теплоты  $Q$  и влаги  $W$  при тепловой обработке арболитового блока

После проведенной корректировки рассчитываются текущие векторы температуры и влагосодержания:

$$t^{k+1} = Q^{k+1} / c^{k+1} / p^{k+1}, \quad (7)$$

$$x^{k+1} = W^{k+1} / (M_s / m). \quad (8)$$

Таким образом, рассмотренная модель полностью описывает эволюцию тепло-влажностного состояния композиционного материала в процессе ТВО и может быть принята для разработки алгоритма применения методики [5].

Предлагаемая методика расчета режима ТВО арболитовых изделий основана на разработке алгоритма, позволяющего определять параметры тепло-, массообменных процессов, протекающих в характерные моменты времени в характерных сечениях конструкции [6, с. 103–130]. Кроме этого представляется возможность прогнозирования развития объемно-влажностных деформаций заполнителя и изменение призмочной прочности арболита при сжатии.

Исходными данными для расчета были приняты:

1. Состав арболита, представленный соотношениями компонентов ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) – связующего (цемента), мелкофракционного заполнителя (опилок), основного заполнителя (щепы, станочной стружки), воды, или в виде их массовых соотношений. Относительный объем заполненного воздухом межзеренного пространства, основные габаритные размеры конструкции – длина, ширина, толщина.

2. Марка цемента; характеристики древесно-цементной смеси: время начала и конца схватывания; состав минеральных составляющих.

3. Коэффициенты теплопроводности и диффузии влаги в арболите в условиях эксплуатации при  $0^\circ\text{C}$ .

4. Определенные в ходе решения критерийных уравнений коэффициенты теплоотдачи ( $\alpha$ ) и влагоотдачи ( $\alpha'$ ).

5. Параметры режимов ТВО: время этапов ТВО, начальная температура арболита и окружающей среды, температура и относительная влажность рабочей среды.

В ходе применения методики проводится расчет средних значений температуры и влагосодержания по сечению арболитового блока; составляется прогноз потерь влаги в процессе ТВО и прочностных показателей арболита.

Расчет средних значений температуры и влагосодержания проводится с целью последующего определения их перепадов и реализуется согласно рассмотренной модели (1–8) в программной среде, максимально адаптированной для автоматизации инженерного труда в производственных условиях.

Изменение предельных значений температуры и влагосодержания проводится при следующих условиях: температура среды в процессе приготовления древесно-цементной смеси не должна быть ниже  $16^\circ\text{C}$ ; перепад температуры между поверхностью арболитового блока и окружающей средой в процессе выдержки не должен превышать  $5^\circ\text{C}$ ; температура в процессе ТВО в любой точке изделия не должна превышать  $50^\circ\text{C}$ ; начальная прочность арболита при сжатии, достигаемая в период предварительной выдержки, должна соответствовать принятой температуре и влажности окружающей среды.

Прогнозирование призмочной прочности арболита при сжатии после применения ТВО необходимо для оценки качественных показателей и корректировки технологических процессов. Прочностные характеристики арболита определяют по любой из известных методик [7].

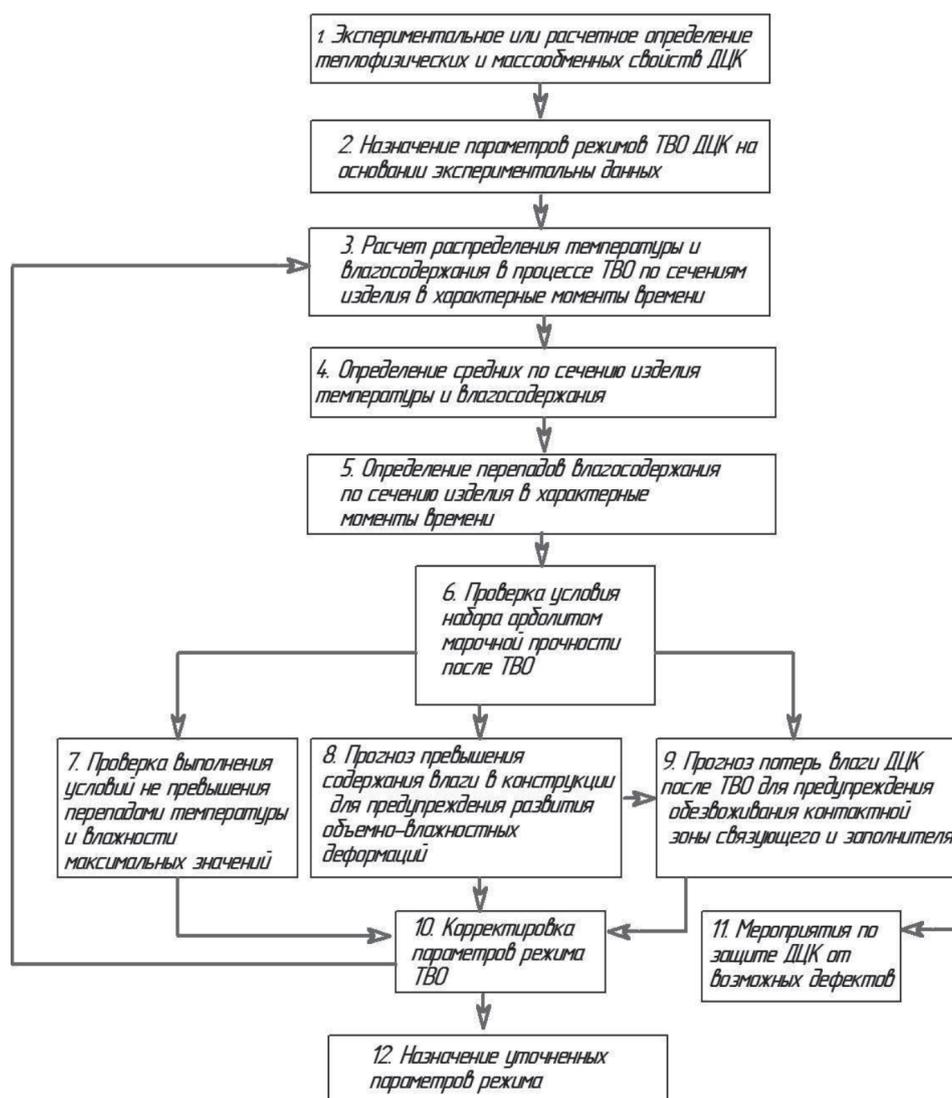


Рис. 2. Алгоритм применения методики расчета и назначения режимов ТВО ДЦК

Прогнозирование потерь влаги арболитом в процессе ТВО проводится с целью предупреждения развития объемно-влажностных деформаций и обезвоживания контактной зоны заполнителя и связующего. Метод заключается в сравнении расчетного влагосодержания на открытой поверхности блока с критическим значением.

В случае, когда влагосодержание соответствует равновесному или имеет меньшее значение, то прогнозируется обезвоживание контактной зоны древесины – цементный камень. В этом случае необходима разработка мероприятий по защите поверхности арболита от испарения влаги в процессе ТВО, например укрытие пленкой открытых участков пресс-форм или распыление влаги на поверхности изделий.

Если влагосодержание соответствует критическому значению, возможно значительное развитие объемно-влажностных деформаций заполнителя, повышение пористости цементной структуры, ухудшение формирования цементной рубашки на поверхности древесных частиц. В данном случае корректируется начальная влажность заполнителя, объем воды затворения, концентрация минерализатора. Алгоритм методики ТВО ДЦК приведен на рис. 2.

Представленная методика позволяет определять и корректировать параметры режима тепловлажностной обработки арболита и подобных древесно-цементных конструкций, что является условием сохранения оптимальных технологических режимов обработки и заданных прочностных характеристик материала.

Результаты проведенного исследования дают основания для формулировки рекомендаций по практическому применению разработанной методики.

1. Для определения параметров режимов ТВО арболита и аналогичных ДЦК следует совместно использовать данные экспериментальных исследований и расчетов по представленной математической модели, что позволяет сократить производственные затраты на расчет и определение параметров ТВО.

2. В случае прогнозирования обезвоживания контактной зоны связующего и заполнителя следует предусмотреть увлажнение поверхностей обрабатываемых изделий в период ТВО и обеспечить влагонепроницаемость открытых участков форм, провести корректировку температурных параметров режима.

3. В случае прогнозирования активного развития объемно-влажностных деформаций заполнителя следует провести корректировку предварительной обработки заполнителя растворами минерализаторов и начальной влажности компонентов.

4. Разработанная методика рекомендована для расчета параметров режимов ТВО арболита и аналогичных ДЦК на основе измельченной древесины и портландцементов марок 400–500 в комплексе с химически активными минерализаторами.

При использовании разработанной методики необходимо экспериментальным путем определять: коэффициент теплопроводности, коэффициент диффузии воды в ДЦК конструкции и максимальное влаго-

содержание. Для определения показателей данных параметров необходимо изготовить опытные образцы, согласно требованиям, установленным известными методиками.

Таким образом, в результате проведенного исследования разработана расчетно-экспериментальная методика расчета режимов ТВО арболитовых изделий и аналогичных ДЦК. Определены области ее практического применения и специфические особенности. Предложены рекомендации по назначению режимов ТВО для ДЦК и применению методики в производственных целях.

### Список литературы

1. Влияние фракционного состава древесного заполнителя на физико-механические показатели арболита / В.П. Семенов [и др.] // Вестник ЧГУ. – 2015. – № 6. – С. 47–50.
2. Диффузия и процессы нестационарной массопроводности при изготовлении композиционных материалов / С.Ю. Осипов [и др.] // Вестник ЧГУ. – 2015. – № 1. – С. 17–20.
3. Композиционные материалы на основе модифицированных древесных опилок, обработанные ВЧ плазмой / Р.Р. Сафин [и др.] // Деревообрабатывающая промышленность. – 2009. – № 1. – С. 24–26.
4. Адамия А.М. Пути снижения водопоглощения и отпусковой влажности арболита на древесной дробленке: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1990. – 19 с.
5. Мизонов В.Е. Моделирование влагопереноса в многослойной среде при неравномерной укладке слоев материала / В.Е. Мизонов, В.В. Костарев, В.А. Зайцев // Вестник ИГЭУ. – 2013. – № 4. – С. 76–79.
6. Аксенчик К.В. Совершенствование тепловой работы пропарочных камер для тепловлажностной обработки железобетонных изделий: дис. ... канд. техн. наук. – Череповец, 2014. – С. 103–130.
7. ГОСТ 19222 – 84. Арболит и изделия из него. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 20 с.

УДК 531.57

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СВАЙ ИЗ ГРУНТА С ПОМОЩЬЮ ОДНОСТВОЛЬНЫХ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ СИСТЕМ

Пенский О.Г.

ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь,  
e-mail: ogpensky@mail.ru

В статье описан способ извлечения свай из грунта с помощью одноствольных артиллерийских откатных систем, основанный на жестком соединении извлекаемой сваи к откатным частям орудия и откате орудия во время выстрела. При описании извлечения свай из грунта рассмотрен трубчатый зерненный порох. Предложены математические модели для расчета динамики орудий и определения извлечения свай из грунта. Описана методика проведения необходимых вычислений, основанная на поэтапном решении задачи Коши для первого и второго периодов выстрела. Численным экспериментом показана принципиальная возможность использования одноствольных артиллерийских систем для извлечения свай из грунта. Для модельных расчетов использовались параметры установки для застреливания анкеров и свай, применяемой ранее при обустройстве нефтяных и газовых месторождений.

**Ключевые слова:** математические модели, строительство, артиллерийские орудия, динамика, проникание

## MATHEMATICAL MODELS OF EXTRACTING THE PILE FROM THE SOIL WITH THE USE OF SINGLE-BARRELED ARTILLERIAN SYSTEMS

Penskiy O.G.

Perm State University, Perm, e-mail: ogpensky@mail.ru

In the article describes a method for extracting piles from the ground with the help of single-barreled artillery sliding systems, based on the rigid connection of the extracted pile to the recoil parts of the gun and the pullback of the gun during the shot. When describing the extraction of piles from the soil, tubular grains of powder are considered. Mathematical models are proposed for calculating the dynamics of tools and determining the extraction of piles from the soil. A technique for performing the necessary calculations is described, based on a phased solution of the Cauchy problem for the first and second shot periods. Numerical experiment shows the principal possibility of using single-barrel artillery systems to extract piles from the ground. For model calculations, the parameters of the installation for the shooting of anchors and piles used earlier for the arrangement of oil and gas fields were used.

**Keywords:** mathematical models, construction, artillery tools, dynamics, penetration

При градостроительстве зачастую возникают задачи ликвидации так называемых долгостроев [1]. Одним из видов работ, выполняемых для этого, является извлечение свай из грунта [2]. Многие из существующих методов, решающих эту задачу, трудно применимы при точечной застройке зданий. На рисунке приведена артиллерийская установка для застреливания анкеров и свай в грунт УЗАС-2 [3], которая создана в г. Перми. При извлечении свай из грунта возможно использование установки следующим образом. В ствол помещается штамп с большой площадью миделевого сечения основания. К откатным частям пушки жестко прикрепляется голова извлекаемой из грунта сваи. Во время выстрела штамп на небольшую глубину проникает в грунт, а откатные части пушки поднимаются вверх, извлекая сваю из грунта. В настоящей статье решается задача моделирования динамики одноствольных артиллерийских систем, и в частности УЗАС-2, при извлечении свай из грунта.

### Математическая модель

Для разработки математической модели будем основываться на термодинамической

теории выстрела в рамках допущений этой теории [4, 5] при использовании трубчатого зернового пороха.

Предварительный период выстрела описывается известной формулой

$$\Psi_0 = \frac{\frac{1}{\Delta} - \frac{1}{\delta}}{\frac{f}{p_0} + \alpha - \frac{1}{\delta}}, \quad (1)$$

где  $\Delta$  – плотность заряжания,  $\delta$  – плотность пороха,  $f$  – сила пороха,  $p_0$  – давление форсирования штампа,  $\alpha$  – коэффциент пороховых газов.

Будем предполагать, что перед выстрелом штамп упирается в грунт.

При анализе процесса выстрела во время застреливания штампа в грунт необходимо учитывать не только часть энергии пороховых газов, которая преобразуется в кинетическую энергию поступательного движения строительного элемента, но и энергию, затрачиваемую на совершение другого вида работ. Это позволит установить полный баланс энергии при выстреле [6].



Установка УЗАС-2 с застреливаемым в грунт штампом

Определим работу по преодолению силы сопротивления грунта движению в нем штампа, выполненную за счет энергии пороховых газов.

Пусть  $v_a$  – абсолютная скорость штампа,  $l_a$  – абсолютный путь штампа по каналу ствола. В этих обозначениях силу сопротивления грунта  $F$  можно записать в виде соотношения

$$F = F(v_a, L_a).$$

Тогда энергию, необходимую для вдавливания штампа на глубину  $L_a$ , можно записать в виде

$$Z_1 = \int_0^{L_a} F(v_a, x) dx,$$

где  $\frac{dx}{dt} = v_a$ .

Таким образом, величина  $Z_1$  примет вид

$$Z_1 = \int_0^{l_a} F(v_a, x) dx,$$

где  $\frac{dx}{dt} = l_a$ .

Очевидно, что кинетическая энергия, которую будет иметь штамп массой  $m$  в момент времени  $t$ , удовлетворяет соотношению

$$Z_2 = \frac{mv_a^2}{2}.$$

Напомним, что ствол артиллерийской системы расположен вертикально и таким образом, что штамп движется вниз. То есть очевидно, что энергия пороховых газов идет на перемещение откатных частей артиллерийского орудия вверх. Таким образом, со-

вершается работа, которую можно выразить соотношением

$$Z_3 = (Q + q_n)l_p,$$

где  $Q$  – вес откатных частей артиллерийского орудия,  $q_c$  – вес извлекаемой сваи,  $l_p$  – перемещение откатных частей.

Кроме того, энергия пороховых газов сообщает откатным частям артиллерийского орудия и извлекаемой сваи скорость  $V$ . Следовательно, кинетическая энергия откатных частей удовлетворяет равенству

$$Z_4 = \frac{(M + m_n)V^2}{2},$$

где  $M$  – масса откатных частей пушки,  $m_c$  – масса сваи.

Энергия, расходуемая на преодоление силы сопротивления отката, имеет вид

$$Z_5 = \int_0^{l_p} G(V, l_p) dl_p,$$

где  $l_p$  – путь отката,  $G(V, l_p)$  – сила сопротивления отката.

Так как штамп движется вертикально вниз, то сила тяжести сама выполняет работу

$$Z_6 = ql_a,$$

которая не входит в сумму работ, совершаемых за счет энергии пороховых газов.

Пусть  $E$  – энергия пороховых газов, за счет которой совершаются работы  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5$ . Тогда очевидно соотношение

$$E = \sum_{i=1}^5 Z_i - Z_6. \quad (2)$$

Известно [6], что величину  $E$  можно аппроксимировать в следующем виде:

$$E = \frac{f}{\theta} \omega \Psi - \frac{p(W_\Psi + sL)}{\theta}, \quad (3)$$

где  $\theta$  – коэффициент адиабаты пороховых газов без единицы,  $\omega$  – масса заряда,  $\Psi$  – относительная часть сгоревшего заряда,  $P$  – давление в канале ствола,  $W_\Psi$  – свободный объем камеры к моменту сгорания в ней части заряда  $\Psi$ ,  $s$  – площадь поперечного сечения канала ствола,  $L$  – путь штампа по каналу ствола.

Заменяя в соотношении (2) значения  $Z_i$  их алгебраическими выражениями и учитывая формулу (3), получим равенство

$$\frac{f}{\theta} \omega \Psi - \frac{p(W_\Psi + sL)}{\theta} = \int_0^{L_a} F(v_a, x) dx + \frac{mv_a^2}{2} + (Q + q_c)L_n + \frac{(M + m_c)V^2}{2} - q_c L_a + \int_0^{l_p} G(V, L_p) dl_p. \quad (4)$$

Из уравнения (4) получаем, дифференцируя параметр давления в канале ствола  $p$  по времени  $t$ , соотношение

$$\frac{dp}{dt} = \frac{\frac{f}{\theta} \omega \frac{d\Psi}{dt} - v_a F(v_a, l_a) - m v_a \frac{dv_a}{dt} - Q \frac{dl_p}{dt} - q_c \frac{dl_p}{dt}}{W_\Psi + sl} - \frac{(M + m_c) V \frac{dV}{dt} + VG(V, l_p) + \frac{p \left( \frac{dW_\Psi}{dt} + s v_a + s V \right)}{\theta}}{W_\Psi + sl} \quad (5)$$

Очевидны следующие уравнения, описывающие поступательное движение штампа, откатных частей пушки и извлекаемой сваи:

$$m \frac{dv_a}{dt} = ps - F(v_a, l_a) + q, \quad (6)$$

$$\frac{dl_a}{dt} = v_a, \quad (7)$$

$$(M + m_c) \frac{dV}{dt} = ps - G(V, l_p) - Q - q_c, \quad (8)$$

$$\frac{dl_p}{dt} = V. \quad (9)$$

Согласно закону горения трубчатого зернового пороха [5] справедливы соотношения

$$\frac{d\Psi}{dt} = \Gamma p, \quad \frac{dL_\Psi}{dt} = -a_1 \Gamma p, \quad (10)$$

$$a_1 = \frac{W_0}{s} \left( \alpha - \frac{1}{\delta} \right), \quad \Gamma = \frac{1}{I_p},$$

где  $I_p$  – полный импульс давления пороховых газов за время сгорания пороха.

Начальные условия для решения системы дифференциальных уравнений (5)–(10) запишутся в виде

$$p_{/t=0} = p_0, v_{a/t=0} = 0, V_{/t=0} = 0, \\ \Psi_{/t=0} = \Psi_0, l_{a/t=0} = 0, l_{p/t=0} = 0.$$

Согласно термодинамической теории выстрела задача Коши [7], описывает первый период выстрела [6].

Уравнения второго периода выстрела [5] эквиваленты уравнениям первого периода выстрела при условии  $\Psi \equiv 1$ . Уравнение

$$\frac{d\Psi}{dt} = \Gamma p$$

в систему уравнений не войдет. Начальные условия для решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений для

второго периода выстрела равны конечным значениям искомым функций задачи Коши, описывающей первый период выстрела.

### Численный эксперимент

В качестве исходных параметров для проведения численного эксперимента примем следующие характеристики.

Рассмотрим глинистый грунт с консолидацией 0,3.

Сила сопротивления этого грунта (Н) прониканию штампа определяется соотношением [3]:

$$F = F(v_a, L_a) = 3422 v_a^2 s_s + \\ + 2000000 s_s + 35000 \pi d_s l_a,$$

где  $s_s$ ,  $d_s$  – площадь миделевого сечения и диаметр штампа, м.

Сила сопротивления отката (Н) удовлетворяет равенству

$$G(V, l_p) = 35000 \pi d_c (H_c - l_p),$$

где  $H_c$  – первоначальное заглубление извлекаемой сваи.

Для численного решения задачи динамики выстрела примем следующие характеристики орудия, условия заряжания, параметры штампа и извлекаемой сваи: длина канала ствола – 1,8 м, вес заряда – 3 н, калибр ствола – 0,170 м, объем камеры – 0,001026 м<sup>3</sup>, сила пороха – 950000 дж/кг, плотность пороха – 1600 кг/м<sup>3</sup>, показатель адиабаты пороховых газов – 1,2, коволюм пороховых газов – 0,98 10<sup>-3</sup> м<sup>3</sup>/кг, полный импульс давления газов во время сгорания пороха (импульс пороха) – 376500 Па с, вес откатных частей орудия – 36000 н, диаметр головной части штампа – 0,5 м, масса штампа – 800 кг, диаметр извлекаемой сваи – 0,168 м, масса сваи – 240 кг, первоначальное проникание сваи – 4 м.

Для расчета динамики орудия была разработана специальная программа. Для решения задач Коши использовался метод

Рунге – Кутты 2-го порядка [6] с шагом интегрирования  $10^{-6}$  с [3, 4]. Вычисления проводились согласно последовательности: формула (1) – уравнения (2)–(10) – уравнения второго периода выстрела.

Вычисления позволили получить следующие динамические показатели к концу выстрела: максимальное давление в канале ствола – 654 МПа, дульное давление пороховых газов – 4,2 МПа, величина проникания штампа в грунт – 1,13 м, величина извлечения сваи из грунта – 3,46 м.

### Заключение

Таким образом, в статье на основе построенной математической модели и численных расчетов показана принципиальная возможность применения одноствольных артиллерийских орудий для извлечения свай из грунта.

### Список литературы

1. Ликвидация долгостроев. – URL: [http://sibargument.ru/news/67\\_likvidaciya-dolgstroev.html](http://sibargument.ru/news/67_likvidaciya-dolgstroev.html) (дата обращения: 01.07.2017).
2. Извлечение свай из грунта. – URL: [http://www.svayastroi.ru/?Izvlечение\\_svai\\_iz\\_grunta](http://www.svayastroi.ru/?Izvlечение_svai_iz_grunta) (дата обращения: 25.06.2017).
3. Принципиальные схемы и математические модели строительных артиллерийских орудий / В.В. Маланин, Е.Н. Остапенко, О.Г. Пенский, А.В. Черников – Пермь: Изд. ПермГУ, 2016. – 495 с.
4. Остапенко Е.Н. Математические модели откатных артиллерийских орудий, предназначенные для застреливания строительных элементов в грунт: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Пермь, 2016. – 16 с.
5. Malanin V.V., Ostapenko, E.N., Penski O.G. Explosive Pile Drivers // Russian Engineering Research. – 2015. – Vol. 35, no 9. – P. 682–685.
6. Заусаев А.Ф. Разностные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений / А.Ф. Заусаев. – Самара: Самарский техн. ун-т, 2010. – 100 с.
7. Денисов А.М. Обыкновенные дифференциальные уравнения / А.М. Денисов, А.В. Разгулин. – М.: МГУ, 2009. – 122 с.

УДК 004.93'1:623.98:534.222

## ОБРАБОТКА РАЗМЕРНОСТИ ПРИЗНАКОВОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ЗАДАЧ КЛАССИФИКАЦИИ МОРСКИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМОЙ

Пятакович В.А., Василенко А.М.

*ФГКВОУ ВО «Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова»,  
Владивосток, e-mail: pva.877com@mail.ru, kahunya@gmail.com*

Рассматривается проблема распознавания образа надводного корабля (судна), подводной лодки, специального морского аппарата – далее морского технического объекта, находящегося в зоне возможностей штатного акустического комплекса. Предполагается, что анализируемые данные являются векторами многомерного евклидова пространства, где они располагаются в соответствии с некоторой функцией распределения. Каждый вектор это и есть объект, подлежащий распознаванию, а координаты вектора являются его признаками. Размерность пространства признаков всегда велика. Основной задачей исследования является выделение основных «обобщенных признаков», что снижает исходную размерность признаков и позволяет идентифицировать объект. Сжатие исходного пространства происходит поэтапно. На первом этапе временной нестационарный процесс, несущий информацию, обрабатывается по методике Колмогорова – Хинчина, на втором – используется репликативная сеть, позволяющая выделить объект. В настоящей работе рассматривается этап обработки признакового пространства для обеспечения задач классификации морских технических объектов нейросетевыми структурами.

**Ключевые слова:** классификация морских объектов, нечёткая логика, нейронные сети, нейро-нечёткие модели, системы автоматического управления, обучающие алгоритмы нейронных сетей

## REDUCING THE DIMENSIONALITY OF ATTRIBUTE SPACE IN PROBLEMS OF MARINE TECHNICAL OBJECTS CLASSIFICATION BY A NEURAL NETWORK EXPERT SYSTEM

Pyatakovich V.A., Vasilenko A.M.

*The Pacific Higher Naval College named after Admiral Makarov Federal state-owned military  
educational establishment of higher education of the Ministry of defence of the Russian Federation,  
Vladivostok, e-mail: pva.877com@mail.ru, kahunya@gmail.com*

Discussed is the image recognition problem for a surface ship (vessel), a submarine or a special marine vehicle (hereinafter collectively referred to as «marine technical objects») located within the reach of a regular acoustic system. It is assumed that the analyzed data are vectors of a multidimensional Euclidean space, where they are located according to a certain distribution function. Specifically, each vector is an object to be recognized, the vector's coordinates being the object's attributes. The dimension of the attribute space is always high. The main objective of the study is to find basic «generic attributes», which reduces original dimensions of attributes, allowing to identify the object. The compression of the original space occurs in stages. At the first stage, the temporary non-stationary process that contains the information is processed according to the Kolmogorov-Khinchin method, on the second stage, a replicative network is used, which makes it possible to single out an object. In this paper, we discuss the attribute space processing to enable the classification of marine technical objects by neural network structures.

**Keywords:** classification of sea objects, fuzzy logic, neural networks, neuro-fuzzy models, automatic control systems, training algorithms of neural networks

Целью научно-технических разработок авторов статьи является создание широкомасштабной радиогидроакустической системы освещения атмосферы, океана и земной коры, мониторинга их полей различной физической природы, построение нейросетевой экспертной системы распознавания в общей структуре просветной системы мониторинга, включая комплекс ее автоматизированного управления на основе разработанных авторами архитектур искусственных нейронных сетей и методики их обучения для решения задач распознавания (классификации) технических источников информационных полей в морской среде [1–5]. Некоторые результаты научных

разработок авторов по данной тематике отражены в приведенном ниже списке литературы [2, 5–9].

### Постановка задачи

Предполагается, что на морском техническом объекте, имеется штатный комплекс средств распознавания и параллельно работающая распознающая система, построенная с использованием искусственных нейронных сетей (рис. 1).

При разработке названной структуры использовались традиционные сети и сети реализующие нечеткие алгоритмы, которые наиболее целесообразны в тех или иных гидрологических условиях [6, 10, 11].

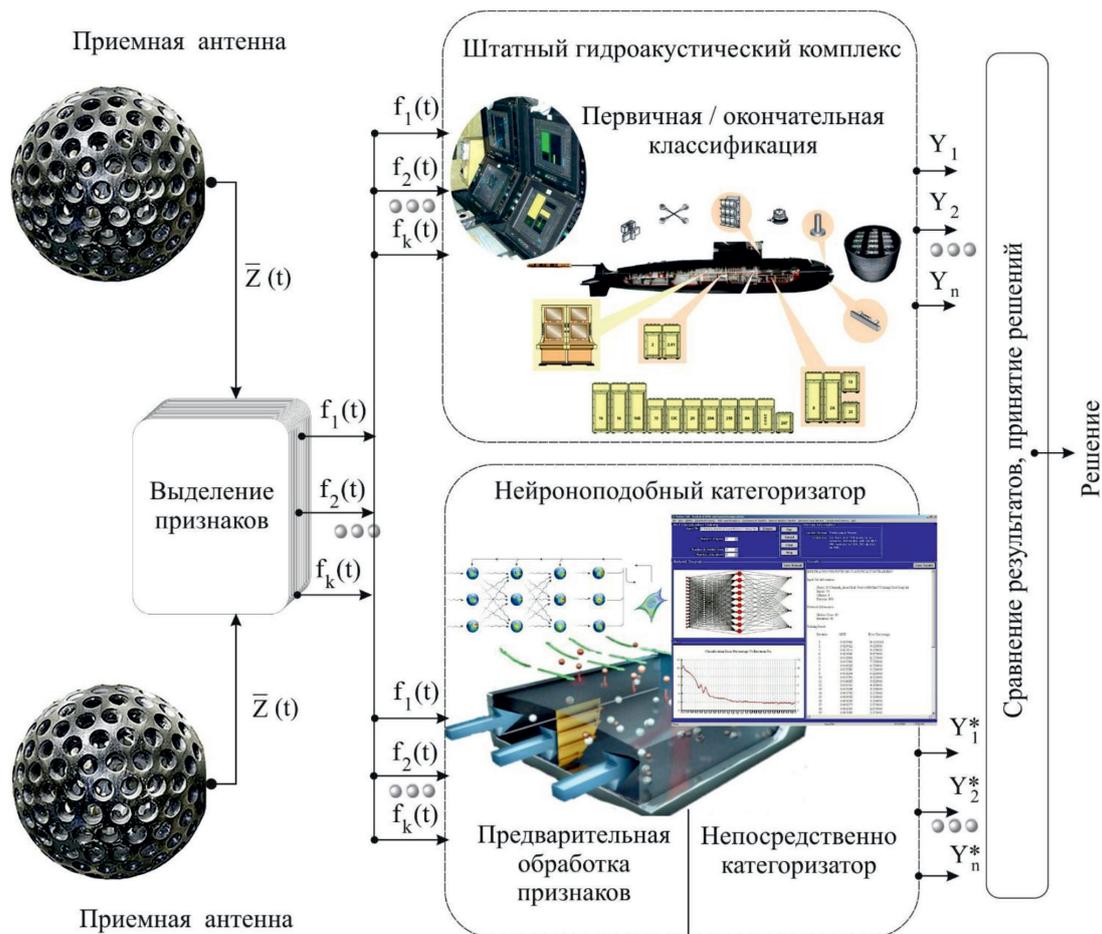


Рис. 1. Функциональная схема гидроакустической системы поиска и классификации

Научная новизна состоит прежде всего в том, что авторами показана возможность применения высокотехнологичных научных методов для решения прикладных задач классификации морских объектов. Предлагается параллельно штатному гидроакустическому комплексу устанавливать нейроноподобный категоризатор, производящий предварительную обработку признаков и классификацию морских объектов.

Под терминами обнаружение и распознавание авторы понимают этап гидроакустического наблюдения, направленный на установление наличия объекта в обследуемой морской акватории. Обнаружение сигнала и извлечение из него полезной информации определяет содержание первичной обработки гидроакустической информации и вследствие случайного характера сигналов и помех может, в некоторых случаях, решаться с использованием аппарата статистической теории [6, 12]. Процесс обнаружения начинается с момента первич-

ного выделения сигнала и заканчивается принятием решения об отнесении обнаруженного объекта к определенному классу. Из-за влияния целого ряда факторов процесс обнаружения морских технических объектов является вероятностным. Эффективность обнаружения может быть охарактеризована дальностью, соответствующей заданной либо выбранной вероятности, а также вероятностными характеристиками, являющимися функцией дистанции до морского объекта и существенно изменяться в условиях воздействия преднамеренных помех.

Параллельно штатному гидроакустическому комплексу установлен нейроноподобный категоризатор, производящий первичную обработку признаков (предварительное сжатие пространства признаков) и категоризацию объектов. На рис. 1 использованы следующие обозначения:  $\bar{Z}(t)$  – сигнал на выходе гидроакустической антенны;  $f_1(t)$ ,  $f_2(t), \dots, f_k(t)$  – выделенные временные функ-

ции признаков, по которым производится классификация;  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  – категории (объекты), выделенные штатным распознающим устройством;  $Y_1^*, Y_2^*, \dots, Y_n^*$  – категории (объекты), выделенные нейроподобным распознающим устройством. Оператор рассматриваемого гидроакустического комплекса имеет возможность сравнивать результаты, полученные на выходе штатного комплекса, и нейроподобного категоризатора, работающего параллельно с основным. Решение принимается на основании анализа результатов, полученных на выходе обеих систем. Следует отметить, что нейроподобный категоризатор, реализованный на ограниченных штатных вычислительных средствах погружного аппарата, показал весьма удовлетворительные результаты, сравнимые с работой штатного комплекса, а по времени формирования решения – превосходящие его.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В настоящей работе основное внимание уделяется одному достаточно узкому вопросу, связанному с предварительной обработкой информации (сжатием выделенных обобщенных признаков). Полный перечень информационных признаков распознавания позволяет отнести их в сложных гидрологических условиях к классу нечетких информационных признаков. Предварительная обработка признаков необходима для определенного упорядочения сигналов, что значительно

упрощает работу нейроподобного категоризатора. Фактически авторами решалась проблема близкая той, которая вынудила Колмогорова и Хинчина пойти на принятие решения о необходимости предварительной обработки сигнала. Метод Колмогорова и Хинчина не является необходимым, но его достаточность позволяет сжать исходное параметрическое пространство и решить задачу упорядочения в почти реальном масштабе времени с учетом нескольких циклов предыстории. Полученные обобщенные характеристики являются более достоверными, «смягченными». Далее рассмотрим непосредственно работу блока предварительной обработки информации.

#### Блок предварительной обработки информации (БПИ)

БПИ – это устройство, которое по методике Колмогорова – Хинчина [5, 10] преобразует нестационарный временной процесс его основными статистическими параметрами практически в реальном масштабе времени. Функциональная схема БПИ представлена на рис. 2.

Схема реализует названный алгоритм, с помощью которого временные процессы  $f_1(t), f_2(t), \dots, f_k(t)$ , содержащие информационные признаки (размерность которых весьма велика), заменяются их статистическими характеристиками: математическим ожиданием  $m_{xi}$ , среднеквадратическим отклонением  $\sigma_{xi}$  и корреляционным моментом  $k_{xi}$ , где  $i$  – номер временного процесса.

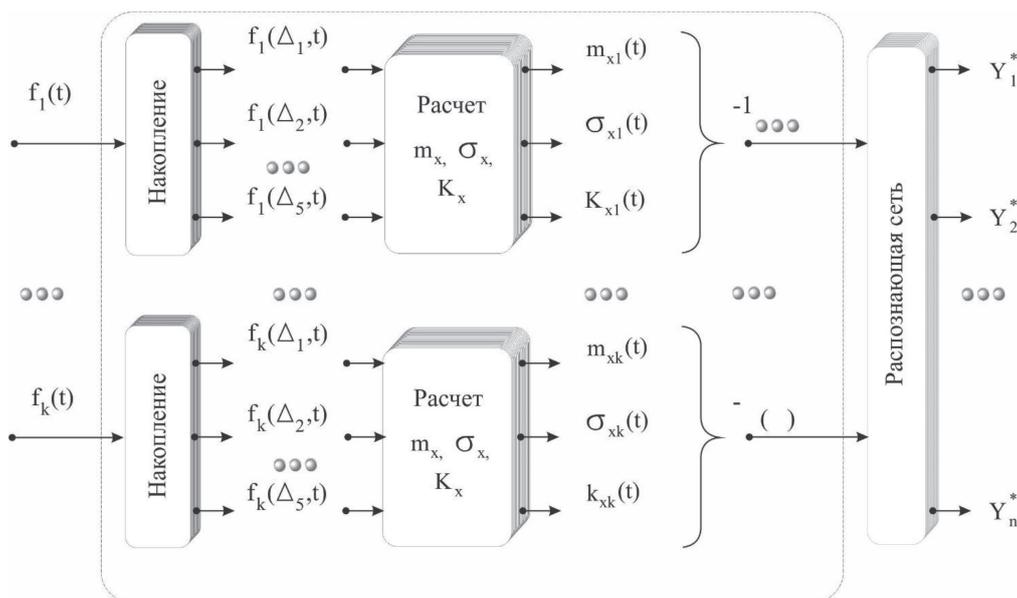


Рис. 2. Блок предварительной обработки информации

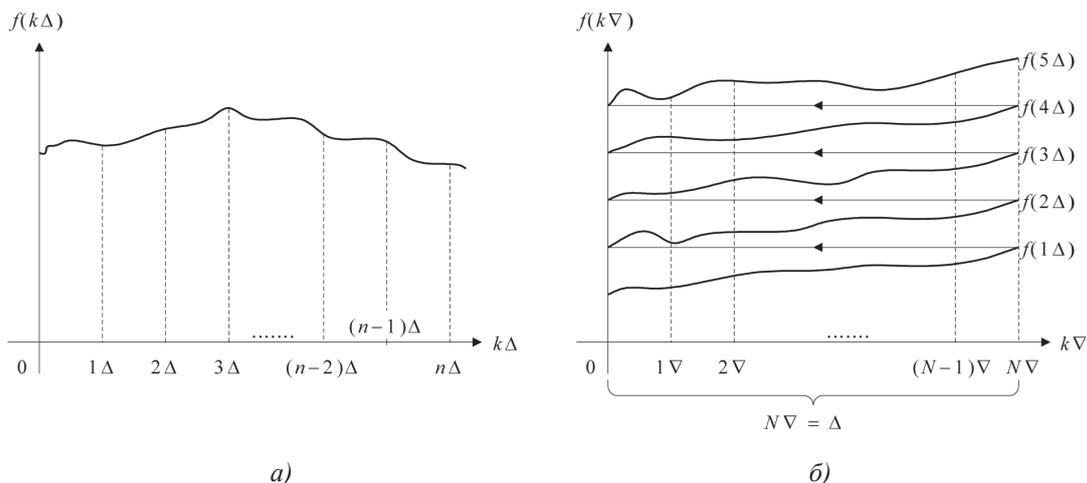


Рис. 3. Временные характеристики: а – временная функция признаков  $f(t)$ ; б – кривые, находящиеся в памяти блока «накопление»  $f(1\Delta)$ ,  $f(2\Delta)$ ,  $f(3\Delta)$ ,  $f(4\Delta)$  и вводимая в реальном масштабе времени функция  $f(5\Delta)$

Идея метода состоит в том, что некоторый нестационарный процесс может быть представлен через классические определения случайной величины и случайной функции, если одновременно рассматривать на некотором интервале  $\Delta$  конечное число предысторий (дискрет) и собственно процесс в реальном масштабе времени.

