

Импакт-фактор РИНЦ = 0,641

Журнал издается с 2003 г.
12 выпусков в год

Электронная версия журнала top-technologies.ru/ru

Правила для авторов: 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)
Кохишко 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 ВИНИТИ.

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 – 25.12.2017
Дата выхода номера – 25.01.2018

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. 15,25
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2017/12
Подписной индекс 70062

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ВРЕДОНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТАИНФОРМАЦИИ ВЫЗЫВАЕМЫХ СИСТЕМНЫХ ФУНКЦИЙ	
<i>Бабенко Л.К., Кириллов А.С.</i>	7
РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОТЕРЬ В ЛОПАТОЧНОЙ РЕШЕТКЕ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ТУРБИН (МРТ)	
<i>Зеленов С.Н., Семашко П.В.</i>	14
МНОГОФАКТОРНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕСУРСНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ В ОЦЕНКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕВЕРА	
<i>Киушикина В.Р.</i>	22
СИНТЕЗ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ УСТАНОВКИ НАГРЕВА СТЕКЛОИЗДЕЛИЙ	
<i>Коваль В.А., Самарский А.А., Соломин М.А., Степанов М.Ф., Торгашова О.Ю.</i>	29
МЕТОДЫ РАСШИРЕНИЯ БАЗИСА В СИСТЕМЕ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ: ОБЗОР И АНАЛИЗ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ	
<i>Коржавина А.С., Князьков В.С.</i>	37
СТРУКТУРЫ ДАННЫХ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОГО ОПИСАНИЯ ДАННЫХ СРЕДСТВ ОХРАНЫ И МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ	
<i>Костюк А.И.</i>	43
СПОСОБ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ МОЛИБДЕНА (VI) АДСОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ РЕГЕНЕРАЦИЕЙ СОРБЕНТА	
<i>Курмышева А.Ю., Свиридова Е.Ю., Шарифуллина Л.Р.</i>	49
АДАПТИВНЫЙ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ БОЛЬШИХ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ С ЗАДАНЫМ ПОВЕДЕНИЕМ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА	
<i>Петросов Д.А.</i>	55
ПРОГРАММНЫЙ ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ ГИБРИДИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ НЕЧЕТКИХ И НЕЙРО-НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ	
<i>Сеньков А.В., Забурдаев А.Г., Зюзиков Д.А., Зюзикова Е.А.</i>	61
ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ СЕМЕЙСТВА ОСНОВНЫХ КРИВЫХ НАМАГНИЧИВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СТАЛЕЙ	
<i>Стеценко И.А., Сомова А.А., Ланкина М.Ю.</i>	68

Педагогические науки (13.00.00)

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА СОЦИАЛЬНЫХ РАБОТНИКОВ В УСЛОВИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	
<i>Бахчиева О.А., Савченко С.Л.</i>	73
ИССЛЕДОВАНИЕ ДОСУГОВЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПОДРОСТКОВ КАК ПОКАЗАТЕЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ Г. МАГНИТОГОРСКА)	
<i>Безенкова Т.А., Андрусак Н.Ю., Олейник Е.В.</i>	79
ФОРМИРОВАНИЕ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ УМЕНИЙ В ВОЛЕЙБОЛЕ НА ОСНОВЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА	
<i>Гераськин А.А., Бобровский В.А., Батенко Е.М., Пасюкова И.Ю., Игнатович К.В., Денисенко Ю.П., Андрущишин И.Ф.</i>	84

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА, ОРИЕНТИРОВАННОГО НА МАТЕМАТИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ СТУДЕНТОВ <i>Елецких И.А., Сафронова Т.М., Черноусова Н.В.</i>	90
ГРАЖДАНСКАЯ ИДЕНТИЧНОСТЬ УЧАЩИХСЯ СТАРШИХ КЛАССОВ КАК ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ УСЛОВИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СУБЪЕКТНОСТИ БУДУЩЕГО ЮРИСТА <i>Каратаева Т.А., Маеркина Е.П.</i>	96
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФОРМ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ В РОССИЙСКИХ И АМЕРИКАНСКИХ ВУЗАХ <i>Макарова О.Ю.</i>	103
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ СТАТИКИ В КУРСЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ В ОРГАНИЗАЦИИ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ <i>Чибиков А.С.</i>	107
ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС «СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ» <i>Чиганова Н.В.</i>	113
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ У ПОДРОСТКОВ В ШКОЛАХ С ПОВЫШЕННОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ <i>Шеина Л.П., Нурсеитов Д.Ф.</i>	118

CONTENTS

Technical sciences (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

CLUSTERING MALWARE ON THE BASIS OF META- INFORMATION OF CALLED SYSTEM FUNCTIONS <i>Babenko L.K., Kirillov A.S.</i>	7
EXPERIMENTAL-DESIGN STUDIES OF LOSSES IN THE GRID OF SMALL TURBINE BLADE (MRT) <i>Zelenov S.N., Semashko P.V.</i>	14
MULTIFACTORITY OF RESOURCE SECURITY INDICATORS IN ESTIMATING THE ENERGY SECURITY OF AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEMS OF THE NORTH <i>Kiushkina V.R.</i>	22
STABILIZATION SYSTEM SYNTHESIS OF THE TEMPERATURE FIELD IN THE GLASS HEAT TREATMENT <i>Koval V.A., Samarskiy A.A., Solomin M.A., Stepanov M.F., Torgashova O.Yu.</i>	29
BASE EXTENSION IN RESIDUE NUMBER SYSTEMS: A REVIEW AND COST ANALYSIS <i>Korzhevina A.S., Knyazkov V.S.</i>	37
DATA STRUCTURES OF THE SYSTEM OF DIGITAL DESCRIPTION OF DATA OF FUNDS OF PROTECTION AND MONITORING OF OBJECTS <i>Kostyuk A.I.</i>	43
METHOD FOR PURIFYING WASTEWATER FROM MOLYBDENUM IONS (VI) USING AN ADSORPTION METHOD, FOLLOWED BY REGENERATION OF THE SORBENT <i>Kurmysheva A.Yu., Sviridova E.Yu., Sharifullina L.R.</i>	49
ADAPTIVE STRUCTURAL-PARAMETRIC SYNTHESIS OF LARGE DISCRETE SYSTEMS WITH ASSIGNED BEHAVIOR ON THE BASIS OF EVOLUTION METHODS <i>Petrosov D.A.</i>	55
SOFTWARE INTERFACE FOR HYBRIDIZATION OF INTELLIGENT FUZZY AND NEURO-FUZZY MODELS <i>Senkov A.V., Zaburdaev A.G., Zyuzikov D.A., Zyuzikova E.A.</i>	61
RESEARCH AND ANALYSIS OF FAMILY OF MAIN CURVES OF MAGNETIZATION OF ELECTROTECHNICAL STEELS <i>Stetsenko I.A., Somova A.A., Lankina M.Yu.</i>	68

Pedagogical sciences (13.00.00)

PROFESSIONAL TRAINING OF SOCIAL WORKERS IN THE IMPLEMENTATION OF THE NEW TECHNOLOGIES <i>Bakhchieva O.A., Savchenko S.L.</i>	73
A STUDY ON LEISURE PREFERENCES OF ADOLESCENTS AS AN INDICATOR OF THE QUALITY ASSESSMENT OF SOCIO-CULTURAL ACTIVITIES (ON THE EXAMPLE OF MAGNITOGORSK) <i>Bezenkova T.A., Andrusyak N.Yu., Oleynik E.V.</i>	79
FORMATION OF TACTICAL AND TECHNICAL ABILITIES IN VOLLEYBALL ON THE BASIS OF ACTIVITY APPROACH <i>Geraskin A.A., Bobrovskiy V.A., Batenko E.M., Pasyukova I.Yu., Ignatovich K.V., Denisenko Yu.P., Andrushchishin I.F.</i>	84