В нашем случае рассматривается и анализируется временная функция признаков  $f(t)$ , представленная на рис. 3, а.

Следуя выбранной методике, непрерывный процесс  $f(t)$  разбивается на ряд дискретных интервалов длительностью  $\Delta$ , которые накапливаются в памяти.

В это же устройство вводится изучаемый процесс в реальном масштабе времени. На рис. 3, б представлены кривые, находящиеся в памяти блока «накопление»  $f(1\Delta)$ ,  $f(2\Delta)$ ,  $f(3\Delta)$ ,  $f(4\Delta)$  вводимая в реальном масштабе времени функция  $f(5\Delta)$ .

Все выделенные временные дискреты разбиваются на  $N$  равных отрезков, длительностью  $\nabla$ , в конце которых происходит обработка всех реализаций, и определяются  $m_x(i\nabla)$ ,  $\sigma_x(i\nabla)$  и  $k_{xx}(i\nabla)$ , т.е. после анализа интервала  $\Delta_i (i = 0, \dots, n)$  можно получить информацию, представленную на рис. 4, а, построить вектор  $\bar{S}_x(i\nabla)$ , а также годограф «состояния» изучаемого объекта (рис. 4, б). Именно эти величины подаются на вход распознающей сети для проведения процесса классификации объекта по критерию  $\bar{S}_x(i\Delta) \in \Omega_j$ .

Описанной обработке подвергаются все временные процессы признаков. Таким образом, на вход распознающей сети в каждый момент времени подаются

три обобщенные характеристики, по которым проводится категоризация, т.е.  $\bar{S}_x^k(t) = [m_{xk}(t), \sigma_{xk}(t), k_{xx}(t)]$  – один из входных векторов распознающей сети, характеризующий процесс  $f_k(t)$  в рассматриваемый момент времени  $t$ .

На основании проведенного анализа возмозжных сетевых структур, решающих задачу классификации, выбраны (ИНС) типа персептрон и сеть Кохонена. В качестве выходного каскада и в первом и во втором варианте использована структура Гроссберга. Нечеткий вариант распознавания реализован нечеткой сетевой структурой ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System). Совершенно очевидно, что кроме описанных целевых специальных процедур подготовки данных использовались классические методы, т.е. нормирование, биполяризация и др. Результаты  $n$  экспериментов над системой  $m$  случайных величин  $X(t1), \dots, X(tm)$  приведены в таблице.

### Выводы

В заключение следует отметить, что нейроноподобные распознающие сети имеют право на существование и весьма перспективны. Сети, построенные на бортовых вычислительных комплексах погружного аппарата, имеющих весьма ограниченные возможности, по многим параметрам оказались весьма конкурентоспособны со штатным гидроакустическим комплексом. При времени наблюдения изучаемого объекта около 6–10 минут вероятность правильной классификации не ниже 85%, а при классификации объектов типа надводный или подводный объект названная вероятность не менее 97%.

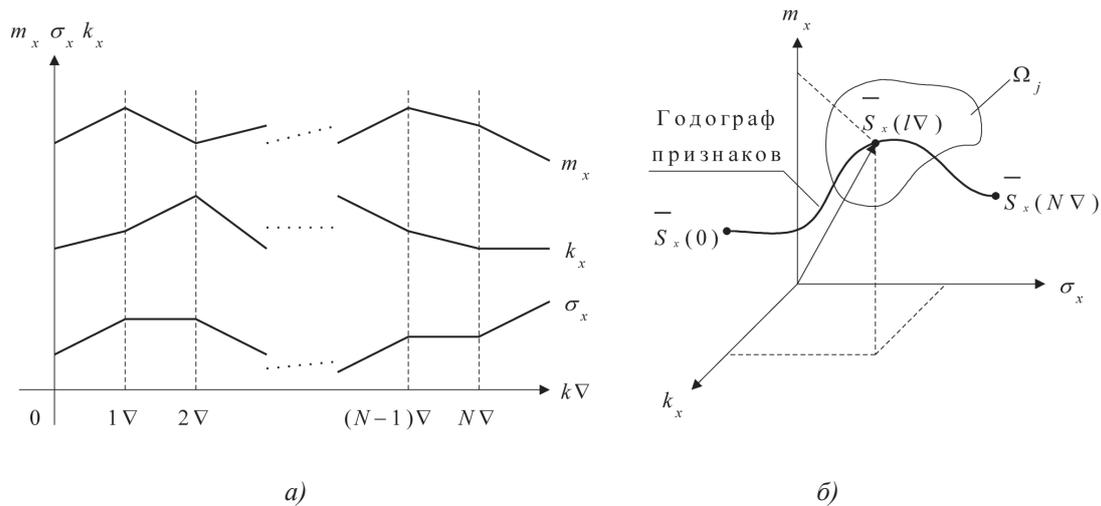


Рис. 4. Выходные характеристики блока предварительной обработки сигнала:  
 а – вектор  $\bar{S}_x(l\nabla)$ ; б – годограф «состояния» объекта

Результаты  $n$  экспериментов над системой  $m$  случайных величин  $X(t_1), \dots, X(t_m)$

Временные сечения	$t_1$	$t_2$	$t_3$	...	$t_{m-1}$	$t_m$
1	2	3	4	...	$m-1$	$m$
$x_1(t)$	$x_1(t_1)$	$x_1(t_2)$	$x_1(t_3)$	...	$x_1(t_{m-1})$	$x_1(t_m)$
$x_2(t)$	$x_2(t_1)$	$x_2(t_2)$	$x_2(t_3)$	...	$x_2(t_{m-1})$	$x_2(t_m)$
...	...	...	...	...	...	...
$x_n(t)$	$x_n(t_1)$	$x_n(t_2)$	$x_n(t_3)$	...	$x_n(t_{m-1})$	$x_n(t_m)$
Второй этап						
$\bar{m}_x(t_k)$	$m_x(t_1)$	$m_x(t_2)$	$m_x(t_3)$	...	$m_x(t_{m-1})$	$m_x(t_m)$
$\bar{D}_x(t_k)$	$D_x(t_1)$	$D_x(t_2)$	$D_x(t_3)$	...	$D_x(t_{m-1})$	$D_x(t_m)$
$\bar{K}_x(t_k, t_l)$	$K_x(t_1, t_{1-l})$	$K_x(t_1, t_{2-l})$	$K_x(t_1, t_{3-l})$	...	$K_x(t_1, t_{m-1-l})$	$K_x(t_1, t_{m-l})$

Использованная методика предварительного сжатия информации по методу Колмогорова – Хинчина может быть использована для обработки любых информационных временных процессов, содержащих признаки, подлежащие категоризации. Для технической реализации нейроноподобного категоризатора удобно использовать модули гибкой логики, например, программируемые логические модули (ПЛИС), различных производителей.

#### Список литературы

1. Нейросетевая адаптивная система распознавания объектов по их акустическим излучениям: Пат. 2513719 RU / Борзов А.Б., Лихоеденко К.П., Павлов Г.Л. и др., 20.04.2014. Бюллетень № 11.

2. Мироненко М.В., Василенко А.М., Пятакович В.А. Обнаружение и распознавание источников гидрофизических и геофизических полей, измеряемых в морской среде // Мониторинг. Наука и технологии. – 2017. – № 1(30) – С. 16–19.

3. Малашенко А.Е., Мироненко М.В., Карачун Л.Э., Халаев Н.Л. Создание и эксплуатация радиогидроакустических систем комплексного мониторинга гидрофизических полей морских акваторий на основе разработок средств морского приборостроения: монография. – Владивосток: Издательский дом ДВФУ, 2012. – 264 с.

4. Мироненко М.В. Нелинейная гидроакустика в системах мониторинга гидрофизических и геофизических полей морских акваторий / Монография. – Владивосток: ВУНЦ ВМФ «ВМА» (филиал, г. Владивосток), 2013. – 324 с.

5. Пятакович В.А., Василенко А.М., Мироненко М.В. Структура нейросетевой экспертной системы распознавания и классификации объектов по их информационным полям в системе комплексного мониторинга морских акваторий. – М.: Науковедение, 2017. – Т. 9, № 2. Режим доступа: <http://>

naukovedenie.ru/PDF/55TVN217.pdf, доступ свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

6. Пятакович В.А., Василенко А.М., Мироненко М.В. Технологии нелинейной просветной гидроакустики и нейро-нечетких операций в задачах распознавания морских объектов: монография. – Владивосток: ДВФУ, 2016. – 190 с.

7. Пат. 2593625. Российская Федерация, МПК G10K 11/00. Способ передачи информационных волн из морской среды в атмосферу и обратно / М.В. Мироненко, А.М. Василенко, В.А. Пятакович; Владивосток. ТОВВМУ, № 2593625. заявл. 22.04.2015; опубл. 10.08.16, Бюл. № 22. 17 с.

8. Пат. 2593624. Российская Федерация, МПК G10K 11/00. Радиогидроакустическая система передачи информационных волн из морской среды в атмосферу и обратно / М.В. Мироненко, А.М. Василенко, В.А. Пятакович; Владивосток. ТОВВМУ, № 2593624. заявл. 22.04.2015. Опубл. 10.08.16. Бюл. № 22.

9. Пат. 2593673. Российская Федерация, МПК G01H 3/00. Радиогидроакустическая система параметрического приема волн источников атмосферы, океана и земной коры в морской среде: РФ обратно / М.В. Мироненко, А.М. Василенко, В.А. Пятакович; Владивосток. ТОВВМУ, № 2593673. заявл. 22.04.2015. Опубл. 10.08.16. Бюл. № 22.

10. Мошошин А.И. Особенности синтеза алгоритмов классификации подводных объектов по их гидроакустическому полю// Акустический журнал. – 1996. – Т. 42. № 2. – С. 27–32.

11. Бобровский А.И. и др. Классификация гидроакустических сигналов с помощью нейронных сетей // Изв. вузов. Приборостроение. – 1996. – Т. 39. № 1. – С. 17–21.

12. Моргунов Ю.Н., Безответных В.В., Буренин А.В., Войтенко Е.А. Исследование влияния гидрологических условий на распространение псевдослучайных сигналов из шельфа в глубокое море // Акуст. журн. – 2016. – Т. 62, № 3. – С. 341–347.

УДК 519.21:004

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СРЕДЕ MATLAB

Семёнов А.С., Якушев И.А., Егоров А.Н.

*Политехнический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Мирный, e-mail: sash-alex@yandex.ru*

В статье рассмотрены вопросы, обуславливающие выбор в качестве оптимальной программы для математического моделирования технических систем пакета программ MatLab. Представлена классификация пакетов программ, которые могут использоваться для математического моделирования технических систем. Подробно рассмотрен пакет программ MatLab и его приложения, заинтересовавший авторов своей универсальностью в плане математического и имитационного моделирования сложных технических систем. Рассмотрено приложение структурного моделирования динамических систем Simulink. Произведен обзор приложения SimMechanics, предназначенного для технического проектирования и моделирования пространственных механизмов. Описана работа в приложении SimPowerSystems, позволяющем быстро и легко строить и исследовать модели энергетических систем. Исследовано новое приложение Stateflow, появившееся в пакете программ MatLab с выходом его новых версий, являющееся одним из эффективных и наиболее доступных инструментов численного моделирования систем, управляемых событиями. Stateflow используется вместе с Simulink и позволяет моделировать сложные событийно-управляемые системы, основываясь на теории конечного автомата. Для всех рассмотренных приложений пакета программ MatLab приводятся примеры построения моделей и результаты моделирования. В заключении отмечается, что среда MATLAB/Simulink, в частности пакеты моделирования механических систем SimMechanics, электрических систем SimPowerSystems, а также пакет событийного моделирования StateFlow, позволяют получить мощный инструмент исследования сложных технических систем.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, пакеты программ, технические системы, анализ результатов, библиотеки блоков, дифференциальные уравнения, MatLab, Simulink, SimMechanics, SimPowerSystems, StateFlow

## MATHEMATICAL MODELING OF TECHNICAL SYSTEMS IN THE MATLAB

Semenov A.S., Yakushev I.A., Egorov A.N.

*Polytechnic Institute branch of NEFU named after M.K. Ammosov, Mirnyy, e-mail: sash-alex@yandex.ru*

The article discusses the issues that determine the choice as the optimal program for mathematical modeling technical systems of the MatLab software package. A classification of software packages that can be used for mathematical modeling of technical systems is presented. A detailed review of the MatLab software package and its applications, which interested the authors in its versatility in terms of mathematical and simulation modeling of complex technical systems. The application of structural simulation of dynamic systems Simulink is considered. A review of the SimMechanics application, designed for the technical design and modeling of spatial mechanisms, is presented. The paper describes the work in the SimPowerSystems application, which allows to quickly and easily build and explore models of energy systems. The new Stateflow application, which appeared in the MatLab software package with the release of its new versions, is one of the most effective and most accessible tools for numerical modeling of event-driven systems. Stateflow is used together with Simulink and allows you to model complex event-driven systems based on the finite state machine theory. For all the discussed applications of the MatLab software package, examples of model building and simulation results are given. In conclusion, it is noted that the MATLAB/Simulink environment, in particular SimMechanics mechanical simulation packages, SimPowerSystems electrical systems, and StateFlow event modeling package, provide a powerful tool for researching complex technical systems.

**Keywords:** mathematical modeling, software packages, technical systems, results analysis, block libraries, differential equations, MatLab, Simulink, SimMechanics, SimPowerSystems, StateFlow

На сегодняшний день имеется много программных продуктов для математического моделирования (ММ) технических систем (ТС). Многие из них знакомы пользователям и являются популярными, другие – появились недавно. Есть программы, которые могут быть использованы для моделирования любых ТС, есть же программы, имеющие узкую специализацию в какой-либо предметной области. Возможности многих программ в значительной степени перекрываются друг другом и подходы к решению одинаковых задач у них

примерно одинаковы. Подумаем о классификации пакетов программ (ПП), которые могут использоваться для ММ ТС с точки зрения сегодняшнего состояния [1]. Для этого будем опираться на следующие важнейшие показатели:

- назначение и возможности ПП;
- состав их библиотек и приложений;
- принципы построения моделей;
- методы интегрирования;
- средства визуализации результатов.

Примерная структура ПП для моделирования ТС представлена на рис. 1.



Рис. 1. Классификация пакетов программ моделирования технических систем

Так называемые «классические» математические ПП, такие как Mathematica, Maple, Mathcad, хорошо приспособлены к выполнению расчетов в дисциплинах естественнонаучного цикла, когда модель задается в аналитической форме. В этих случаях программирование заключается в написании сравнительно небольших по объему программ, состоящих в основном только из макрооператоров [2]. Пакеты компонентного моделирования (КМ) практически полностью ориентированы на численные эксперименты. В настоящее время они преобладают в процессах проектирования технических объектов (ТО). По принципам представления начальной модели среди пакетов КМ можно выделить следующие две основные группы:

- пакеты структурного моделирования (СМ);
- пакеты физического моделирования (ФМ).

Некоторые авторы в своих публикациях выделяют в качестве третьей группы ПП, предназначенные для моделирования гибридных систем (МГС) [3]. Эти пакеты позволяют наглядно описывать ТС со сложной логикой переключений.

#### Объект исследования

К числу универсальных ПП, не ориентированных на конкретные прикладные области моделирования ТС, можно отнести пакет программ MatLab. Данный ПП предназначен для аналитического и численного решения различных математических задач и исследования динамических систем (ДС), включая и дискретные, и непрерывные, и гибридные модели. Главная его особенность – хорошая проработанность и отлаженность всех средств и методов программирования. MatLab получил наиболее

распространенное применение в инженерной практике в отличие от других подобных программ. В состав системы входит ядро компьютерной алгебры Maple и пакет расширения Simulink, а также десятки других пакетов расширений. Система MM Simulink является в настоящее время одним из наиболее популярных инструментов численных расчетов и применяется в различных областях знаний [4–5].

*Обзор MATLAB/Simulink.* Важнейшей составляющей ПП является приложение СМ ДС Simulink. Simulink – это библиотека блоков для многодоменного моделирования и модельного проектирования. Он поддерживает системный дизайн, моделирование, автоматическую генерацию кода и непрерывный контроль, включая проверку встроенных систем. Simulink предоставляет графический редактор, настраиваемые библиотеки блоков и решатели для моделирования и симулирования ДС. Он интегрирован с MatLab, позволяя включать его алгоритмы в модели и экспортировать результаты моделирования для дальнейшего анализа.

К ключевым особенностям Simulink можно отнести следующие:

- графический редактор для построения и управления иерархическими блок-диаграммами;
- библиотеки предопределенных блоков для моделирования систем непрерывного и дискретного времени;
- симуляционный «движок» с фиксированным и переменным шагами;
- области и отображения данных для просмотра результатов моделирования;
- инструменты визуализации проектов и данных для управления файлами моделей;

– инструменты анализа модели для уточнения ее архитектуры и увеличения скорости моделирования;

– функциональный блок для импорта алгоритмов MatLab в модели;

– приложение Legacy Code Tool для импорта кода C и C++ в модели.

Ещё одним преимуществом системы Simulink является использование его не только для моделирования системы, а еще и для моделирования динамического поведения этой системы. Основные методы, которые используются для создания простой модели – это те же методы, которые будут использованы в дальнейшем для более сложных моделей. Чтобы создать эту простую модель в Simulink, нам потребуется всего четыре блока: Sine Wave – генерирует входной синусоидальный сигнал для модели; Integrator – обрабатывает входной сигнал; Bus Creator – объединяет входной сигнал и сигнал обратной связи в один; Scope – визуализирует сигналы.

Результаты моделирования могут быть представлены в виде графиков или таблиц. Пример построения модели в приложении Simulink приведен на рис. 2, а.

Прежде чем имитировать поведение модели, необходимо определить параметры моделирования. Параметры моделирования включают тип численного «решателя», время начала и остановки и максимальный размер шага. В меню «Editor» выбирается «Simulation» > «Model Configuration Parameters». Диалоговое окно «Configuration Parameters» открывает панель «Solver». В поле Stop time введем 20. В поле Max size введем 0.2. Результаты моделирования приведены на рис. 2, б. Подробно о моделировании систем управления в Simulink изложено в [6–7].

Приложения ПП MatLab позволяют моделировать ТС, включающие механические, электрические и информационные элементы. Среди таких приложений имеет смысл

выделить SimMechanics, SimPowerSystems, StateFlow.

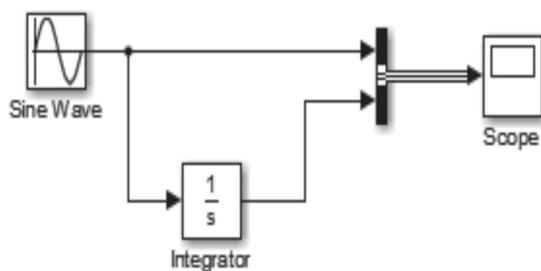
*Обзор SimMechanics.* Приложение SimMechanics предназначено для технического проектирования и моделирования пространственных механизмов, способно моделировать поступательное и вращательное движение тел в трехмерном пространстве. SimMechanics обеспечивает многомодельную среду моделирования для трехмерных механических систем, таких как роботы, подвески транспортных средств, строительное оборудование и посадочные места для самолетов. Моделируя многоярусную систему и используя блоки, представляющие тела, суставы, ограничения и элементы силы, SimMechanics формулирует и решает уравнения движения для всей механической системы. Модели из CAD-систем, включая массу, инерцию, сустав, ограничение и 3D-геометрию, могут быть импортированы в SimMechanics. Автоматически созданная 3D-анимация позволяет визуализировать динамику системы.

SimMechanics позволяет параметризовать свои модели с использованием переменных и выражений MatLab и систем управления проектами многоуровневой системы Simulink. Можно добавлять электрические, гидравлические, пневматические и другие компоненты к механической модели с помощью Simscape и тестировать их все в одной симуляционной среде. Для развертывания моделей в других симуляционных средах, включая аппаратно-контурные (HIL) системы, SimMechanics поддерживает создание C-кода с помощью Simulink Coder.

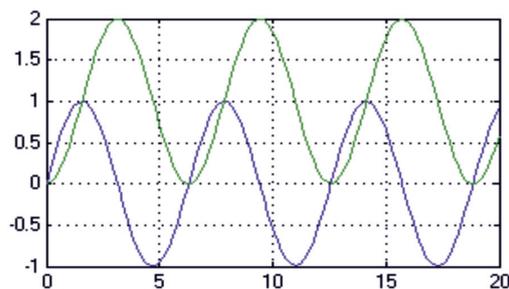
К ключевым особенностям SimMechanics можно отнести следующие:

– блоки и моделирующие конструкции для моделирования и анализа 3D-механических систем в Simulink;

– определение жесткого тела с использованием стандартной геометрии и пользовательских экструзий, определенных в MatLab;



а)



б)

Рис. 2. Пример построения модели в Simulink: а) модель; б) результаты моделирования

- автоматический расчет тензора массы и инерции;
- режимы моделирования для анализа движущихся и расчетных сил;
- визуализация и анимация много-системной динамики системы с 3D-геометрией;
- утилита SimMechanics Link, обеспечивающая интерфейс для Pro/ENGINEER, SolidWorks и Autodesk Inventor для взаимодействия с другими платформами САПР;
- поддержка генерации С-кода с помощью Simulink Coder.

На рис. 3, а приведен пример модели маятника, включающий такие физические компоненты, как блок тела (body), блок одномерного вращательного движения (revolute), блок основания (ground).

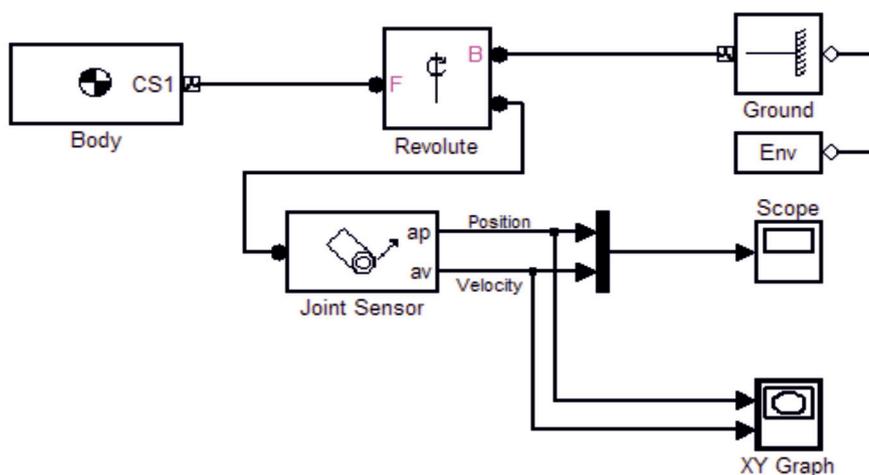
В результате моделирования на рис. 2, б мы видим, что движение является периодическим, но не простым гармоническим (синусоидальным), поскольку амплитуда коле-

бания очень велика (180 градусов от одной точки поворота к другой). Обратим внимание на то, что нулем угла является начальный горизонтальный угол, а не вертикальный. Нули движения всегда являются начальными условиями. График на рис. 2, в показывает угол в зависимости от угловой скорости без явной временной оси. Эти две переменные вычерчивают фигуру, похожую на эллипс, из-за сохранения полной энергии  $E$ :

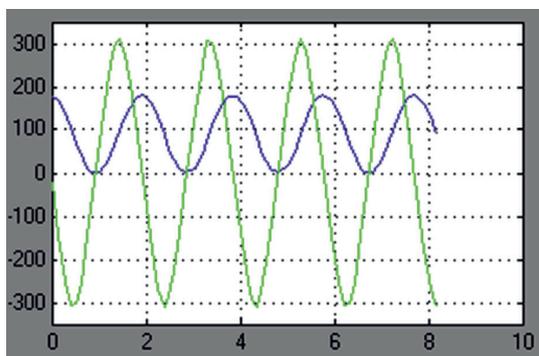
$$\frac{1}{2}J\left(\frac{d}{dt}\right)^2 + mgh \cdot (1 - \sin \theta) = E = \text{const},$$

где  $J = I_{zz} + \frac{mL^2}{4}$  – инерционный момент

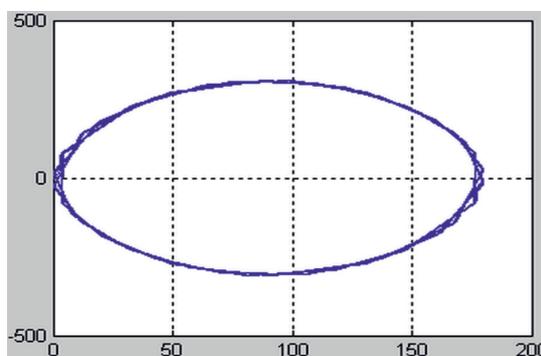
стержня относительно его точки поворота (а не центра тяжести). Два члена в левой части этого уравнения представляют собой соответственно кинетическую и потенциальную энергии. Пространство скоростей координат является фазовым пространством системы.



а)



б)



в)

Рис. 3. Построение модели маятника в приложении SimMechanics: а) модель; б)–в) результаты моделирования

Важнейшим достоинством пакета SimMechanics является возможность объединения блоков SimMechanics и блоков Simulink в единой схеме. В частности, блоки привода SimMechanics (Actuator blocks) могут подключаться к стандартным выходным портам Simulink, как это показано на рис. 3, а.

*Обзор SimPowerSystems.* Пакет SimPowerSystems, как и SimMechanics, является расширением среды MatLab. Он работает под управлением Simulink, используя тот же способ визуального компонентного программирования с использованием «энергетических» компонентов. Он представляет собой библиотеку компонентов и инструменты анализа для моделирования и симулирования систем и объектов электроэнергетики. В библиотеках представлены модели компонентов электрической энергии, включая трехфазные машины, электроприводы и компоненты для таких применений, как гибкие системы передачи переменного тока (FACTS), системы возобновляемых источников энергии, автоматический анализ гармоник, расчет полного гармонического искажения (THD), потока нагрузки и других ключевых анализов электроэнергетической системы.

Модели SimPowerSystems могут использоваться для разработки систем управления и тестирования производительности системного уровня. Имеется возможность параметризовать модели с использованием переменных и выражений MatLab и систем управления проектами для системы электроснабжения в Simulink. Можно добавлять механические, гидравлические, пневматические и другие компоненты к модели с помощью Simscape и тестировать их вместе в одной симуляционной среде. Для развертывания моделей в других симуляционных средах, в том числе в аппаратно-петлевых (HIL) системах, SimPowerSystems поддерживает создание С-кода. SimPowerSystems была разработана в сотрудничестве с Hydro-Quebec из Монреаля.

К ключевым особенностям SimPowerSystems можно отнести следующие:

- библиотеки моделей конкретных приложений, включая модели обычных электроприводов переменного и постоянного тока, гибких систем передачи переменного тока (FACTS) и систем с возобновляемыми источниками энергии;

- режимы дискретизации и фазового моделирования для более быстрого выполнения симуляции;

- идеальный алгоритм переключения для ускоренного моделирования силовых электронных устройств;

- методы анализа для получения состояний представления схем и вычислительного потока нагрузки для электрических машин;

- основные модели разработки ключевых электрических технологий;

- возможность расширения библиотек компонентов с использованием Simscape;

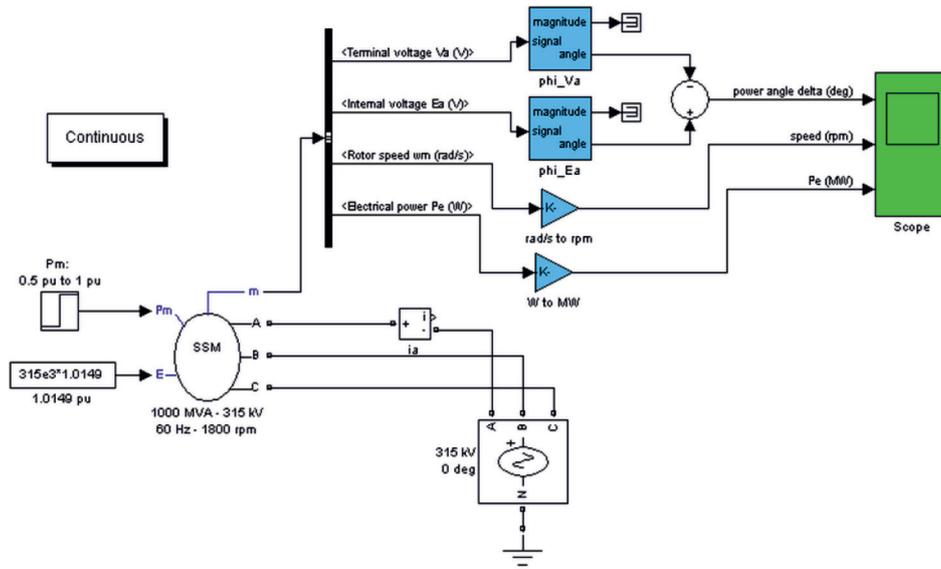
- поддержка генерации С-кода.

В качестве примера создания моделей в SimPowerSystems на рис. 4, а представлена модель работы синхронного генератора. Для представления эквивалентного источника используется блок Simplified Synchronous Machine с параметрами 1000 МВА, 315 кВ, 60 Гц, подключенного к бесконечной шине (блок трехфазного программируемого источника напряжения). Блок синхронной машины (SI Units) используется как синхронный генератор. Внутреннее сопротивление и реактивное сопротивление установлены на значениях 0,02 ( $R = 1,9845 \text{ Ом}$ ) и 0,2 ( $X = 19,845 \text{ Ом}$ ,  $L = 0,0526 \text{ Н}$ ). Инерция машины  $J = 168,870 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ , что соответствует постоянной инерции  $H = 3 \text{ с}$ . Электрическая частота равна  $\omega_s = 2\pi \cdot 60 = 377 \text{ рад/с}$ . Машина имеет две пары полюсов, так что ее синхронная скорость составляет  $2\pi \cdot 60 / 2 = 188,5 \text{ рад/с}$  или 1800 об/мин.

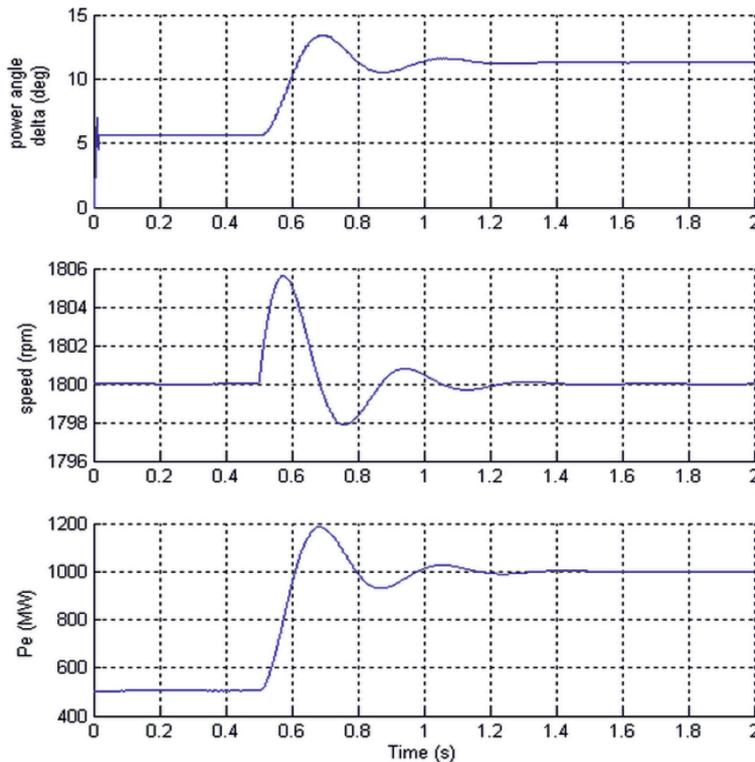
Опция Load Flow в блоке Powergui используется для инициализации машины и запуска моделирования в стационарном режиме с мощностью 500 МВт. Требуемое внутреннее напряжение, рассчитанное по потоку нагрузки, составляет 1,0149, поэтому внутреннее межфазное напряжение составит  $E = 315 \cdot 1,0149 = 319,690 \text{ кВ}$ , как указано в блоке Constant, подключенном к входу E. Максимальная мощность, которую может подавать машина с напряжением  $V_t = 1,0 \text{ pu}$  и внутренним напряжением  $E = 1,0149 \text{ pu}$ , равна  $P_{\max} = V_t \cdot E / X = 1,0149 / 0,2 = 5,0745 \text{ pu}$ . Синхронная машина изначально работает в стационарном режиме с механической мощностью 505 МВт (механическая мощность, требуемая для выходной мощности 500 МВт, учитывая резистивные потери). При  $t = 0,5 \text{ с}$  механическая мощность внезапно увеличивается до 1000 МВт.

Открыв блок осциллографа Scope, наблюдаем результаты моделирования в виде электромеханических переходных процессов, отображающих угол мощности  $\delta$  в градусах, скорость машины в об/мин и электрическую мощность в МВт. Результаты моделирования показаны на рис. 4, б. Для начальной электрической мощности  $P_e = 500 \text{ МВт}$  (0,5 pu) угол нагрузки  $\delta$  составляет 5,65 градуса, что соответствует ожидаемому значению:

$$P_e = \frac{V_t \cdot E \cdot \sin \delta}{X} = \frac{1,0 \cdot 1,0149 \cdot \sin(5,65^\circ)}{0,2} = 0,5 \text{ p.u.}$$



а)



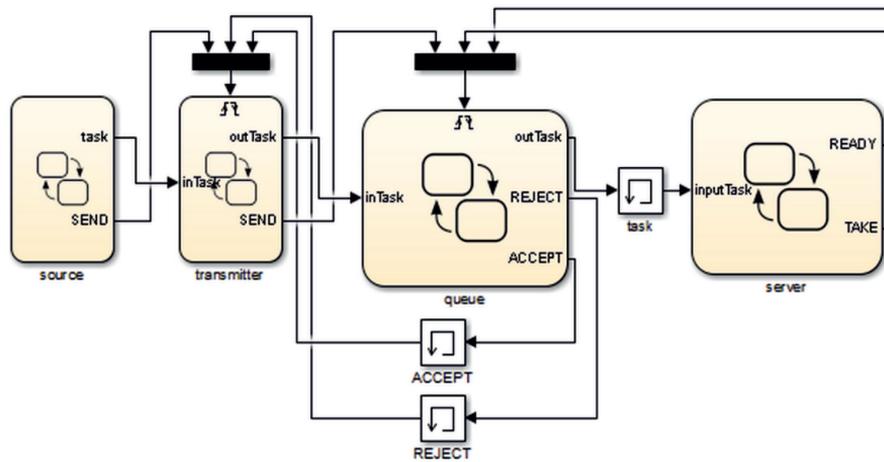
б)

Рис. 4. Пример моделирования работы синхронного генератора в SimPowerSystems: а) модель; б) результаты моделирования

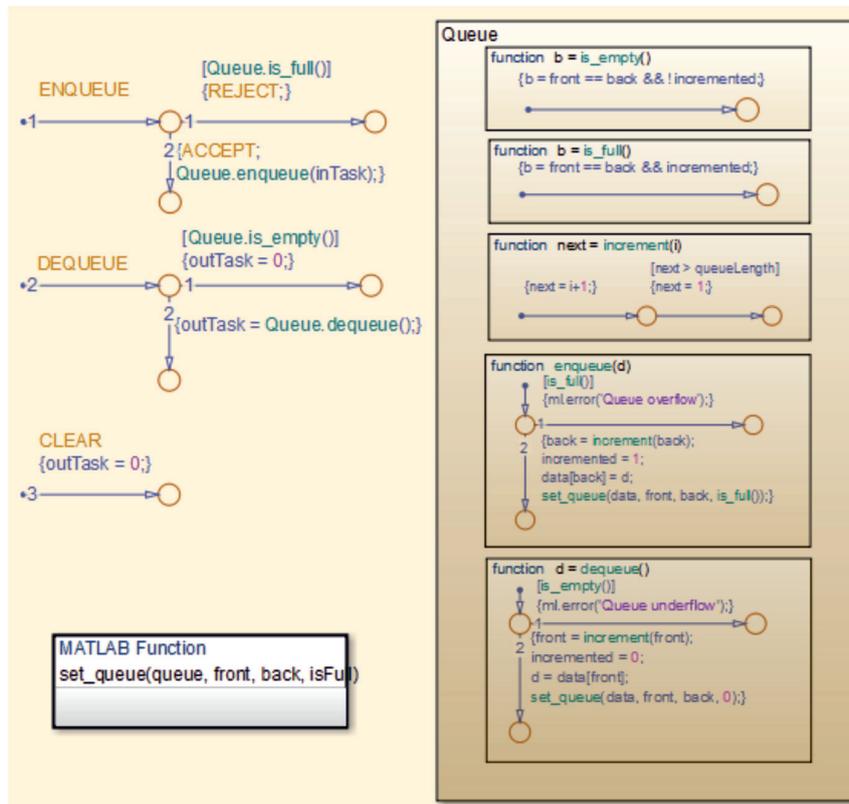
Поскольку механическая мощность ступенчато изменяется от 0,5 до 1,0 pu, угол нагрузки увеличивается и проходит через ряд под затухающими колебаниями (коэффициент демпфирования  $\zeta = 0,3$ ) до стабилиза-

ции до нового значения 11,3 градуса. В этом случае частота колебаний определяется как

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{\omega_s \cdot P_{\max}}{2H}} = 2,84 \text{ Гц.}$$



a)



б)

Рис. 5. Пример построения системы очередей задач сервера в StateFlow:  
а) блок-схема модели; б) SF-диаграмма

Подробно о создании моделей и анализе результатов в SimPowerSystems изложено в работах авторов [8–12].

*Обзор StateFlow.* В настоящее время появились пакеты, позволяющие моделировать глобальное поведение динамики гибридных систем [13–15]. Одним из эф-

фективных и наиболее доступных инструментов численного моделирования систем, управляемых событиями, является пакет Stateflow, входящий в состав ПП MatLab.

Stateflow – среда для моделирования и симулирования комбинаторной и последовательной логики принятия решений на

основе конечных автоматов и блок-схем. Stateflow позволяет комбинировать графические и табличные представления, включая диаграммы перехода состояний, блок-схемы, таблицы перехода состояния и таблицы истинности, для моделирования реагирования системы на события, временные условия и внешние входные сигналы. С его помощью можно спроектировать логику для диспетчерского управления, планирования задач и приложений для управления отказами. Stateflow включает в себя анимацию состояний компьютеров и статические и временные проверки для проверки согласованности и полноты дизайна перед реализацией.

К ключевым особенностям Stateflow можно отнести следующие:

- модельная среда, графические компоненты и механизм моделирования для моделирования и моделирования сложной логики;

- детерминированная семантика выполнения с иерархией, параллелизмом, временными операторами и событиями;

- графики состояний, таблицы перехода состояний и матрицы перехода состояний, представляющие конечные автоматы;

- блок-схемы, функции MatLab и таблицы истинности для представления алгоритмов;

- горизонтальная анимация диаграммы, ведение журнала состояния, ведение журнала данных и встроенная отладка для анализа дизайна и обнаружения ошибок времени выполнения;

- статические и временные проверки конфликтов перехода, циклические проблемы, несоответствия состояния, нарушения диапазона данных и условия переключения;

- конечные автоматы Mealy и Moore.

В качестве примера создания модели в Stateflow на рис. 5, а показано моделирование системы очередей для задач обработки сервера. В процессе задействованы четыре диаграммы Stateflow:

1. Source (источник) – создает задачи с весом от 1 до 5, которые занимают время, пропорциональное их весу.

2. Transmitter (передатчик) – принимает сигнал от источника и отправляет его в очередь, показывает вес задачи слева от дисплея синим цветом, ожидает уведомления АССЕРТ или REJECT из очереди, отправляет задачу в очередь на АССЕРТ, отмечает задачу как сброшенную (красную) на REJECT.

3. Queue (очередь) – получает задания от передатчика, если в очереди есть место, приостанавливает задачу для Сервера, если

нет места, очередь переполняется и отклоняет задачу, задачи в очереди отображаются в черных ящиках на дисплее.

4. Server (сервер) – опрашивает очередь для задач, если очередь находится в ожидании, сервер выполняет задачу и обрабатывает ее, задача, которая обрабатывается, отображается черным цветом справа от дисплея, сервер остается занятым в течение времени, которое занимает задача, а затем возвращается к опросу очереди.

Все эти операции показаны на рис. 5, б.

### Заключение

Анализируя современные ТС с точки зрения особенностей их моделирования, можно отметить следующее:

1. Большинство ТС предназначены для реализации заданного движения, и основу любой ТС составляет некоторый исполнительный механизм.

2. Необходимой частью ТС является привод – электромеханический, гидравлический или какой-то другой.

3. Важным компонентом современной ТС является управляющее устройство (УУ), задача которого – обеспечение сложных координированных движений механической части.

Исходя из вышеизложенного и проведенного анализа пакетов ММ, можно сделать вывод, что среда MatLab, в частности приложения моделирования механических систем SimMechanics, электрических систем SimPowerSystems, а также пакет событийного моделирования StateFlow, позволяют получить мощный инструмент исследования сложных ТС. Также широкое распространение MatLab получил в научных исследованиях и образовании.

### Список литературы

1. Воронин А.В. Моделирование мехатронных систем: учебное пособие / А.В. Воронин: Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008 – 137 с.

2. Воронин А.В. Моделирование технических систем: учебное пособие / А.В. Воронин: Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 130 с.

3. Колесов Ю.Б., Сенечников Ю.Б. Имитационное моделирование сложных динамических систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.exponenta.ru/soft/others/mvs/ds\\_sim.asp](http://www.exponenta.ru/soft/others/mvs/ds_sim.asp).

4. Дьяконов В.П. MATLAB R2006/2007/2008 + SIMULINK 5/6/7. Основы применения. Учебное пособие. – М.: СОЛОН-Пресс, 2008. – 800 с.

5. Семёнов А.С. Моделирование режимов работы асинхронного двигателя в пакете программ MATLAB // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. – 2014. – Т. 11. № 1. – С. 51–59.

6. Кугушева Н.Н. Моделирование режимов электропотребления машин переменного тока с использованием программы MATLAB / Молодежь и научно-технический

прогресс в современном мире // Материалы докладов I Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2009. – С. 15–17.

7. Кугушева Н.Н. Универсальный и многополюсный стабилизатор системы в программе MATLAB / Молодежь и научно-технический прогресс в современном мире // Материалы III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2011. – С. 76–78.

8. Петрова М.Н., Кугушева Н.Н., Хубиева В.М. Моделирование режимов работы электропривода клетевой подъемной установки рудника / Студенческий научный форум – 2017 // IX Международная студенческая электронная научная конференция. – 2017. <https://www.scienceforum.ru/2017/2280/32015>.

9. Семёнов А.С. Моделирование режимов работы асинхронного двигателя при прямом пуске и с преобразователем частоты в пакете программ MATLAB // Естественные и технические науки. – 2013. – № 4 (66). – С. 296–298.

10. Семёнов А.С. Моделирование реостатного пуска двигателя постоянного тока с независимым возбуждением //

Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 9–2. – С. 29–34.

11. Семёнов А.С., Хубиева В.М., Петрова М.Н. Математическое моделирование режимов работы двигателя постоянного тока в среде MATLAB // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 10–3. – С. 523–528.

12. Трофимов Ю.Ю., Егоров А.Н. Основные требования к системам электроснабжения горных предприятий и моделирование их режимов работы / Студенческий научный форум – 2017 // IX Международная студенческая электронная научная конференция. – 2017. <https://www.scienceforum.ru/2017/2280/29332>.

13. Козлов О.С., Кондаков Д.Е., Скворцов Л.М. и др. Программный комплекс «Моделирование в технических устройствах» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [model.exponenta.ru](http://model.exponenta.ru).

14. Карпов Ю.Г. Теория автоматов. – СПб.: Питер, 2002. – 224 с.

15. Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. Моделирование систем. Динамические и гибридные системы: учебное пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 224 с.

УДК 69.059.7: 902/904

## ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛИНФЫ С УВЕКСКОГО ГОРОДИЩА

Сингатулин Р.А.

ФГБОУ ВПО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Саратов, e-mail: labsgu@mail.ru

Настоящая статья посвящена исследованиям теплотехнических и прочностных характеристик керамической плинфы из археологических сборов с Увекского городища. Целью исследований являлась дефиниция теплофизических и прочностных характеристик керамической плинфы из древних строений для технико-экономического и историко-архитектурного обоснования при проведении реконструкционных и реставрационных работ, для решения разнообразных экспертно-искусствоведческих задач, твердотельного моделирования в системах дополненной и виртуальной реальности. Научная актуальность проблемы состоит в необходимости производить более широкие изыскания в области сохранения памятников культурного наследия, которые отвечают более возросшим требованиям к достоверности и качеству воссозданных строительных материалов. Рассматриваются вопросы взаимодействия современных теплотехнических и прочностных подходов и археологической архитектуры, реконструкции объектов культурного наследия, обеспечивающих качественные измерения и высокую результативность междисциплинарных исследований.

**Ключевые слова:** плинфа, теплотехнические и прочностные характеристики, реставрация, реконструкция

## THERMAL AND STRENGTH CHARACTERISTICS OF BRICKS WITH THE UVEK SETTLEMENT

Singatulin R.A.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Saratov State University named after N.G. Chernyshevskiy (National Research University), Saratov, e-mail: labsgu@mail.ru

This article is devoted to research of thermal and strength characteristics of bricks from archaeological fees on Uvek settlement. The purpose of researches was definition of thermophysical and strength properties of bricks from old buildings for technical-economic and historical-architectural rationale while conducting the reconstruction and restoration works to solve a variety of experts-art task, solid modeling in virtual reality systems. The scientific relevance of the problem is the need to make a wider research in the field of conservation of cultural heritage, meet the increased requirements for reliable and quality reconstituted building materials. Examines the interaction of modern construction approaches and the archaeological architecture, renovation, ensures quality and high performance of interdisciplinary research.

**Keywords:** plinth, thermal and strength characteristics, restoration, reconstruction

В настоящее время проблема точности и достоверности при проведении реконструкционных и реставрационных работ на объектах историко-культурного наследия приобретает особую актуальность. В зависимости от категории сложности и состояния объекта культурного наследия формируется технико-экономическое и архитектурное обоснование для проведения реконструкционных и (или) реставрационных работ. При этом особое внимание уделяется диагностике технического состояния несущих конструкций сооружения, требований по прочности и надёжности основных или замещающих (искусственно воссозданных) конструктивных элементов и здания в целом.

Вместе с тем существующие методы реконструкции и реставрации объектов культурного наследия во многом не отвечают возросшим требованиям к достоверности и качеству воссозданных строительных материалов. Во многом благодаря отсутствию системных требований и нормативов к ос-

новному строительному материалу искусственные «замещающие» реконструкции и реставрация современным материалом «под старину» приводят к ошибкам, которые не только искажают облик исторического объекта, но и могут быть источником неверных расчётов несущих конструкций сооружения, серьёзных просчётов при виртуальной реконструкции. В этом отношении важно знание физико-технологических характеристик основного строительного материала древних строений.

В Золотой Орде плинфа (плоский кирпич) была основным строительным материалом [1, с. 95–97; 2, с. 79]. Плинфа широко использовалась для возведения стен и других конструктивных элементов зданий [3, с. 75]. Характерным примером данной технологии являлся город Укек (сейчас Увекское городище, расположенное в городской черте Саратова). Благодаря геолого-археологическим исследованиям последних двадцати лет на территории Увекского городища было выявлено свыше 80 строений, выло-

женных плинфой, часть из которых была вскрыта археологическими раскопками в 2004–2013 гг. [4, с. 8–10]. Сохранившийся историко-культурный потенциал Увекского городища, подтверждённый участниками международной научно-практической конференции «Увек: прошлое, настоящее, будущее» (г. Саратов, 4–6 июня 2015 г.), позволяет претендовать на включение археологического памятника в список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО [5, с. 254–255]. В настоящее время разработано значительное число проектов по музеефикации Увекского городища, с элементами реконструкции отдельных зданий из плинфы [6, с. 458–464; 7, с. 224–227].

**Целью исследований** являлась дефиниция теплофизических и прочностных характеристик плинфы из строений Увекского городища для технико-экономического и историко-архитектурного обоснования при проведении реконструкционных и реставрационных работ, твердотельного моделирования в системах виртуальной реальности. Работа выполнена в Саратовском отделении Института истории имени Ш. Марджани АН Республики Татарстан (рук. д.и.н., профессор Ф.А. Рашитов) при участии испытательной лаборатории кафедры «Строительные материалы и технологии» Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина (зав. лаб., к.т.н., доцент Д.К. Тимохин) и лаборатории информационных технологий в гуманитарных и естественнонаучных исследованиях Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского

(зав. лаб., к.и.н., доцент Р.А. Сингатулин). Консультации исследований осуществляли: к. арх.н., доцент В.К. Ищенко из Института урбанистики, архитектуры и строительства Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина (СГТУ) и к.т.н., доцент А.П. Рамзаев из Института электронной техники и машиностроения СГТУ.

Материалом для исследований служили данные археологических отчётов 2004–2016 гг., выполненные к.и.н., доцентом СГУ Р.А. Сингатулиным, и коллекция подъёмного материала (плинфы) из фондов Энгельсского краеведческого музея.

Среднестатистические размеры плинфы с Увекского городища по данным археологических отчётов составляют 234x228x5,2 мм. Датировка строительного материала из раскопанных средневековых зданий привязывалась к монетному материалу, чекан которых соответствовал 1361–1362 гг. [8, с. 139–155].

По современной классификации способ формирования данного кирпича (плинфы) относится к пластическому. На поверхности исследуемого образца имеются выемки, предположительно нанесённые пальцами руки – вдавливанием на глубину до 4–10 мм (рис. 1). Предположительно, что данные выемки были сформированы для обеспечения лучшего сцепления с раствором в кладке. Подобные плинфы прослеживаются в золотоордынских зданиях по всей территории городища, строго фиксируются на верхней поверхности каменных фундаментов, сложенных из крупных булыжников.



Рис. 1. Общий вид керамического кирпича (плинфы) из Увекского городища

В ходе проведения лабораторных исследований установлено, что внутренняя структура керамического кирпича (плинфы) не является однородной и содержит включения в виде боя керамики, песка и различных органических добавок (рис. 2). Данные наполнители формируют пористость и снижают среднюю плотность кирпича, но и вместе с тем повышают теплотехнические характеристики продукции. Эффективные глинопесчаные композиции плинфы, модифицированные различными органическими добавками, в дальнейшем предлагается выявлять по разработанной технологии для глиноцементных композиций [9, с. 199–205], однако для этого требуется значительный статический материал. В этом случае откроются перспективы по выявлению качественных особенностей приготовления теста плинфы.

Были проведены лабораторные исследования на соответствие представленного образца керамического кирпича действующим нормативным требованиям, согласно ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» [10].

Согласно п. 3 ГОСТ 530-2012 представленный образец относится к керамическому полнотелому кирпичу. Состав керамического образца обычно включает в себя глину и второстепенные наполнители (песок, шамот, органика). Смеси придают необходимую форму и сушат, после чего производят высокотемпературный обжиг.

Представленный на рис. 1 образец для проведения испытаний имеет номинальные размеры 221x220x50 мм. Данные геометрические параметры современной нормативно-технической документацией не регламентируются.

В ходе проведения лабораторных исследований были определены: средняя плотность плинфы, её группа по теплотехническим характеристикам, водопоглощение по массе, пределы прочности изделия при сжатии и изгибе, а также его марка. Полученные результаты сравнивались с регламентируемыми параметрами действующего ГОСТ 530-2012.

Для определения средней плотности были изготовлены три образца-кубика размером 50x50x50 мм (рис. 3).



Рис. 2. Внутреннее строение керамической полнотелой плинфы в разрезе



Рис. 3. Образец размером 50x50x50 мм

Испытания образцов по определению пределов прочности при изгибе и сжатии

Маркировка образца	Геометрические размеры образца, мм	Разрушающая нагрузка при сжатии, кН	Разрушающая нагрузка при изгибе, кН	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа
1	161x52x40	–	1,48	0,74	–
2	160x51x40	–	1,34	0,67	–
3	159x52x40	–	1,42	0,71	–
1–1	50x52x40	10,92	–	–	5,461
1–2	50x51x40	9,05	–	–	4,524
2–1	50x52x40	10,03	–	–	5,014
2–2	50x52x40	9,12	–	–	4,562
3–1	50x51x40	9,66	–	–	4,833
3–2	50x51x40	9,77	–	–	4,887

Основной материал (глина) и дополнительные включения, применяемые при производстве плинфы, оказывают влияние на её плотность. Согласно п. 5.2.1 (табл. 5) ГОСТ 530-2012 средняя плотность изготовленных образцов составила 1196 кг/м<sup>3</sup>, что соответствует классу средней плотности изделия 1,2.

Согласно п. 4.1.6 (табл. 1) ГОСТ 530-2012 группы изделий по теплотехническим характеристикам, представленный образец относится к эффективным.

Среднее значение водопоглощения по массе испытанных образцов составило 14%. Согласно п. 5.2.4 данный параметр соответствует требованиям ГОСТ 530-2012, предъявляемым для не клинкерного керамического кирпича.

Для проведения испытаний по определению пределов прочности при изгибе были изготовлены три балочки с размерами 160x50x40 мм. Испытания проводились на специализированном стенде на гидравлическом прессе ПМ-20МГ4 со средней скоростью нагружения 0,2 МПа/с. Среднее значение составило 0,7 МПа.

Для проведения испытаний по определению пределов прочности при сжатии из испытанных на изгиб образцов были изготовлены шесть образцов-кубиков с размерами 50x50x40 мм. Испытания проводились на гидравлическом прессе ПМГ-100МГ4 со средней скоростью нагружения 0,2 МПа/с. Среднее значение составило 4,88 МПа. Результаты испытаний образцов представлены в таблице.

Согласно п. 5.2.3 (табл. 7) испытанный керамический кирпич (плинфа) соответствует марке М35. В данном случае марка М35 означает, что керамическая плинфа способна выдержать нагрузку, равную 35 кг на один квадратный сантиметр или, при общей площади плинфы в 486,2 см<sup>2</sup>, статическая нагрузка составит 17017 кг.

Несколько заниженные прочностные характеристики плинфы связаны с её значительным возрастом (656 лет) и продолжительным нахождением во влажной, неблагоприятной среде. В исследуемой партии были образцы и с более высокими прочностными характеристиками, однако структура, химический состав, технологические особенности и хронологические рамки их существенно отличались от описанной в данной работе плинфы. В значительной степени исследования опирались на хорошо задокументированную базу археологических данных и были направлены на промежуточную задачу – найти нижний предел прочности основного строительного материала.

## Заключение

Проведённые исследования показали, что средняя плотность золотоордынской плинфы, её группа по теплотехническим характеристикам, водопоглощению по массе, пределы прочности изделия при сжатии и изгибе, её марка соответствуют строительным нормам для индивидуального строительства. Несмотря на 656-летний возраст плинфы и её продолжительное пребывание в водонасыщенном грунте, современные регламентируемые параметры действующего ГОСТ 530-2012 позволяют использовать данный строительный артефакт при реконструкции и реставрации как утраченных, так и сохранившихся архитектурных и археологических памятников эпохи Золотой Орды. Вопрос о реконструкции древней технологии производства золотоордынской плинфы необходимо сопоставлять одновременно с аналогичными исследованиями по новгородской, киевской и среднеазиатской плинфе.

## Список литературы

1. Фёдоров-Давыдов Г.А. Статистические методы в археологии / Г.А. Фёдоров-Давыдов. – М.: Высшая школа, 1987. – 216 с.
2. Кульпин Э.С. Цивилизационный феномен Золотой Орды // *Общественные науки и современность*. – 2001. – № 3. – С. 74–88.
3. Егоров В.Л. Сарай, Сарайчик, Бахчисарай ... // *Родина*. – 1997. – № 3–4. – С. 72–76.
4. Аблязов К.А., Рашитов Ф.А., Сингатулин Р.А. Укек / К.А. Аблязов, Ф.А. Рашитов, Р.А. Сингатулин. – Саратов: Изд-во «Научная книга», 2015. – 26 с.
5. Резолюция конференции. Историко-археологические памятники Золотой Орды на территории Саратовского Поволжья. Укек: прошлое, настоящее, будущее: Сб. материалов междунауч.-практ. конф., г. Саратов, 4–6 июня 2015 г. – Саратов: Изд-во «Научная книга», 2016. – С. 254–255.
6. Сингатулин Р.А. Проекты музейных комплексов для Увекского городища (исторический обзор) // *European Social Science Journal*. – 2014. – № 5–1 (44). – С. 458–464.
7. Ищенко В.К. Наследие Укека в контексте устойчивого пространственного развития Саратовского края // *Историко-археологические памятники Золотой Орды на территории Саратовского Поволжья. Укек: прошлое, настоящее, будущее: Сб. материалов междунауч.-практ. конф., г. Саратов, 4–6 июня 2015 г.* – Саратов: Изд-во «Научная книга», 2016. – С. 224–227.
8. Сингатулин Р.А. Охранно-спасательные работы на территории Увекского городища в 2005 г. // *Археологическое наследие Саратовского края*. Вып. 8. – Саратов, 2008. – С. 139–155.
9. Иващенко Ю.Г., Мухамбеткалиев К.К., Тимохин Д.К. Эффективные глиноцементные композиции, модифицированные органическими добавками // *Вестник Саратовского государственного технического университета*. – 2014. – С. 199–205.
10. ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ 530-2007; Введ. с 2013.07.01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 39 с.

УДК 622.276.8: 66.022.63

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ РАЗДЕЛЕНИЯ МНОГОФАЗНОЙ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Тугов В.В.

*Оренбургский государственный университет, Оренбург, e-mail: sau@mail.osu.ru*

Характерным явлением при работе установок по разделению многофазных смесей является наличие разрывов сплошности потока. Пренебрежение наличием разрывов сплошности при математическом моделировании технологических процессов в различных сепарационных установках приводит к значительным отклонениям моделируемых параметров от реальных. В работе проведено исследование влияния центробежного воздействия на процесс разделения многофазной смеси с учетом сил поверхностного натяжения. Разработано математическое описание процесса разделения смеси с помощью закручивания потока. В условиях постоянно изменяющихся физико-химических свойств многофазной смеси разработанная модель является наиболее приемлемой, так как при её применении отпадает необходимость переналадки оборудования на новый технологический процесс. Предложена конструкция установки с вращающимися дисками, в которой оптимизированным параметром является скорость вращения дисков. Скорость зависит от основных характеристик (коэффициент поверхностного натяжения и кинематическая вязкость жидкости) и количества дозированной смеси.

**Ключевые слова:** управление, моделирование, многофазная смесь, центробежное воздействие

## MANAGE THE PROCESS OF SEPARATION OF A MULTIPHASE MIXTURE USING THE CENTRIFUGAL IMPACT

Tugov V.V.

*Orenburg State University, Orenburg, e-mail: sau@mail.osu.ru*

A characteristic phenomenon when the units for separation of multiphase mixtures is the presence of discontinuities of a continuity of flow. Neglecting the presence of breaks of continuity in mathematical modeling of technological processes in various separating plants leads to a significant deviation of the simulated parameters from actual. In the work the influence of centrifugal effects on the process of separating a multiphase mixture with the force of surface tension. The mathematical description of the separation process of the mixture with twisting thread. In a constantly changing physico-chemical properties of a multiphase mixture, the developed model is most appropriate, since its use eliminates the need for changeover to a new process technology. Design of proposed systems with rotating disks, in which the optimized parameter is the rotation speed of the disks. The speed depends on the main characteristics (surface tension and kinematic viscosity) and quantity of the dosed compound.

**Keywords:** management, modeling, multi-phase mixture, a centrifugal effect

Продукция нефтяных скважин представляет собой многофазную смесь нефти, газа, механических примесей (песок, глина, известняк и др.) и пластовой воды, в которой растворены различные соли. Очевидно, что такую «грязную» и сырую нефть, содержащую к тому же легколетучие органические (от метана, этана и др.) и неорганические ( $H_2S$ ,  $CO_2$  и др.) газовые компоненты, нельзя транспортировать без тщательной ее промышленной подготовки. Одним из актуальных вопросов исследования в нефтегазовой промышленности является процесс отделения воды и газа от сырой нефти. Данный процесс в большой степени определяет качество нефти, которая доставляется на нефтеперерабатывающие заводы [1]. На скважинах часто применяется многоступенчатое разделение нефти.

Практика показывает, многоступенчатая подготовка нефти является многокомпонентным процессом, в котором применяемые технологии и аппараты неэффективны. Некачественное обезвоживание и дегазация

нефти ведет к коррозии и дальнейшей не работоспособности трубопроводов, остатки газа выделяются в процессе хранения и транспортировки нефти, выводят из строя оборудование промыслов, образуют взрывоопасные очаги и загрязняют окружающую среду, также вместе с газом улетучиваются и ценные легкие бензиновые фракции [2, 3].

Причина неудовлетворительной работы аппаратуры по подготовке нефти связана в основном, с отсутствием их всесторонней математической и алгоритмической проработки.

Главными направлениями повышения качества разделения многофазных смесей являются разработка новых способов, устройств и технологических линий, создание и использование систем автоматического управления (регулирования) технологическим процессом. Для интенсификации процесса разделения многофазной смеси предлагается применять способ, который совмещает гидродинамические и тепломассообменные процессы с использованием центробежного воздействия [4–6].

### Постановка цели исследования

Цель работы заключается в повышении эффективности управления процессом разделения многофазной смеси с помощью внешних воздействий, обеспечивающих разрыв сплошности потока.

Одним из параметров процесса разделения многофазной смеси является поверхностное натяжение системы газ – жидкость, способствующее образованию устойчивых эмульсий и удержанию газа. Поэтому необходимо уменьшить поверхностное натяжение системы.

Для решения поставленной задачи необходима разработка новой модели, которая учитывала бы комплексное влияние сил поверхностного натяжения на условия разрыва сплошности потока. Поверхностью разрыва называют неоднородную область между соприкасающимися фазами [7]. При этом в фазах неоднородность проявляется в этой области на межмолекулярных расстояниях, в отличие, например, от воздействия гравитационного или другого внешнего силового поля. Поэтому говорят о скачке (разрыве) ряда свойств на границе фаз.

Рассмотрим способ разделения многофазной смеси, который связан с разрушением водогазонефтяной эмульсии под воздействием центробежных сил. В его основу положено течение пленки вязкой жидкости по поверхности вращающегося диска [8]. При этом необходимо создать постоянный расход смеси поступающей на вращающийся диск, характерный размер которого обеспечивает создание критической резонансной толщины образованного слоя жидкости, а также снижение эффективной вязкости до наименьшего значения [9]. Эти условия позволяют провести глубокое раз-

деление многофазной смеси, а также повысить дегазацию.

### Теория исследования

Движение вязких несжимаемых жидкостей описывается уравнением Навье – Стокса. Уравнения Навье – Стокса являются одними из важнейших в гидродинамике и применяются в математическом моделировании многих природных явлений и технических задач [10].

Точные общие аналитические решения системы Навье-Стокса для пространственного или плоского потока – нелинейные и сильно зависят от начальных и граничных условий.

Пусть по оси вращения диска подается с постоянным расходом вязкая несжимаемая жидкость (многофазная смесь) (рис. 1). Вязкая жидкость вращается с угловой скоростью  $\omega$  относительно оси  $z$  в цилиндрической системе координат  $(r, \phi, z)$ , начало которой совмещено с центром диска.

Введем обозначение  $v_r, v_\phi, v_z$  – составляющие скорости течения соответственно в радиальном направлении  $r$ , в окружном направлении  $\phi$  и в осевом направлении  $z$ , через  $p = p(r, z)$  – давление.

Считаем, что жидкость вязкая, несжимаемая, ньютоновская, движение ламинарное, тепло-физические свойства жидкости постоянны, толщина слоя меньше радиуса его растекания, давление постоянно.

Граничные условия, с одной стороны, определяются условиями прилипания к вращающейся поверхности:  $v_r = 0, v_\phi = \omega r, v_z = 0$  при  $z = 0$ , а с другой стороны, при  $z$ , равном некоторой конечной величине  $z_0 = h$  (где  $h$  – высота слоя жидкости), в зависимости от рассматриваемой задачи могут принимать различные выражения.

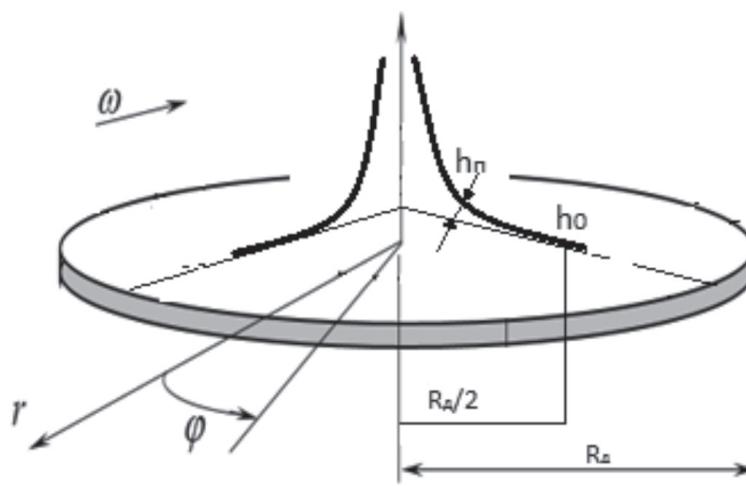


Рис. 1. Схема движения жидкости

Запишем уравнение Навье – Стокса в цилиндрической системе координат:

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \cdot \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\phi}{r} \cdot \frac{\partial v_r}{\partial \phi} - \frac{v_\phi^2}{r} + v_z \cdot \frac{\partial v_r}{\partial z} = F_r - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial r} + \\ & + v \cdot \left( \frac{\partial^2 v_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial v_r}{\partial r} - \frac{v_r}{r^2} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 v_r}{\partial \phi^2} - \frac{2}{r^2} \cdot \frac{\partial v_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} \right), \\ & \frac{\partial v_\phi}{\partial t} + v_r \cdot \frac{\partial v_\phi}{\partial r} + \frac{v_\phi}{r} \cdot \frac{\partial v_\phi}{\partial \phi} - \frac{v_r \cdot v_\phi}{r} + v_z \cdot \frac{\partial v_\phi}{\partial z} = F_\phi - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial \phi} + \\ & + v \cdot \left( \frac{\partial^2 v_\phi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial v_\phi}{\partial r} - \frac{v_\phi}{r^2} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 v_\phi}{\partial \phi^2} + \frac{2}{r^2} \cdot \frac{\partial v_r}{\partial \phi} + \frac{\partial^2 v_\phi}{\partial z^2} \right), \\ & \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \cdot \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\phi}{r} \cdot \frac{\partial v_z}{\partial \phi} + v_z \cdot \frac{\partial v_z}{\partial z} = F_z - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} + \\ & + v \cdot \left( \frac{\partial^2 v_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 v_z}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right), \end{aligned} \right. \quad (1)$$

где  $v_r, v_\phi, v_z$  – соответственно радиальная, тангенциальная и нормальная компоненты относительной скорости, м/с;  $F_r, F_\phi, F_z$  – проекции массовых сил на оси координат;  $t$  – время, с;  $p$  – давление, Па;  $v$  – кинематическая вязкость, м<sup>2</sup>/с;  $\rho$  – плотность, кг/м.

В общем виде решение системы уравнений (1) получить невозможно, что связано с математическими трудностями.

В рассматриваемом случае теоретической основой послужила система, состоящая из уравнений движения, нераз-

рывности и баланса масс (2), полученная путем наложения условий на уравнения (1). Приняты допущения: жидкость несжимаема, толщина слоя значительно меньше радиуса его растекания, внезапные ускорения отсутствуют, существуют только градиент давления в радиальном направлении,  $\omega$  – угловая скорость вращения пластины, наклоненной под углом  $\alpha$ . Кроме того, логично положить для рассматриваемых задач, что массовые силы  $F_r = F_\phi = F_z = 0$ .

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \cdot \frac{\partial v_r}{\partial r} - \frac{v_\phi^2}{r} + v_z \cdot \frac{\partial v_r}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial r} + v \cdot \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} + 2 \cdot v_\phi \cdot \omega + r \cdot \omega^2 + p \cdot g \cdot \cos \alpha, \\ & \frac{\partial v_\phi}{\partial t} + v_r \cdot \frac{\partial v_\phi}{\partial r} + \frac{v_r \cdot v_\phi}{r} + v_z \cdot \frac{\partial v_\phi}{\partial z} = v \cdot \frac{\partial^2 v_\phi}{\partial z^2} - 2 \cdot v_r \cdot \omega - \frac{d\omega}{dt} \cdot r, \\ & \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \cdot \frac{\partial v_z}{\partial r} + v_z \cdot \frac{\partial v_z}{\partial z} = v \cdot \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} + p \cdot g \cdot \sin \alpha, \\ & \frac{\partial v_r}{\partial r} + 2v_r + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0, \\ & \frac{dm}{dt} = G, \end{aligned} \right. \quad (2)$$

где  $m$  – масса многофазовой смеси, кг;  $G$  – массовый расход многофазовой смеси, кг/с.

Начальные условия:

$$t = 0; v_r = v_{r0}, v_\phi = v_{\phi0}, v_z = v_{z0}, m = m_0,$$

где  $t$  – время протекания процесса, с;  $v_{r0}, v_{\phi0}, v_{z0}$  – начальные значения компонент относительных скоростей (по координатам  $r, \phi, z$ ), м/с;  $m_0$  – начальная масса многофазной смеси, поступающей на диск, кг.

Граничные условия:

$$\left\{ \begin{aligned} & z = 0 : v_r = v_\phi = v_z = 0; \\ & z = h_k : v_z = dh_k / dt \cdot \sin \alpha; \\ & r = R_k : p = \sigma \cdot R_k^{-1}, \end{aligned} \right. \quad (3)$$

где  $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения жидкости, Н/м.

Учитывая влияние сил поверхностного натяжения, вязкостных и инерционных сил для течения тонких пленок, получим

$$\begin{cases} v_r = k \cdot We \cdot Re \cdot \sum_{i=0}^N w \cdot r \cdot a_i \delta^i, \\ v_\varphi = \sum_{i=0}^N w \cdot r \cdot b_i \cdot \delta^i, \end{cases} \quad (4)$$

где  $a_i, b_i, \delta = z \cdot h^{-1}$  – безразмерные функции времени и координаты;

$k$  – поправочный коэффициент.

$We = \sigma^{-1} \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot R^2 \cdot h_K$  – число Вебера;

$Re = \omega \cdot R_K \cdot h_K \cdot \nu^{-1}$  – число Рейнольдса.

Исходя из цели исследования, необходимо обеспечить разрыв сплошности потока в центральной части вращающегося диска ( $R/2$ ). Разрыв определяется с использованием соотношения сил поверхностного натяжения и центробежных сил, которое характеризуется числом Вебера.

Разрыв сплошности потока происходит при значении  $We \leq We_{кр}$  критического. Используя выражение для определения числа Вебера, найдем  $R_{кр}$ , с помощью которого определим границу области разрыва сплошности потока:

$$R_{кр} \geq \sqrt{\frac{\sigma}{We_{кр} \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot h}}. \quad (5)$$

При этом необходимо учитывать, что разрыв сплошности потока происходит, когда центробежные силы превышают силы поверхностного натяжения.

Критерий разрыва сплошности потока может быть получен на основе чисел Вебера и Рейнольдса:

$$\frac{\sigma + v \cdot p \cdot \omega \cdot R_{кр}}{k \cdot p \cdot \omega^2 \cdot R_{кр}^2 \cdot h} = 1. \quad (6)$$

Из формулы (6) находим угловую скорость вращения диска:

$$\omega = \frac{v \cdot p \cdot R_{кр} + \sqrt{(v \cdot p \cdot R_{кр})^2 + 4 \cdot k \cdot p \cdot R_{кр}^2 \cdot h \cdot \sigma}}{2 \cdot k \cdot p \cdot R_{кр}^2 \cdot h}. \quad (7)$$

Так как для эффективного разделения многофазной смеси необходимо поддерживать расход постоянным, будем рассматривать установившееся движение. Тогда производные по времени равны нулю,  $\frac{\partial}{\partial t} = 0$ .

$$\begin{cases} v_r \cdot \frac{\partial v_r}{\partial r} - \frac{v_\varphi^2}{r} + v_z \cdot \frac{\partial v_r}{\partial z} = -\frac{1}{p} \cdot \frac{\partial p}{\partial r} + v \cdot \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} + 2 \cdot v_\varphi \cdot \omega + r \cdot \omega^2 + p \cdot g \cdot \cos \alpha, \\ v_r \cdot \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} + \frac{v_r \cdot v_\varphi}{r} + v_z \cdot \frac{\partial v_\varphi}{\partial z} = v \cdot \frac{\partial^2 v_\varphi}{\partial z^2} - 2 \cdot v_r \cdot \omega - \frac{d\omega}{dt} \cdot r, \\ v_r \cdot \frac{\partial v_z}{\partial r} + v_z \cdot \frac{\partial v_z}{\partial z} = v \cdot \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} + p \cdot g \cdot \sin \alpha, \\ \frac{\partial v_r}{\partial r} + 2 \cdot v_r + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0, \\ \frac{dm}{dt} = G. \end{cases} \quad (8)$$

Растекание пленки рассматривается как задача Коши с формулируемыми ниже начальными условиями при  $r = 0$ .

Для численного решения (2) вводятся линии тока  $z = h_n(r)$  и значения компонент скорости на них  $v_{rn}(r) = v(r, h_n(r))$ ,  $v_{\varphi n}(r) = v_\varphi(r, h_n(r))$ ,  $n = 1, 2, \dots, N$ , причем  $h_N \equiv h$ . Для расходов  $q_n(r)$ , определяемых соотношениями

$$q_n(r) = \int_{h_{n-1}}^h v_r dz, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad h_0 \equiv 0, \quad (9)$$

из уравнения неразрывности и условий непротекания через линии тока следует

$$\frac{dq_n}{dr} + 2q_n = 0, \quad n = 1, 2, \dots, N. \quad (10)$$

Используя для вычисления интегралов (9) формулу трапеций, из (10) можно получить

$$\frac{dh_n}{dr} = \frac{dh_{n-1}}{dr} - (h_n - h_{n-1}) \cdot \left( \frac{1}{v_{rn} + v_{rn-1}} \cdot \left( \frac{dv_{rn}}{dr} + \frac{dv_{rn-1}}{dr} \right) + 2 \right), \quad (11)$$

$$n = 1, 2, \dots, N, \quad v_{r0} \equiv 0.$$

Уравнения движения, записанные на линиях тока, дают

$$\begin{aligned} \frac{\partial v_r}{\partial r} &= \frac{v_\phi^2}{r \cdot v_r} + \frac{2 \cdot v_\phi \cdot \omega}{v_r} + \frac{1}{v_r} \cdot p \cdot g \cdot \cos \alpha + \frac{r \cdot \omega^2}{v_r} + \frac{v}{v_r} \cdot \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} \Big|_{z=h_n}, \\ \frac{\partial v_\phi}{\partial r} &= 2 \cdot \omega + \frac{r}{v_r} \cdot \frac{d\omega}{dt} - v_z \cdot \frac{v_\phi}{r} + \frac{r \cdot \omega^2}{v_r} + \frac{v}{v_r} \cdot \frac{\partial^2 v_\phi}{\partial z^2} \Big|_{z=h_n}, \\ \frac{\partial v_z}{\partial r} &= \frac{1}{v_r} \cdot p \cdot g \cdot \sin \alpha + \frac{v}{v_r} \cdot \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \Big|_{z=h_n}, \end{aligned} \quad (12)$$

$$n = 1, 2, \dots, N.$$

Для вычисления входящих в правые части (12) вторых производных применяется тау-аппроксимация с использованием смещенных полиномов Чебышева первого рода  $\phi_k(\eta)$ , определяемых формулами:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= 1, \quad \varphi_2 = 2\eta - 1, \quad \varphi_k = 2\varphi_2\varphi_{k-1} - \varphi_{k-2}, \\ & \quad k = 3, 4, \dots, N + 2. \end{aligned}$$

При этом для компонент скорости строится аппроксимирующая функция  $v_r(z) = \sum_{k=1}^{N+2} a_k \phi_k(z/h)$ , коэффициенты разложения которой  $a_k, k = 1, 2, \dots, N + 2$ , являются решениями системы линейных алгебраических уравнений

$$\sum_{k=1}^{N+2} a_k \phi_k(h_n/h) = v_r, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad (13)$$

$$\sum_{k=1}^{N+2} a_k \phi_k(0) = 0, \quad \sum_{k=1}^{N+2} a_k \phi_k(1) = 0, \quad (14)$$

где (13) – условия равенства функции  $v_{rN}$  значениям компоненты скорости  $v_r$  на линиях тока, (14) – аппроксимация граничных условий на диске и поверхности пленки соответственно.