PROJECT PLANNING, ORGANIZATION AND IMPLEMENTATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS FOCUSED ON DEVELOPMENT OF STUDENTS' MATHEMATICAL SKILLS <i>Eletsikh I.A., Safronova T.M., Chernousova N.V.</i>	90
CIVIL IDENTITY OF HIGH SCHOOL STUDENTS AS A PREREQUISITE OF FORMATION OF PROFESSIONAL SUBJECTIVITY OF FUTURE LAWYERS <i>Karataeva T.A., Maerkina E.P.</i>	96
COMPARATIVE ANALYSES OF OUT-OF-CLASS WORK ACTIVITIES IN RUSSIAN AND AMERICAN UNIVERSITIES <i>Makarova O.Yu.</i>	103
IMPROVING TEACHING METHODS OF SOLVING PROBLEMS OF STATICS IN ENGINEERING MECHANICS IN THE COLLEGE <i>Chibakov A.S.</i>	107
DIGITAL EDUCATIONAL RESOURCE «NUMBER SYSTEMS» <i>Chiganova N.V.</i>	113
PECULIARITIES OF FORMING A HEALTHY LIFESTYLE IN TEENAGERS IN SCHOOLS WITH IMPROVED INTELLIGENT LOAD <i>Sheina L.P., Nurseitov D.F.</i>	118

УДК 004.492

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ВРЕДОНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТАИНФОРМАЦИИ ВЫЗЫВАЕМЫХ СИСТЕМНЫХ ФУНКЦИЙ

Бабенко Л.К., Кириллов А.С.

Южный федеральный университет, Таганрог, e-mail: blk@tsure.ru, kirillovalexeys@gmail.com

Предложенный в работе метод кластеризации вредоносного программного обеспечения (ВПО) позволяет выполнять обнаружение не только новых образцов уже известных семейств ВПО, но и выделять не известные ранее семейства. С ростом компьютеризации множества сфер жизнедеятельности получают развитие и новые угрозы, в том числе вирусные. Своевременное обнаружение той или иной вирусной угрозы позволяет предотвратить множество негативных последствий ее реализации, однако решение данной задачи сопряжено с множеством трудностей. В данный момент достаточно широко представлены различные методы обнаружения новых образцов для уже известных семейств, что не полностью покрывает обозначенную проблему. В данной работе предлагается решить задачу обнаружения новых семейств вирусных угроз на основе дополнительной информации о вызове тех или иных системных функций с помощью алгоритма обучения без учителя. В результате предложенный метод позволяет достичь до 71 % лучшего результата чем похожие методы. Совпадение выделенных семейств с эталоном составило 85 %, при том что конкурентные методы, используя алгоритмы обучения с учителем, имеют средний результат 93 %.

Ключевые слова: поведенческий анализ, трассы вызовов, сегментация трассы, избыточные вызовы, обучение без учителя

CLUSTERING MALWARE ON THE BASIS OF METAINFORMATION OF CALLED SYSTEM FUNCTIONS

Babenko L.K., Kirillov A.S.

Southern Federal University, Taganrog, e-mail: blk@tsure.ru, kirillovalexeys@gmail.com

The proposed method of clustering malicious software allows you to perform detection of not only new samples of already known malware families, but also to detect unknown families. With the growth of computerization of many spheres of life activity, new threats, including viral ones, also develop. Timely detection of a particular virus threat can prevent many negative consequences of its implementation, but the solution of this problem involves a lot of difficulties. At the moment, various methods of detecting new samples for already known families are widely enough represented, which does not completely cover the indicated problem. In this paper, we propose to solve the problem of detecting new malware families based on additional information about the invocation of certain system functions using the learning algorithm without a teacher. As a result, the proposed method allows to achieve 71 % better results than similar methods. The match of the selected families with the reference was 85 %, while competitive methods using learning algorithms with the teacher have an average score of 93 %.

Keywords: behavioral analysis, call traces, trace segmentation, redundant calls, unsupervised learning

На сегодняшний день существует множество антивирусных продуктов, однако вредоносное программное обеспечение (ВПО) продолжает успешно противостоять этим решениям, доказательством тому являются периодические всплески заражений различными типами ВПО, например некоторое время назад широкое распространение имели банковские трояны, сейчас же на сотни процентов в год растет число заражений программами-вымогателями [1], последствиями работы которых может быть полная потеря данных. Очевидно, что вместе с ростом количества заражений растет и количество семейств подобного ПО, своевременное выявление того или иного семейства позволяет составлять разного рода сигнатуры для оперативного выявления уже на стороне пользователя или межсетевого экрана, таким образом, обезвреживая угрозу до того, как она получит широкое распростране-

ние. Антивирусные компании для решения проблемы выявления новых семейств используют исключительно свои и закрытые системы, подтверждением тому может служить факт использования различных вариантов классификации образцов, а также часто полная закрытость подробной информации об обозначенном антивирусом классе. В открытой печати, безусловно, представлены работы по данной тематике, однако, как правило, авторы предлагают выполнять обнаружение новых образцов для уже известных семейств путем классификации, что не полностью решает обозначенную проблему, так как упускаются из вида образцы новых, не известных на момент обучения классификатора семейств. Для того чтобы успешно обнаруживать образцы неизвестных семейств и таким образом выявлять неизвестные ранее семейства образцов ВПО, требуется выполнить кластеризацию, которая относится к классу за-

дач обучения без учителя. В данной работе предлагается метод для кластеризации образцов ВПО на основе метаинформации вызываемых системных функций.

Современное состояние исследований

Подавляющее число представленных в открытой печати методов основываются на поведенческом анализе, который предполагает выполнение образца ВПО в специальной среде, которая может осуществить сбор различных метрик об этом образце. Акцент внимания исследователей смещен в пользу именно поведенческого анализа по нескольким основным причинам:

1. Возможность принципиального обхода техник обфускации, упаковки вредоносного кода.

2. Возможность получить данные о фактическом функционале образца.

Безусловно, у поведенческого анализа есть свои недостатки, главным из которых является сложность его реализации [2]. Поэтому исследователи часто предпочитают использовать готовые решения, коих, к счастью, достаточно много. Представленный в данной работе метод также основывается на результатах проведения поведенческого анализа. Кратко рассмотрим несколько современных методов, основанных на поведенческом анализе.

В работе [3] авторы делают предположение о том, что трасса вызовов по своему строению схожа с текстом, и, соответственно, выполняют обработку трассы методами из данной тематики, в частности рекуррентной и сверточной нейронной сетью. В работе [4] авторы из трассы вызовов формируют N-граммы и выполняют обработку с использованием нейронных сетей глубокого обучения. В работе [5] авторы предлагают формировать граф потоков данных на основе трассы вызовов, после чего выполнять сравнение графов образцов. В работе [6] авторы предлагают соотносить функции, присутствующие в трассе вызовов с категориями согласно их назначению и формировать последовательности из этих категорий, которые преобразуются с помощью функции хеширования `ssdep`, которая предполагает возможность сравнения близости каждого хеш-значения. В работе [7] авторы предлагают интегрированный метод, комбинирующий N-граммы из трассы вызовов и N-граммы, полученные на основе статического анализа. Полученные данные обрабатываются с помощью машины опорных векторов и классификатора случайных лес.