Выражая для вторых производных функции  $v_r$  на линиях тока имеют вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} \Big|_{z=h_n} &= \frac{\partial^2 v_{Nr}}{\partial z^2} \Big|_{z=h_n} = \frac{4}{h^2} \sum_{k=1}^N b_k \phi_k(h_n/h), \\ & \quad n = 1, 2, \dots, N, \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{1}{2} \sum_{j=3}^{N+2} (j-1)^3 a_j, \\ b_k &= \frac{1}{2} \sum_{j=k+2}^{N+2} (j-1) \cdot ((j-1)^2 - (k-1)^2) a_j, \\ & \quad k = 2, 3, \dots, N. \end{aligned}$$

К уравнениям (11), (12) добавляются начальные условия:

$$h_n(0) = n/N, \quad v_{rn}(0) = u(h_n),$$

$$v_{\phi n}(0) = v(h_n), \quad v_{zn}(0) = w(h_n),$$

$$n = 1, 2, \dots, N,$$

где  $u(h_n), v(h_n), w(h_n)$  – заданные функции. Точность вычислений определяется числом линий тока и сложностью профилей компонент скорости.

Из решения уравнений (12) и подставляя в (6) следует, что расход многофазной смеси в устройстве с вращающимися дисками можно определить по формуле

$$q(r) \equiv \int_0^h v_r dz = \frac{g \cdot h^3 \cdot v \cdot \omega^2 \cdot \sin \alpha}{2 \cdot \pi \cdot r^2}. \quad (15)$$

### Заключение

В результате вычислений получили основные зависимости (7 и 15), влияющие на производительность установки по разделению многофазной смеси при помощи вращающихся дисков.

Конструкция установки с полученной математической моделью представлена на рис. 2.

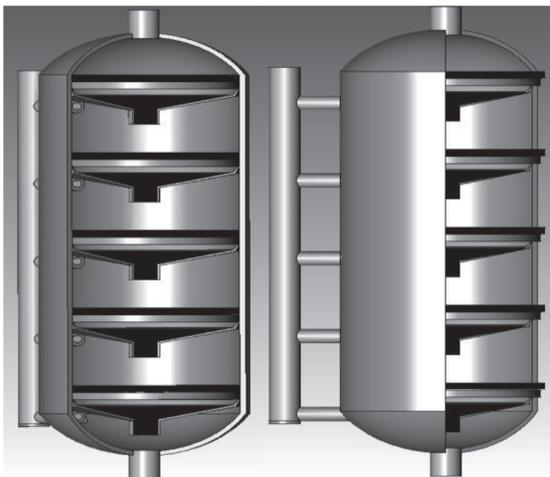


Рис. 2. Конструкция установки с вращающимися дисками

Таким образом, для конструкции установки с вращающимися дисками оптимизированным параметром является скорость вращения дисков, которая зависит от основных характеристик (коэффициент поверхностного натяжения и кинематическая вязкость жидкости) и количества дозирования смеси. В условиях постоянно изменяющихся физико-химических свойств многофазной смеси такая модель установки является наиболее приемлемой, так как нет необходимости переналадки оборудования технологического процесса, достаточно только изменить скорость вращения дисков. При автоматизированном процессе разделения многофазной смеси можно в режиме «реального времени» поддерживать технологи-

ческие параметры в нормальных условиях, при которых процесс разделения будет идти с максимальным выделением газа и примесей из многофазной смеси.

### Список литературы

1. Ушева Н.В. Технологические основы и моделирование процессов промышленной подготовки нефти и газа: учебное пособие / Н.В. Ушева, Е.В. Бешагина, О.Е. Мойзес, Е.А. Кузьменко, А.А. Гавриков. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 128 с.
2. Бешагина Е.В. Повышение эффективности промышленной подготовки нефти с целью сокращения потерь легких углеводородов на месторождении Западной Сибири / Е.В. Бешагина, Е.А. Будовая, А.А. Гавриков // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8. – С. 545–550.
3. Байрамгулова Д.В. Проблемы проведения дегазации нефти при помощи установок предварительного сброса воды/ Новые задачи технических наук и пути их решения: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа: АЭТЕРНА, 2017. – С. 33–36.
4. Тугов В.В. Сопоставление способов и устройств дегазации нефти как объектов управления / В.В. Тугов, Н.И. Жежера, А.И. Шевченко // Нефтегазовые технологии. – 2002. – № 3. – С. 13–15.
5. Жежера Н.И. Автоматизация процессов дегазации нефти. Монография / Н.И. Жежера, А.И. Сердюк, В.В. Тугов. – Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2003. – 168 с.
6. Марон В.И. Гидродинамика однофазных и многофазных потоков в трубопроводе: учебное пособие / В.И. Марон. – М.: МАКС Пресс, 2009. – 344 с.
7. Савицкая Т.А. Коллоидная химия: опорный конспект лекций для студентов специальности «Химия» / Т.А. Савицкая, Д.А. Котиков. – Мн.: БГУ, 2008. – 120 с.
8. Сисоев Г.М., Тальдрик А.Ф., Шкадов В.Я. Течение пленки вязкой жидкости по поверхности вращающегося диска // Инженерно-физический журнал. – 1986. – Т. 51, № 4. – С. 571–575.
9. Матвеев В.Н. Вязкость и структура дисперсных систем / В.Н. Матвеев, Е.А. Кирсанова // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. – 2011. – Т. 52, № 4. – С. 243–274.
10. Волков К.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов. – М.: Физматлит, 2012. – 468 с.

УДК 62-144.3

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМА БАЙЕСА ДЛЯ БЕЗРАЗБОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

<sup>1</sup>Халиуллин Ф.Х., <sup>1</sup>Халиуллин А.Ф., <sup>2</sup>Ахметзянов И.Р., <sup>2</sup>Гильмутдинов И.И.

<sup>1</sup>ФГБОУ «Казанский национальный исследовательский технический университет (Казанский авиационный институт)», Казань, e-mail: khaliullin\_kai\_adis@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ «Казанский государственный аграрный университет», Казань

Настоящая статья посвящена применению алгоритма Байеса, принятого за основу безразборного метода диагностики двигателей внутреннего сгорания. Данный метод позволяет сократить процесс оценки их технического состояния, и использовать апостериорную информацию по диагностике. Правильный и обоснованный выбор диагностических параметров обеспечивает доступность предложенного метода при одновременном повышении адекватности полученных результатов. Разработан стенд, который позволяет смоделировать ситуационные эксперименты для анализа технического состояния двигателя внутреннего сгорания с различной наработкой. Принимается допущение, что эффективные показатели двигателя зависят как от его конструктивных показателей, так и от параметров рабочего процесса внутри цилиндров. В качестве диагностических параметров предлагаются переходные функции по частоте вращения коленчатого вала, по подаче топлива и по расходу воздуха.

**Ключевые слова:** безразборная диагностика, диагностические параметры, двигатель внутреннего сгорания, алгоритм Байеса

## PECULIARITIES OF USING BAYES 'ALGORITHM FOR UNLESS DIAGNOSTICS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

<sup>1</sup>Khaliullin F.Kh., <sup>1</sup>Khaliullin A.F., <sup>2</sup>Akhmetzyanov I.R., <sup>2</sup>Gilmutdinov I.I.

<sup>1</sup>Kazan National Research Technical University (Kazan Aviation Institute), Kazan,  
e-mail: khaliullin\_kai\_adis@mail.ru;

<sup>2</sup>Kazan State Agrarian University, Kazan

This article is devoted to the application of the Bayes algorithm as the basis of an indiscriminate method for diagnosing internal combustion engines. This method allows to reduce the process of assessing their technical condition, and to use a posteriori information on diagnostics. The correct and reasonable choice of diagnostic parameters ensures the availability of the proposed method while increasing the adequacy of the results obtained. A stand was developed that allows simulating situational experiments to analyze the technical state of an internal combustion engine with different operating time. It is assumed that the effective performance of the engine depends both on its design parameters and on the parameters of the working process inside the cylinders. As diagnostic parameters, transient functions are proposed according to the engine speed, the fuel supply and the air flow rate.

**Keywords:** indiscriminate diagnostics, diagnostic parameters, internal combustion engine, Bayes algorithm

Техническая диагностика сложных объектов должна учитывать изменения характеристик самих объектов в эксплуатационных условиях и дать возможность их прогнозирования для выработки правильных методов технического воздействия с целью поддержания исправного состояния самого объекта. Особенно ценным является вариант использования априорно существующей информации по результатам технической эксплуатации подобных объектов [1]. С увеличением сложности объекта и стоимости его восстановления данные требования становятся более актуальными.

Двигатель внутреннего сгорания является сложной динамической системой, которая при принятых допущениях о стационарности его параметров и линейности характеристик описывается системой дифференциальных уравнений. Принятые

при этом динамические характеристики адекватно описывают его текущее состояние и могут служить в качестве диагностических параметров при определении остаточного ресурса [2]. При этом очень важным является алгоритм получения значений диагностических параметров и методы их обработки. В настоящее время наряду с традиционными методами все большую популярность находят методы виброакустической диагностики [3, 4] и вейвлет-анализа сигналов [5–7].

Одним из распространенных методов идентификации динамических систем является метод переходных функций [8, 9]. Учитывая зависимость переходных функций двигателя не только от его конструктивных параметров рабочего процесса внутри цилиндра, необходимо рассматривать реакцию как самого двигателя, так и его си-

стем [10, 11]. Необходимо выбрать диагностические параметры, которые учитывают техническое состояние систем топливно-воздухоподачи, а также состояние цилиндро-поршневой группы.

Рассмотрим выбор диагностических параметров для безразборной диагностики двигателя на основе переходных функций его систем.

Согласно уравнению динамики изменение частоты вращения коленчатого вала определяется через изменение крутящего момента двигателя выражением

$$\Delta M_e = \Delta M_c + I \frac{d\omega}{dt}, \quad (1)$$

где  $\Delta M_e$  – приращение крутящего момента двигателя;

$\Delta M_c$  – приращение момента сопротивления на валу двигателя;

$I$  – приведенный к коленчатому валу момент инерции подвижных деталей двигателя;

$\omega$  – угловая скорость коленчатого вала.

Если примем  $\Delta M_c = 0$ , то изменение частоты вращения коленчатого вала в переходном процессе описывается уравнением

$$\Delta\omega = \omega_0 + \frac{1}{I} \int_{t_1}^{t_2} \Delta M_e dt. \quad (2)$$

Известно, что развиваемый двигателем крутящий момент  $M_e$  зависит как от технического состояния двигателя, так и организации рабочего процесса в цилиндрах, а более точно – от подачи топлива  $g_{ц}$  и воздуха  $G_b$ . Выбор диагностических параметров технического состояния двигателя производим на основании допущения, что крутящий момент двигателя зависит от качества и величины подаваемых в цилиндры воздуха и топлива, а также компрессии  $k$  в самом цилиндре. Подача воздуха в цилиндр двигателя определяется в первую очередь состоянием воздушного фильтра, который оценивается разрежением во впуске коллекторе  $P_\phi$  (степень загрязненности воздушного фильтра) и компрессии в цилиндре, а подача топлива в эксплуатационных условиях определяется регулировочными параметрами топливоподающей аппаратуры – давление впрыска топлива форсунки  $P_\phi$ , а также зависит от наработки двигателя  $l$ .

Если принять данные зависимости за основу:

$$\begin{cases} M_e = f(G_b, g_{ц}, k); \\ G_b = f(k, P_b); \\ g_{ц} = f(P_\phi, l). \end{cases} \quad (3)$$

Разложения функций  $M_e$ ,  $G_b$ ,  $g_{ц}$  в ряды, дают следующие выражения:

$$\begin{cases} M_e = M_{e0} + \left(\frac{\partial M_e}{\partial G_b}\right)_0 \Delta G_b + \left(\frac{\partial M_e}{\partial g_{ц}}\right)_0 \Delta g_{ц} + \left(\frac{\partial M_e}{\partial k}\right)_0 \Delta k; \\ G_b = G_{b0} + \left(\frac{\partial G_b}{\partial k}\right)_0 \Delta k + \left(\frac{\partial G_b}{\partial P_b}\right)_0 \Delta P_b; \\ g_{ц} = g_{ц0} + \left(\frac{\partial g_{ц}}{\partial P_\phi}\right)_0 \Delta P_\phi + \left(\frac{\partial g_{ц}}{\partial l}\right)_0 \Delta l. \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \Delta M_e = \left(\frac{\partial M_e}{\partial G_b}\right)_0 \Delta G_b + \left(\frac{\partial M_e}{\partial g_{ц}}\right)_0 \Delta g_{ц} + \left(\frac{\partial M_e}{\partial k}\right)_0 \Delta k; \\ \Delta G_b = \left(\frac{\partial G_b}{\partial k}\right)_0 \Delta k + \left(\frac{\partial G_b}{\partial P_b}\right)_0 \Delta P_b; \\ \Delta g_{ц} = \left(\frac{\partial g_{ц}}{\partial P_\phi}\right)_0 \Delta P_\phi + \left(\frac{\partial g_{ц}}{\partial l}\right)_0 \Delta l, \end{cases} \quad (5)$$

где период изменения исследуемых величин находятся в пределах:

– для  $\Delta P_b$ ,  $\Delta G_b$ :  $l \leq l_{\text{ТО возд.}}$

– для  $\Delta P_\phi$ ,  $\Delta g_{ц}$ :  $l \leq l_{\text{ТО топл.}}$

– для  $\Delta k$ ,  $\Delta l$ :  $l \leq l_{\text{ресурс к.р.}}$

$l_{\text{ТО возд.}}$  – периодичность технического обслуживания системы воздухоподачи, мото-ч,

$l_{\text{ТО топл.}}$  – периодичность технического обслуживания системы топливоподачи, мото-ч,

$l_{\text{ресурс к.р.}}$  – ресурс до капитального ремонта.

После преобразований получаем уравнения, которые характеризуют переходную функцию всего двигателя в зависимости от его технического состояния и технического состояния его систем:

$$\Delta M_e = \left( \frac{\partial M_e}{\partial G_b} \right)_0 \cdot \left( \frac{\partial G_b}{\partial P_b} \right)_0 \Delta P_b + \left( \frac{\partial M_e}{\partial g_u} \right)_0 \cdot \left( \frac{\partial g_u}{\partial P_\phi} \right)_0 \Delta P_\phi + \left( \frac{\partial M_e}{\partial g_u} \right)_0 \cdot \left( \frac{\partial g_u}{\partial l} \right)_0 \Delta l + \left[ \left( \frac{\partial M_e}{\partial k} \right)_0 + \left( \frac{\partial M_e}{\partial G_b} \right)_0 \cdot \left( \frac{\partial G_b}{\partial k} \right)_0 \right] \cdot \Delta k, \quad (6)$$

$$\Delta \omega = \frac{1}{I} \int_{t_1}^{t_2} \left[ \left( \frac{\partial M_e}{\partial G_b} \right)_0 \cdot \left( \frac{\partial G_b}{\partial P_b} \right)_0 \Delta P_b + \left( \frac{\partial M_e}{\partial g_u} \right)_0 \cdot \left( \frac{\partial g_u}{\partial P_\phi} \right)_0 \Delta P_\phi + \left( \frac{\partial M_e}{\partial g_u} \right)_0 \cdot \left( \frac{\partial g_u}{\partial l} \right)_0 \Delta l + \left[ \left( \frac{\partial M_e}{\partial k} \right)_0 + \left( \frac{\partial M_e}{\partial G_b} \right)_0 \cdot \left( \frac{\partial G_b}{\partial k} \right)_0 \right] \Delta k \right] dt. \quad (7)$$

Коэффициенты  $\frac{\partial M_e}{\partial G_b}$  и  $\frac{\partial M_e}{\partial g_u}$  характеризуют влияние на изменение крутящего момента двигателя законов и параметров подачи воздуха и топлива, они в процессе эксплуатации меняются с периодичностью технического обслуживания этих систем.

Коэффициенты  $\frac{\partial G_b}{\partial P_b}$  и  $\frac{\partial g_u}{\partial P_\phi}$  показывают изменение показателей воздухо- и топливоподачи в процессе эксплуатации, которые меняются с периодичностью технического обслуживания этих систем. Коэффициенты  $\frac{\partial G_b}{\partial k}$  и  $\frac{\partial g_u}{\partial l}$  показывают ухудшение рабочих процессов двигателя и его систем в процессе эксплуатации и изменяются от номиналь-

ного до предельного значения. Согласно полученным выражениям для идентификации ДВС как динамического объекта необходимо рассматривать переходные функции самого двигателя (по частоте вращения) и его систем воздухо- и топливоподачи.

Для проверки предложенной схемы диагностирования был создан стенд для безразборной диагностики [12], с разработкой прибора для диагностики двигателя внутреннего сгорания по переходным характеристикам [13]. Стенд позволяет создать параметры двигателя для ситуационных испытаний, соответствующие его техническому состоянию при различной наработке. Это дает возможность применить для диагностики алгоритм на основе формулы Байеса [14, 15].

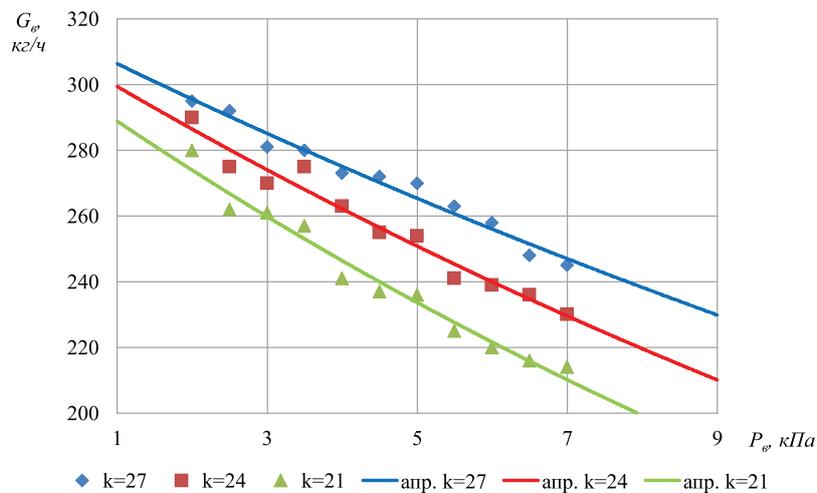


Рис. 1. Зависимость часового расхода воздуха  $G_g$ , кг/ч, от разрежения во впускном коллекторе  $P_g$ , кПа, при различных компрессиях  $k$ , атм

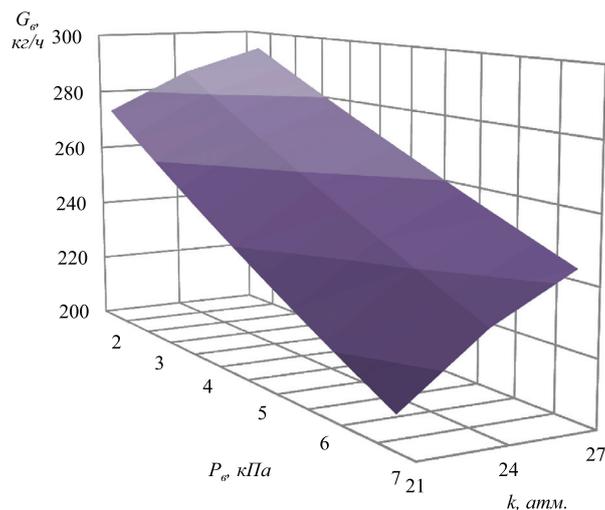


Рис. 2. Зависимость часового расхода воздуха  $G_g$ , кг/ч, от разряжения во впускном коллекторе  $P_g$ , кПа, при различных компрессиях  $k$ , атм

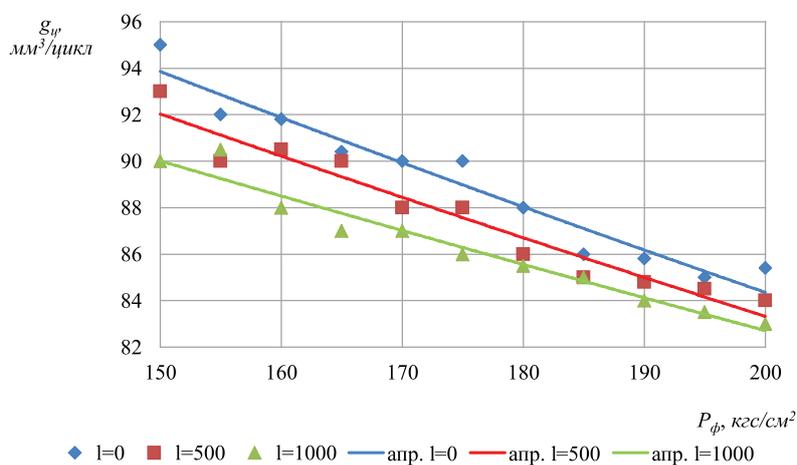


Рис. 3. Зависимость цикловой подачи топлива  $g_g$ , мм<sup>3</sup>/цикл, от давления впрыска топлива  $P_\phi$ , кгс/см<sup>2</sup>, при различной нагрузке  $l$ , мото-ч

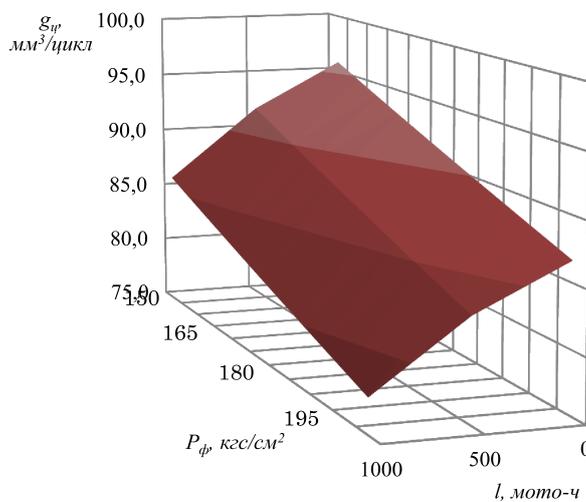


Рис. 4. Зависимость цикловой подачи топлива  $g_g$ , мм<sup>3</sup>/цикл, от давления впрыска топлива  $P_\phi$ , кгс/см<sup>2</sup>, при различной нагрузке  $l$ , мото-ч

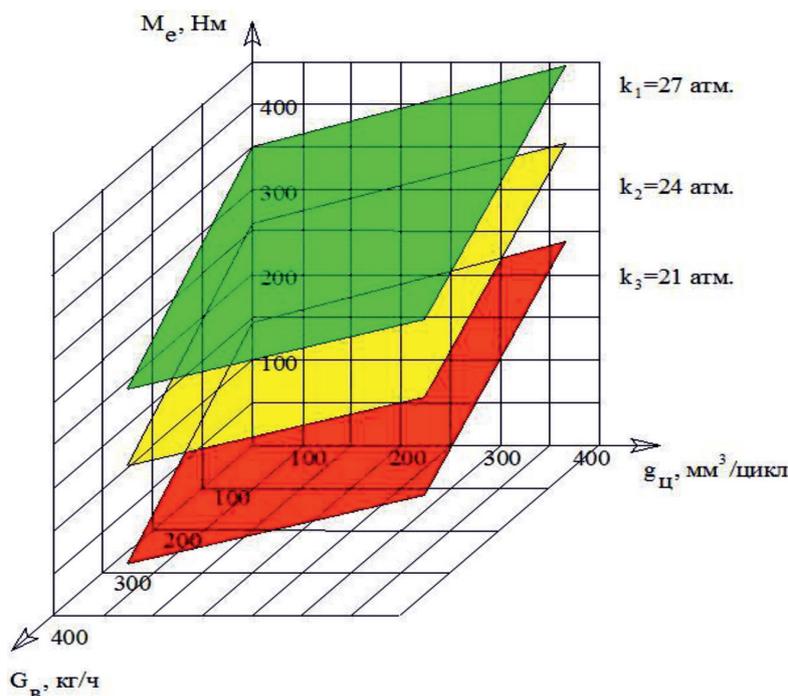


Рис. 5. Зависимость крутящего момента  $M_e$  от цикловой подачи  $g_{ц}$ ,  $\text{мм}^3/\text{цикл}$ , топлива и расхода воздуха  $G_b$ ,  $\text{кг/ч}$ , при различных компрессиях  $k$

Идентификация предложенной модели проводилась для двигателя Д-243 после проведения соответствующих регулировок и обслуживания согласно ГОСТ Р 53639-2009. Для получения технического состояния двигателя в пределах изменения выбранной наработки  $\Delta l = 0 \div 1000$  мото-часов изменялись значения компрессии в цилиндре в диапазоне  $\Delta k = 21 \div 27$  атм. и давления во впускном коллекторе  $\Delta P_b = 2 \div 7$  кПа. Значения цикловой подачи топлива  $g_{ц}$ , частоты вращения коленчатого вала  $n$  и крутящего момента двигателя  $M_e$  замерялись в соответствии с методикой, приведенной в ГОСТ Р 53639-2009.

Результаты проведенных ситуационных испытаний, которые позволяют определить коэффициенты уравнений (6) и (7), приведены на рис. 1–5.

Полученные функциональные зависимости позволяют в качестве диагностических параметров двигателя внутреннего сгорания принять переходные функции частоты вращения коленчатого вала, подачи топлива и расхода воздуха. При этом требуемая для использования в алгоритме Байеса априорная информация о техническом состоянии двигателя и его систем при различных наработках может быть смоделирована на основании уравнений (6, 7) на предлагаемом стенде.

Использование предложенного алгоритма позволит не только повысить достоверность принятого решения по результатам диагностики двигателя и уменьшить его трудоемкость, но и снизить влияние человеческого фактора и квалификации исполнителя.

### Список литературы

1. Ляпаев В.Г., Манфановский С.Б. К вопросу о разработке матрицы технического состояния автомобилей по статистическим данным // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Экономика. Право. Управление. – 2013. – № 3. – С. 85–87.
2. Халиуллин Ф.Х., Ахметзянов И.Р. Обоснование выбора диагностических параметров энергетических установок мобильных машин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 2(32). – С. 72–74.
3. Гассельберг В.С., Запорожец А.В. Диагностика двигателей внутреннего сгорания автомобилей по виброакустическим параметрам // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2007. – № 2. – С. 72–74.
4. Чурилин А.С. Оперативная виброакустическая диагностика автомобилей // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2011. – № 17. – С. 20–22.
5. Фатьянов М.П. Применение метода кросс-вейвлетов для анализа финансовых рядов // Молодой ученый. – 2014. – № 3. – С. 83.
6. Шиндор О.А. Методика контроля критических режимов работы высокоэнергетических установок на основе вейвлет-анализа их нестационарных флуктуационных и шумовых сигналов / дисс. ... канд. тех. наук. – Казань, 2015. – 164 с.
7. Щеглов В.А. О возможности диагностики цилиндропоршневой группы ДВС методом частотно-амплитудного анализа сигнала вибрации с использованием вейвлет-анализа

за / Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2015. – Т. 1, № 3. – С. 1–8.

8. Дилигенская А.Н. Идентификация объектов управления: учебное пособие / Самарск. гос. ун-т. – Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2009. – С. 43–50.

9. Павленко В.Д., Фомин А.А. Информационная технология модельной диагностики нелинейных динамических объектов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 4/11 (70). – С. 38–43.

10. Крашенинников С.В. Современные подходы к диагностированию дизельных двигателей внутреннего сгорания // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2013. – № 12. – С. 59–68.

11. Пестриков В.М., Евкарпиев В.Е. Особенности диагностики современных автотранспортных средств // Технично-технологические проблемы сервиса. – 2014. – № 4(30) – С. 15–16.

12. Халиуллин Ф.Х., Ахметзянов И.Р., Ширияздов Р.Р., Халиуллин А.Ф. Стенд для исследования рабочих

процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах с возможностью имитации некоторых неисправностей двигателя // Патент на полезную модель России № 151482.2014. Бюл. № 10.

13. Халиуллин Ф.Х., Ахметзянов И.Р., Ширияздов Р.Р., Халиуллин А.Ф. Прибор для диагностики двигателя внутреннего сгорания по переходным характеристикам // Патент на полезную модель России № 160474.2016. Бюл. № 8.

14. Лукасов В.В., Никушкин Н.В. Применение методики поиска неисправностей по теореме гипотез (метод Байеса) в диагностике авиационной техники // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2007. – № 4. – С. 71–73.

15. Халиуллин Ф.Х., Ахметзянов И.Р. Особенности составления диагностической матрицы Байеса при безразборной диагностике двигателей внутреннего сгорания // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 5(2). – С. 205–209.

УДК 62-5

## ВЛИЯНИЕ УПРУГОСТИ ТЯГОВОГО ОРГАНА НА ДИНАМИКУ ЭЛЕКТРОПРИВОДА В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ

Шабо К.Я.

*Технический институт (филиал) ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Нерюнгри, e-mail: kamilshabo@rambler.ru*

Наличие упругого тягового органа в системе электропривода, с одной стороны, существенно ухудшает режим работы электромеханической установки, а с другой – делает весьма сложной математическую модель, необходимую для оптимизации системы управления. Описывая механическую часть электропривода, нужно рассматривать ее как многомассовую упругую систему. Здесь наибольшие затруднения возникают при получении аналитической зависимости перемещений и усилий в отдельных сечениях тягового органа. В системах электропривода, в которых имеются упругие звенья с малым коэффициентом жесткости, возникают низкочастотные колебания, оказывающие негативное влияние как на долговечность элементов системы, так и на надежность сцепления приводных барабанов с тяговым органом. Поэтому целесообразно с помощью системы управления максимально снизить колебательные процессы. Для описания процессов в механических упругих звеньях с распределенными параметрами наиболее простым и практически приемлемым является использование передаточных функций элементарных двух массовых звеньев, полученных методом структурного моделирования с помощью граничных упругих связей. Преимущество такого подхода доказано сравнением с представлением упругого звена с распределенными упругостью и массой цепной системой с большим числом сосредоточенных масс.

**Ключевые слова:** электропривод, упругие связи, система управления многомассовым объектом

## INFLUENCE OF THE ELASTICITY OF THE TRACTION BODY ON THE DYNAMICS OF THE ELECTRIC DRIVE IN TRANSIENT MODES

Shabo K.Ya.

*Technical Institute (branch) of «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov», Nerungri, e-mail: kamilshabo@rambler.ru*

The presence of an elastic traction body in the electric drive system on one side significantly worsens the operating mode of the electromechanical installation, and on the other hand it makes a very complicated mathematical model necessary for the optimization of the control system. Describing the mechanical part of the electric drive, it is necessary to consider it as a mass elastic system. Here the greatest difficulties arise in obtaining the analytical dependence of displacements and forces in individual sections of the traction organ. In electric drive systems, in which there are elastic links with a small stiffness coefficient, low-frequency oscillations appear, adversely affecting both the durability of the elements of the system and the reliability of the coupling of the drive drums with the traction organ. Therefore, it is advisable, with the help of the control system, to minimize the oscillation processes as much as possible. To describe the processes in mechanical elastic links with distributed parameters, the simplest and most practical is the use of the transfer functions of elementary two mass links obtained by the method of structural modeling with the help of boundary elastic bonds. The advantage of this approach is proved by comparison with the representation of an elastic link with distributed elasticity and mass of a chain system with a large number of concentrated masses

**Keywords:** electric drive, elastic connections, a lot of mass management system

Наличие упругого тягового органа в рассматриваемой системе электропривода, с одной стороны, существенно ухудшает режим работы электромеханической установки, а с другой – делает весьма сложной математическую модель, необходимую для оптимизации системы управления. Описывая механическую часть электропривода, нужно рассматривать ее как многомассовую упругую систему. Здесь наибольшие затруднения возникают при получении аналитической зависимости перемещений и усилий в отдельных сечениях тягового органа.

Как показал опыт многочисленных исследований подобной одноприводных систем, элементарной схемой является схема, представленная на рис. 1, а. Все другие представляют определенное соче-

тание таких элементарных схем. Для описания динамики таких систем предложен ряд методов.

Рассмотрим некоторые методы и оценим их с точки зрения эффективности их применения для решения задачи оптимизации управления многодвигательным электроприводом.

### Метод граничных упругих связей

Данный метод, предложенный в [1], состоит в том, что в места соединения (или прижатия) тягового органа к сосредоточенным массам вводятся вспомогательные идеальные упругие связи с коэффициентом жесткости  $C_k$  (в окончателных аналитических зависимостях вспомогательные связи исключаются), рис. 1, б.

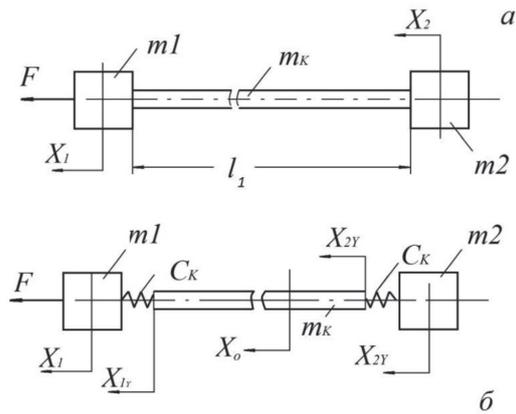


Рис. 1. Расчетные схемы двухмассовых систем с инертной упругой связью

Тогда усилия, действующие со стороны тягового органа на сосредоточенные массы, будут равны

$$\left. \begin{aligned} F_{1y} &= C_k (X_1 - X_0 - X_{1y}); \\ F_{2y} &= C_k (X_{2y} + X_0 - X_2), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $X_{1y}$ ,  $X_{2y}$  – перемещения крайних сечений относительно центра тяжести отрезка тягового органа длиной  $l_1$ ;  $X_0$  – перемещение тягового органа как абсолютно твердого тела. Чем больше коэффициент  $C_k$ , тем меньше разности  $X_1 - X_0 - X_{1y}$  и  $X_{2y} + X_0 - X_2$ .

Искусственное отделение тягового органа от сосредоточенных масс позволяет рассматривать систему как состоящую из трех взаимосвязанных звеньев с определенными входными и выходными переменными (рис. 2).

Принимая упругие силы  $F_{1y}$  и  $F_{2y}$  направленными от сосредоточенных масс  $m_1$  и  $m_2$  звенья 1 и 2 будут описываться уравнениями

$$m_1 \frac{d^2 X_1}{dt^2} = F - F_{1y}(t); \quad (2)$$

$$m_2 \frac{d^2 X_2}{dt^2} = F_{2y}(t), \quad (3)$$

где  $F = F(t)$  – динамическая составляющая усилия приложенного в массе  $m_1$ ,  $F = F_{дв} - F_{ст}$ ,  $F_{ст}$  – сила статических сопротивлений движению системы,  $F_{дв}$  – сила создаваемая двигателем. Для описания звена нужно в общем случае рассматривать его как звено с распределенными параметрами (массой упругостью). Наиболее близкой аналогией является упругий стержень со свободными концами, к которым приложены силы  $F_{1y}$  и  $F_{2y}$ . В системах такого вида для определения перемещения любого поперечного се-

чения тягового органа длиной  $l_1$  без учета рассеивания энергии необходимо решить волновое уравнение

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = a_k^2 \frac{\partial^2 U}{\partial U^2}, \quad (4)$$

где  $a_k$  – скорость распространения в продольном направлении упругих деформаций, м/с.

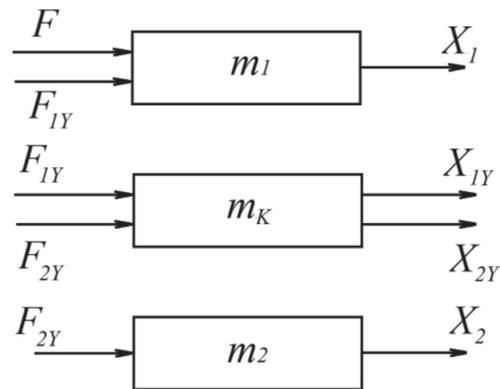


Рис. 2. Декомпозиция двух массовой упругой системы

Для свободных колебаний в случае одновременного действия сил  $F_{1y}$  и  $F_{2y}$  изображения перемещений крайних сечений принимают вид [2, 3]:

$$X_{1y}(p) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_k}{p^2 + n^2 b_k^2} [F_{1y}(p) - F_{2y}(p)(-1)^n]; \quad (5)$$

$$X_{2y}(p) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_k}{p^2 + n^2 b_k^2} [F_{1y}(p)(-1)^n - F_{2y}(p)]; \quad (6)$$

Из равенства (7) следует важный вывод, что если рассматривать колебания относительно перемещения тягового органа как абсолютно твердого тела, описываемого уравнением

$$m_k \frac{d^2 X_0}{dt^2} = F_{1y}(t) - F_{2y}(t), \quad (7)$$

то можно учитывать только нечетные члены рядов [4, 5].