Из описаний представленных выше методов видно, что основное их отличие

заключается в использовании различных математических методов и вариантов комбинации данных. Как было сказано выше, поведенческий анализ сложен в реализации, вследствие чего исследователи широко используют готовые решения, без должного внимания к особенностям работы анализатора и оставляя без внимания некоторые особенности работы программ так как анализатор в явном виде не предоставляет необходимых данных.

Описание метода

Предлагаемый в данной работе метод так же, как и многие, предполагает использовать трассы вызовов системных функций для последующей кластеризации. Однако есть несколько существенных отличий в части формирования трассы:

- 1) при формировании результирующей трассы вызовов учитывается метаинформация вызова, в частности данные о процессе и потоке, что позволяет повысить качество кластеризации до 16%, за счет отражения структуры образца в трассе;

- 2) при формировании результирующей трассы вызовов учитываются только вызовы из исполнимого модуля исследуемого образца, что также позволяет повысить качество кластеризации до 9%, за счет удаления избыточных и не имеющих непосредственного отношения к образцу вызовов из трассы, например вызовов, выполненных из используемых библиотек;

- 3) метод предполагает кластеризацию с неизвестным числом кластеров за счет использования алгоритма DBSCAN (Density-based spatial clustering of applications with noise), что позволяет обнаруживать новые образцы неизвестных семейств и, соответственно, выделять новые семейства образцов ВПО.

Совместное применение преобразований 1 и 2 дает улучшение качества кластеризации до 68%.

Возможность получения обозначенных результатов реализована за счет углубленного анализа десятков семейств ВПО, модификации системы поведенческого анализа, что позволило извлечь дополнительную информацию о работе исследуемых образцов, которая не доступна для референсных решений, которыми пользуются большинство исследователей.

Рассмотрим предлагаемый в данной работе метод подробнее. Общая структура процесса и трассы исследуемого образца и результат ее преобразования приведен на рис. 1.

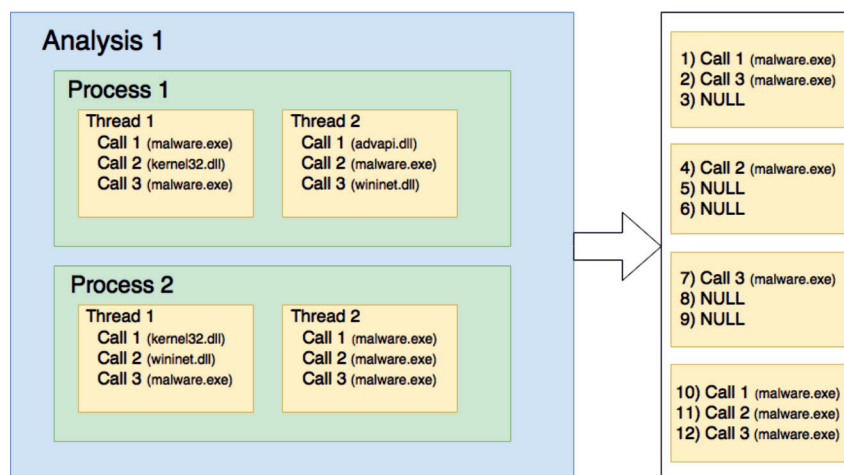


Рис. 1. Процесс и результаты преобразования трассы исследуемого образца

Первым этапом преобразования данных, полученных в результате поведенческого анализа, является удаление паразитных вызовов, не принадлежащих исполняемому модулю исследуемого образца, таким образом устраняя зашумляющие данные из трассы вызовов. На рисунке 1 данный этап выглядит как удаление вызова «Call1» в потоке 1 («Thread 1»), «Call 1» и «Call 3» в потоке 2 («Thread 2»), «Call 1» и «Call 2» в потоке 3 («Thread 3»). Данный этап очень важен в связи с тем, что любая программа, в том числе вредоносная, в своей работе использует высокоуровневые функции, которые предоставляют системные библиотеки и вызов такой функции сопряжен с вызовом более низкоуровневых функций самой библиотекой для реализации запрашиваемого функционала. Например, при использовании библиотеки WinInet для обращения к ресурсам интернета, данная библиотека выполняет чтение и последующую запись файлов cookie, извлечения настроек прокси из реестра, вызов функций библиотеки WinHttp, которая в свою очередь использует функции библиотеки Ws2_32 для сетевого взаимодействия. Очевидно, что в трассе вызовов следует оставлять только те функции, которые были вызваны непосредственно исполнимым модулем образца, таким образом, отражая функциональные особенности именно образца, а не используемых им библиотек.

Вторым этапом преобразования данных является предварительное формирование трассы для каждого потока процесса отдельно. На рис. 1 данный этап представлен сохранением последовательности внутри блоков «Thread 1», «Thread 2», «Thread 3», «Thread 4» и их последовательным объединением. Операционные системы, в том

числе Windows, как правило, не гарантируют, что новый поток в процессе создается в какой-то конкретный момент, соответственно, невозможно зафиксировать место в трассе, где появится вызов из нового потока, более того, с каждым новым запуском образца это место может быть разным. Ситуация еще больше усложняется, если имеется несколько потоков в нескольких процессах. Таким образом, игнорирование данной проблемы влечет за собой получение совершенно разных трасс при каждом запуске для экземпляров, с множеством процессов и потоков, что, в свою очередь, ставит под вопрос результаты дальнейшей обработки данных. Для того чтобы избежать негативного влияния данного факта на последующую обработку данных, следует выполнять сегментирование трассы согласно потоку и процессу, в которых выполняются вызовы контролируемых функций. Еще одним позитивным моментом такого подхода является фактически отражение структуры образца, что несомненно положительно сказывается на результатах дальнейшей обработки данных.

После формирования трассы для каждого потока выполняется удаление последовательно повторяющихся, но более двух раз вызовов. То есть предполагается, что последовательных вызовов одной и той же функции в трассе может быть не более двух, данное допущение вводится с несколькими целями:

1) устранить избыточность, которая в последующем может негативно повлиять на дальнейшую кластеризацию. Злоумышленник может сознательно внедрять вызовы произвольных функций с целью «зашумить» трассу;

2) учесть особенности функционирования образца, так как повторный вызов одной и той же системной функции может быть вполне легитимным, например функция `WINAPI ConvertBinaryToString` вызывается первый раз для получения размера буфера необходимого для хранения выходных данных, а второй раз – для непосредственного преобразования данных с помещением их в предварительно выделенный буфер.

Третьим этапом преобразования данных является последовательное слияние трасс вызовов каждого потока. Для того, чтобы такое слияние действительно отражало структуру образца и единообразно характеризовало каждый образец, вводятся некоторые ограничения (выравнивание), а именно:

- 50 вызовов в одном потоке, в случае недостатка данных выполняется дополнительное последовательностью 0 векторов;
- 2 потока в каждом процессе, в случае недостатка выполняется дополнение потоком из последовательности 0 векторов;
- 2 процесса, в случае недостатка выполняется дополнение согласно описанным ранее правилам.

Данные ограничения основаны на статистике выборки исследуемых образцов, в частности на среднем значении для каждого из них по всей выборке вредоносного ПО (данные о выборке представлены ниже). В результате получается вектор вызываемых функций длиной 200. Данный этап представлен на рис. 1 в виде «NULL» значений, которыми заполняются недостающие вызовы в трассе потока, в частности в позициях 3, 5, 6, 8, 9.

Четвертым этапом преобразования данных является кодирование вызовов в полученной трассе. Полученная трасса содержит имена вызываемых функций, что является категориальными признаками, работать с которыми может ограниченное количество алгоритмов, соответственно, требуется ввести кодирование имен функций. В качестве такого кодирования предлагается использовать метод `OneHot`, он является широко распространённым методом для обработки данных и выполняет кодирование каждого признака единичным битом в векторе, чья длина соответствует количеству возможных признаков, в нашем случае количеству контролируемых функций. Общее количество функций из 438 пересчитываемых, вызовы которых зафиксированы в ходе поведенческого анализа, равно 288. Таким образом, каждый вызов представляется бинарным вектором длиной 288, что влечет за собой следующие сложности:

- усложняет дальнейшую обработку данных в части поиска подходящего алгоритма;
- увеличивает вычислительную сложность;
- усложняет визуализацию данных;
- увеличивает требование к объему хранения данных.

Пятый этап преобразования данных заключается в решении обозначенных проблем, для чего было принято решение сократить размерность данного вектора до удобоваримого значения. Для решения данной задачи существует целый класс алгоритмов как на основе популярных нейронных сетей, так и на основе статистических методов. Из всех представленных методов снижения размерности был выбран метод главных компонент (PCA).

Основным критерием для выбора метода снижения размерности была именно гибкость в выходных данных и возможность оценки результатов с учетом того, что данные, которые подвергаются обработке, имеют линейный характер. Метод главных компонент позволяет не только задать необходимую размерность выходного вектора признаков, но и оценить, насколько точно заданная размерность описывает исходный набор данных.

Как результат выполнения данного этапа бинарный вектор длиной 288 преобразуется в вектор одинарной длины, средняя объяснительная дисперсия которого составляет 0,8, то есть 80 % вариаций данных описывается первой главной компонентой. Соответственно, полная трасса преобразуется в вектор действительных чисел длиной 200. Что позволяет использовать для дальнейшей обработки массу возможных алгоритмов.

После того, как данные были преобразованы в подходящий вид, следует этап непосредственно кластеризации. Большая часть представленных алгоритмов кластеризации предполагает задание в качестве параметра количества кластеров, однако в данном случае количество кластеров не известно достоверно. Безусловно, существуют различные алгоритмы, которые позволяют оценить предполагаемое количество кластеров и использовать это значение в дальнейшем. Однако данный подход не до конца корректен, так как его цель решить принципиальный недостаток соответствующих алгоритмов и подобрать оптимальное значение количества кластеров, что в данном случае неприемлемо, так как кластер должен четко представлять определенное семейство образов ВПО. Таким образом, требуется использовать ал-

горитм, который изначально предполагает самостоятельное разбиение на кластеры, в качестве такого алгоритма был выбран DBSCAN (Density-based spatial clustering of applications with noise, плотностной алгоритм пространственной кластеризации с присутствием шума) [8]. Также в качестве достоинств данного алгоритма стоит отметить корректную работу с несимметричными выбросами, способность обнаруживать кластеры разной размерности.

Тестовая выборка

Важнейшим этапом, предшествующим проведению экспериментального исследования, является составление репрезентативной тестовой выборки. Для решения этой задачи использовались материалы с сайта virusshare.com, где можно получить архивы ВПО, обнаруженного за последнее время в различных источниках. Месячный архив насчитывает порядка 120000 экземпляров. Из данного архива были случайно выбраны более 5000 экземпляров и проанализированы с использованием тестовой среды, в результате было получено 5198 успешно проанализированных экземпляра, которые были использованы в ходе экспериментальных исследований.

Экспериментальные исследования

Как уже было сказано выше, перед тем как провести кластеризацию образцов, следует выполнить предварительную обработку данных методом главных

компонент. Для того, чтобы получить вектор данных, удобный для дальнейшей работы, было принято решение что для каждого вектора, представляющего вызов, должна быть вычислена только первая главная компонента. Среднее значение объяснительной дисперсии для первой компоненты составило 0,8. Если исключить из процесса формирования результирующей трассы предварительную сегментацию по потокам и процессам, среднее значение объяснительной дисперсии соответствует 0,6. Средняя объяснительная дисперсия для трассы построенной с использованием сегментации вызовов согласно процессу и потоку, но без выделения вызовов модуля исследуемого образца, составила 0,65. Объяснительная дисперсия для случая, когда в трассе не было сегментации и присутствовали не только вызовы модуля исследуемого образца, составила 0,55.

Проведенные эксперименты говорят о том, что выделение вызовов именно модуля исследуемого образца и сегментация трассы позволяет существенно повысить качество дальнейшей кластеризации в частности до 68 %. Результаты описанных экспериментов сведены в табл. 1.

Следующим этапом обработки является непосредственно кластеризация. Так же как для метода главных компонент, процесс кластеризации был выполнен для 4 вариантов преобразований трассы вызовов. Результаты данных экспериментов приведены в табл. 2.

Таблица 1

Результаты работы метода главных компонент в зависимости от преобразований трассы вызовов

№ п/п	Преобразования трассы вызовов	Объясненная дисперсия
1	Сегментация трассы + вызовы только образца	0,8
2	Вызовы только образца	0,6
3	Сегментация трассы	0,65
4	Без преобразований	0,55

Таблица 2

Результаты работы метода кластеризации DBSCAN в зависимости от преобразований трассы вызовов

№ п/п	Преобразования трассы вызовов	Обнаружено классов	Кластеризовано	Не кластеризовано	Средний размер кластера
1	Сегментация трассы + вызовы только образца	480	3648	1550	7,6
2	Вызовы только образца	409	3565	1633	7,112
3	Сегментация трассы	514	3378	1820	6,57
4	Без преобразований	438	2542	2656	5,803

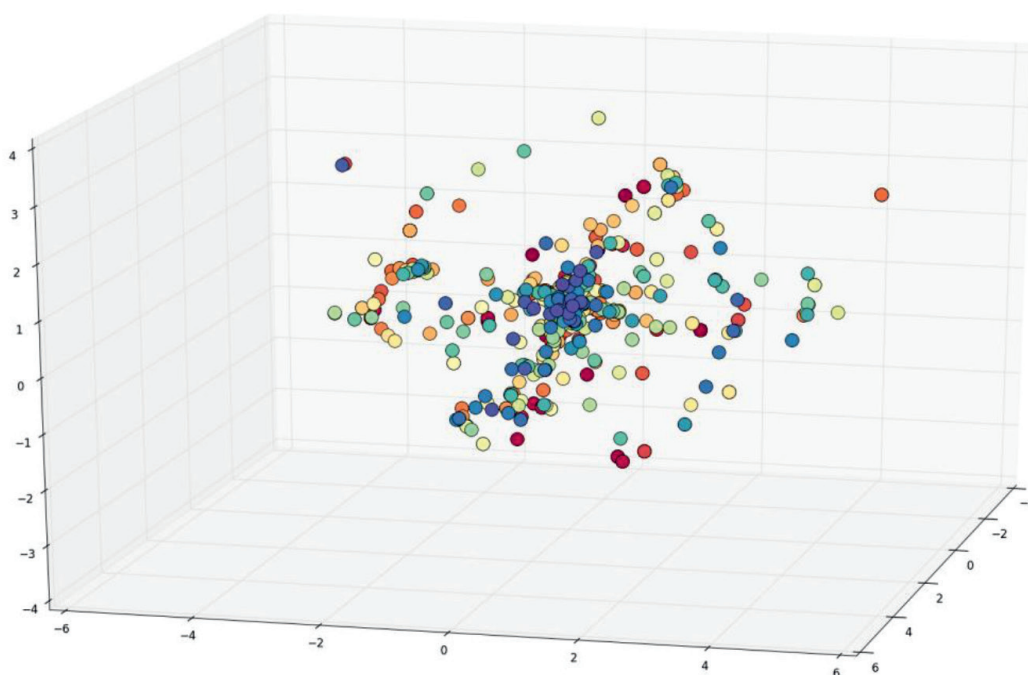


Рис. 2. Графическое представление результатов кластеризации

В результате проведенных экспериментов выявлено:

1) сегментация трассы позволяет лучше разграничивать кластеры между собой за счет учета структуры образца в трассе, о чем говорит самое низкое значение числа обнаруженных кластеров без ее использования, что говорит о том, что кластеры слились между собой;

2) выделение вызовов модуля исследуемого образца позволяет четче разграничивать кластеры, за счет удаления избыточных вызовов, не относящихся к модулю исследуемого образца, о чем говорит большое количество обнаруженных кластеров без учета данного преобразования, избыточные вызовы вносят шум, ведущий к распаду кластеров;

3) совокупное использование обоих преобразований трассы вызовов позволяет получить до 71 % меньше некластеризованных образцов и выделить до 17% больше кластеров.

Для валидации результатов кластеризации применялись следующие методы:

1) вычисление коэффициента Silhouette, который составил 0,9943;

2) кроссвалидация методом К-средних (кол-во кластеров на данный момент известно), коэффициент схожести результатов составил 0,9949.

Для оставшихся 1550 некластеризованных образцов процедура кластеризации была запущена дополнительно, в результате чего новых кластеров найдено не было. Далее из начальной выборки были выбраны экземпляры, количество которых в кластере кратно двум и больше двух, после чего выборка была разбита на 2 части, и каждая из них была кластеризована. В результате сопоставления результатов кластеризации выявлено, что какого-либо слияния между другими кластерами не произошло. Каждый экземпляр оказался именно в том кластере, в котором он был ранее. Описанные эксперименты позволяют сказать, что выбранный алгоритм кластеризации дает стабильные результаты. Таким образом, метод позволяет выделять конкретные кластеры вне зависимости от характеристик выборки.

Графическое представление результатов кластеризации приведено на рис. 2.

Заключительным этапом проведения экспериментальных исследований стало сравнение разбиения на кластеры (то есть на семейства) образцов тестовой выборки с разбиением, предложенным популярным и стандартным антивирусом для Windows – Microsoft Essentials. Из 1150 образцов, для которых данный антивирус зафиксировал угрозу по данным сервиса [virustotal.com](http://www.virustotal.com),

совпадение кластеров с кластерами, полученными в результате использования предложенного метода, составило 85 %, без учета того факта, что в некоторых случаях фактически одно семейство имеет несколько названий. Например, *kelihos* так же называется *wildrak*. То есть в реальности результат может даже превышать обозначенную цифру.

Выводы

В данной работе предложен метод кластеризации ВПО, который показывает до 71 % лучше результат, чем конкурентные методы, за счет учета только системных вызовов из исполнимого модуля исследуемого образца и сегментации трассы вызовов согласно процессу или потоку. Общая эффективность метода соответствует высокому уровню, что подтверждается фактом совпадения выделенных семейств с, в данном случае, эталонными результатами антивируса Microsoft Essentials на 85 %. При этом метод, в отличие от конкурентных, позволяет выделять не только новые образцы известных семейств, но и выполнять выделение новых семейств вредоносного программного обеспечения

за счет использования алгоритмов обучения без учителя.

Список литературы

1. Bhardwaj A. et al. Ransomware Digital Extortion: A Rising New Age Threat // *Indian Journal of Science and Technology*. – 2016. – Т. 9. – P. 14.
2. Egele M. et al. A survey on automated dynamic malware-analysis techniques and tools // *ACM Computing Surveys (CSUR)*. – 2012. – Т. 44, № 2. – P. 6.
3. Tobiyama S. et al. Malware Detection with Deep Neural Network Using Process Behavior // *Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*, 2016 IEEE 40th Annual. – IEEE, 2016. – Т. 2. – P. 577–582.
4. Kolosnjaji B. et al. Deep Learning for Classification of Malware System Call Sequences // *Australasian Joint Conference on Artificial Intelligence*. – Springer International Publishing, 2016. – P. 137–149.
5. Wuchner T., Ochoa M., Pretschner A. Malware detection with quantitative data flow graphs // *Proceedings of the 9th ACM symposium on Information, computer and communications security*. – ACM, 2014. – С. 271–282.
6. Gupta S., Sharma H., Kaur S. Malware Characterization Using Windows API Call Sequences // *International Conference on Security, Privacy, and Applied Cryptography Engineering*. – Springer International Publishing, 2016. – P. 271–280.
7. Shijo P.V., Salim A. Integrated static and dynamic analysis for malware detection // *Procedia Computer Science*. – 2015. – Т. 46. – P. 804–811.
8. Ester M. et al. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise // *Kdd*. – 1996. – Т. 96, № 34. – С. 226–231.

УДК 621.452

**РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОТЕРЬ
В ЛОПАТОЧНОЙ РЕШЕТКЕ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ТУРБИН (МРТ)****Зеленов С.Н., Семашко П.В.***Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Нижний Новгород, e-mail: nntu@nntu.ru*

Настоящая статья посвящена выбору и обоснованию метода исследования потерь в проточной части малоразмерных турбин (МРТ). Рассмотрены особенности конструкций МРТ и особенности проведения исследований по повышению их эффективности. Выполнено обобщение и проанализированы существующие методики исследований потерь в лопаточных каналах. На примере решения задачи повышения эффективности (КПД) привода пневмоинструмента показаны преимущества совместного использования дымовых продувок и компьютерного моделирования течений газов в решетках, в частности в ПК Flow Vision. Для работы в пакете Flow Vision производилось геометрическое моделирование решеток в САПР AutoCAD. Сравнение полученных двумя методами картин течений в решетках показало их хорошее совпадение и позволило более достоверно выбрать направление совершенствования сопловых аппаратов. В результате выполнения работы были найдены рациональные геометрические размеры сопловых лопаток МРТ.

Ключевые слова: малоразмерные турбины, методика проектирования, сопловой аппарат, рабочие лопатки, эффективность (КПД)

**EXPERIMENTAL-DESIGN STUDIES OF LOSSES IN THE GRID
OF SMALL TURBINE BLADE (MRT)****Zelenov S.N., Semashko P.V.***Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, e-mail: nntu@nntu.ru*

This article is devoted to the selection and justification of the research method of losses in small turbine flow passage (MRT). The features of the designs and features of the MRT research to improve their efficiency. Solved compile and analyzed existing research techniques of losses. For example, decisions to increase efficiency (KPD) drive pneumatic tools showing the benefits of flue systems and computer modeling of flows of gases, lattices in particular, PC Flow Vision. To work in a batch Flow Vision produced geometric modeling arrays in AutoCAD. Comparison of two methods of paintings of currents in the arrays showed them a good match and allowed more reliably pick a direction of improvement of nozzle. As a result of the execution of the work were found rational dimensions of nozzle blades of MRT.