Тогда уравнения (5) и (6) запишутся так:

$$\begin{aligned} X_{1y}(p) &= -X_{2y}(p) = \\ &= \sum_{n=1,3,5,\dots} \frac{a_k}{p^2 + n^2 b_k^2} [F_{1y}(p) + F_{2y}(p)], \end{aligned} \quad (8)$$

где  $a_k = \frac{2}{m_k}$ ;  $b_k = \frac{\pi a_k}{l_1}$  – коэффициент учитывающий моменты инерции движущих звеньев;  $m_k$  – масса ветви тягового органа длиной  $l_1$ .

Учитывая, что многодвигательный электропривод благодаря большим сосредоточенным массам является фильтром низкочастотных колебаний, а также принимая тяговый орган как упруго-вязкий стержень, зависимость (8) запишется выражением

$$X_{1y}(p) = -X_{2y}(p) = [F_{1y} + F_{2y}] \frac{a_K \pi^2 / 8}{p^2 + \mu_K b_K^2 p + b_K^2}. \quad (9)$$

Составленная по уравнениям (1), (2), (3), (7) и (9) структурная схема по отношению к динамическим усилиям  $F_{1y}$  и  $F_{2y}$ , после исключения вспомогательных упругих связей (подставляется  $C_K = \infty$ ) будет иметь вид, показанный на рис. 3.

Передаточные функции по отношению к  $F_{1y}$  и  $F_{2y}$ :

$$W_{1y}(p) = \frac{F_{1y}(p)}{F(p)} = \frac{a_{11} \left[ \left( I + a_{12} + \frac{\pi^2}{4} \right) p^2 + (I + a_{12})(\mu_K p + I) b_K^2 \right]}{\Delta_K (p^2 + \mu_K \omega_K^2 p + \omega_K^2)}; \quad (10)$$

$$W_{2y}(p) = \frac{F_{2y}(p)}{F(p)} = \frac{a_{11} \left[ \left( I - \frac{\pi^2}{4} \right) p^2 + (I + a_{12})(\mu_K p + I) b_K^2 \right]}{\Delta_K (p^2 + \mu_K \omega_K^2 p + \omega_K^2)}; \quad (11)$$

где

$$a_{11} = m_K / m_1; \quad a_{12} = m_K / m_2; \\ \Delta_K = a_{11} + a_{11} a_{12} + \pi^2 (4 + a_{11} + a_{12}) / 4; \quad \omega_K = \frac{b_K}{I + \sqrt{\frac{I + a_{11} + a_{12}}{a_{11} + a_{11} a_{12} + a_{12}} \frac{\pi^2}{4}}}$$

$\mu_K$  – коэффициент сопротивления.

Структурная схема определения усилий в переменных состояния приведена на рис. 4. На этой схеме:

$$A_1 = \frac{a_{11}}{\Delta_K}; \quad a_1 = \mu_K \omega_K^2; \quad a_2 = \omega_K^2; \quad b_0 = I + a_{12} + \frac{\pi^2}{4};$$

$$b_1 = (I + a_{12}) \mu_K b_K^2; \quad b_2 = (I + a_{12}) b_K^2; \quad C_0 = I - \frac{\pi^2}{4};$$

$$C_1 = \mu_K b_K^2; \quad C_2 = b_K^2.$$

Переменные состояния системы связаны с величиной  $E$  следующими зависимостями:

$$X1 = X1(0) + E \cdot T; \quad X2 = X2(0) + X1(0) \cdot T + E \cdot T^2 / 2,$$

где  $X1$  и  $X2$  – значения переменных на  $N$ -ом шаге интегрирования;

$X1(0)$  и  $X2(0)$  – значения этих переменных, полученные на предыдущем шаге.

где  $W_K(p) = \frac{p^2 \cdot \pi^2 / 8}{p^2 + \mu_K \cdot b_K^2 \cdot p + b_K^2}$ .

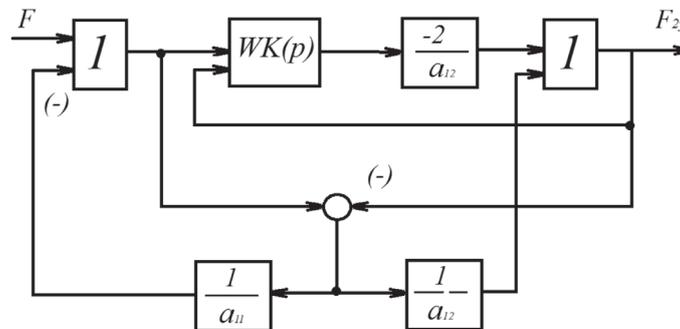


Рис. 3. Структурная схема упругой системы

Укрупненная структурная схема алгоритма определения усилий  $F_{1y}$  и  $F_{2y}$  приведена на рис. 4.

Ориентировочную оценку переходного процесса можно дать непосредственно по изображениям (10) и (11). Так, кроме частоты колебаний  $\omega_k$ , можно, не прибегая к исследованию процесса, определить начальные и установившиеся значения  $F_{1y}$  и  $F_{2y}$ .

При  $p \rightarrow 0$  и  $t = 0$

$$F_{1y} = F_{2y}(0) = \frac{a_{11} \left( I + a_{12} + \frac{\pi^2}{4} \right)}{\Delta_K}$$

$$F_{2y} = F_{2y}(0) = a_{11} \left( I - \frac{\pi^2}{4} \right) / \Delta_K.$$

При  $p \rightarrow 0$  и  $t = 0$

$$F_{1y} = \frac{a_{11} (I + a_{12}) F}{a_{11} + a_{11} a_{12} + a_{12}} = \frac{(m_2 + m_k) F}{m_1 + m_2 + m_k};$$

$$F_{2y} = \frac{a_{11} F}{a_{11} + a_{11} a_{12} + a_{12}} = \frac{m_2 F}{m_1 + m_2 + m_k}.$$

**Замещение упругой системы с распределенными параметрами дискретной цепной системой**

Как показано в [6], упругую систему с распределенными массой и упругостью можно заменить системой с сосредоточенными массами, соединенными упругими идеальными связями, как показано на рис. 5, а.

Чем больше число участков  $N$ , тем ближе по динамическим свойствам дискретная система системе с распределенными пара-

метрами. Общий коэффициент жесткости упругого тягового органа  $C_y$  можно определить по скорости распространения упругой деформации  $a_k$ :

$$C_y = m_0 a_k^2 / l_1^2. \quad (12)$$

Разделив участок тягового органа, расположенный между сосредоточенными массами  $m_1$  и  $m_2$ ,  $N$  частей и приравняв элементарную сосредоточенную массу  $m_k = m_0 / N$ , найдем коэффициент жесткости элементарной упругой связи  $C_k$  из равенства

$$\frac{I}{C_y} = \frac{N}{C_k}, \text{ откуда } C_k = N \cdot C_y.$$

В каждую из масс  $m_1$  и  $m_2$  включены половины масс  $m_k$ . Обозначив собственные сосредоточенные массы  $m_{10}$  и  $m_{20}$ , будем иметь:

$$m_1 = m_{10} + m_k / 2 \text{ и } m_2 = m_{20} + m_k / 2.$$

Следовательно, согласно принятым выше обозначениям  $a_{11} = m_0 / m_{10}$ ;  $a_{12} = m_0 / m_{20}$ .

Запишем систему уравнений динамики упругой системы (рис. 5, а) при ступенчатом приложении усилия  $F$ .

$$m_1 \frac{d^2 X_1}{dt^2} = F - C_k (X_1 - X_2) = F - F_1;$$

$$m_2 \frac{d^2 X_2}{dt^2} = C_k (X_1 - X_2) - C_k (X_2 - X_3);$$

$$m_N \frac{d^2 X_N}{dt^2} = C_k (X_{N-1} - X_N) - C_k (X_N - X_{N+1});$$

$$m_2 \frac{d^2 X_2}{dt^2} = C_k (X_N - X_{N-1}).$$

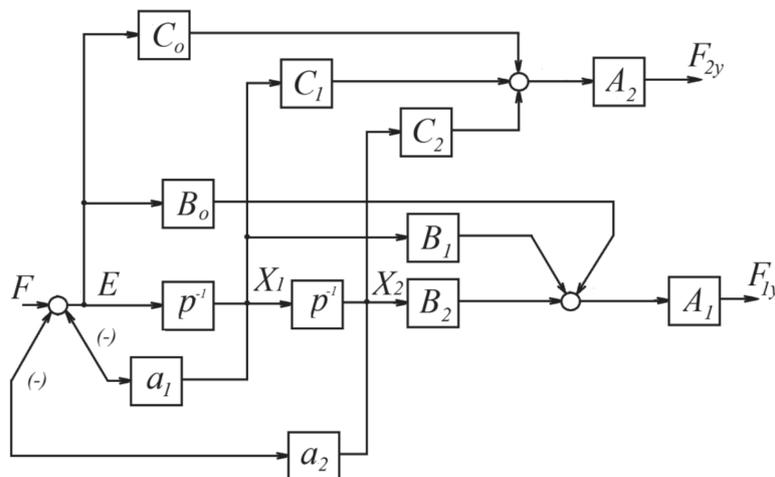
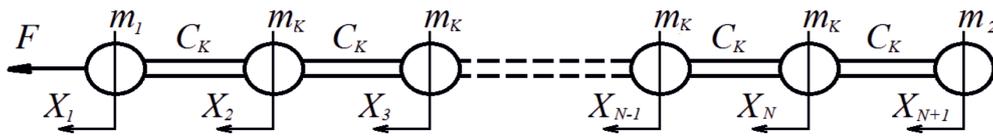
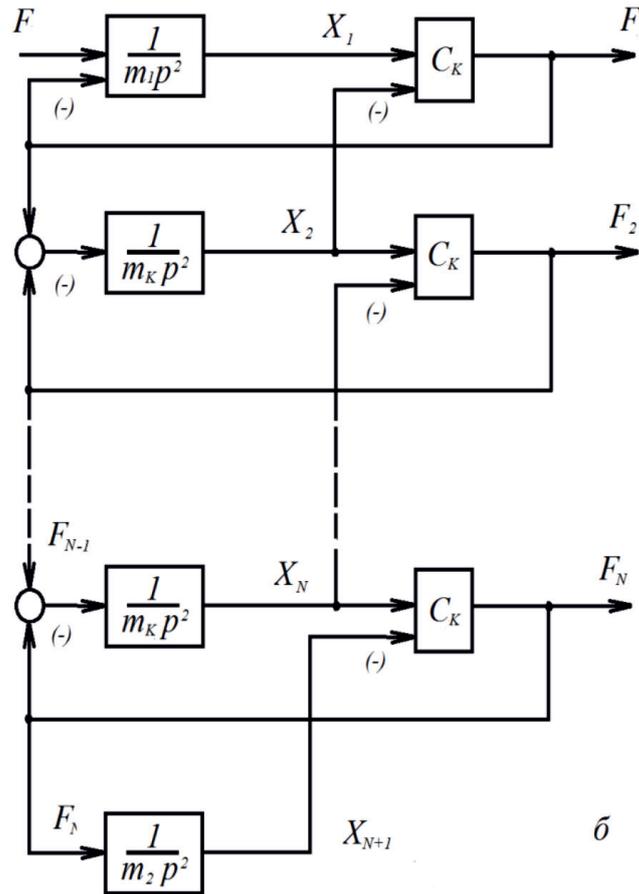


Рис. 4. Схема упругой системы в переменных состояниях



а



б

Рис. 5. Расчетная (а) и структурная (б) схемы многомассовой упругой системы

Данным уравнениям соответствует структурная схема (рис. 5, б), которую можно упростить, заменив абсолютные значения сосредоточенных масс относительными величинами (рис. 6). Нормированные коэффициенты  $a_1$ ,  $a_2$  и  $\beta_K$  равны

$$a_1 = \frac{\frac{a_{11}}{N}}{I + \frac{0,5a_{11}}{N}}; a_2 = \frac{a_{12} / N}{I + 0,5a_{12} / N}; \beta_K = \frac{N^2 a_K^2}{l_1^\beta}. \quad (13)$$

По полученной нормированной структурной схеме легко составляются уравнения состояния и алгоритм анализа переходных процессов для любого числа участков  $N$ . Примем  $N=6$  и значения параметров системы  $a_{11} = 0,5$ ;  $a_{12} = 2$ ;  $a_K = 4000$ ;  $l_1 = 1500$ ;  $F = 200$  кН. Уравнения динамики относительно действительных упругих усилий и фиктивных переменных  $y_1$  и  $dy_1/dt = V_1$ :

$$\left. \begin{aligned}
 V_1 &= V_1(0) + (F - F_1)T; y_1 = y_1(0) + V_1(0)T + \frac{(F - F_1)aT^2}{2}; \\
 F_1 &= (y_1 - y_2)\beta_K; V_2 = V_2(0) + (F_1 - F_2)T; \\
 y_2 &= y_2(0) + V_2(0)T + (F_1 - F_2)T^2 / 2; F_2 = (y_2 - y_3)\beta_K; \\
 V_3 &= V_3(0) + (F_2 - F_3)T; y_3 = y_3(0) + V_3(0)T + (F_2 - F_3)T^2 / 2; \\
 F_3 &= (y_3 - y_4)\beta_K; V_4 = V_4(0) + (F_3 - F_4)T; \\
 y_4 &= y_4(0) + V_4(0)T + (F_3 - F_4)T^2 / 2; F_4 = (y_4 - y_5)\beta_K; \\
 V_5 &= V_5(0) + (F_4 - F_5)T; y_5 = y_5(0) + V_5(0)T + (F_4 - F_5)T^2 / 2; \\
 F_5 &= (y_5 - y_6)\beta_K; V_6 = V_6(0) + (F_5 - F_6)T; \\
 y_6 &= y_6(0) + V_6(0)T + (F_5 - F_6)T^2 / 2; F_6 = (y_6 - y_7)\beta_K; \\
 V_7 &= V_7(0) + F_6 a_2 T; y_7 = y_7(0) + V_7(0)T + F_6 a_2 T^2 / 2.
 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

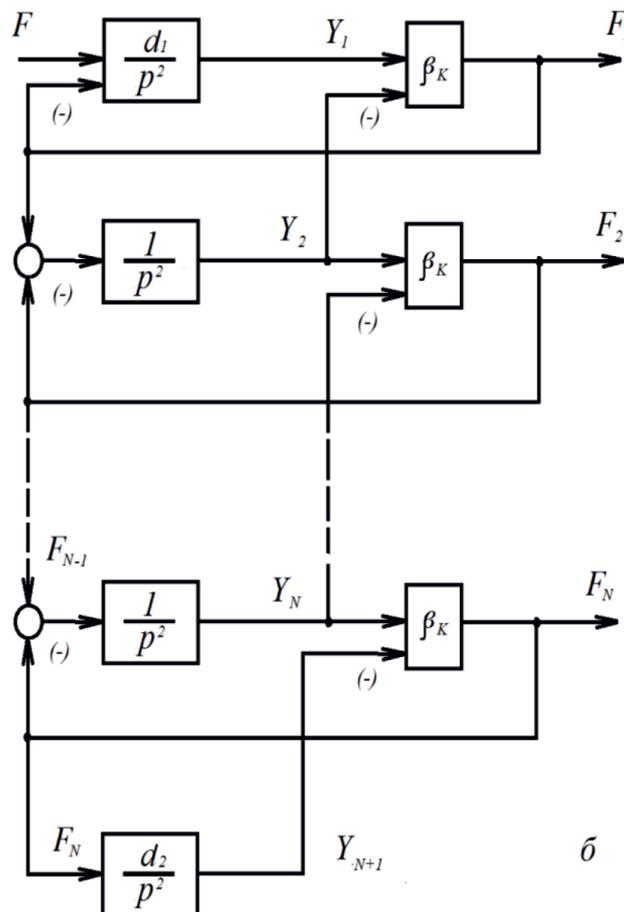


Рис. 6. Универсальная схема многодвигательной упругой системы

Структурная схема алгоритма определения усилий  $F_i$  в функции времени приведена на рис. 7.

Графики  $F_1(t)$  и  $F_2(t)$  – рис. 8, а, б. На рисунках для сравнения показаны

графики усилий  $F_{1y}$  и  $F_{2y}$ , полученные по формулам (10) и (11). На рис. 8, в приведены графики  $F_{1y}(t)$  и  $F_{2y}(t)$  при коэффициенте демпфирования  $\mu_K$ , равном 0,01.

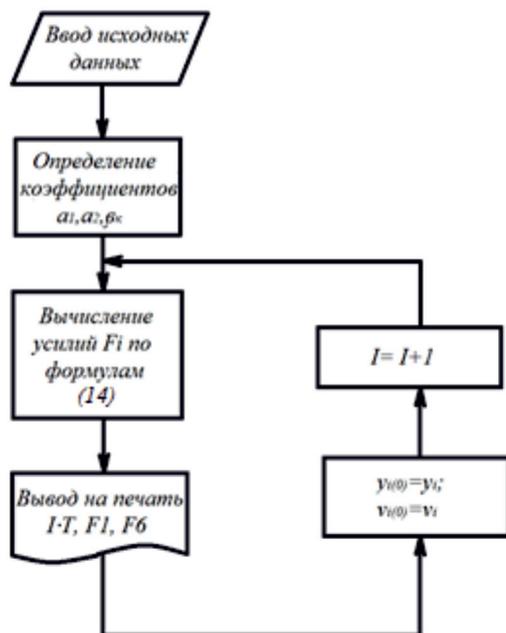


Рис. 7. Структурная схема алгоритма определения упругих сил в многомассовых системах

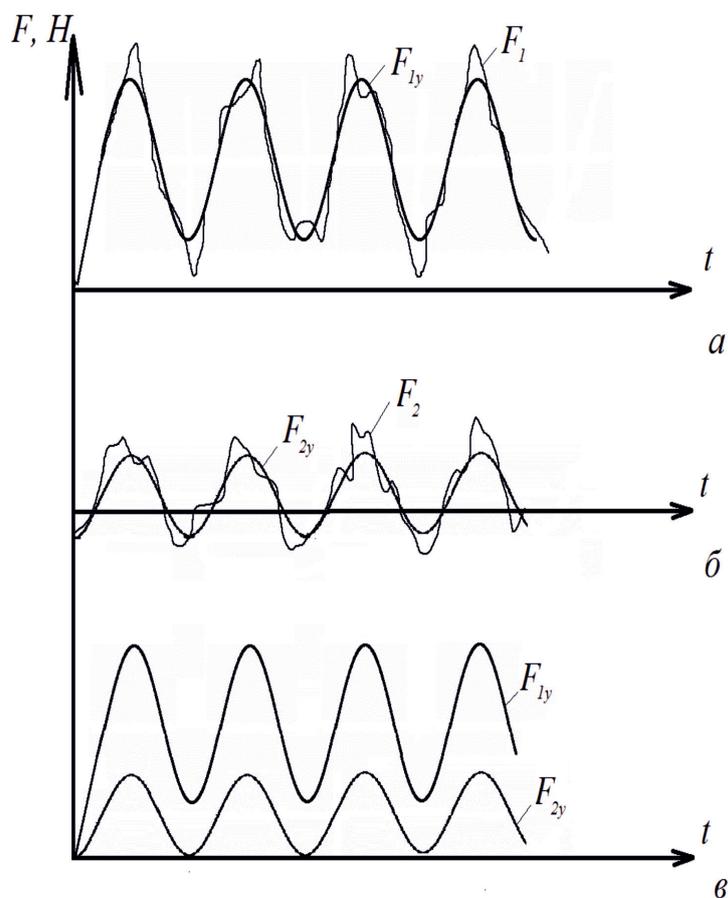


Рис. 8. Графики упругих сил, полученные на ЭВМ

В настоящее время предлагается снижение динамических нагрузок с помощью специальной задающей модели [7], где можно рассматривать наиболее сложную в динамическом отношении систему – установку со шкивами трения. В качестве тягового органа могут использоваться стальные канаты или резино-тросовые ленты.

#### Список литературы

1. Киричок Ю.Г., Чермалых В.М. Привод шахтных подъемных установок большой мощности. – М.: Недра, 1972. – 336 с.
2. Бутковский А.Г. Оптимальное управление системами с распределенными параметрами // Тезисы докладов на втором международном конгрессе ИФАК. – М., 1963. – 17 с.
3. Мурашова И.Б. Основы инженерных расчетов электрохимических систем с распределенными параметрами: учебно-методическое пособие / И.Б. Мурашова. – Издательство Уральского университета, 2014. – 97 с.
4. Никитенко Г.В. Электропривод производственных механизмов. – СПб.: Лань, 2013. – 208 с.
5. Рекус Г.Г. Электрооборудование производств: Справочное пособие: учебное пособие / Г.Г. Рекус. – М.: Директ-Медиа, 2014. – 710 с.
6. Вульфсон И.И., Шарапин И.А., Преображенская М.В. Расчет колебаний привода машины: учеб. пособие для вузов / И.И. Вульфсон, И.А. Шарапин, М.В. Преображенская. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: ФГБОУ ВПО «СПГУТД», 2013. – 180 с.
7. Шабо К.Я. Система оптимального управления позиционным тиристорным электроприводом с многоканальной задающей моделью: учебно-методическое пособие / К.Я. Шабо. – Нерюнгри: ТИ (Ф) ФГАОУ ВО СВФУ, 2015. – 55 с.

УДК 378.14:796.01

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕМЕНТОВ МОРАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

<sup>1,2</sup>Арутюнян Т.Г., <sup>1</sup>Лапыгина О.В., <sup>1</sup>Беседина Л.А.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет  
имени академика М.Ф. Решетнёва», Красноярск, e-mail: nauka.07@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск

Установлено, что студенты с помощью качественной морально-психологической подготовки вышли на более высокий уровень физической подготовленности. Экспериментально доказана эффективность волеоблизирующих заданий и уточнены положения Т.Т. Джемгарова, А.Ц. Пуни, касающиеся психологических аспектов воспитания волевых качеств в процессе совершенствования двигательных навыков. Работа посвящена совершенствованию учебного процесса физического воспитания с помощью элементов морально-психологического воздействия для формирования волевых качеств. Рассмотрено состояние физической подготовленности студентов, во-первых, Сибирского федерального округа, во-вторых, студентов Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнёва на современном этапе. Предложено содержание теоретической и практической подготовки, ориентированной на сопряженное физическое воспитание и воспитание волевых качеств личности, развитие интереса к двигательной активности и повышение эффективности учебно-тренировочной деятельности. Результаты характеризовались статистически значимым приростом физических качеств испытуемых с достоверностью 95%.

**Ключевые слова:** мораль, подготовка, психология, спорт, воля, упражнение

## PERFECTION OF THE PROCESS OF PHYSICAL EDUCATION OF STUDENTS WITH USING ELEMENTS OF MORAL AND PSYCHOLOGICAL IMPACT

<sup>1,2</sup>Arutyunyan T.G., <sup>1</sup>Lapygina O.V., <sup>1</sup>Besedina L.A.

<sup>1</sup>Reshetnev Siberian State Aerospace University, Krasnoyarsk, e-mail: nauka.07@mail.ru;

<sup>2</sup>Siberian Federal University, Krasnoyarsk

It is established that the students, with the help of qualitative moral and psychological training, reached a higher level of physical fitness. Experimentally proved the effectiveness of the will of mobilizing tasks and clarified the provisions of T.T. Djamgarov, A.C. Puni concerning psychological aspects of education of strong-willed qualities in the process of improving motor skills. The work is devoted to the improvement of the educational process of physical education with the help of elements of moral and psychological influence for the formation of strong-willed qualities. The state of physical readiness of students, firstly, of the Siberian Federal District, and secondly, students of the Reshetnev Siberian State Aerospace University at the present stage is considered. The content of theoretical and practical training aimed at the conjugate physical education and upbringing of strong-willed personality qualities, development of interest in motor activity and increase of efficiency of training and training activity is offered. The results were characterized by a statistically significant increase in the physical qualities of the subjects with a confidence of 95%.

**Keywords:** sport, will, exercises, psychology, preparation, morality

Годы после Великой Отечественной войны – это годы быстрого развития психологии физического воспитания и спорта в СССР. Основные направления, взятые нами за основу исследования, включали изучение: социально-психологических аспектов физического воспитания и спорта, возрастно-психологических особенностей физического воспитания и спорта [7].

Мы провели работу по совершенствованию учебного процесса физического воспитания в высшем учебном заведении с помощью элементов морально-психологического воздействия, которые формируют волевые качества, представленные далее.

Рассматриваем состояние физической подготовленности студентов, во-первых, Сибирского федерального округа, во-вторых, студентов Сибирского государ-

ственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнёва на современном этапе. Во всех вузах Сибирского федерального округа возросший и отличный уровень показали около половины студентов, но за три года мониторинга этот показатель несколько снизился (с 2009 по 2012 г.). При этом на 5% увеличилась доля студентов, имеющих неудовлетворительный уровень [4]. К 2015 г. показатели физической подготовленности студентов аэрокосмического университета были равны показателям 2012 г. высших учебных заведений Сибирского федерального округа.

### Гипотеза исследования

Предположительно, что с помощью морально-психологического воздействия бу-

дет выстроена более качественная система физического воспитания студентов.

### **Цель исследования**

Необходимо определить эффект влияния элементов морально-психологического воздействия на процесс физического воспитания, а впоследствии на физическую подготовленность студентов Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнёва.

### **Задачи исследования**

- в процессе педагогического эксперимента доказать эффективность волеумобилизующих заданий, применяемых в учебном процессе;
- в процессе совершенствования двигательных навыков уточнить экспериментально положение Т.Т. Джамгарова и А.Ц. Пуни, которые относятся к психологическим аспектам воспитания волевых качеств;
- вывести студентов на более высокий и качественный уровень физической подготовленности на основе морально-психологических приемов моделирования педагогических ситуаций в процессе физического воспитания в университете.

### **Материалы и методы исследования**

Моделирование воспитания волевых качеств личности – это теоретическое расширение двух основных методических линий воспитания воли в процессе физического воспитания:

- первая – это регулярная мобилизация на выполнение установок и заданий;
- вторая – это системное использование специальных, мобилизующих волю заданий и установок [8; 10–12].

Эту модель мы применяли в исследованиях групп дошкольников, школьников, школьников специальной медицинской группы и других групп [1–3], она учитывает положения А.В. Еганова, Ю.Ф. Курамшина, Л.И. Лубышевой, Л.П. Матвеева о нравственном воспитании через физическое воспитание [5; 8; 10; 11; 12], а также современные проблемы и состояние научных исследований в сфере физической культуры и спорта [6; 13; 14; 15].

Наше исследование соотносено и сочетается с Концепцией федеральной системы подготовки граждан Российской Федерации к военной службе на период до 2020 г. В ней отмечено то, что определяющим моментом способности гражданина пройти военную службу является состояние его физического здоровья и развития.

В нашем университете это особо актуально, так как студенты нашего учреждения,

обучающиеся в военном институте, осваивающие дисциплину «Физическая культура и спорт (элективный курс)» на кафедре физического воспитания, в будущем становятся офицерами запаса (кафедра физического воспитания входит в состав военного института).

Для исследовательских задач мы отметили необходимые положения из федеральной системы подготовки:

- в образовательных учреждениях выполняются недостаточные объемы физической нагрузки на занятиях по физическому воспитанию, мы постарались его сделать оптимальным для каждого студента;
- федеральная система подготовки граждан к военной службе, охватывающая все категории граждан, начиная с дошкольного возраста, в настоящий момент отсутствует, поэтому мы исследовали группы дошкольников, школьников, студентов и спортсменов. В данном случае студентов;
- способность гражданина пройти военную службу зависит от состояния его физического развития и здоровья, данный постулат является определяющим базовым фактором. На это мы обращали пристальное внимание в других и данном исследовании;

– основой указанной системы являются меры, направленные на совершенствование системы спортивных и физкультурных мероприятий, улучшение состояния здоровья граждан, в большинстве наших экспериментальных работ был статистически значимый прирост физических качеств, а в остальных позитивные изменения, но статистически не значимые. В данном исследовании изменения статистически значимые, на что мы укажем далее;

– преемственность программ физического воспитания в учреждениях образования различных типов и видов отсутствует, поэтому данную программу со студентами мы создали из составных элементов программы школьников;

– необходимо работать над увеличением массовости – так как система подготовки граждан к военной службе должна охватывать молодежь, начиная со школьного возраста (физическое развитие и военно-патриотическое воспитание с дошкольного возраста) и наши студенты также являются потенциальными военнослужащими.

Учитывая вышеназванные положения в своей работе по совершенствованию учебного процесса дисциплины «Физическая культура и спорт (элективный курс)», мы также опирались на исследования А.Ц. Пуни и Т.Т. Джамгарова. Данные ученые определили две основные категории трудностей при выполнении физических

упражнений: это категория – психологическая (опосредствованная), которая затрудняет двигательную деятельность спортсмена через угнетение его психического состояния, и категория – биодинамическая (непосредственная), возникает при преодолении сопротивления и противодействия физических сил, действующих непосредственно на тело и организм спортсмена.

Психологические трудности возникают при преодолении тех препятствий, которые субъективно воспринимаются как угроза (кажущаяся или реальная) достижению поставленной цели (боязнь проиграть матч в волейбол или баскетбол).

Биодинамические трудности имеют следующие разновидности: технические, физические и тактические.

Технические трудности. Кроме сопротивления мешающих обстоятельств, студент преодолевает еще несогласованность внешних и внутренних сил, старается гармонизировать между ними необходимое взаимодействие.

Физические трудности возникают при действии на студента во время выполнения физических упражнений препятствующих обстоятельств, для преодоления которых требуются значительные, а иногда предельные проявления физических качеств. В нашем исследовании не рассматривались предельные проявления физических качеств, это явление можно наблюдать на Всемирных студенческих играх.

Тактические трудности возникают в тот момент, когда на различных универсиадах (края или области) студенту не хватает опыта для принятия целесообразных решений и согласования своих действий (или своих действий с действиями партнеров в спортивных играх) в изменяющихся условиях деятельности [7].

Педагогическое моделирование элементов морально-психологического воздействия, основанных на данных категориях трудностей, мы применяли в своей экспериментальной работе. Студентам было предложено содержание практической и теоретической подготовки, ориентированной на воспитание волевых качеств личности и сопряженное физическое воспитание, развитие интереса к двигательной активности и повышение эффективности от учебно-тренировочной деятельности.

Проверяя гипотезу, авторы организовали эксперимент в 2015–2016 учебном году на базе Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева со студентами, имеющими до эксперимента одинаковые

показатели тестирования физических способностей. Физическая и техническая подготовка испытуемых контролировалась весь период. В исследовании приняло участие 52 человека с одинаковой физической подготовленностью, из которых 26 человек в течение учебного года работали по экспериментальной методике. Студенты 2–3 курсов вышеназванного вуза участвовали в проведении формирующего педагогического эксперимента. На протяжении всего времени эксперимент проводился в одинаковых условиях учебно-тренировочного процесса, это позволило полностью контролировать восстановительные процессы и рост их тренированности, а также уровень физического состояния студенческой молодежи. С помощью тщательного анализа результатов проводимого педагогического эксперимента были внесены уточнения в ранее разработанные педагогические модели и конкретизированы методические подходы. Используя метод случайной выборки, в контрольную группу включили 26 и в экспериментальную 26 обучающихся юношей.

С учётом средств физического воспитания и специфики их влияния, на личность обучающихся моделировались педагогические ситуации. Приведем примеры содержания и построения педагогических ситуаций с элементами морально-психологического воздействия на занятиях со студентами.

На занятиях по волейболу (баскетболу):

- мы предлагали всем участникам после игры выполнить общефизические упражнения (подтягивание из виса на перекладине, сгибание и разгибание рук в упоре лежа, сгибание и разгибание рук в упоре на брусках, поднятие туловища или ног из положения лежа и другое). Если студенты выполняли, то это – проявление воли (превышение привычных параметров усилий входят в группу определенную Л.П. Матвеевым);

- во время игры подготовленная группа болельщиков эмоционально поддерживает одну и угнетает другую команду. Мы наблюдали поведение угнетаемой команды, а также общий счет игры. Если, несмотря на эмоциональное угнетение, команда выигрывает, то это мы можем охарактеризовать как проявление воли и командного самовладения (психологические трудности по Т.Т. Джамгарову и А.Ц. Пуни).

На занятиях по плаванию создавались следующие модели:

- в подготовительном упражнении «Ныряние» предлагалось на выбор задер-

жать дыхание под водой на 15 секунд или на 30 секунд (усложнение внутренних условий, авторское);

- для умеющих плавать предлагалось на выбор проплыть 25-метровую дистанцию кролем или баттерфляем (усложнение внутренних условий, авторское);

- всем занимающимся предлагается отработка техники плавания или купание без задания (усложнение внутренних условий, авторское);

- предложение проплыть дистанцию с отягощениями (одежда, поплавков, привязанный к ноге, другое) или без отягощений (задание по превышению привычных параметров усилий по Л.П. Матвееву);

- проплыть баттерфляем или упрощенным способом – руки баттерфляем, а ноги брассом (изменение технических параметров выполнения физического упражнения, авторское);

- проплыть, работая только ногами (кролем, баттерфляем, на спине) без плавательной доски или с плавательной доской. Если студенты выбирали более сложное задание, это характеризовалось как проявление воли (усложнение внутренних условий, авторское).

#### Результаты исследования и их обсуждение

Мы сопоставляли полученные результаты по пяти показателям: челночный бег

3x10 м (сек); прыжок в длину с места толчком двумя ногами (см); сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу (кол-во раз); подтягивание из виса на высокой перекладине (кол-во раз) мужчины; поднимание туловища из положения лежа на спине (кол-во раз).

В начале эксперимента сравнение средних величин по пяти показателям по критерию Стьюдента было статистически не значимо, а на конец эксперимента статистически значимо. Статистически значимый прирост был в экспериментальной группе (см. рис. 1–2).

Статистическую значимость различий в «средних» мы определяли на уровне  $\alpha = 0,05$ , то есть с достоверностью 95%. Для вычисления значимости пользовались  $t$ -критерием Стьюдента:

$$t = \frac{\bar{y} - \bar{x}}{S_{y-x}},$$

при этом стандартное отклонение разностей:

$$S_{y-x} = \sqrt{\frac{(n_x - 1)S_x^2 + (n_y - 1)S_y^2}{n_x + n_y - 2} \cdot \left( \frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y} \right)}$$

Для точного анализа мы определяли дисперсию, среднюю арифметическую, стандартную ошибку разностей и вычисленный  $t$ -критерий [9].

## Средние показатели до эксперимента

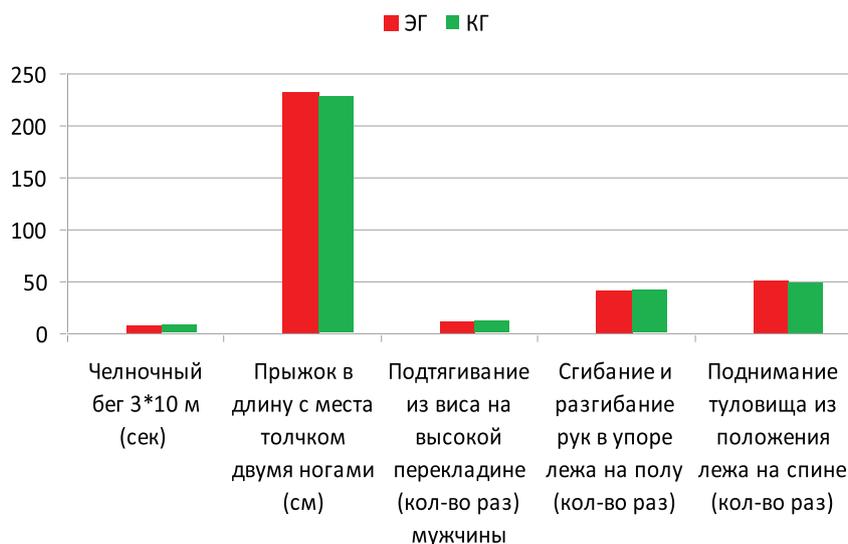


Рис. 1. Показатели физической подготовленности студентов до эксперимента

## Средние показатели после эксперимента

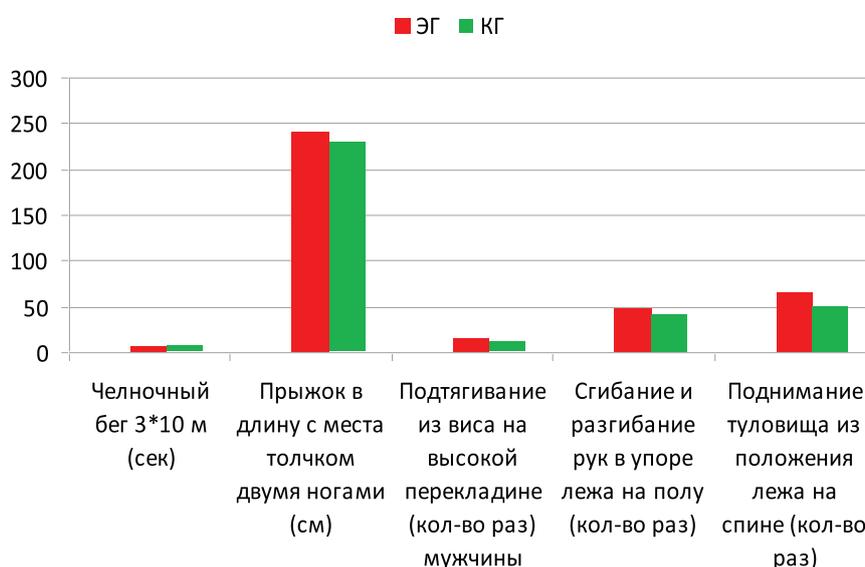


Рис. 2. Показатели физической подготовленности студентов после эксперимента

### Выводы

1. Экспериментально доказана эффективность волеоблизирующих заданий с помощью элементов морально-психологического воздействия.

2. Экспериментально уточнены положения Т.Т. Джамгарова, А.Ц. Пуни, Л.П. Матвеева, касающиеся психологических аспектов воспитания волевых качеств в процессе совершенствования двигательных навыков.

3. Эффект влияния элементов морально-психологического воздействия на процесс физического воспитания студентов характеризовался статистически значимым приростом физической подготовленности с достоверностью 95 %.

4. Обоснованность данной экспериментальной работы является свидетельством того, что именно это экспериментальное воздействие привело к позитивным изменениям физической подготовленности студентов. Экспериментальная обстановка не менялась, у студентов не было страха получить незачет. На начало эксперимента группы были равноценны. Также имеется возможность распространить данную методику и на другие группы и на другие условия.

### Список литературы

1. Арутюнян Т.Г. Двигательная активность дошкольника в условиях семейного воспитания // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 6–3. – С. 581–584.

2. Арутюнян Т.Г. Взаимосвязь физического и патриотического воспитания учащихся на примере экспериментальных данных лица № 8 города Красноярск // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 2–26. – С. 5902–5905.

3. Арутюнян Т.Г. Результаты реализации Красноярской городской программы «Мониторинг физического здоровья и физической подготовленности школьников» на примере специальной медицинской группы // *Адаптивная физическая культура*. – СПб., 2014. – № 1(57). – С. 12–18.

4. Арутюнян Т.Г. Физическое упражнение как средство воспитания воли студента – защитника Отечества // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 5; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=15032> (дата обращения: 19.03.2017).

5. Арутюнян Т.Г. Физическое упражнение как средство морально-психологической подготовки юных спортсменов – будущих защитников Отечества / Т.Г. Арутюнян, В.В. Рубченко // *Физическое воспитание и спортивная тренировка (научно-методический журнал)*. – Волгоград, 2016. – № 3(17). – С. 82–88.

6. Горская И.Ю. Методика развития координационных способностей у дошкольников 5–7 лет с нарушением речи [Текст] / И.Ю. Горская // *Научно-теоретический журнал «Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта»*. – СПб.: Изд-во ФГБОУ ВПО «Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта», 2008. – № 4(38). – С. 28–32.

7. Джамгаров Т.Т., Пуни А.Ц. Психология физического воспитания и спорта: Учеб. пособие для ин-тов физ. культ. / Под ред. Т.Т. Джамгарова, А.Ц. Пуни. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 143 с.

8. Еганов А.В. Направленность тренировочного процесса в дзюдо на воспитание социально значимых ценностей // *Фундаментальные исследования*. – 2009. – № 5. – С. 95–97.

9. Закирьянов К.Х. Экспериментальные методы в педагогике, психологии и физической культуре / К.Х. Заки-

рьянов, Л.И. Орехов – Алматы: Казахская академия спорта и туризма, 2002. – 112 с.

10. Лубышева Л.И. Концепция физкультурного воспитания: методология развития и технологии реализации / Л.И. Лубышева // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 1996. – № 1. – С. 11–17.

11. Лубышева Л.И. Спортивная культура в философском, историческом и социально-педагогическом измерениях: Теория и практика физической культуры. – 2014. – № 5. – С. 30.

12. Матвеев Л.П. Теория и методика физической культуры. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Физкультура и Спорт, СпортАкадемПресс, 2008. – 544 с.

13. Миндиашвили Д.Г. Завьялов А.И. Формирование спортивно-образовательного пространства в условиях мо-

дернизации российского общества (на примере подрастающего поколения Сибирского региона): монография. – Красноярск: КГПУ им. В.П. Астафьева, 2011. – 415 с.

14. Таймазов В.А. Показатели, характеризующие готовность боевых пловцов к военно-профессиональной деятельности / В.А. Таймазов, А.Э. Болотин, С.А. Цветков, В.Е. Михеев // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – СПб.: Изд-во ФГБОУ ВПО «Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта», 2015. – № 1 (119). – С. 169–172.

15. Хазова С.А., Бгуашев А.Б. Актуальные проблемы и современное состояние научных исследований в сфере физической культуры и спорта // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 12–3. – С. 637–641.

УДК 378:364.6

## ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ В СИСТЕМЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫХ КАЧЕСТВ БУДУЩИХ БАКАЛАВРОВ СОЦИАЛЬНОЙ РАБОТЫ

**Вахабова С.А.**

*Чеченский государственный университет, Грозный, e-mail: metod-08@mail.ru*

В статье рассматривается значимость профессиональной устойчивости личности социального работника, отмечается актуальность грамотного социального сопровождения населения в современных условиях развития общества. Определены профессионально важные качества работника социальной сферы, проанализирован Профессиональный стандарт «Специалист по социальной работе» с позиции специфики его деятельности на данный момент. Изучены значимые качества личности социального работника на основе анализа научных работ: статей, кандидатских и докторских диссертаций по теме исследования. Обоснована значимость наличия профессиональной устойчивости работника социальной сферы. Рассмотрены определения профессиональной устойчивости специалистов разных сфер. Проанализировано содержание федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 39.03.02 «Социальная работа». На основе данного анализа выделено понятие «профессиональная устойчивость будущих бакалавров социальной работы». Исследована структура профессиональной устойчивости работников в различных сферах. Выделена структура профессиональной устойчивости будущих бакалавров социальной работы. Она содержит четыре компонента: когнитивно-прогностический, эмоционально-волевой, коммуникативно-аффилиативный, ценностно-нравственный. Каждый компонент содержит соответствующие качества. Сделан вывод о необходимости наличия профессиональной устойчивости у будущих бакалавров социальной работы в системе профессионально важных качеств.

**Ключевые слова:** будущий бакалавр социальной работы, профессиональная устойчивость, специалист по социальной работе, федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, профессиональный стандарт, профессионально важные качества, сопровождение населения, трудная жизненная ситуация, социальные группы, население, личность, общество

## PROFESSIONAL STABILITY IN THE SYSTEM OF PROFESSIONALLY IMPORTANT QUALITIES OF FUTURE BACHELORS OF SOCIAL WORK

**Vakhobova S.A.**

*Chechen State University, Grozny, e-mail: metod-08@mail.ru*

The article discusses the professional stability importance of the personality of social worker. The relevance of competent social support of population in the current conditions of the society development is noted. Important professional qualities of a social worker are determined; the Professional Standard «Specialist of Social Work» is analyzed from the perspective of the specifics of its activity at the moment. The significant qualities of the personality of the social worker are studied on the basis of the analysis of scientific works: articles, candidate and doctoral dissertations of the research topic. The importance of the presence of professional stability of the social worker is substantiated. The definitions of professional stability of specialists in different spheres are considered. The content of the Federal State Educational Standard of higher education in the field of training 39.03.02 «Social Work» is analyzed. On the basis of this analysis, the concept of professional stability of future bachelors of social work is highlighted. The structure of professional stability of workers in various spheres is investigated. The structure of the professional stability of future bachelors of social work is highlighted. It contains four components: cognitive-prognostic, emotional-volitional, communicative-affiliated, value-moral. Each component contains qualities. It is concluded that it is necessary to have professional stability in future bachelors of social work in a system of professionally important qualities.

**Keywords:** future bachelor of social work, professional stability, specialist of social work, federal state educational standard of higher education, professional standard, professionally important qualities, support of population, difficult life situation, social groups, population, personality, society

Общественные процессы в нашей стране и мире характеризуются нарастанием агрессии и деморализации. Ослабление института семьи, увеличивающееся число суицидальных проявлений у подрастающего поколения, деятельность экстремистских организаций являются следствием духовно-кризиса современного социума. Эти негативные явления говорят о необходимости компетентного сопровождения населения в социальных вопросах, что влечет за собой значимость серьезной профессиональ-

ной подготовки соответствующих специалистов. Говоря о социальных работниках, важно в первую очередь обратить внимание на формирование у них профессиональной устойчивости, чтобы противостоять описанным выше негативным влияниям.

На сегодняшний день деятельность специалистов разных профессий регламентируется профессиональными стандартами. Согласно профессиональному стандарту специалиста по социальной работе основной целью его профессиональной деятель-

ности является оказание помощи отдельным гражданам и социальным группам для предупреждения или преодоления трудной жизненной ситуации [1]. Однако ряд специалистов рассматривает такую деятельность несколько шире. Так, Г.П. Медведева отмечает, что сущность социальной работы заключается в обеспечении и/или восстановлении нормального социального функционирования личности, группы, общества. Такая работа направлена на улучшение общественных взаимосвязей, достижения гармонии между человеком и средой, оптимизации социальных и личностных отношений [2].

Необходимо понимать, что для осуществления сопровождения населения социальному работнику важно самому быть эмоционально устойчивым, обладать развитыми навыками коммуникации, быть нормативно ориентированным и гуманным. Иными словами, отличаться профессиональной устойчивостью. Говоря о профессиональной устойчивости работников социальных служб, Е.М. Таболова отмечает ее недостаточность [3]. Автор указывает, что в результате слабого развития такого качества социальных работников государство несет материальные потери и страдает престиж системы социальной защиты населения. На основании данного положения можно сделать вывод о необходимости формирования у будущих бакалавров социальной работы профессиональной устойчивости среди других профессионально важных качеств.

В профессиональном стандарте специалиста по социальной работе выделены такие необходимые ему качества: чуткость, вежливость, внимание, выдержка. Отмечается, что данный работник должен проявлять предусмотрительность, терпение к гражданам, а также учитывать их физическое и психологическое состояние. Ему необходимо быть ответственным и руководствоваться в работе принципами гуманности, справедливости, объективности и доброжелательности [1].

В учебных и научных изданиях, посвященных подготовке специалистов в области социальной работы, выделяют три группы необходимых профессионально значимых качеств. Это психофизиологические характеристики, психологические и психолого-педагогические качества. Качества первой группы составляют психические процессы (память, мышление, речь), физиологические и эмоциональные состояния (работоспособность, оптимизм), а также волевые проявления (индифферентность, настойчивость, импульсивность). Во вторую группу

профессиональных качеств включают самоконтроль, самооценку, стрессоустойчивость, эмоциональный интеллект. Третью группу составляют коммуникабельность, эмпатичность, аттрактивность, навыки педагогической деятельности и др. Если обратиться к современной энциклопедии профессий, то можно обнаружить следующие профессионально важные качества социального работника: умение быстро принимать решения, организаторские способности, практицизм, развитую интуицию, компетентность в социально-правовых и психолого-педагогических вопросах, в области социологии, экономики, занятости населения, этики и нравственно-гуманитарных знаний [2; 4–6].

Г.П. Медведева отмечает, что социальная работа относится к тем редким видам профессиональной деятельности, где в первую очередь личностные и нравственные качества специалиста определяют успешность и эффективность работы [2]. Она выделяет следующие личностно-нравственные качества специалиста социальной работы: честность, совесть, объективность, справедливость, тактичность, внимательность и наблюдательность. Также в работе с людьми важна терпимость, выдержка и самообладание, доброта, любовь к людям, самокритичность, адекватность самооценки, терпение. По словам данного автора, специалист социальной работы является образцом гуманизма, поэтому он утверждает в обществе нормы человеческой жизнедеятельности [2].

Стоит отметить, что ряд представленных выше качеств (выдержка, самооценка, самообладание) относятся к устойчивости личности, способности противостояния напряжению и трудностям. Профессиональная же устойчивость является компонентом личностной устойчивости. Поэтому логично утверждать, что данный автор косвенно говорит о необходимости развития профессиональной устойчивости социальных работников.

Е.Н. Холостова выделяет шесть групп профессиональных качеств социальных работников: профессиональную компетентность, доброжелательность, организаторско-коммуникативные способности, высокий морально-этический уровень, нервно-психическую выносливость и адекватное отношение к себе [4]. Последние две группы включают работоспособность, инициативность, энергичность, настойчивость в достижении целей, адекватность представлений о себе, способность решать собственные проблемы, уверенность и самоуважение. В целом данные качества можно отнести к профессиональной устойчивости.

Социальный работник может работать в поликлиниках, школах, реабилитационных центрах и т.п. Основная сущность его деятельности заключается в оказании помощи населению. Данная профессия относится к помогающим профессиям и, несомненно, требует высокой компетентности и устойчивости. Социальный работник может взаимодействовать как с большими коллективами, так и с отдельными личностями, нуждающимися в юридической, психологической, медицинской или материальной помощи. Данная профессия считается одной из сложных. Таким образом, необходимость формирования у будущих бакалавров социальной работы профессиональной устойчивости как одного из значимых профессиональных качеств не вызывает сомнения. В этой связи важно конкретизировать содержание данного понятия в нашем исследовании применительно к будущим бакалаврам социальной работы.

Понятие профессиональной устойчивости в отечественной науке рассматривалось в разных исследованиях. Она изучалась применительно к разным специалистам: педагогам [7–9], военнослужащим [10], руководителям [11], государственным служащим [12] и др. К.К. Платонов, одним из первых сформулировавший определение данного понятия, рассматривает его как свойство личности, которое придает профессиональной направленности свойства интенсивности, действенности и устойчивости, формируя «трудовую доминанту» [13]. Подобного мнения придерживается и В.М. Курышев, рассматривая профессиональную устойчивость как интегративную характеристику, поддерживающую равновесие между личностью и профессиональной средой. Такая устойчивость, по мнению автора, позволяет специалисту противостоять профессиональным деформациям, быть эмпатичным и эмоционально стабильным [14]. Примечательно, что автор рассматривает профессиональную деятельность специалистов по социальной работе в условиях пенитенциарной системы, которая является одной из наиболее стрессогенных областей в деятельности социального работника. В работе вышеупомянутого автора отмечается значимость формирования профессиональной устойчивости у будущих социальных работников, что перекликается с нашим исследованием.

Если обратиться к исследованию профессиональной устойчивости в других областях трудовой деятельности, то также можно обнаружить ее важность и у других специалистов. Раскрывая понятие профессионально-личностной устойчивости

педагога, В.В. Гузь отмечает, что это качественная характеристика субъекта педагогической деятельности, характеризующая высокий уровень стабилизации ценностных установок, эмоционально-волевых процессов и состояний [7]. В данном определении также можно обнаружить стабильность деятельности, включающую определенные личностные характеристики. И.А. Ключникова отмечает значимость формирования профессиональной устойчивости у учителя безопасности жизнедеятельности. Давая определение данному феномену, автор включает в него такой эмоциональный оттенок, как сохраняющийся длительное время интерес к профессиональной деятельности. Интерес к работе – это очень важная черта любой успешной профессиональной деятельности. Конечно, работа в образовательной системе отличается от пенитенциарной, но отрицать наличие в ней эмоционального выгорания, обусловленного ослаблением профессиональной устойчивости, неправомерно.

Анализируя специфику деятельности офицеров внутренних войск МВД, В.А. Кучер отмечает также необходимость наличия у офицерского корпуса профессиональной устойчивости, отсутствие которой подрывает авторитет военной системы. Он называет профессиональную устойчивость системообразующим качеством всех других профессионально важных качеств работника, образующих триаду «личность – профессия – общество» [10]. Причем это качество включает умение соответствовать требованиям профессиональной деятельности в течение длительного времени. Профессиональная устойчивость в широком плане, по мнению данного исследователя, определяется как общая способность к иницированию и регуляции целенаправленной активности, самоутверждению и непрерывному самосовершенствованию.

Следует отметить, что профессиональная устойчивость коррелирует с психологической устойчивостью. В работе Д.Г. Коноваловой психологическая устойчивость рассматривается применительно к руководителям. Характеристика данного качества включает в себя психологическую культуру управленца, соблюдение законов, наличие верности моральным устоям и нормам, эстетические предпочтения [11]. Мы полагаем, что психологическая устойчивость является более широким понятием, важным для любого специалиста. Исходя из данных определений, стоит отметить, что профессиональная устойчивость имеет отличительное качество стабильности деятельности, отражающейся применительно

к профессиональной сфере. Обзор исследований в данной области показывает необходимость формирования профессиональной устойчивости у специалистов во многих отраслях профессиональной деятельности.

Уточняя понятие профессиональной устойчивости будущего бакалавра социальной работы, необходимо очертить круг его деятельности. В федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования по направлению подготовки 39.03.02 «Социальная работа» выделены сферы профессиональной деятельности будущего бакалавра социальной работы: социальная защита и обслуживание населения в системах образования, здравоохранения, культуры; деятельность в пенитенциарной системе и др. Кроме того, отмечено, что будущий бакалавр социальной работы должен уметь не только консультировать в стабильной обстановке, но и оказывать помощь в чрезвычайных ситуациях. Что касается видов профессиональной деятельности, то будущий бакалавр социальной работы должен уметь осуществлять социально-технологическую, организационно-управленческую, исследовательскую, педагогическую и социально-проектную деятельность. Соответственно, в данных направлениях будущий бакалавр должен быть компетентен и профессионально устойчив при их осуществлении.

В этой связи профессиональную устойчивость бакалавров социальной работы будем рассматривать как системообразующее качество личности, способствующее эффективному оказанию помощи населению в стабильной, трудной и экстремальной жизненной ситуациях в течение длительного времени. Причем его профессиональная деятельность должна отличаться психологической комфортностью, эмоциональной уравновешенностью, волевой стойкостью и высоким духовно-нравственным потенциалом.

Понимая профессиональную устойчивость будущего бакалавра социальной работы как системообразующее качество, важно выделить его структурные элементы. Как правило, в аналогичных исследованиях определяют 3–5 компонентов профессиональной устойчивости специалиста.

В профессиональной устойчивости будущего учителя В.Е. Пеньков выделяет мотивационный, когнитивный, конативный компоненты. Первый компонент включает как мотивы к познанию, так и мотивы к профессиональной деятельности. Когнитивный компонент – это не только специализированные, но и психолого-педагогические знания, а также знания о способах

деятельности. Конативный компонент – это по своей сути саморегуляция, творчество и самодеятельность [9]. В.В. Гузь в профессиональную устойчивость учителя включает мотивационно-ценностный, когнитивный, конативный и рефлексивно-регулятивный компоненты [7]. Он дублирует вышепредставленные компоненты, уточняя мотивационный компонент и разводит саморегуляцию на два компонента – конативный и рефлексивно-регулятивный. Д.С. Коновалова в структуре психологической устойчивости кадров управления выделяет пять компонентов: эмоциональный, коммуникативный, когнитивный, волевой и прогностический [11]. По словам автора, центральным компонентом данной модели профессиональной устойчивости является эмоциональный. Именно эмоции определяют поведение специалиста и регулируют его деятельность. Нам импонирует включение прогностического компонента в структуру изучаемого феномена, так как полагаем, что устойчивость профессионала характеризуется его умением самоорганизовываться в длительной временной перспективе. Она определяется умением планировать собственную деятельность и в определенной мере управлять развитием некоторых социальных процессов.

Исходя из логики вышепредставленных научных исследований, а также учитывая специфику деятельности социального работника, выделим структуру профессиональной устойчивости будущих бакалавров социальной работы. В нее заложим четыре компонента: когнитивно-прогностический (профессиональная и общая компетентность в вопросах социального сопровождения населения, умение прогнозировать результаты своей деятельности и деятельности консультируемых граждан), эмоционально-волевой (развитый эмоциональный интеллект, настойчивость, терпимость самообладание), коммуникативно-аффилиативный (умение эффективно выстраивать коммуникацию, потребность в общении), ценностно-нравственный (духовно-нравственный потенциал, этические принципы и нормы, смысловая направленность деятельности). Иными словами, все стороны личности как таковой вовлечены в такое интегративное качество, как профессиональная устойчивость: ее интеллектуальный потенциал, эмоциональная сфера и саморегуляция, также аксиологическая и коммуникативная составляющие.

Таким образом, профессиональная устойчивость будущих бакалавров социальной работы выступает важным компонентом их профессиональной деятельности.

Она является системообразующим элементом социальной работы в современных условиях. Профессиональная устойчивость занимает центральное место в системе профессионально важных качеств будущих бакалавров социальной работы. Ее наличие будет способствовать не только успешной профессиональной деятельности отдельных специалистов, но и в целом повышению имиджа деятельности социальной службы.

#### Список литературы

1. Приказ Минтруда России от 22.10.2013 № 571н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист по социальной работе» (Зарегистрировано в Минюсте России 06.12.2013 № 30549). URL: <https://rg.ru/2013/12/18/socrabotnik-dok.html> (дата обращения: 17.06.2017).
2. Медведева Г.П. Социальная работа как вид деятельности общества: дис. ... д-ра филос. наук. – М., 2011. – 321 с.
3. Таболова Е.М. Формирование профессиональной устойчивости социальных работников в образовательной среде вуза / Е.М. Таболова // Вектор науки ТГУ: Серия Педагогика, психология. – 2014. – № 3 (18). – С. 193–196.
4. Холостова Е.И. Социальная работа: учебное пособие / Е.И. Холостова. – 7-е изд. – М.: Дашков и К, 2010. – 800 с.
5. Маклаков А. Г. Общая психология: Учебник для вузов / А.Г. Маклаков. – СПб.: Питер, 2013. – 583 с.
6. Фролова Е.А. Социально-педагогическое управление профессиональным становлением бакалавров социальной работы в вузе: дис. ... канд. пед. наук. – М., 2011. – 247 с.
7. Гузь В.В. Формирование профессионально личностной устойчивости учителя: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 2007. – 20 с.
8. Ключникова И.А. Формирование профессиональной устойчивости студентов к педагогической деятельности: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Ставрополь, 2005. – 27 с.
9. Пеньков В.Е. Формирование профессионально-личностной устойчивости будущего учителя в процессе обучения в вузе: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Белгород, 1997. – 20 с.
10. Кучер В.А. Профессиональная устойчивость офицера как цель воспитания и обучения курсанта: монография / В.А. Кучер, В.Г. Бургун. – Владикавказ: СКВИ ВВ МВД России, 2010. – 128 с.
11. Коновалова Д.С. Развитие психологической устойчивости кадров управления: дис. ... канд. психол. наук. – М., 2011 – 158 с.
12. Таболова Е.М. Психолого-акмеологические факторы устойчивости профессиональной деятельности госслужащих: автореф. дис. ... канд. психол. наук. – М., 1997. – 25 с.
13. Платонов К.К. Структура и развитие личности / К.К. Платонов. – М.: Наука, 1986. – 255 с.
14. Курышев В.М. Формирование профессиональной устойчивости будущих специалистов по социальной работе с осужденными средствами интерактивных технологий: дисс. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / В.М. Курышев. – Калининград, 2015 – 201 с.

УДК 372.362:37.025.7

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И РОЛЬ РЕФЛЕКСИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЕЕ ФОРМИРОВАНИИ

**Камерилова Г.С., Медникова О.Н., Власова О.А., Костенко Г.А.**  
 ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный педагогический университет  
 им. Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: kamerilova-galina@rambler.ru

Раскрывается растущая значимость и сущность экологической культуры как ведущего механизма гармонизации взаимоотношений общества и природы. Показывается роль рефлексивной деятельности в ее формировании на основе личностных культурно-рефлексивных позиций. Определены теоретико-методологические основы процесса формирования экологической культуры, включающие идеи коэволюции и устойчивого развития, культурологического и системно-деятельностного подходов, реализующие в образовательной практике принципы экологического гуманизма, субъектности, интеграции, проблемности, рефлексии, экологического краеведения. В соответствии со структурой культуры разработано экологическое содержание образования. Обосновываются три личностные культурно-рефлексивные позиции: созерцательная, активно-познавательная, созидательная творческо-практическая – являющиеся своеобразной программой формирования экологической культуры. В качестве методических условий эффективной реализации процесса формирования экологической культуры обоснованы педагогическая технология развития критического мышления через чтение и письмо, культурная коммуникация и диалогичность.

**Ключевые слова:** экологическая культура, рефлексия, рефлексивная деятельность, личностная культурно-рефлексивная позиция, технология развития критического мышления через чтение и письмо, культурная коммуникация

## ECOLOGICAL CULTURE AND THE ROLE OF REFLEXIVE ACTIVITY IN ITS FORMATION

**Kamerilova G.S., Mednikova O.N., Vlasova O.A., Kostenko G.A.**  
 Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod,  
 e-mail: kamerilova-galina@rambler.ru

The growing significance and entity of ecological culture as leading mechanism of harmonization of relations of society and nature reveals. The role of reflexive activities in its formation on the basis of personal cultural and reflexive line items is shown. The theoretiko-methodological bases of process of formation of ecological culture including the ideas of a coevolution and sustainable development, culturological and system and activity approaches realizing in educational practice the principles of ecological humanity, subjectivity, integration, problematical character, a reflection, ecological study of local lore are defined. In compliance with structure of culture the ecological content of education is developed. Three personal cultural and reflexive line items are justified: contemplate, active and cognitive, creative creative and practical, being a peculiar program of formation of ecological culture. As methodical conditions of effective implementation of process of formation of ecological culture pedagogical technology of development of critical thinking through reading and the letter, cultural communication and dialogicity are justified.

**Keywords:** ecological culture, reflexion, reflexive activity, personal cultural and reflective position, technology of development of critical thinking through reading and writing, cultural communication

Кризисные экологические явления вызывают необходимость поиска путей их разрешения. Центральным ориентиром движения в будущее становится экологическая культура, к ключевым характеристикам которой относятся: единство и взаимосвязь социоприродных взаимоотношений, коэволюция, интеграция, экогуманистические мировоззренческие убеждения, созидательная экологическая деятельность (Н.Н. Моисеев, А.Д. Урсул, Э.В. Гирусов, Н.М. Мамедов). Актуальной представляется позиция известного специалиста Н.М. Мамедова, который подчеркивает, что культура признается мировым сообществом в качестве стратегического ресурса развития. При этом необходимым, по мнению автора, является целенаправленное изменение культуры современного общества на

основе гуманистических и экологических ценностей [1]. Экологическая культура есть выражение неразрывного единства природы и человека, природных и социальных процессов; единства естественнонаучного и гуманитарного знания; социокультурной взаимосвязи мирового сообщества, «императива глобальной солидарности» (А. Печчеи). Закономерным поэтому представляется включение формирования экологической культуры в требования Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования.

Анализ подходов к формированию экологической культуры личности в экологическом образовании (С.Н. Глазачев, А.Т. Захлебный, И.Д. Зверев, И.Т. Суругина, И.Н. Пономарева, Д.С. Ермаков, Н.Ф. Винокурова, В.В. Николина) показывает их

разнообразие в зависимости от возрастных и психологических особенностей обучающихся, выбранной педагогической стратегии, содержания образования, технологий обучения. Недостаточно разработанным в теории и практике экологического образования остается вопрос о роли рефлексивной деятельности в формировании экологической культуры.

#### **Цель исследования**

Научно-теоретическое осознание сущности экологической культуры и разработка методики ее формирования на основе рефлексивной деятельности.

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

Работа осуществлялась в рамках системы школьного экологического образования на основе методов и методологии психолого-педагогического исследования, включающего использование как общенаучных, так и эмпирических и теоретических методов педагогического познания в их современной гуманистической интерпретации развивающего типа образования.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Культура рассматривается не только как неотъемлемая предпосылка становления человека, но и как смыслообразующий, регулятивный фактор всего социального развития (М.М. Бахтин, М.С. Каган, Л.Н. Коган, Н.М. Мамедов, Э.С. Маркарян, А.И. Субетто, А. Швейцер). Анализ подходов к сущности категории «культура» позволяет рассматривать ее в рамках концепций: личностной (человек как центр культуры, развивающийся в контексте культуры и сам творящий ее ценности и смыслы), социальной (культура общества определенной исторической эпохи), аксиологической (ценностные смыслы), познавательной (знаниевый базис и стилевые установки познания и мышления), деятельностной (экологоориентированная деятельность и поведение), коммуникативной (диалоговый режим взаимоотношений), рефлексивной (осмысление оснований, принципов, результатов).

В научной литературе рассматривается структурная неоднородность культуры и единодушно выделяются ценностный, содержательный, деятельностный аспекты. Среди них ведущим признается аксиологический аспект, поэтому культура характеризуется, прежде всего, как сложная система ценностей (М.С. Каган). Каждый исторический этап выдвигает свои приоритетные ценности. В современных условиях экологического кризиса такими ценностями

являются идеи экологического императива (Н.Н. Моисеев), отказ от политики «покорения природы» на ее сохранение, гармоничность социоприродных взаимоотношений.

Содержательный аспект экологической культуры представляет сложную систему интегрированных научных знаний, означающих переход от стратегии преимущественно дисциплинарного развития научного познания к его проблемно-ориентированным формам. Переориентация научного знания влияет на формирование нового эколого-ноосферного стиля мышления. Ноосферизм есть становление «рефлектирующего сознания» Человечества, поднимающего его разум на уровень ответственности за сохранение Жизни на Земле (А.И. Субетто). На смену утилитарно-прагматическому отношению к природе должно прийти осознание ее универсальной ценности, на смену природопокорительским амбициям – чувство ответственности за ее сохранение и приумножение, на смену жесткой оппозиции – стремление к диалогу и компромиссам [2].

Деятельностный аспект экологической культуры связан с экологической деятельностью – главным социальным механизмом выживания человечества (А.Д. Урсул), который объединяет все формы активности, связанные с решением экологических проблем. Важной формой человеческой активности является общение, выражающее межсубъектное взаимодействие, основанное на диалоге (М.М. Бахтин).

Современные стандарты образования ориентированы на реализацию его культурообразующей функции, предполагающей трансформацию образовательной системы в средство развития культуры личности, формирования образа мира и понимания роли в нем человека.

Культуросообразная деятельность обращает особое внимание на понимание и рефлексию. Понимание как способ сопереживательного и сомыслительного отношения к миру и себе в этом мире означает поиск смыслов. Смысловое взаимодействие учителя и учащихся способно вывести его за границы внешних отношений полезности и поднять на качественно иной более высокий ценностно-личностный уровень. Формирующееся самосознание предполагает способность к личной рефлексии как необходимому компоненту активности познающего субъекта [3]. Рефлексивная деятельность определяется как составная часть культуры человека (Е.В. Бондаревская, С.В. Кульневич, И.Б. Котова, Е.Н. Шиянов), проявляющаяся в обращении сознания на самое себя, на внутренний мир человека и его место во взаимоотношениях с други-

ми, на формы и способы познавательной и преобразующей деятельности [4].

Рефлексия как процесс познавательной активности личности, направленный на себя и свой личностный рост, происходит на всем протяжении обучения, где выделяются ее ситуативная, ретроспективная и перспективная разновидности (А.В. Мудрик). Ситуативная рефлексия обеспечивает самоконтроль в актуальной образовательной ситуации и предполагает осмысление действий по ходу обучения; ретроспективная – по завершению работы и включает анализ ее успешности, затруднений, поведения; перспективная – перед началом учебной деятельности и выражается в планировании, проектировании, моделировании предстоящих действий [5].

Рефлексивные механизмы, действующие на уровне содержания образования и коллективных способов его усвоения, влияют на развитие всех сфер сознания личности (аффективной, когнитивной, волевой); обеспечивают успешное становление человека в культуре данной эпохи, успешность его социализации путем усвоения культурно-исторического опыта, норм, ценностей, мировоззренческих ориентаций [5].

Нами на основе теоретико-методологического базиса, включающего идеи коэволюции и устойчивого развития, культурологического и системно-деятельностного подходов разработан процесс формирования экологической культуры обучающихся, реализующий принципы экологического гуманизма, субъектности, интеграции, проблемности, рефлексии, экологического краеведения.

Содержание образования разрабатывалось, исходя из структурной дифференциации экологической культуры и включало аксиологический, когнитивный, праксиологический, личностный аспекты. Аксиологический аспект представляет собой личностную ценностно-значимую платформу, выступающую регулятором экологической деятельности и поведения. Когнитивный – систему экологических знаний эмпирического, абстрактно-концептуального и теоретического характера, экопроблемную логику мышления. Праксиологический – готовность и способность к экологической деятельности, участию в природоохранных мероприятиях, различных акциях и общественных слушаниях. Личностный – становление экокультурных качеств личности [6].

Процесс формирования экологической культуры осуществляется на основе последовательных личностных культурно-рефлексивных позиций:

1) созерцательная «Я воспринимаю разнообразный и прекрасный мир природы»,

где смысловой доминантой выступает позиция наблюдателя;

2) активно-познавательная «Я познаю мир природы и осмысливаю его проблемы», где смысловой доминантой является позиция познающей личности;

3) созидательная творческо-практическая «Я готов решать проблемы охраны природы, нести ответственность за сохранение ее разнообразия», где смысловой доминантой является позиция созидателя.

Личностная культурно-рефлексивная позиция как система оценочных, когнитивных, поведенческих взглядов и убеждений экокультурного характера, формируемых на основе рефлексивной деятельности, отражает различные эмоциональные состояния и уровни восприятия мира природы, его познания, поведенческой готовности к его сохранению. Предлагаемая нами последовательность личностных культурно-рефлексивных позиций выступает своеобразной программой формирования экологической культуры учащихся. Центральным в данной последовательности является понятие «рефлексивного выхода» (Г.П. Щедровицкий). Как отмечает автор, учащийся выходит из прежней позиции деятеля и переходит в новую позицию, а знания, вырабатываемые в ней, будут «рефлексивными знаниями» [7].

Ориентация в обучении не только на результат, но и на его процесс определяет акцент на рефлексивную деятельность, которая предполагает анализ обучающимся собственных действий и состояний на каждой культурно-рефлексивной позиции. Это позволяет максимально объективно оценить свои суждения, поступки и в целом всю деятельность с точки зрения их соответствия позиционным задачам и условиям. При несоответствии принимаются корректирующие действия. Если создание смысловой основы учебной деятельности, ее интегрированного экологического содержания и субъект-субъектного взаимодействия является необходимыми условиями формирования экологической культуры, то рефлексия представляет собой основной процесс, который приводит к качественным изменениям в деятельности, ее развитию, переходу от позиции наблюдателя, к позиции познания и позиции созидателя. Рефлексивная деятельность, связанная с системно-деятельностным подходом, мотивирует творческую самостоятельность, экологическую активность, инициативность, способность прогнозировать собственное развитие.

Современное образование является образованием культурологического, развивающего типа, то есть оно ориентировано на развитие личности в экологической культу-

ре современной эпохи. Поскольку развитие является процессом внутренним (Л.С. Выготский, С.Л. Рубинштейн), то его результативность прежде всего определяется самим субъектом в процессе рефлексивной деятельности. Актуальным при этом становится формирование рефлексивных умений в соответствии с задачами личностных культурно-рефлексивных позиций. В условиях созерцательной культурно-рефлексивной позиции рефлексивные умения проявляются с аксиологических и мотивационных аспектов, «сдвига мотива на цель». Рефлексивные умения в активно-познавательной позиции связаны с когнитивными аспектами, общей логикой освоения содержания, оценкой экологических проблем. В созидательной творческо-практической позиции востребованы рефлексивные умения готовности к экологической деятельности, ее значимости, оценке результатов.

Успешность формирования экологической культуры на основе развития рефлексивной деятельности зависит от выбора адекватных технологий обучения. В нашем случае применялась технология развития критического мышления через чтение и письмо – РКМЧП (Дж. Стил, К. Мередит, С.И. Заир-Бек, И.В. Муштавинская). Концептуальной идеей данной технологии является постановка учащихся в позицию субъекта учебной деятельности, развитие умений ее самостоятельно рефлексировать, достигая поставленных целей. Реализация данной идеи нашла отражение в технологических фазах: «вызов», «осмысление содержания», «рефлексия», включающих совокупность приемов, специально разработанных для каждой личностной культурно-рефлексивной позиции.

Для первой культурно-рефлексивной позиции «Я воспринимаю разнообразный и прекрасный мир природы» важен эмоциональный настрой при формировании ценностного компонента экологической культуры. Содержание и способы его освоения связаны преимущественно с эмоционально-чувственной сферой сознания учащихся, эмоциональным восприятием мира природы, его богатства, разнообразия, красоты и гармонии. На фазе вызова используется, в частности, прием «Корзина идей: роль живой природы в жизни человека». В индивидуальной и групповой работе учащимся составляется список идей, где наряду с утилитарно-полезными природными функциями выдвигаются художественные. Используются мультимедиапрезентации природных объектов, имеющих высокую рекреационную привлекательность, являющихся национальным достоянием, памят-

никами природы. На фазе осмысления содержания проблемы охраны природы в ходе усвоения учебной информации, ее осмысления и соотнесения с собственными знаниями предлагаются приемы «Концептуальная таблица» на сравнение природы разных природных зон, биоразнообразия своего региона в прошлом и настоящем и другие. На фазе рефлексии происходит понимание наличия экологических проблем и важности изучения материала, используется прием «Эссе: жизнь города без растений».

Для личностной культурно-рефлексивной позиции «Я познаю мир природы и осмысливаю его проблемы» характерна ориентация на развитие познавательного компонента экологической культуры. На фазе вызова при использовании приемов «Верные и неверные утверждения», «Мозговая атака» идет живое обсуждение предлагаемых учителем материалов. При необходимости учащиеся обращаются к учебникам. В процессе фазы осмысления содержания включаются приемы «Инсерт», «Тонкие и толстые вопросы». На фазе рефлексии с помощью приема «Синквейн» происходит отслеживание процесса познания и собственного понимания содержания изучаемой темы. Выражение новой информации своими словами, с помощью данного приема, позволяет учащимся лучше понять и принять ее.

Для личностной культурно-рефлексивной позиции «Я готов решать проблемы охраны природы, нести ответственность за сохранение его разнообразия» характерна в первую очередь практическая и творческо-созидательная экологическая деятельность по формированию деятельностного компонента экологической культуры. Учащиеся выясняют причины сокращения биоразнообразия, обсуждают пути его охраны и возобновления. На фазе вызова заполняется «Бортовой журнал: антропогенное влияние человека на природу», на стадии осмысления содержания вводится прием «Плюс-минус-вопрос», «Кластер», проектная деятельность; на фазе рефлексии при обсуждении рассматриваются различные варианты мнений по одному и тому же вопросу, например проблеме подъема уровня Чебоксарского водохранилища до отметки 68 метров. Составляется «Копилка практических экологических дел», учащиеся включаются в работу по озеленению, очистке берегов рек, экологических движений.

Формирование экологической культуры на основе рефлексивной деятельности обеспечивается активным учебным сотрудничеством, поскольку именно в сотрудничестве появляется возможность подниматься

на более высокую степень своего развития (Л.С. Выготский).