Keywords: small turbines, design technique, nozzle apparatus, blades, efficiency (KPD)

Малоразмерные турбины (МРТ) мощностью от нескольких десятков Вт до нескольких кВт и диаметром колес до 100 мм представляют собой широкий по своим основным характеристикам класс турбин.

Исследования по совершенствованию конструкций МРТ интенсивно ведутся во всех областях энергетики малых мощностей [1–4]. Среди проводимых работ следует выделить научно-исследовательские работы по повышению КПД МРТ, используемых в агрегатах массового применения, например в пневматических турбошлифовальных машинах. Так как на практике количество пневмомашин исчисляется сотнями тысяч штук, то с учетом высокой стоимости сжатого воздуха повышение их эффективности является актуальной технико-экономической задачей.

Материалы и методы исследования

Проектируемые для различных нужд МРТ порой значительно отличаются друг

от друга по ряду весьма важных конструктивных признаков. Однако большинству этих турбин присущи и общие свойства, позволяющие разработать некоторые единые принципы подхода к их расчету и проектированию, приведем некоторые из них.

1. Ограничения по габаритам и частоте вращения, что приводит к необходимости проектировать турбины с повышенными нагрузками и высокими перепадами давлений на ступени. Требования простоты конструкции МРТ обуславливают применение одновенечных или двухвенечных конструкций ступеней (чаще активных).

2. Преобладание сил вязкости над силами инерции, характерное для движения вязкого сжимаемого газа в малых каналах вследствие малой величины числа $Re = \frac{C_1 \cdot b_c}{\nu}$, где b_c – размер хорды профиля соплового аппарата (СА), C_1 – абсолютная скорость потока на выходе из канала, ν – кинематическая вязкость газа. В воздушных МРТ с температурами среды $T = 300$ К чис-

ло Рейнольдса обычно изменяется в диапазоне: $5 \cdot 10^5 < Re < 5 \cdot 10^6$.

3. Малая, в сравнении с большими турбинами, относительная длина сопловых лопаток $\bar{l}_c = l_c / D_{cp} = 0,03 \dots 0,1$; в формуле: l_c – длина сопловых лопаток, D_{cp} – средний диаметр диска (для больших турбин $l_c = 0,1 \dots 0,2$).

4. Существенно большие, чем в больших турбинах, величины относительной толщины кромок лопаток, шероховатости и зазоров, что приводит к увеличению потерь в сопловых и рабочих решетках.

5. Поскольку осевые и радиальные зазоры в больших и малоразмерных турбинах соизмеримы, а диаметр колеса МРТ на порядок меньше, то относительные зазоры и относительные потери от утечки в ступенях МРТ существенно выше.

6. Из-за малых размеров ядра потока в решетках МРТ трудно произвести разделение потерь на профильные и концевые, поэтому при оценке эффективности МРТ целесообразно рассматривать суммарные потери.

В теории турбин существуют два основных подхода к определению потерь в турбинных решетках. Первый представлен теоретическими методами, основанными на расчете пограничного слоя, развивающегося вдоль профиля лопатки. Этот подход универсален, однако из-за допущений, принимаемых обычно для упрощения задачи, погрешность теоретических методов расчета течения газа в межлопаточных каналах пока ещё велика.

Наиболее достоверные результаты в таких случаях дают эмпирические методики. При построении таких методик можно выделить четыре основных подхода:

- 1) разработка полуэмпирических методик;
- 2) обобщение экспериментальных данных;
- 3) применение методов математической теории эксперимента (МТЭ);
- 4) применение методов компьютерного моделирования.

В рамках первого подхода разрабатываются методики, использующие допущение о разделении потерь в проточной части на составляющие: потери на трение, кромочные, концевые, волновые и т.п. Для ступеней МРТ из-за крайне малых сечений межлопаточных каналов подобное разделение потерь может вообще не иметь физического смысла.

Второй подход заключается в получении новых экспериментальных данных, иногда на вновь разработанных стендах. Для разработки таких методик возможно использование данных других авторов,

однако они, как правило, имеют разную точность, группируются обычно в узком интервале изменения основных параметров, что затрудняет разработку математической модели. В целом для МРТ экспериментальный материал невелик, а по исследованию микрорешеток практически отсутствует.

Третий подход заключается в установлении зависимости коэффициентов потерь в решетках от основных определяющих параметров методами математической теории экспериментов (МТЭ). Эти методы позволяют получить математическую модель для расчета потерь в решетках, учитывающую влияние геометрических и режимных параметров, а также решать эту задачу с требуемой точностью и минимальным числом экспериментов.

Принимая во внимание относительно малые стоимость и трудоёмкость изготовления ступеней МРТ, этот путь является приемлемым при условии рационального выбора числа определяющих параметров на основании анализа их влияния на потери.

Методы компьютерного моделирования (четвёртый подход), получающие в настоящее время всё большее распространение, связаны с быстрыми темпами развития ЭВМ и программного обеспечения. Преимущество данных методов заключается в отсутствии необходимости создавать множество натурных экспериментальных моделей и комплексы для их тестирования.

Целью данной работы являлось повышение энергетической эффективности МРТ за счет реализации конструктивных рекомендаций по снижению потерь в СА, полученных на основе анализа результатов расчетно-экспериментальных исследований течения газа с использованием моделирования течения газа в ПК *FlowVision*.

Результаты исследования и их обсуждение

Экспериментальные методы исследования аэродинамических характеристик решеток МРТ дают возможность получить количественные данные о степени их аэродинамического совершенства, но не позволяют выявить особенности картины течений, которые важны при совершенствовании турбинных профилей (СА и рабочих лопаток) [5, 6]. Поэтому в работе предварительно были выполнены визуальные исследования течений в элементах ступеней. Примеры профилей лопаток сопловых аппаратов С-1 и С-7, спрофилированных по традиционной методике, приведены на рис. 1.