Заложенная в основу коллективного взаимодействия идея культурной коммуникации (И.А. Колесникова) и диалогичности отражает тенденции современной эпохи и образования и является средством личностного развития. Культурная коммуникация предполагает использование как традиционных, так и информационных средств общения; одновременную идентичность и полифоничность интерпретации экологической информации и экологических ситуаций. Создается установка на адекватность реакции учащихся, позитивность, уверенность в положительном решении экологических проблем, взаимопомощь, толерантность. Основной формой культурной коммуникации является диалог, выражающий смысловые позиции участников общения. Благодаря диалогу осуществляется «свободное самооткровение личности» (М.М. Бахтин), побуждающее обучающихся искать различные способы для выражения своих мыслей, отстаивать и осваивать новые экологические ценности. Коммуникативная направленность придает изучаемому экологическому содержанию личностно-значимый смысл. Условиями для успешной культурной коммуникации и диалога в условиях личностных культурно-рефлексивных позиций является конструирование «Я-концепции» посредством рефлексивных заданий на продуктивном и творческом уровнях. Рефлексия позволяет почувствовать себя субъектом своей деятельности, саморазвития в сотрудничестве с одноклассниками и учителем.

### Выводы

Выполненное исследование позволило уточнить сущность понятия «экологическая культура» и предложить авторский вариант

ее формирования на основе рефлексивной деятельности. Раскрыты теоретико-методологические основы процесса формирования экологической культуры и обоснованы три личностные культурно-рефлексивные позиции: созерцательная, где смысловой доминантой выступает позиция наблюдателя; активно-познавательная, где смысловой доминантой является позиция познающей личности; созидательная творческо-практическая со смысловой доминантой созидательной деятельности. Технология РКМЧП и воплощенные в обучение идеи культурной коммуникации и диалога, активизирующие рефлексивную деятельность, обеспечили эффективность процесса формирования экологической культуры.

### Список литературы

1. Мамедов Н.М. Культура и развитие: роль образования // Экологическое образование для устойчивого развития: теория и педагогическая реальность. Материалы международной научно-практической конференции. – Н. Новгород, НГПУ им. К. Минина, 2015. – С. 6–12.
2. Субетто А.И. Приоритеты и философия целенаправленного фундаментальной науки в XXI веке. Трансформация парадигмы университетского образования [Электронный ресурс] // Академия Тринитаризма; URL: <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001b/00161250.htm> (дата обращения: 11.07.2017).
3. Выготский Л.С. Мышление и речь / Л.С. Выготский. – М.: Издательство «Национальное образование», 2017. – 790 с.
4. Педагогическая психология: Учебное пособие / Под ред. И.Ю. Кулагиной. – М.: ТЦ Сфера, 2008. – 480 с.
5. Мудрик А.В. Социальная педагогика. – М.: Педагогическое образование, 2013. – 240 с.
6. Камерилова Г.С., Баталова Э.Н. Приоритеты экологического образования в комплементарной стратегии устойчивого социоприродного развития // Вестник Мининского университета: электронный научный журнал. – 2015. – № 2 [Электронный ресурс]. – URL: <http://vestnik.mininiver.ru/reader/search/prioritety-ekologicheskogo-obrazovaniya-v-kompleme/> (дата обращения: 01.06.2015).
7. Щедровицкий Г.П. Оргуправленческое мышление. Идеология, методология, технология. Курс лекций / Г.П. Щедровицкий. – М.: Студия Артемия Лебедева, 2015. – 464 с.

УДК 378:316.354.4

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ К ОРГАНИЗАЦИИ ВОЛОНТЕРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗАХ СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

Киселёва И.Н.

*Ставропольский государственный медицинский университет, Ставрополь, e-mail: worldclub@list.ru*

В статье рассматриваются социальные аспекты волонтерской деятельности, раскрывается и анализируется её сущность в контексте социального, профессионального, гуманистического развития и социализации молодежи. Рассмотрена история возникновения и развития волонтерского движения в России и её влияние на нравственное воспитание. Раскрывается и анализируется сущность добровольчества в современном российском социуме с точки зрения решения социальных проблем. Особое внимание уделяется развитию института волонтерства в учебных учреждениях высшего и среднего профессионального образования как важнейшего условия повышения социальной и гражданской активности студенческой молодежи. Волонтерская деятельность может стать не только образом выражения безвозмездной помощи обществу, но и ориентиром, пропагандирующим честь, патриотизм и человечность. Подчеркивается важность создания программы развития молодежного волонтерского движения с учётом специфики дальнейшей профессиональной деятельности выпускников медицинского вуза.

**Ключевые слова:** волонтерство, гражданская активность, социализация, молодежная среда, гуманистические ценности, социальный работник, благотворительность, сотрудничество, воспитательный потенциал

## THE USE OF INNOVATIVE APPROACHES THE ORGANIZATION OF VOLUNTEER ACTIVITIES IN THE UNIVERSITIES OF MODERN RUSSIA

Kiseleva I.N.

*Stavropol State Medical University, Stavropol, e-mail: worldclub@list.ru*

The article discusses the social aspects of volunteering, reveals and analyzes its essence in the context of social, professional, humanistic development and socialization of young people. The history of the origin and development of the volunteer movement in Russia and its impact on moral education. Reveals and analyzes the nature of volunteering in modern Russian society from the point of view of solving social problems. Special attention is paid to the development of the Institute of volunteering in educational institutions of higher and secondary professional education as key to improving social and civil activity of students. Volunteering can be not only a way of expression of grant aid society, but also a guide that promotes honour, patriotism and humanity. Underscores the importance of programs of development of youth volunteer movement taking into account the specifics of the future professional activities of graduates of medical University.

**Keywords:** volunteering, civic engagement, socialization, youth environment, humanistic values, social worker, charity, cooperation, and educational potential

Волонтерское движение в России существовало с древних времен и изначально было связано с деятельностью русской православной церкви. Со временем стирались религиозные, расовые, возрастные, классовые и имущественные границы. С начала XVIII века волонтерскую деятельность в России стали патронировать члены императорской фамилии, во время русско-турецкой войны, когда монахини стали первыми сёстрами милосердия, добровольчество стало массовым общественным явлением. К началу Первой мировой войны добровольческое движение распространилось среди женщин-волонтеров и за рубежом.

Во всём мире с 1985 г. отмечается Всемирный день молодёжного служения. В России этот праздник получил название Весенней недели добра и отмечается с 2000 г. 2001 год был провозглашён Генеральной Ассамблеей ООН Международным годом добровольцев.

В современной России воссоздание традиций волонтерской деятельности сдерживается инертностью общества, отсутствием необходимых гражданских инициатив и низким уровнем вовлеченности молодых граждан в добровольческую деятельность. По оценке экспертов в регионах России только около пяти процентов молодых людей в возрасте от 14 до 30 лет принимают участие в волонтерском движении. Причем наиболее притягательными для них являются различные имиджевые международные мероприятия, такие как Универсиада в г. Казани, зимняя Олимпиада в г. Сочи, Кубок Конфедераций, различные общероссийские конкурсные, форумные и концертно-спортивные мероприятия.

В то же время волонтерство (фр. – добровольность) – это, прежде всего, добровольное принятие обязанностей по оказанию безвозмездной социальной помощи, услуг, патронажа над инвалидами, больными и престарелыми, а также лицами и соци-

альными группами населения, оказывающимися в сложных жизненных условиях [1].

В последнее время в России наблюдается всплеск интереса к волонтерству, оно становится всё более популярным в молодежной среде в связи с растущим числом именно социальных проблем, в решении которых при современной экономической ситуации волонтеры незаменимы. Проблема заключается в том, что волонтерская работа молодежи в своем большинстве носит стихийный характер, а сама волонтерская деятельность рассматривается прежде всего как обслуживающая. Это предопределяет необходимость поиска и использование новых подходов и форм к подготовке волонтеров, прежде всего, в среде студенческой молодежи и вовлечению ее в добровольческую деятельность.

По мнению И.А. Медведева [2], «добровольческое движение», в работе с молодежью в системе высшего профессионального образования представляет собой:

- инструменты наработки у студентов разнообразных социальных компетенций, способствующих адаптации молодежи на современном рынке труда;
- формы активизации традиционных практических занятий, посредством вовлечения студентов в добровольческую деятельность;
- метод реализации государственной политики в сфере воспитания молодежи;
- инструменты развития коммуникации государства и общества».

В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р, содействие развитию и распространению добровольческой деятельности (волонтерства) отнесено к числу приоритетных направлений социальной и молодежной политики. С целью выявления предпочтительных направлений волонтерства в 2015 г. Государственным учреждением «Комплексный центр комплексного обслуживания населения» было проведено анкетирование активных молодых людей, уже имеющих опыт добровольческой деятельности. На вопрос, какая из сфер добровольческой деятельности им наиболее близка, наибольшее количество молодых людей (33% опрошенных) ответило «спортивное волонтерство», на втором месте – донорское движение (23%), на третьем – сервисное добровольчество (20% респондентов). Помощь бездомным животным (10% опрошенных), социальное служение (7% респондентов) и профессиональное добро-

вольчество (7%) не были столь популярны в молодежной среде [3].

Важнейшей основой социально-медицинской и медико-социальной работы являются фундаментальные гуманистические ценности. Как субъект профессиональной деятельности работники медицинских организаций и социальных служб являются их носителями. Это, в частности, закреплено и в Федеральном государственном образовательном стандарте направления подготовки «Социальная работа» в разделе «Виды профессиональной деятельности» (приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 января 2016 г. № 8).

От того, насколько будущие специалисты разделяют эти ценности, во многом зависит эффективность их повседневной деятельности. В этой связи, по нашему мнению, формирование гуманистических и на их основе профессионально-личностных ценностных ориентаций – одна из важнейших задач системы качественной подготовки будущих социальных и медицинских работников в высшем учебном заведении. В процессе приобретения знаний, навыков и умений для успешного осуществления конкретного вида профессиональной деятельности необходимо сформировать у будущих специалистов именно социально-профессиональные качества, глубокие убеждения, мировоззренческие позиции и ценностные ориентации для их профессиональной социализации.

Профессиональная социализация включает совокупность социальных и педагогических процессов, в разной степени регулируемых и позволяющих будущим специалистам, готовящимся к осуществлению деятельности в сфере здравоохранения и социальной защиты населения, усваивать систему установок, норм и ценностей, соответствующих осваиваемой профессии. В то же время профессиональная социализация – это развитие и самореализация молодых людей в процессе усвоения и воспроизводства профессиональной культуры, которая наряду с профессиональными знаниями, умениями, опытом творческой деятельности в профессиональной сфере включает совокупность норм поведения и взаимоотношений, определенную систему ценностей, соответствующих назначению и смыслу профессии [4].

Одной из основных целей государственной молодежной политики является наиболее эффективное использование потенциала молодежного волонтерского движения для решения социальных проблем современного российского общества. В то же время волонтерство также является и одним из са-

мых эффективных методов формирования и развития жизненных навыков, социализации, самореализации и самоактуализации студенческой молодежи. Должным образом организованная в процессе обучения волонтерская деятельность создает необходимые условия для активного участия молодежи в жизни общества.

В контексте проводимого исследования проблемы, сдерживающие развитие волонтерского движения среди молодежи, условно представлены в виде неких барьеров: правовых; государственных; социально-психологических; технологических [1].

По нашему мнению, в их составе следует особо выделять следующие ключевые группы: отсутствие необходимого свода правил и обязанностей, кодекса добровольцев, регулирующего взаимоотношения между субъектами и объектами добровольчества; низкий уровень взаимодействия с органами государственной власти и местного самоуправления; распространение среди подрастающего поколения иждивенческих настроений, социальная апатия, низкая социальная активность и отсутствие интереса к социально-политической и общественной жизни страны; обучение основам социального проектирования, взаимодействию и командообразованию, развитие лидерских качеств активистов молодежного движения, овладения технологиями мотивирования участия в добровольческих акциях [1].

Однако, по мнению многих экспертов, основными проблемами развития волонтерского движения остаются снижение интереса и мотивации молодежи к добровольческой деятельности, причинами которых являются: противоречие между ожиданиями и предлагаемой деятельностью; выполняемая добровольная работа не влечет реальных изменений, не проявляются ее результаты; добровольная работа однообразна и неинтересна; нет необходимой поддержки и одобрения со стороны других; отсутствие возможностей для личностного роста, удовлетворения учебно-познавательных и профессиональных потребностей, получения новых знаний, навыков, полезных для жизни, для проявления инициативы и творческих способностей [5].

Негативное влияние оказывает и недостаточный уровень знаний и опыта у специалистов, работающих с молодежью, в сфере эффективного продвижения молодежного добровольчества, применяемых методов стимулирования к участию волонтерской деятельности, а также недостаточный уровень готовности работодателей оказывать поддержку волонтерам, устанавливать долговременные отношения на договорной основе.

Тем не менее, даже с учетом имеющихся трудностей, в настоящее время волонтерское движение молодежи является одним из наиболее массовых и социально значимых общественных движений современной России.

В Ставропольском крае волонтерская деятельность также далеко не новое явление. На протяжении многих лет молодые люди вместе с представителями профессионального сообщества активно участвуют в добровольческом движении.

Основными направлениями волонтерской деятельности на Ставрополье стали: донорство; патриотическое; социальное (работа с пожилыми людьми, ветеранами, работа с людьми, попавшими в трудную жизненную ситуацию, с ограниченными возможностями здоровья, детьми-сиротами); экологическое (экодесанты, круглые столы по экологическому воспитанию, посадка деревьев, уборка мусора); спортивное (работа на международных, всероссийских, краевых спортивных мероприятиях); пропаганда здорового образа жизни; работа с детьми группы риска; профессиональное волонтерство (предоставление услуг по своей специализации, будущей профессии); организация различных общественных мероприятий.

Традиции добровольчества, заложенные в крае в прежние годы, активно развиваются студенческой молодежью и в настоящее время волонтерство представляет собой уже не только самостоятельное направление внеучебной деятельности, но и постепенно приобретает статус самостоятельного студенческого движения.

Перспективы развития добровольческой деятельности определяются рядом объективных и субъективных причин, среди которых: специфика организации и содержания профессиональной подготовки обучающихся, традиции медицинских образовательных учреждений и система общественных связей, позиция профессорско-преподавательского состава, администраций факультетов, органов студенческого самоуправления, уровень мотивации студентов к такому виду деятельности.

Основными образовательными организациями, осуществляющими волонтерскую деятельность в Ставропольском крае, являются – ФГБОУ ВО «Пятигорский государственный университет» (ПГУ), ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (СГАУ), ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» (СКФУ), ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» (СтГМУ), ГБОУ ВО «Став-

ропольский государственный педагогический институт» (СПГУ).

Причем волонтерство в ПГУ и СГАУ – это в значительной степени событийные, конгресные и форумные мероприятия, спортивное направление и продвижение здорового образа жизни, образовательное, культурное и креативное направление. Между тем в Пятигорском университете начата реализация социально ориентированного проекта, позволяющего детям, попавшими в трудную жизненную ситуацию, лучше пройти процессы адаптации в обществе через изучение иностранных языков.

В силу специфики профессиональной подготовки обучающихся в СтГМУ, СКФУ и СПГУ, в которых имеются объективные условия для развития именно социального волонтерства, активно развиваются формы добровольческой деятельности, связанные с оказанием помощи людям в оздоровлении, реабилитации, создании доступной среды, освоении социальной среды для полноценной жизни.

Мероприятия, проводимые волонтерами-студентами, носят ярко выраженную социальную направленность и, что особенно важно, отвечают профессиональным интересам самих добровольцев, обучающихся по самым разным направлениям подготовки бакалавров и специалистов: специальное (дефектологическое) образование, физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья, социальная работа с семьей и детьми, социальное обслуживание и социальная поддержка граждан с учетом их индивидуальной потребности, педагогика и психология девиантного поведения, медицинские специальности, сестринское дело.

Нам представляется, что включение обучающихся вузов в социальную и профессиональную деятельность через их участие в волонтерском движении является не только наиболее естественным способом подготовки будущих специалистов, но и уникальной возможностью приобщения их к идеям социального служения, милосердия, необходимым условием формирования компетенций и навыков проектного поиска, командной работы, лидерства, социальной и профессиональной ответственности. Тем более, что в процессе совместной деятельности проявляются качественно новые формы и методы взаимодействия, основанные на расширенном социальном партнерстве образовательных учреждений. В этой связи волонтерскую деятельность студентов следует рассматривать как специфический вид обучения, активного формирования будущих профес-

сионалов, существенного средства профессиональной социализации студентов.

Так, в Ставропольском реабилитационном центре для детей и подростков с ограниченными возможностями здоровья волонтеры Ставропольского медицинского колледжа осуществляют уход за детьми-колясочниками; студенты Ставропольского педагогического института разрабатывают для Центра необходимые методические материалы; волонтеры Ставропольского медицинского университета проводят занятия на дому с детьми-инвалидами, готовят спортивные мероприятия, сопровождают детей на культурно-массовые мероприятия.

Важно отметить, что во всех учебных заведениях высшего образования и среднего профессионального образования Ставрополья определены своеобразные модели управления и организационно-педагогического и методического сопровождения волонтерской деятельности на базе Студенческих центров добровольчества, Волонтерских центров, Добровольческих центров, студенческих кафедр волонтерства, школы волонтеров, деятельность которых оказывает на студенческую молодежь социализирующее влияние, выступает своеобразной формой вовлечения ее в решение общественно-социальных проблем.

Однако, несмотря на проводимую в крае работу, по данным Министерства образования и молодежной политики Ставропольского края в волонтерской деятельности принимает участие около пяти процентов молодежи в возрасте 14–30 лет, хотя потребность в работе добровольцев в социальной сфере постоянно возрастает.

В работе Е.С. Очаковской показаны особенности возможного регулирования добровольческой деятельности в сфере здравоохранения страны, представлена западноевропейская модель развития и регулирования волонтерского движения, которой предусматривается не только контроль в области соблюдения прав и свобод волонтера, организации использования его труда, но и оценка качества выполняемых волонтером работ и уровня его квалификации [4].

Авторы предлагают обеспечить организованное привлечение волонтеров к работе в медицинском учреждении через прошедшую государственную аккредитацию некоммерческую организацию (НКО) на основании договора о сотрудничестве, которым НКО принимает на себя всю меру ответственности, в том числе и материальную, за действия своих волонтеров.

В целях обеспечения минимально необходимого уровня качества выполняемых добровольцами работ НКО, по согласованию с руководством медицинского учреждения, назначает координатора, имеющего профильное медицинское образование и опыт работы на оплачиваемой должности в медицинском учреждении не менее двух лет, который осуществляет контроль и координацию деятельности волонтеров, оказывающих добровольную и безвозмездную помощь.

Происходящие в последние годы процессы в социальной сфере страны привели к тому, что в системе здравоохранения медицинская деятельность в значительной степени стала медико-социальной, а деятельность учреждений социальной защиты населения все более становится социально-медицинской. Причем, как правило, учреждения социальной защиты населения не только системно комплектуются лечебным и профилактическим оборудованием, но в составе их работников уже есть и высококвалифицированные врачи, даже узких специальностей.

В этой связи, по нашему мнению, представляется целесообразным использовать принципиально иной подход к привлечению, организации и координации деятельности волонтеров в учреждениях здравоохранения и социальной защиты населения страны.

Объективными условиями для его реализации являются существующие реалии. Так, практически в каждом регионе Российской Федерации имеются вузы медицинского и социального профиля, а также их филиалы, малые медицинские академии и т.д. В структуре многих высших образовательных учреждений имеются институты (факультеты) медицинского и (или) социального профиля. Кроме этого, в регионах также функционируют и учреждения соответствующего среднего образования.

Важно отметить, что все отмеченные учебные заведения имеют многолетние договоры с медицинскими и социальными учреждениями, согласно которым обучающиеся не только проходят в них обязательные специализированные практики в реальных условиях будущей профессиональной деятельности, но и в размещенных там же кафедральных помещениях в соответствии с графиком учебного процесса проходят и учебные занятия. При этом все обучающиеся естественным образом могут рассматриваться в качестве потенциальных волонтеров.

Наличие в вузах аккредитационных комиссий значительно упрощает решение

вопросов о правомерности допуска волонтеров к выполнению обязанностей оплачиваемого персонала организаций, к тому же нет необходимости создавать и специальную службу сертифицированных координаторов. Эти обязанности вполне квалифицированно могут выполнять руководители соответствующих кафедр учебных заведений, которые будут также разрабатывать программы работы волонтеров, исходя из потребностей персонала соответствующей организации, регулировать процесс их взаимодействия, непосредственно распределять по рабочим местам, в соответствии с их возможностями, навыками и интересами, и руководить работой волонтеров, проводить инструктажи волонтеров в соответствии с правилами и стандартами организации, проводить их обучение и экспертное оценивание их работы.

При такой организации содержание «Личной книжки волонтера» будет учитываться непосредственно учебным заведением, станет существенным разделом портфолио студента, своеобразной визитной карточкой для его будущего профессионального и социального лифта.

Представляется также весьма перспективным использование потенциала созданных Министерством здравоохранения Российской Федерации научно-образовательных медицинских кластеров, координаторы которых, медицинские вузы, могут рассматриваться в качестве центров организации и развития волонтерского движения социальной направленности регионального и межрегионального уровня.

В частности, в Северо-Кавказском федеральном округе таким центром может стать Ставропольский государственный медицинский университет – координатор научно-образовательного медицинского кластера «Северо-Кавказский», в который входят восемь вузов Минздрава России и Минобрнауки России.

Координация и организационно-педагогическая поддержка межвузовских студенческих добровольческих проектов и инициатив, реализация единой стратегии продвижения добровольческой деятельности и системы ее популяризации, включение волонтерства в образовательные и воспитательные процессы в рамках кластеров, по нашему мнению, является наиболее эффективным путем подготовки социальных волонтеров в образовательных организациях России с учетом региональных, межрегиональных особенностей и национальных традиций воспитания, позволяет повышать социальную активность студентов, формировать круг

их профессионального общения и социальных связей, обеспечить ценностную ориентацию личности.

#### Список литературы

1. Тимофеева А.А., Савченко И.П. Проблемы и перспективы развития волонтерского движения в современном российском обществе / А.А. Тимофеева, И.П. Савченко // Современные траектории развития социальной сферы: образование, опыт, проблемы, наука, тенденции, перспективы: материалы Междунар. науч.-практ. конф / под общ. ред. В.И. Кошель. – Ставрополь: Изд-во СтГМУ, 2017. – С. 148–150.
2. Словарь-справочник по социальной работе; под ред. д-ра ист. наук проф. Е.И. Холстовой. – М.: ЮРИСТ, 2010. – 348 с.
3. Сборник статей, лекций, методических и аналитических материалов «Добровольцы – старшему поколению»: В 3 т. / Под общ. ред. В.А. Лукьянова и С.Р. Михайловой. – СПб.: ИПЦ СПГУТД, 2015. – Т. 1: Социальная добровольческая помощь и услуги людям старшего поколения. – 342 с.
4. Очаковская Е.С., Шунк Е.П. Особенности регулирования добровольческой деятельности в сфере здравоохранения / Е.С. Очаковская, Е.П. Шунк // Современные траектории развития социальной сферы: образование, опыт, проблемы, наука, тенденции, перспективы: материалы Междунар. науч.-практ. конф / под общ. ред. В.И. Кошель. – Ставрополь: Изд-во СтГМУ, 2017. – С. 192–194.
5. Воробьева Н.В., Ковальчук А.В. Социальная ответственность, благотворительность, волонтерство в мировосприятии студентов // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 11. – С. 536–540.

УДК 373.1:37.013

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОЛЕВЫХ КАЧЕСТВ У ПОДРОСТКОВ В ПРОЦЕССЕ ЗАНЯТИЙ СПОРТИВНЫМИ ИГРАМИ

**Филипченко С.Н., Маторин Д.О.**

*ФГБОУ ВПО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Саратов, e-mail: rector@sgu.ru*

В статье рассматривается актуальная проблема формирования волевых качеств у подростков средствами физической культуры. Одним из действующих способов по решению существующего вопроса выступают спортивные игры. В ходе урока физической культуры спортивные игры целенаправленно воздействуют на двигательную активность школьника, заставляя его проявлять такие актуальные в подростковом возрасте волевые качества, как выдержка, решительность, инициативность, настойчивость, целеустремленность. Ключевая роль в ходе предпринятого исследования отводится учителю, обладающему потенциальными возможностями успешно решать поставленные задачи в этом процессе, поскольку подростковый возраст имеет свои качественные особенности в случае формирования представленных качеств. В рамках реализации авторской модели по формированию волевых качеств у подростков средствами физической культуры были осуществлены контрольные замеры уровней сформированности рассматриваемых качеств и представлены результаты.

**Ключевые слова:** средства физической культуры, спортивные игры, подростковый возраст, формирование, волевые качества

## FEATURES OF THE FORMATION OF STRONG-WILLED QUALITIES IN ADOLESCENTS IN THE PROCESS OF PLAYING SPORTS GAMES

**Filipchenko S.N., Matorin D.O.**

*Saratov State National Research University n.a. N.G. Chernyshevskiy, Saratov, e-mail: rector@sgu.ru*

In the article the actual problem of the formation of strong-willed qualities at teenagers means of physical training. One of the existing resources to address the matter are the sports games. During the lesson of physical culture sports purposefully affect the locomotor activity of the student, causing him to be such important during adolescence volitional qualities as endurance, determination, initiative, perseverance, and commitment. A key role in the course of our study is given to the teacher, has the potential to successfully solve tasks in this process, since adolescence has its quality particularly in the case of formation of quality performance. As part of the author's program on the formation of strong-willed qualities at teenagers means of physical training have been carried out control measurements of levels of formation considers the quality and results.

**Keywords:** means of physical culture, sports, teens, formation, endurance and stamina

Требования современного общества к подрастающему поколению с каждым годом охватывают всё больший спектр социальной деятельности, ежедневное преодоление трудностей и препятствий при решении даже самых незначительных вопросов, – то, с чем приходится сталкиваться почти каждому подростку, проявляя при этом сформированные в той или иной степени на данном этапе своей жизни волевые качества. Постоянно усложняющиеся условия учебной и бытовой деятельности накладывают ощутимый отпечаток на еще не до конца сформировавшейся, хрупкой и от того весьма чувствительной к разного рода естественным и искусственно создаваемым воздействиям личности подростка.

Актуальность проблемы формирования волевых качеств на каждом новом этапе возрастной периодизации остается открытым вопросом как в отечественной, так и в зарубежной педагогике и в настоящее время, поскольку поднимаясь на каждую новую

ступень своего развития, ребенок ощущает на себе давление всех без исключения факторов в практически любой сфере своей жизнедеятельности. Личность ребенка стремится руководствоваться моральными нормами, интересами, индивидуальными потребностями, а также идеями, традициями людей, в среде которых он живет [1]. С точки зрения Е.П. Ильина, проблемы волевой деятельности и общения, с особой остротой возникающие на этом этапе, связаны непосредственно с включением подростка в новый вид ведущей деятельности, с изменением социальной ситуации развития, возникновением новых референтных групп.

Изучению воли и проблемам формирования ее отдельных проявлений у детей подросткового возраста посвящены работы многих зарубежных и отечественных исследователей: Л.И. Божович, В.А. Иванников, Е.П. Ильин, А.Н. Леонтьев, К. Макгонигал, А.Х. Маслоу, А.Ц. Пуни, В.И. Селиванов, И.В. Страхов и др.

Подростковый возраст является одним из самых сложных периодов жизни, который оказывает особое влияние на всю последующую судьбу человека и его нравственно-волевою сферу. Этот возраст обычно характеризуют как переходный, переломный, критический, возраст полового созревания, перехода от детства к юности, от незрелости к зрелости. Он характеризуется появлением таких важнейших специфических черт, как стремление к общению со сверстниками, возникновение в поведении признаков, свидетельствующих о стремлении утвердить свою самостоятельность, независимость, личную автономию.

Сложности в осуществлении формирования волевой сферы на этапе подросткового возраста связаны с неравномерным развитием отдельных сторон психики, которые в свою очередь принимают непосредственное участие в произвольной деятельности. Особенно существенны в этом плане отставания в уровне развития нравственных качеств, тесно связанных с ними особенностей в мотивации ведущей деятельности, самооценки (ее неадекватность, неустойчивость). В связи с этим развитие воли у подростков приостанавливается доминированием психобиологических образований над естественно сформированными личностными новообразованиями [2].

У детей подросткового возраста особо сложно поддаются формированию такие волевые качества как выдержка, целеустремленность, настойчивость из-за неспособности сдерживать свои эмоциональные проявления, подавлять импульсивные, малообдуманные эмоциональные реакции; нежелания постоянно и длительно добиваться цели, не снижая при этом энергии в борьбе с трудностями. Наряду с отмеченными недостатками в эмоционально-волевом развитии подростков имеется ряд положительных личностных предпосылок для формирования волевых качеств, к ним, в частности, относится повышенный интерес школьников к постоянному развитию личности, приобретению навыков самоконтроля, самоорганизации в процессе преодоления трудностей.

В этой связи одну из ключевых ролей в ходе формирования волевых качеств занимает личность педагога, который при решении существующей проблемы в свою очередь должен обладать потенциальными возможностями успешно решать те или иные задачи в этом объективно сложном процессе, одновременно сочетая в себе такие характеристики, как ответственность, организованность, дисциплинированность, умение избирать наиболее оптимальные

пути достижения поставленной цели, стремление регулярно повышать уровень качества своего профессионализма [3].

Особое место в целостно организованном педагогическом процессе по формированию разносторонне развитой личности подростка, обладающей обширным набором активно используемых по мере возможностей во всех видах своей деятельности волевых качеств, уделяется средствам физической культуры, способным полноценно влиять на положительную динамику уровня их формирования [4]. Принято считать, что к средствам физической культуры, оказывающим влияние на становление воли у подростков относят физические упражнения, оздоровительные силы природы, а также гигиенические правила и нормы. Общеразвивающие физические упражнения, гимнастика с основами акробатики, лыжные гонки, легкая атлетика – все это непосредственно влияет на решение рассматриваемого вопроса, однако в контексте изучения одного из способов решения проблемы формирования волевых качеств у школьников подросткового возраста на уроках физической культуры, в рамках нашего исследования хотелось бы уделить особое внимание спортивным играм [5].

Формируя волевые качества подростка в процессе проведения спортивных игр, авторы обратили внимание на то, что педагог должен учитывать особенно характерное для ребенка этого возраста эмоционально яркое желание принимать активное участие в жизни коллектива. Получение опыта коллективных взаимоотношений непосредственным образом влияет на формирование волевой сферы подростков на уроке и внеклассных занятиях, которые являлись неотъемлемой частью нашего эксперимента. Проанализировав до начала формирующего этапа диссертационного исследования научную литературу, мы приняли во внимание то, что спортивные игры, активно используемые на уроках физической культуры, развивают чувство долга, товарищества, ответственности перед коллективом, стремление к взаимопомощи, способность не считаться с личными интересами, когда это необходимо в ответственный момент.

В игре для подростка особенно важно мнение коллектива сверстников, оценка коллективом его поступков и поведения. Как правило, общественная оценка классного коллектива на проводимых нами уроках физической культуры и в ходе спортивной игры, например баскетбола, волейбола или часто применяемой его свободной интерпретации – пионербола, значит для подростка больше, чем мнение учителей или ро-

дителей в других сферах деятельности, что отражается в наибольшей степени чуткой реакцией отдельного учащегося на дружное воздействие коллектива одноклассников. Поэтому предъявление требований к подростку, для дальнейшего формирования у него рассматриваемых волевых качеств, через спортивные игры – один из путей воздействия на развитие его личности.

В рамках нашего исследования под формированием волевых качеств мы понимаем педагогический процесс, результатом которого является улучшенная способность человека сознательно регулировать свое поведение и деятельность, связанная с преодолением внешних и внутренних препятствий (Е.П. Ильин). В этой связи выбор разработки и реализации авторской модели по формированию волевых качеств у подростков средствами физической культуры с использованием спортивных игр как одного из важнейших средств решения поставленной проблемы весьма обоснован. Волейбол, баскетбол, пионербол, футбол и др. существенно повышают двигательную активность ребенка, заставляя его искать наиболее оптимальный путь решения задач и целей игры, тем самым проявляя такие актуальные в подростковом возрасте волевые качества, как выдержка, решительность, инициативность, настойчивость, целеустремленность, мало того, тактические вопросы, решаемые в течение самой игры, активно обсуждаются командами, подтверждая то, что коллективная форма организации уроков, плодотворно влияет на все без исключения стороны личности школьника. Хотелось бы отметить, что именно эти качества являются определяющими у многих авторов волевой проблематики, а также получили наибольший рейтинг всеми субъектами образовательного процесса, в рамках которого проводил наш эксперимент.

Приведем краткие характеристики каждого из рассматриваемых качеств: выдержка (качество личности, проявляющееся в способности сдерживать психические и физические проявления, являющиеся непосредственной помехой достижения цели), решительность (индивидуальное качество воли человека, связанное со способностью и умением самостоятельно, а также своевременно принимать ответственные решения, упорно реализовывать их в реальной деятельности), целеустремленность (точно сформулированная, отчетливо осознанная человеком способность предпринимать необходимые действия для осуществления намеченных планов), инициативность (способность личности, выраженная в стремлении к само-

стоятельным общественным начинаниям, а также волевым проявлениям в ситуациях требующих участия), настойчивость (качество, позволяющее добиваться поставленных целей, несмотря на препятствия возникающие на пути ее достижения).

В ходе эксперимента 4 класса одной параллели двух образовательных организаций МАОУ «Лицей № 36» и ЧОУ «Православная гимназия г. Саратова» (в 2014/15 гг. 7-е классы, в 2015/16 гг., 8-е классы) были разделены на экспериментальную и контрольную группы (всего 102 человека). На протяжении всего исследования был применен комплекс методов и средств, представленных в работе, отдельно также произведены замеры в ходе использования спортивных игр, как одного из путей формирования волевых качеств у школьников подросткового возраста, результаты которых впоследствии были включены в общие данные уровня сформированности рассматриваемых качеств.

В эксперименте использовался авторский диагностический инструментарий, позволяющий не только на отметке рубежной диагностики выявлять уровни сформированности волевых качеств, но и оценивать их проявления в онлайн-режиме. Подсчет полученных данных производился методом математической обработки данных самим соискателем по каждому отдельному качеству у каждого ученика, после чего оценки обобщались.

Особенностями формирования волевых качеств подростков являлось то, что:

1) на протяжении всего исследования авторами были применены принципы индивидуализации (учет физиологических и психических возможностей организма) и дифференциации (деление класса на группы с целью достижения наибольшей результативности в использовании спортивных игр) [6];

2) разработано календарно-тематическое планирование по дисциплине «физическая культура», активно используемое учителями образовательных организаций;

3) учебный год нами был условно поделен на три этапа с разными задачами на каждом и непременно сообщающимися друг с другом;

4) внедрением в ход урока программы «SpArt», способствующей одинаковому повышению уровней сформированности как у учащихся с хорошей физической подготовкой, так и у более слабо подготовленных подростков и т.д.

По результатам анкетирования мы выявили уровни сформированности пяти основных волевых качеств, рассматриваемых нами в процессе всего исследования (вы-

держка, решительность, инициативность, настойчивость, целеустремленность) в условиях использования спортивных игр на уроках физической культуры. Полученные данные отображены в таблице уровня сформированности волевых качеств у подростков на занятиях физической культурой (спортивные игры), где первое число – полученное на констатирующем этапе, второе – по окончании эксперимента.

Наряду с подсчетом уровня сформированности отдельных волевых качеств, мы также фиксировали их проявления непосредственно на занятиях каждого из вида спортивных игр (рисунок), отдельно на этапе констатирующего эксперимента (столбец, выделенный цветом, соответствующим волевому качеству), и так же на этапе формирующего эксперимента (повышение уровня – заштрихованная часть столбца). Полученные данные такого формата позволяют утверждать, что какого-то наибольшего отклонения в пользу той или иной игры не наблюдается, следовательно, избранный на протяжении всего исследования путь формирования волевых качеств у школьников подросткового возраста можно считать наиболее оптимальным. Коллективные взаимодействия подростков в ходе всех игр, проводимых на занятиях физической культуры, по нашим наблюдениям, придавали наибольший стимул для достижения желаемого результата, что проявлялось

в виде жертвования собственными амбициями в сложных игровых ситуациях на благо команды, взаимовыручки в случае ошибок или неудачных действий партнера, неперенного стремления в выполнении групповых целей, что в свою очередь способствует формированию таких качеств, как инициативность, выдержка, решительность, настойчивость и т.д.

Проанализировав и обобщив полученные данные констатирующего и формирующего этапов эксперимента, авторы пришли к следующим выводам:

1. Наибольшая динамика проявления подростками волевых качеств на занятиях спортивными играми относится, в частности, к целеустремленности, решительности и настойчивости.

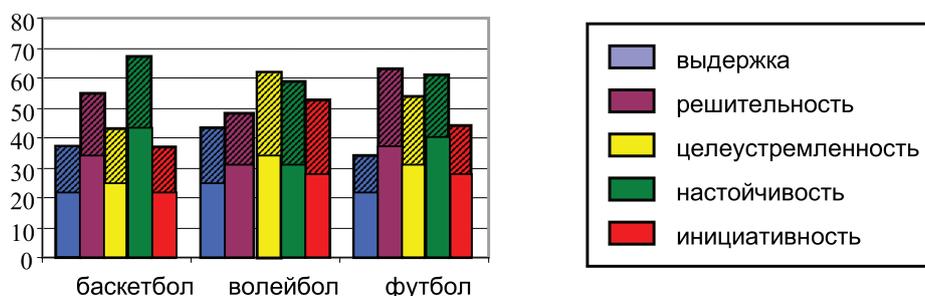
2. Незначительно отстает качество инициативности, однако динамика его среднего показателя находится на втором месте.

3. Менее всего показало себя качество выдержка, хотя оно и представляет наибольшие трудности в своем развитии, удалось достичь хорошего показателя на конечном этапе.

4. По окончании исследования общий уровень сформированности всех волевых качеств у детей экспериментальной группы значительно превысил свои показатели относительно школьников контрольной группы, что в целом дает основания считать наш эксперимент удавшимся.

Уровень сформированности волевых качеств у подростков на занятиях физической культурой (спортивные игры), в % от общего количества испытуемых

Качество	Сильный	Средний	Слабый
Выдержка	-- / 22%	33% / 51%	67% / 27%
Решительность	-- / 21%	29% / 58%	71% / 21%
Настойчивость	-- / 18%	38% / 60%	62% / 22%
Целеустремленность	-- / 25%	41% / 57%	59% / 18%
Инициативность	-- / 19%	31% / 56%	69% / 25%
Итого:	-- / 21%	35% / 57%	65% / 22%



Динамика проявления волевых качеств у подростков на занятиях физической культурой (спортивные игры)

Подводя итог рассматриваемого исследования, нужно отметить особое желание участия в диссертационном исследовании всех его субъектов на всем его протяжении, что является одним из важных положений проведения эксперимента и получения его результатов, так как только в случае объективной оценки уровня сформированности волевых качеств учителями, подростками и родителями подростков, а также длительности реализации авторской модели по формированию волевых качеств (на протяжении двух учебных годов) достигается объективный результат, что подтверждается решением поставленных в начале эксперимента задач, одной из которых являлась наибольшая предсказуемость процесса формирования волевых качеств у подростков средствами физической культуры.

Полученные в исследовании данные об уровнях формирования волевых качеств с целенаправленным и системным использованием спортивных игр в рамках авторской модели представляют возможность педагогическим коллективам образовательных организаций наиболее успешно управ-

лять процессом формирования волевых качеств учащихся, индивидуализировать их процесс обучения и воспитания, прогнозировать личностное развитие, с учетом требований, предъявляемых учебными программами как к отдельному ученику, так и к коллективу в целом.

#### Список литературы

1. Горбунов Ю.Я. Возрастная динамика развития волевой активности в учебной деятельности: монография / Ю.Я. Горбунов. – Пермь: Пермский гос. пед. ун-т, 2011. – 123 с.
2. Калинин В.К. Психология воли / В.К. Калинин. – Симферополь, 2011. – 208 с.
3. Осипова И.С. Формирование профессионального идеала педагога физической культуры: компетентностный аспект / И.С. Осипова, О.В. Булдашева. – Шадринск, Курганская обл: ШГПИ, 2013. – 162 с.
4. Алхасов Д.С. Преподавание уроков физической культуры / Д.С. Алхасов. – М.: МГОУ, 2013. – 178 с.
5. Маторин Д.О. Возможности средств физической культуры в развитии волевых качеств у подростков / Д.О. Маторин, Г.И. Железковская, Е.Н. Гудкова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-17089>
6. Должникова Т.А. Дифференцированное физическое воспитание учащихся средних классов общеобразовательной школы, имеющих различный уровень физической подготовленности: дис. ... канд. пед. наук / Т.А. Должникова. – Краснодар, 2011. – 218 с.

УДК 378.046.4

## ТЕХНОЛОГИИ ВОВЛЕЧЕНИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ В ИННОВАЦИОННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ: ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЛИЧНОСТНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

**Фильченкова И.Ф.***ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина»,  
Н. Новгород, e-mail: mininuniver@mininuniver.ru*

К одним из ключевых аспектов модернизации высшего образования можно отнести вовлечение преподавателей в инновационную деятельность. При этом важно обратить внимание на технологический компонент данного процесса. Именно это ориентирует на управляемость рассматриваемых процессов. В статье рассматривается одна из технологий вовлечения преподавателей в инновационную деятельность – технология формирования личностно-профессиональных ресурсов. Под технологией вовлечения преподавателей в инновационную деятельность понимается процессуальная система достижения результата вовлечения. Технология формирования личностно-профессиональных ресурсов должна предусматривать овладение преподавателями вуза знаниями, способами, средствами инновационной деятельности, получение опыта инновационной и рефлексивной деятельности, формирование личностных качеств, способствующих успешности инновационной деятельности. В работе дается описание подходов и принципов, на которые опирается данная технология. Обозначены цель и ее задачи. Описываются содержание технологии (методы, формы, средства), условия реализации технологии, прогнозируемый результат, средства измерения (оценки) результата.

**Ключевые слова:** технология вовлечения, инновационная деятельность, личностно-профессиональные ресурсы, образовательный продукт, активные методы обучения, рефлексия

## TECHNOLOGY INVOLVEMENT OF TEACHERS IN INNOVATIVE ACTIVITY: THE TECHNOLOGY OF FORMATION OF PERSONAL-PROFESSIONAL RESOURCES

**Filchenkova I.F.***Nizhniy Novgorod State Pedagogical University, N. Novgorod, e-mail: mininuniver@mininuniver.ru*

One of the key aspects of modernization of higher education include the involvement of teachers in innovative activities. It is important to pay attention to the technological component of this process. It focuses on controllability of the processes under consideration. The article discusses one of the methods of involving teachers in innovation technology of formation of personal and professional resources. The technology involvement of teachers in innovative activities refers to the procedural system achieve the result of the engagement. The technology of formation of personal-professional resources should include the mastery of the teachers knowledge, methods, means innovation, gaining experience innovative and reflective activities, the formation of personal qualities contributing to the success of innovation activities. The paper gives a description of the approaches and principles that underpin this technology. The aim and its objectives. Describes the content of the technologies (methods, forms, means), the conditions of implementation of the technology, the projected result, a measurement (evaluation) of the result.

**Keywords:** technology of involvement, innovation, personal and professional resources, educational product, active learning methods, reflection

Модернизация высшего образования обуславливает необходимость пересмотра теоретико-методологических основ и внедрение инноваций. Моделируя вовлечение преподавателей в инновационную деятельность как педагогическую систему, важно обратить внимание на технологический компонент данного процесса. Технологический компонент системы раскрывает ее технологический аспект, ориентирует на управляемость рассматриваемых процессов [4, 5].

Технология вовлечения преподавателей в инновационную деятельность, направленная на формирование личностно-профессиональных качеств, основана на личностно-ориентированном, ресурсном и синергетическом подходах, которые позволяют учитывать связи между управлением ресурсами вуза и развитием инноваци-

онного потенциала преподавателей, между механизмами субъект-субъектного взаимодействия в процессе преодоления барьеров. Указанным закономерностям соответствуют принципы активизации инновационного потенциала преподавателя в инновационной среде вуза и принципы профессионального самосовершенствования (принцип развития (саморазвития), принцип самостоятельности и принцип рефлексии).

Теоретико-эмпирическое исследование Л.М. Митиной показало необходимость целенаправленного личностного и профессионального развития человека в условиях непрерывного образования. В основе непрерывного образования автор рассматривает принцип саморазвития, позволяющий личности превращать собственную жизнедеятельность в предмет практического преобразования и обуславливающий стратегию

инновационной деятельности и гуманистического образа жизни. Процесс перевода знаний в действия происходит на основе рефлексивной деятельности, самоанализа, отражающего профессионально значимые качества личности во всем объеме субъективных характеристик.

В соответствии со структурой инновационного потенциала личности система инновационных знаний, умений, компетенций и опыта составляет инновационную компетентность преподавателя, а совокупность личностных качеств – инновационную креативность. Это определяет цель рассматриваемой нами технологии.

*Цель* технологии формирования личностно-профессиональных ресурсов мы можем сформулировать следующим образом: создание оптимальных условий для формирования инновационной компетентности и инновационной креативности преподавателей вуза.

Исходя из структуры инновационного потенциала, мы определим *задачи*, конкретизирующие сформулированную цель:

1 – создание условий для овладения преподавателями современными знаниями, способами и средствами инновационной деятельности, а также для развития личностных качеств, способствующих эффективной инновационной деятельности;

2 – создание условий для приобретения преподавателями опыта инновационной деятельности;

3 – создание условий для формирования рефлексивной деятельности преподавателей.

Достижение цели обеспечивается содержанием технологии формирования личностно-профессиональных ресурсов, которое должно предусматривать непрерывное образование преподавателей в различных формах: семинары, тренинги, курсы повышения квалификации. Однако только обучение не способствует цели. Субъект инновационной деятельности должен получить образцы выполнения этой деятельности. Наиболее эффективным способом получения таких образцов является проектирование преподавателем новых образовательных продуктов. В маркетинге понятие «образовательный продукт» рассматривается как специфическая форма образовательного товара, который способен удовлетворить потребность субъекта образовательной деятельности, связанную с формированием необходимых ему личных и профессиональных компетенций. Разработка инновационных образовательных продуктов, как отмечает А.П. Панктрухин, является частью инновационной стратегии страны. Связь инноваций с разработкой новых образователь-

ных продуктов отмечают Д.И. Воронин, С.Н. Каштанова, Э.К. Самерханова [2]. Интересна точка зрения А.А. Ченцова, определяющего образовательный продукт как результат научно-педагогического труда. Близко к этому понимание инновационного продукта в маркетинге – это результат умственного труда, востребованного потребителем. Многогранность и интегративность понятия «образовательный продукт», включающего в себя характеристики различных наук, отмечает Л.В. Журавлева. Определяя инновационные образовательные продукты как результат научно-педагогической, научно-исследовательской или инновационной деятельности преподавателей, который, с одной стороны – востребован в образовании и, с другой стороны – формирует субъекта этой деятельности [3]. Важным для нас с точки зрения задач рассматриваемой технологии является формирующий аспект проектирования инновационных образовательных продуктов.

Также важным для получения опыта осуществления инновационной деятельности и опыта работы в команде является участие преподавателей в инновационных проектах вуза.

Современная ориентация образования на формирование компетенций предполагает, что субъект образования может проявить не только интеллектуальную и познавательную активность, но и личностную социальную позицию, свою индивидуальность. Ставя задачу не только овладения преподавателями современными знаниями, способами и средствами инновационной деятельности, но развития у них личностных качеств, способствующих эффективной инновационной деятельности, мы говорим, что это возможно при условии использования *активных и интерактивных методов обучения* преподавателей.

Активные методы рассматривали в своих исследованиях В.Н. Кругликов, В.А. Слостенин, А.А. Вербицкий и др. При использовании активных методов обучения деятельность обучающихся носит продуктивный, творческий, поисковый характер, что способствует формированию инновационной креативности обучающихся [1].

Широко используемые в последнее время в теории и практике образования интерактивные методы имеют ведущей характеристикой понятие «взаимодействие». Интерактивные методы можно рассматривать как способы усиленной целенаправленной деятельности педагога и обучающихся по организации взаимодействия между собой и межсубъектного взаимодействия всех участников педагогического процесса для создания оптимальных условий развития.

Интерактивное взаимодействие – это процесс совместной коммуникации субъектов образовательной деятельности, характерной особенностью которой является пространственно-временное соучастие данных субъектов. Всё это создаёт предпосылки для постановки конкретных целей, предвосхищение результата деятельности, способствующего самореализации каждого участника процесса, возникновению межличностных отношений.

Применительно к обучению преподавателей интерактивное взаимодействие – это активное взаимодействие субъектов образовательной деятельности с постоянной сменой форм и способов коммуникации. Это необходимо для оптимизации моделей поведения участников образовательного процесса [4].

Таким образом, применение активных и интерактивных форм обучения преподавателей по проектированию инновационной деятельности позволяет решать задачи профессионального и личностного развития.

*Формы*, с помощью которых может быть реализована технология:

- курсы повышения квалификации,
- семинары: научно-практические и научно-методические семинары, тренинг-семинары,
- вебинары,
- индивидуальные консультации.

*Средства* реализации технологии:

- веб-сервисы,
- учебные, учебно-методические и иные пособия,
- электронные образовательные ресурсы.

Для решения второй задачи технологии наиболее эффективным будет метод проектов. Этот метод, разрабатываемый в начале XX века Дж. Дьюи, У.Х. Килпатриком, Э. Коллингсом, С.Т. Шацким, В.Н. Шульгиным, М.В. Крупениным и др., первоначально применялся при обучении школьников. Он требует практического употребления теоретических знаний при решении конкретных задач или проблем в совместной деятельности учащихся (В.В. Гузеев, Л.Б. Прокофьева) и активно используется во многих странах не только в школах, но и в ссузах, вузах. Метод проектов может быть применен и к формированию профессионально-личностных ресурсов в вузе.

*Формой* при этом является проектная деятельность преподавателей, академическая мобильность преподавателей, *средствами* – рабочие совещания, проектные сессии.

Для решения поставленных задач рассматриваемой нами технологии применяются *рефлексивные методы*.

Рефлексия как метакомпетентность подразумевает способность применять ранее освоенные навыки в любых новых ситуациях, при этом постоянно расширять сферу профессиональных навыков с учетом новых технологий [6].

В профессиональной деятельности преподавателя вуза можно выделить несколько видов рефлексии по классификации И.Н. Семенова, С.Д. Степанова, А.В. Карпова, определяющих уровень профессиональной компетентности:

- интеллектуальную, направленную на осмысление совершаемого субъектом действия в содержании проблемной ситуации;
- личностную, направленную на критическое осмысление себя и других как субъектов деятельности;
- коммуникативную, связанную с переосмыслением представлений о внутреннем мире другого человека;
- деятельностную, направленную на переосмысление собственной деятельности и коллективного взаимодействия.

Развитие данных видов рефлексии имеет важное значение для успешной профессиональной деятельности преподавателя вуза, включая и инновационную деятельность.

В рефлексивной психологии принято выделять две группы методов развития рефлексии:

- рефлексивно-игровые методы развития (инновационные, организационно-деятельностные, организационно-мыслительные и организационно-обучающие игры);
- различные виды социально-психологического тренинга.

Игровые рефлексивные методы способствуют осознанию ценностей, смыслов, форм и средств самореализации и саморазвития, дают возможность найти или выработать собственный способ жизнетворчества. Как метод развития рефлексивных способностей социально-психологический тренинг используется для формирования коммуникативной рефлексии.

Тогда *формами* реализации технологии с учетом выбранных методов будут:

- дискуссии,
- рефлексивные игры,
- семинары,
- индивидуальное консультирование,
- тренинги.

В качестве *средств* реализации технологии с учетом применения рефлексивных методов определим: диагностические карты, on-line опросы, дневники (журналы) рефлексии, игротехники.

*Условие:*

- наличие системы планирования и организации повышения квалификации пре-

подавателей с учетом потребностей профессионального и личностного роста;

– участие преподавателей в инновационных проектах;

– наличие возможности академической мобильности преподавателей;

– наличие возможности самооценки профессиональных затруднений.

*Результат:*

– повышение уровня инновационной продуктивности преподавателей вуза.

На наш взгляд, формирование инновационной компетентности и инновационной креативности позволяет преодолеть структурно-информационный барьер ин-

новационной деятельности в фазе программирования и предметно-образовательный барьер – в фазе реализации программы (в соответствии с динамической структурой деятельности Р.Х. Шакурова).

*Средства измерения:*

– Диагностическая карта оценки барьеров инновационной деятельности.

– Анализ публикационной активности (по индексу Хирша).

– Матрица самооценки выбора инновационных продуктов.

Структуру технологии формирования личностно-профессиональных ресурсов представим в таблице.

Структура технологии формирования личностно-профессиональных ресурсов

<p><b>Закономерности:</b> – существуют устойчивые связи между механизмами субъект-субъектного взаимодействия в процессе преодоления барьеров инновационной деятельности; – существует взаимосвязь между управлением ресурсами вуза и развитием инновационного потенциала преподавателя</p>		<p><b>Подходы:</b> Личностно-ориентированный Ресурсный</p>	
<p><b>Цель:</b> создание оптимальных условий для формирования инновационной компетентности и инновационной креативности преподавателей вуза</p>		<p><b>Принцип:</b> Принципы профессионального самосовершенствования Принцип активизации инновационного потенциала преподавателя в инновационной среде вуза</p>	
<p><b>Задачи</b></p>	<p><b>Содержание</b></p>		
	<p><b>Методы</b></p>	<p><b>Формы</b></p>	<p><b>Средства</b></p>
<p>1 – создание условий для овладения преподавателями современными знаниями, способами и средствами инновационной деятельности, а также для развития личностных качеств, способствующих эффективной инновационной деятельности</p>	<p>Методы активного и интерактивного обучения</p>	<p>– курсы повышения квалификации, – семинары: научно-практические и научно-методические семинары, тренинг-семинары, – вебинары, – индивидуальные консультации</p>	<p>– веб-сервисы; – учебные, учебно-методические и иные пособия; – электронные образовательные ресурсы</p>
<p>2 – создание условий для приобретения преподавателями опыта инновационной деятельности</p>	<p>Метод проектов</p>	<p>– проектная деятельность преподавателей, – академическая мобильность преподавателей</p>	<p>– рабочие совещания, – проектные сессии</p>
<p>3 – создание условий для формирования рефлексивной деятельности преподавателей</p>	<p>Рефлексивные методы</p>	<p>– дискуссии, – рефлексивные игры, – семинары, – индивидуальное консультирование – тренинги</p>	<p>– диагностические карты, – онлайн-опросы, – дневники (журналы) рефлексии, – игротехники</p>
<p><b>Результат:</b> повышение уровня инновационной продуктивности преподавателей вуза</p>		<p><b>Средства измерения:</b> – Диагностическая карта оценки барьеров инновационной деятельности. – Анализ публикационной активности (по индексу Хирша). – Матрица самооценки выбора инновационных продуктов</p>	

Таким образом, технология формирования личностно-профессиональных ресурсов предусматривает овладение преподавателями вуза знаниями, способами, средствами инновационной деятельности, получение опыта инновационной и рефлексивной деятельности, формирование личностных качеств, способствующих успешности инновационной деятельности. Представленная в тексте статьи технология позволяет создать оптимальные условия формирования инновационной компетентности и инновационной креативности преподавателей вуза.

#### Список литературы

1. Вербицкий А.А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход: метод. пособие / А.А. Вербицкий. – М: Высш. шк., 1991. – 207 с.
2. Воронин Д.И., Каштанова С.Н. Механизм создания нового образовательного продукта. В сборнике: Модернизация педагогического образования в контексте глобальной образовательной повестки. – Нижний Новгород, 2015. – С. 262–264.
3. Журавлева Л.В. Образовательный продукт: понятие и ценность / Л.В. Журавлева // Вестник Пятигорского государственного лингвистического университета. – 2009. – № 2. – С. 315–319.
4. Кашлев С.С. Интерактивные методы обучения. – Минск, 2011. – 218 с.
5. Фильченкова И.Ф. Вовлечение в инновационную деятельность преподавателей как аспект управления инновациями в вузе / И.Ф. Фильченкова // Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота: психолого-педагогические науки. – 2015. – № 3(33). – С. 43–50.
6. Фильченкова И.Ф., Самсонова Н.В. Факторы инновационной активности преподавателей вуза // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Филология, педагогика, психология. – 2016. – № 2. – С. 102–108.
7. Юрова Т.В. Педагогическая рефлексия: диагностика и условия развития: монография. – Изд-во ВГУЭС, 2008. – 224 с.

УДК 37.01

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ В ФИЛОСОФСКОМ УЧЕНИИ ДЖИДДУ КРИШНАМУРТИ

**Чепурнова Н.А., Шляхов М.Ю.**

*ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет  
им. Козьмы Минина (Мининский университет)» Нижний Новгород,  
e-mail: natalya.chepurnowa@yandex.ru, mik-shlyakhov@yandex.ru*

В настоящее время идет процесс поиска новых оснований для существования педагогической сферы. В предлагаемой работе мы рассмотрим идеи Джидду Кришнамурти о формировании творческого ума и умения критического восприятия для формирования личности учащегося через создание школы нового типа, где через личный пример участников образовательного процесса, свободу и единомыслие педагогов достигаются эти цели. Правильное образование заключается в том, чтобы принимать ребенка таким, какой он есть, не навязывая ему представлений о том, каким он должен быть. Ставится вопрос о формировании внутренней свободы, которая должна сохраниться у человека на протяжении всей жизни, чему должна способствовать внутренняя революция. Современная система образования должна ориентироваться на тесное взаимодействие всех участников образовательного пространства, складывающегося вокруг формирования личности ребенка.

**Ключевые слова:** Джидду Кришнамурти, формирование личности, педагогическая система, нью-эйдж, внутренняя революция

## NEW APPROACHES TO THE SYSTEM OF EDUCATION IN THE PHILOSOPHICAL EXERCISE OF THE JIDU KRISHNAMURTI

**Chepurnowa N.A., Shlyakhov M.Yu.**

*N. Novgorod Pedagogical University n. a. K. Minin (Minin Universiti), Nizhniy Novgorod,  
e-mail: natalya.chepurnowa@yandex.ru, mik-shlyakhov@yandex.ru*

At the present time there is a process of searching for new grounds for the existence of the pedagogical sphere. In this article, we will consider the ideas Jiddu Krinamurti of the formation of the creative mind and critical perception skills for the formation of the student's personality through the creation of a new type of school, where these goals are achieved through the personal example of the participants in the educational process, the freedom and unanimity of teachers. The right education is to accept the child as he is, without imposing on him the idea of how he should be. The question is raised about the formation of internal freedom, which must be preserved by a person throughout his life, which should be promoted by an internal revolution. The modern education system should be guided by the close interaction of all participants in the educational space that is formed around the formation of the child's personality.

**Keywords:** Jiddu Krishnamurti, personality formation, pedagogical system, New Age, Internal revolution

Во второй половине XX века предпринимались многочисленные попытки полностью перестроить теоретические основы педагогики, создать новую систему школьного образования. Особую роль в этом процессе играли новые религиозные и мистические учения, ставившие своей целью формирование «нового человека», впоследствии оказавшие непосредственное влияние на философию и культуру нью-эйдж. Многие из духовных учителей и мастеров второй половины XX века создали оригинальные философско-религиозные системы, в основе которых лежала идея трансформации человеческого сознания не только с помощью духовного саморазвития, но и с помощью изменения системы образования и воспитания человека в социуме. Немногие из духовных учителей смогли осуществить задуманное или системно изложить свои взгляды на новую систему образования. Редким исключением является

учение Джидду Кришнамурти (1896–1986), в котором была изложена новая философия образования и даны конкретные советы по организации школьного воспитания.

Об этом философе и религиозном учителе, оказавшем огромное влияние на современную философию нью-эйдж и в целом на культуру постмодерна, написаны многочисленные научные и публицистические работы. Здесь можно упомянуть работы Л.П. Пендюриной [1–3], В.Ф. Петренко и А.П. Супруна [4]. Работы Дж. Кришнамурти оказали влияние в целом на взгляды на развитие личности человека [5]. Его собственные книги изданы многомиллионными тиражами по всему миру, а школы Кришнамурти действуют в Индии, США и Великобритании до сих пор [6, 7].

В нашей обзорной работе мы рассмотрим философские основы педагогической системы Дж. Кришнамурти, новые подходы к формированию личности ребенка и прин-

ципы построения школьного образования, высказанные им.

В 1953 г. вышла первая работа Дж. Кришнамурти по вопросам педагогики «Образование и смысл жизни», впоследствии были выпущены и другие работы, посвященные развитию педагогики и образования. В этой работе философ поставил задачу полной перестройки системы образования, исходя из изменения цели получения образования человека. «Главной задачей образования является формирование целостного, а значит, и разумного человека» [8, с. 23]. Для автора книги образование не есть простое накопление фактов, навыков, догм, в том числе и религиозных. Главной проблемой современного образования является его разорванность между знаниями, внушаемыми школой, и реальной жизнью, которая намного многообразнее и динамичнее. Готовя любого ребенка к технической, манипулятивной, уже известной по шаблону, деятельности, мы его ставим перед задачей как бы втиснуть многообразный мир в рамки знания. Этот утилитарный подход уничтожает личность человека и приводит к кризису отношений между живым человеком, требованиями общества и динамически меняющимся миром. «Нас интересует не сам человек, а наше собственное представление о том, каким он должен быть. То, что должно быть, становится для нас намного важнее, чем то, что есть, – важнее, чем личность во всей ее сложности. Если мы начнем воспринимать личность прямо и непосредственно, вместо того чтобы разглядывать ее через призму наших представлений о том, какой она должна быть, тогда мы будем иметь дело с тем, что есть» [9, с. 62].

Дж. Кришнамурти предлагает полностью перестроить образование, положить в его основу новые ценности. Но это не известные обществу ценности, не религиозные и духовные догмы, не моральные ценности, а умение воспринимать критически и творчески ум. Он уверен, что, если мы дадим личности развиваться вне навязанных идеалов и шаблонов, ребенок вырастет таким человеком, который сможет самостоятельно оценивать реальность и действовать в ней. Правильное образование заключается в том, чтобы принимать ребенка таким, какой он есть, а не навязывать ему наши представления о том, каким он должен быть. Закрывая ученика в рамки представлений об идеале, мы заставляем его приспособляться, а это вызывает страх и становится причиной конфликтов между тем, какой он есть на самом деле, и тем, каким он должен быть. Центральным моментом всей педагогической системы Джидду Криш-

намурти является «внутренняя свобода», именно её и нужно сохранить у ребенка во время обучения. Педагог, знающий о внутренней природе свободы, должен помочь каждому ученику в наблюдении и осознании сотворенных самим же подростком ценностей и пристрастий. Жизнь невозможна без взаимоотношений, а без самопознания любые взаимоотношения, будь то с одним человеком или со многими, принесут лишь конфликты и страдания. Конечно же, ребенку не объяснишь всего досконально, но если педагог и родители понимают важность человеческих взаимоотношений, тогда своим поведением и своим примером они наверняка могли бы показать ребенку без лишних слов и объяснений истинное значение духовной жизни.

Свобода мыслится Дж. Кришнамурти не совсем стандартно: «...свободы нельзя добиться с помощью дисциплины или сопротивления. Свобода – не цель, к которой следует стремиться. Свобода должна быть в самом начале, а не в конце, ее не следует отождествлять с неким отдаленным идеалом» [10, с. 45]. Дисциплина отвергается полностью. Правильное образование подразумевает развитие в личности свободы и разума, чего нельзя достигнуть, прибегнув к какой-либо форме принуждения или запугивания. Отношения учителя и ученика должны быть построены на взаимном уважении и любви. Дисциплина – это лёгкий способ для контроля над учеником, но она совсем не помогает становлению личности, так как навязывает уже известные правила и нормы, стараясь поставить их в основу формирующегося мировоззрения ребенка. Эти навязанные с помощью разных методов дисциплины нормы, взгляды и идеи, не прожиты ребенком, не выведены самостоятельно, они лишают человека легкости и живости восприятия реальности и столь желанной для Дж. Кришнамурти свободы.

Сам Дж. Кришнамурти не был сторонником мистицизма и религиозности в обучении, он исключал возможность введения какой-либо определенной идеологической системы, считая, что дети должны выводить моральные принципы из конкретного взаимодействия с людьми. Второй после свободы целью развития ребенка является получение еще одной важной составляющей личности – разума. «Разум – это способность видеть самое существенное. Но для того, чтобы обнаружить самое существенное, должна быть свобода от всех преград, которые ум построил для собственной безопасности и комфорта» [10, с. 34]. Главным препятствием в становлении разума является страх. Страх, как стремление ума

к безопасности, к уже известной ситуации и системе и паническая боязнь увидеть, что-то новое, непривычное, а соответственно, и опасное. Но это то новое, что автоматически воспринимается как угроза, в большинстве случаев не составляет настоящей опасности, оно только мыслится как таковая. Поэтому в своей концепции Дж. Кришнамурти, многократно повторяет о необходимости воспитать разум, умеющий воспринимать живую реальность без страха неведомого. Стремление воспитать ребенка вне страха соединяет обе эти главные цели Дж. Кришнамурти – свободу и разум – в единую цель. Разум как оружие дает возможность человеку познать себя, свой внутренний психологический процесс. Чем совершеннее разум, тем лучше человек понимает себя и окружающий мир, а соответственно, становится свободнее от предрассудков и навязанных субъекту социальных норм. Такой подход к целям образования приводит к идее полного отказа от наказаний. Педагог, обладающий свободой и разумом и несущий её ребенку никогда не станет использовать власть для его наказания. Только стремление стать выше ребенка, подавить его административным, социальным или интеллектуальным авторитетом заставляет школу и каждого конкретного педагога применять наказания. Конечно, такой метод взаимодействия ребенка и педагога в системе Дж. Кришнамурти невозможен.

Такой подход к целям и методам образования, безусловно, роднит педагогические идеи Дж. Кришнамурти со всеми теориями гуманистической педагогики XX века, ставившей во главу угла личность ребенка и особо пристально и трепетно относящейся к формированию его внутреннего мира и отвергающей всякое насилие в его формировании [Подробнее об этом: 11, 12]. Также можно отметить, что еще в 1940-х гг. в США возникло общественное объединение «Движение за развитие человеческого потенциала», которое можно назвать одной из предтеч движения нью-эйдж [13], также имеющего последователей и в нашей стране в настоящее время [14].

Необходимо отметить, что при таком подходе главной целью образования перестали быть собственно знания или некие прикладные умения и навыки. Ставится глобальная задача решить вопрос с неудовлетворенностью жизнью, со страхами каждой отдельной личности. Правильное образование начинается с преобразования самих себя. Поэтому проблема кадрового потенциала и самовоспитания самого учителя и индивидуальной работы с каждым учеником наиболее актуальна для Дж. Кришна-

мурти. Учитель сам должен быть внутренне свободен, иначе не произойдет нормального общения учителя с учеником. Если ядро школьного коллектива состоит из самоотверженных и преданных своему делу педагогов, то оно будет притягивать и собирать вокруг себя людей подобных убеждений. Тот, кому это не интересно, очень скоро обнаружит себя не на своем месте и уйдет. Если центр деятелен и бдителен, то равнодушная периферия вскоре истощится и исчезнет, но если равнодушен центр, то вся группа будет ненадежна и слаба. И при взаимодействии учителя и ученика должна произойти перестройка мировоззрения, которая называется «внутренняя революция». Эта революция означает обретение человеком свободы, которая дает ему возможность гармонично взаимодействовать с внешним миром и самому его гармонизировать – появляется целостный человек.

Переходя от формулирования целей образования к теме конкретной организации системы школьного образования, Дж. Кришнамурти указывает на необходимость трех главных условий её существования на новых основах.

Первое условие – чтобы школы были не большими по количеству учащихся, так как создавая громадные учебные заведения и пользуясь услугами зависящих от системы педагогов, не способных оказать должного внимания и поддержки каждому ученику, мы поощряем учащихся заниматься банальным отбором фактов, развитием способностей и учим их мыслить в рамках заданных шаблонов. «Истинные ценности нельзя привить в процессе массового обучения. Этого можно добиться лишь при тщательном изучении и глубоком понимании причин трудностей, склонностей и возможностей каждого ребенка» [8, с. 85]. Любая массовость, стремление собрать в классе большое количество человек и обучить их универсальным знаниям через общие методы разрушает педагогический процесс. В центре любой школы должен стоять педагог-энтузиаст, именно он и станет ядром маленького коллектива.

Второе условие – это требование чтобы система образования не была государственной или религиозной. Она должна содержаться на деньги родителей или их объединений, в крайнем случае на деньги муниципальных образований, неконтролируемых государственными ведомствами или богатыми конфессиями. Это должно спасти школу от внешнего давления, от навязывания необходимых социуму стандартов знаний и умений необходимых для передачи детям. Государственное или профессиональное вме-

шательство, по мнению философа, в явном или скрытом вариантах, привносит в школьное образование идеологию. Идеология как иерархическая система социальных норм делает человека несвободным, загоняет его в узкие рамки этнической, конфессиональной, статусной, гендерной и других видов самоидентификации. В своих знаменитых диалогах с физиком Дэвидом Бомом Джидду Кришнамурти много раз подчеркивал идею о невозможности творческого взгляда на мир, если сознание затуманено уже сложившимися концепциями и подходами к окружающему миру [15]. Избавить школу от государства и церкви, от влияния идеологического взгляда на мир – одна из важнейших задач новой системы образования. Дж. Кришнамурти понимал, что невозможно полностью удалить влияние общества на школу, внешних общественно-политических реалий на педагога и школьника, но минимизировать их и дать возможность познавать мир без вмешательства закостенелой системы любых по идеологической окраске верований – этого можно реально добиться. Конечно, предлагаемая система ставила школы Кришнамурти в оппозицию к уже существующей системе, но философ этого и хотел, он считал, что нужно революционно изменить и систему образования и самого человека.

Третье условие – это демократичность в самом устройстве и управлении школы, организации образовательного процесса. Директор не должен доминировать над коллективом и брать на себя всю ответственность. Напротив, каждый учитель обязан чувствовать себя ответственным за общее дело. Ведь если педагог целиком и полностью предан делу правильного образования, он не нуждается в поощрениях, руководстве и надзоре. Разумный преподаватель бесконечно гибок в развитии своих способностей. Не нарушая своей внутренней свободы, он твердо придерживается правил и старается быть полезным для школы. Если не понимающий психологической основы послушания человек вдруг решает не подчиняться власти, то это неизбежно приведет его к внутреннему хаосу и беспорядку. Причина такого беспорядка кроется не в отсутствии руководящего начала, а в недостаточной заинтересованности методами правильного образования. Если же заинтересованность подлинная и глубокая, то каждый учитель будет считать своим долгом, трудиться за благо своей школы. Конфликты и трения в любых отношениях неизбежны, но они становятся преувеличенными, если нет общей заинтересованности. Большое внимание Дж. Кришнамурти уделяет постоянному общению и обсуждению

всех проблем между учителями и учениками. Чрезвычайно важно, чтобы ученики и педагоги имели возможность регулярно собираться для обсуждения вопросов, касающихся благосостояния всего коллектива. Необходимо создать совет школьников, в котором участвовали бы и педагоги.

Особый акцент делается на школьном самоуправлении. Учащиеся должны избирать из своего коллектива того, кто отвечал бы за выполнение решений и общий надзор. Школьное самоуправление, в конце концов, не что иное, как самоуправление в дальнейшей, взрослой жизни. Ведь если в школе ребенок научится быть внимательным, объективным и благоразумным в любом споре, касающемся его каждодневных забот, то и в будущем он сможет достойно и невозмутимо встречать более сложные жизненные испытания. Школа должна научить ребенка понимать трудности и особенности других людей, их настроения и характеры, и тогда, повзрослев, он будет проявлять гуманность и терпение по отношению к другим.

Важную роль в процессе формирования новой системы образования Дж. Кришнамурти отводил родителям и семейному воспитанию. Все вышеперечисленные факторы создания нового образования не возможны без родителей как инициаторов и главной движущей силы в деле его становления. Сами родители должны прийти к необходимости новых целей образования в виде свободы и разума и отказаться от навязанных социальных клише о необходимости готовить детей к власти, славе и богатству. Осознав новые цели, родители поймут важность становления малых школ с новой образовательной средой и педагогами-энтузиастами и, соответственно, смогут объединиться в общественные ассоциации. Такие ассоциации приведут к формированию сети общественных малых школ, строящихся на основах свободной педагогики Дж. Кришнамурти. Если все эти условия будут выполнены, считал Дж. Кришнамурти, удастся создать новую школьную систему, которая сможет помочь миллионам людей по-новому оценить себя и окружающий мир.

На основе новой философии образования Дж. Кришнамурти в 1960–1970-е гг. XX века были созданы школы в Великобритании и Индии, которые попытались реализовать идеи знаменитого духовного учителя. Сам Дж. Кришнамурти не был полностью доволен реализацией своих идей, но регулярно встречался с учениками школ, переписывался с ними [16]. Причинами его недовольства была сильная зависимость новых школ от социального окру-

жения, невозможность воспитать в полном объеме принципы разума и свободы, описанные в работах философа.

Школы фонда Джидду Кришнамурти до сих пор существуют и пытаются реализовать его систему образования свободного человека. Многие педагогические взгляды на свободу личности, на целостное воспитание, на отсутствие самооценности знаний оказались органически включены в современную западную педагогическую мысль. Особенно актуальной и для отечественной и западной педагогики XXI века стали идеи о комплексном, целостном формировании личности ребенка через процесс образования, ничем не отличающийся от проживания жизни. Конечно реализация всей педагогической модели Дж. Кришнамурти, особенно в рамках массовой школы невозможна, но она оказала и до сих пор продолжает оказывать влияние на развитие инновационной педагогической мысли.

#### Список литературы

1. Пендюрина Л.П. Джидду Кришнамурти и проблема человека в современной западной культуре. // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: Философия. Социология. – 2008. – Т. 21(60), № 1. – С. 63–69.
2. Пендюрина Л.П. Творчество Кришнамурти и диалог культур. // Гуманитарные и социально-экономические науки. – 2008. – № 2. – С. 116–118.
3. Пендюрина Л.П., Давидович В.Е. Идеи индийской философской традиции в западной духовной культуре (XIX–XX вв.). – М.: Кредо, 2007. – 192 с.
4. Петренко В.Ф., Супрун А.П. Сознание и реальность в западной и восточной традиции: взаимоотношение человека и космоса. // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Психология. – 2015. – Т. 9, № 1. – С. 99–123.
5. Автандилян Е.А. Взаимоотношения с социальным миром и методы самопознания в учении Дж. Кришнамурти о «личностном» развитии человека. // Культура и цивилизация. – 2016. – № 4. – С. 147–159.
6. Москатова А.К. Универсальная антропология как актуальное человекознание. // Школьные технологии. – 2008. – № 4. – С. 9–17.
7. Гилязова Д.Р. Генезис и этапы развития альтернативного педагогического движения за рубежом. // Образование и саморазвитие. – 2009. – Т. 5, № 15. – С. 218–223.
8. Кришнамурти Дж. Образование и смысл жизни. – Киев: София, 2003. – 109 с.
9. Кришнамурти Дж. Начало познания. – М.: Профит-Стайл, 2006. – 272 с.
10. Кришнамурти Дж. О самом важном (Беседы с Дэвидом Бомом). – Ростов-на Дону, Феникс, 2006. – 145 с.
11. Амонашвили Ш.А. Школа Жизни. Теория и практика. Педагогическая мастерская Шалвы Амонашвили. – М.: Дрофа, 2010. – 176 с.
12. Лобанов П.А. Личность школьника как один из центров системы ценностей образования. // Проблемы современной науки и образования. – 2014. – № 7 (25). – С. 120–121.
13. Stone D. The Human Potential Movement / Glock C.Y., Bellah R.N. (eds) The New religious consciousness. – University of California Press, 1976. – P. 93–115.
14. Козлов В.В. Движение за развитие человеческого потенциала. – Ярославль: Титул, 2017. – 169 с.
15. Krishnamurti on education (1st ed.). – New York: Harper & Row, 1974. – 189 p.
16. The whole movement of life is learning: J. Krishnamurti's letters to his schools. – Bramdean: Krishnamurti Foundation, 2007. – 160 p.