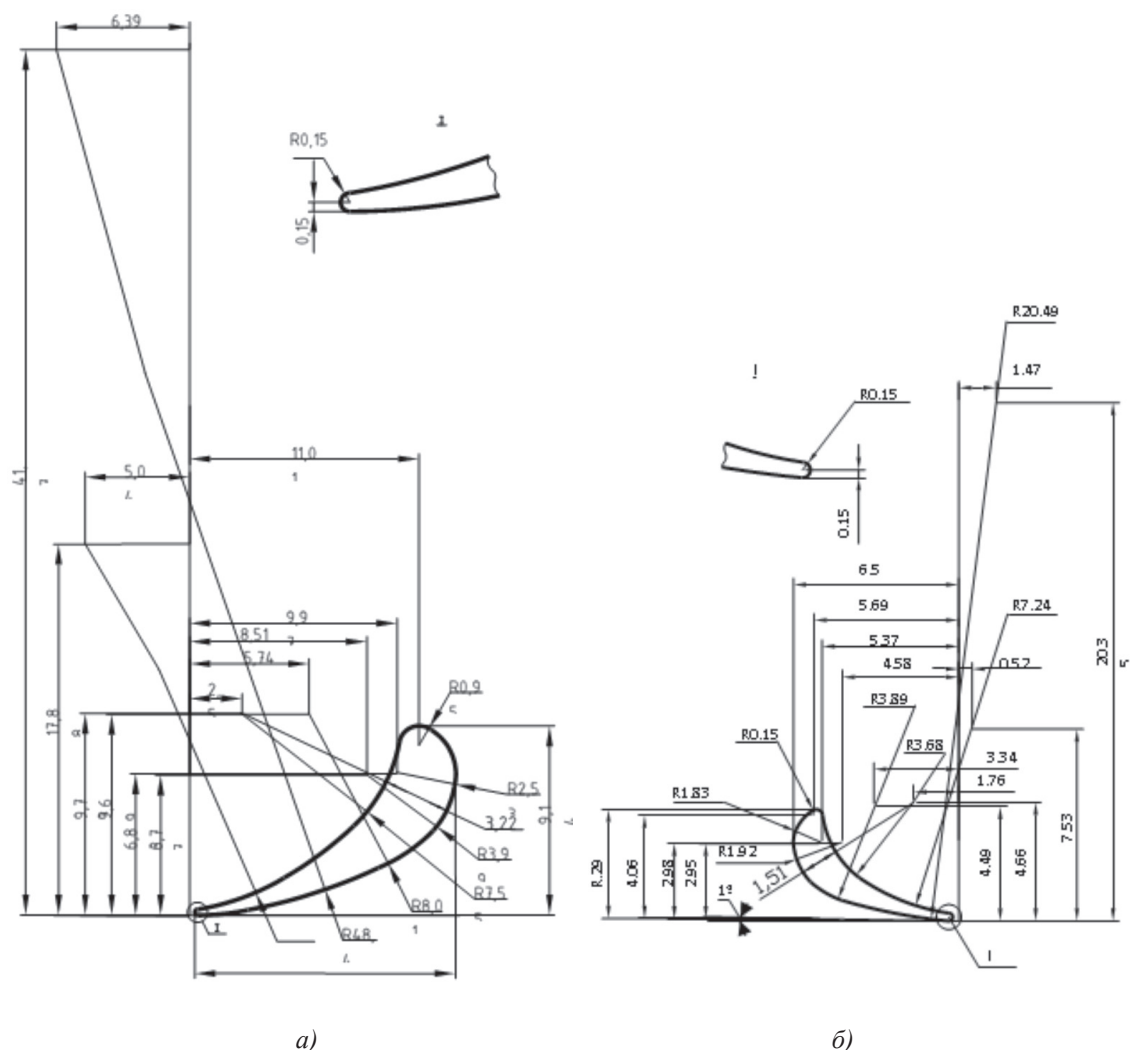


Рис. 1. Профили лопаток сопловых аппаратов: а) сопловой аппарат С-1; б) сопловой аппарат С-7

Эксперименты проводились на специально спроектированной установке [7], анализ результатов и рекомендации основывались на картинах следов, оставляемых окрашенным потоком на наружной цилиндрической образующей лопаток. Продувки выполнялись при различных режимах течения в зависимости от перепада давлений на СА $\pi = \frac{P_0^*}{P_{2\text{ст}}}$, где P_0^* и $P_{2\text{ст}}$ соответственно полное давление до и после СА. Полученные следовые снимки течения на периферии каналов решеток С-1 и С-7 приведены на рис. 2. На снимках можно выделить несколько различных по интенсивности окраски зон. Их последовательность по ходу потока следующая.

В зоне входа потока в СА (там, где его скорость невелика) частицы сажи практически не осаждаются, поэтому этот уча-

сток наружной образующей не окрашивается. Во фронтальном сечении входа потока в СА происходит осаждение сажи на кромках лопаток.

В межлопаточном канале интенсивность осаждения сажи различна вдоль спинки и корытца профиля: вдоль спинки след очерчен ярче, но ширина его мала. После прохождения входной кромки след начинает терять свою интенсивность, увеличиваясь по ширине при движении к горловому сечению канала, и сливается со следом, огибающим спинку профиля. Предположительно такой характер осаждения сажи связан с наличием отрыва потока от спинки профиля и вторичных течений, направленных к его вогнутой части. Далее по ходу потока происходит повышение интенсивности окраски следа, которая не меняется вплоть до выходного

сечения канала. Такая картина характерна для всех испытанных СА и практически не зависит от начального давления воздуха. Вблизи выходной кромки со стороны спинки лопаток СА практически на всех режимах течения образуется затемнённое пятно овальной формы. Оно наиболее заметно при сверхзвуковых течениях, и его интенсивность увеличивается с ростом перепада давлений на решетке. Расположение пятна зависит от величины π , и с его увеличением оно смещается вниз по течению. За выходной кромкой лопатки возникает участок с повышенной интенсивностью окраски, интенсивность и размеры которого уступают соответствующим характеристикам пятна. В области, находящейся за выходным сечением лопаток СА, картины осаждения сильно отличаются друг от друга в зависимости от формы канала и режима работы. При дозвуковом течении в области косого среза наблюдается плавное обтекание спинки лопатки и практически равномерная окраска снимка с небольшим сгущением в области кромочного следа. Измерение углов потока с помощью моментомера [8] показало, что на этих режимах эффективный угол выхода потока α_{13} практически соответствует геометрическому углу $\alpha_{1Г}$ решеток СА. При увеличении величины

π на визуальной картине потока появляется ярко очерченный кромочный след, который сохраняет свою форму практически по всей длине снимка. Одновременно начинают появляться поперечные полосы темной окраски, которые одним концом опираются на спинку лопатки, другим – на кромочный след. Судя по характеру окраски и форме этой зоны можно предположить, что такой характер отпечатка соответствует отрывному течению. Угол выхода потока $\alpha_{1Г}$ с увеличением π сначала меняется очень сильно, затем, в большинстве случаев достигая предельного значения в 3...6 раз превышающего $\alpha_{1Г}$, увеличиваться практически перестает.

Анализ дымовых снимков, оставляемых окрашенным активным потоком на выходе из СА, выявил недостатки существующих методов профилирования лопаток, в результате которых сопловая решетка МРТ достаточно эффективна на дозвуковых и околосзвуковых скоростях, но неработоспособна на сверхзвуковых при $\pi > 2,5$. Поэтому была разработана турбинная решетка с сужающимся сопловым каналом, в котором длина выходного участка приблизительно вдвое больше ширины горла его проходного сечения. Новый профиль с $\alpha_{1Г} = 16^\circ$ показан на рис. 3.

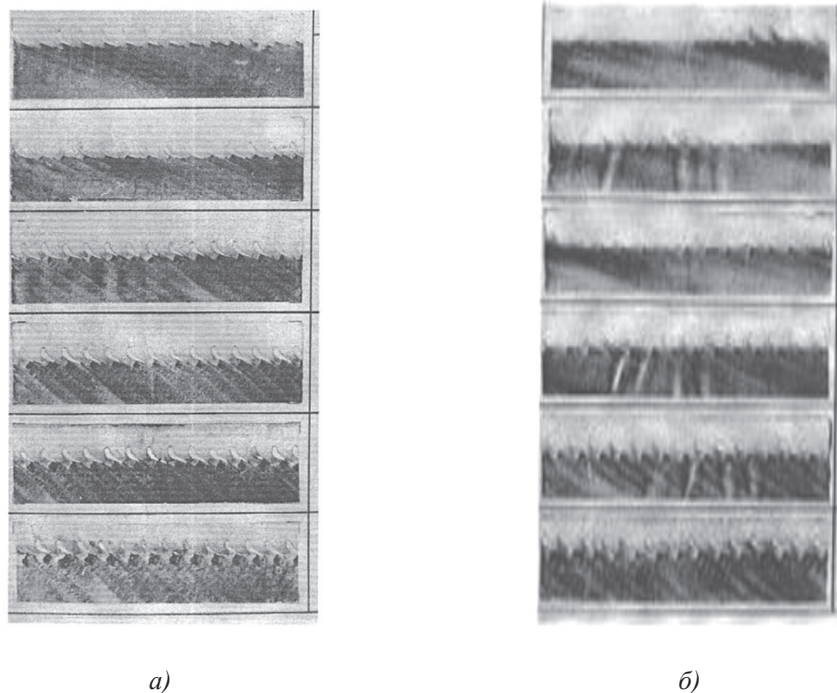


Рис. 2. Картины визуализации потока: а) решетка C-1 $\alpha_{1Г} = 16^\circ$; $l/b = 0,127$; $t = 13,8$ мм; $b/D_{cp} = 0,444$; б) решетка C-7 $\alpha_{1Г} = 8^\circ$; $l/b = 0,127$; $t = 13,8$ мм; $b/D_{cp} = 0,284$

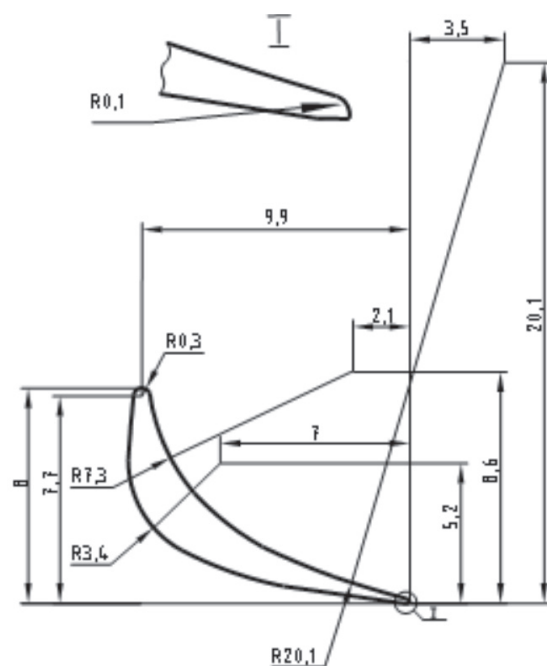


Рис. 3. Профиль лопатки СА с удлиненной выходной кромкой

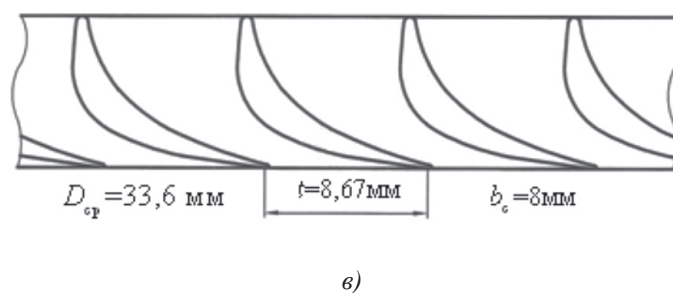
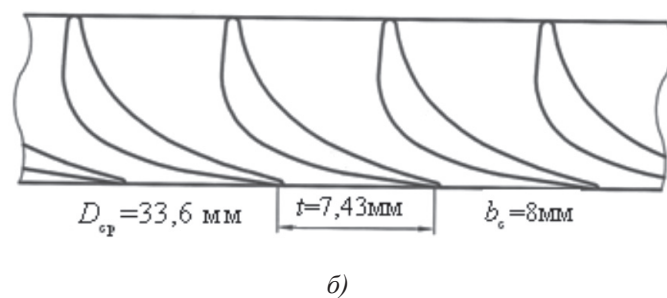
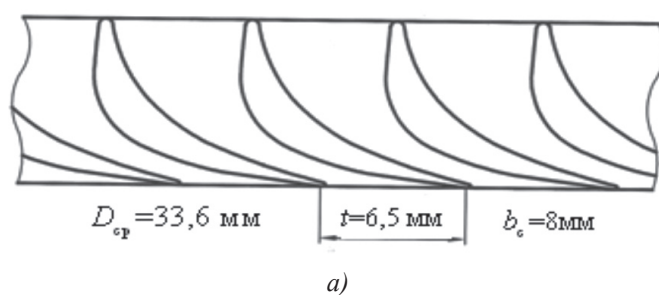


Рис. 4. Решетки профилей СА с удлиненной выходной частью: а) $t/b_c = 0,81$; б) $t/b_c = 0,93$; в) $t/b_c = 1,08$

В эксперименте, который проводился на СА, имеющем: $D_{\text{ср}} = 33$ мм; $l_c = 3$ мм; $b_c = 8$ мм, варьировалось число лопаток (рис. 4), всего было испытано 3 варианта СА с различным относительным шагом решетки. Эксперимент показал, что оптимальный результат достигается в ступени с СА, который имеет решетку с 16 лопатками (рис. 4, а). Проведенная визуализация потока в решетке показала на хорошее формирование линий тока, отсутствие сильных скачков и срывных явлений (рис. 5).

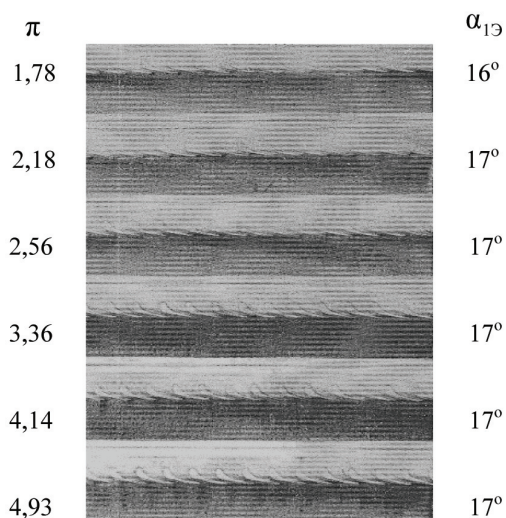


Рис. 5. Картины визуализации потока в решетке с лопатками с удлиненной выходной частью

Было проведено сравнение КПД ступени $\eta_c = f\left(\frac{U}{C_1}\right)$, имеющей в своем составе СА с удлиненной выходной частью,

с зависимостями традиционных ступеней МРТ. Анализ полученных результатов показал, что в до- и околозвуковой областях КПД такой ступени ниже, чем КПД ступени с обычным СА, что можно объяснить повышенными потерями на трение в решетке и кромочными потерями. При $\pi \approx 2,3$ эффективность лопаточных решеток с удлиненной выходной кромкой выравнивается с эффективностью традиционных сопловых решеток МРТ. При большем перепаде давлений на ступени их КПД становится значительно выше, чем у традиционных решеток, и при $\pi = 5$ относительное повышение КПД достигает 15...25%.

Проведение эксперимента в программном комплексе *Flow Vision (FV)*

Программный комплекс *FV* используется для моделирования трехмерных течений жидкости и газа в технических и природных объектах, а также визуализации этих течений методами компьютерной графики [9]. Использование различных моделей турбулентности и адаптивной расчетной сетки позволяет моделировать самые сложные случаи течений.

В данной работе целью эксперимента в комплексе *FV* являлось установление качественной картины течений, которая важна при совершенствовании турбинных профилей, а также установление зависимости угла и характера потока на выходе из решетки от геометрических характеристик лопаток СА [10].

Авторами использовался «ручной» метод задания режимов работ ПК. Расчетные данные экспортировались в *MS Excel*, в котором строился график сходимости расхода на входе и выходе из соплового аппарата. Задача считалась решенной, когда расходы газа на входе и выходе совпадали.

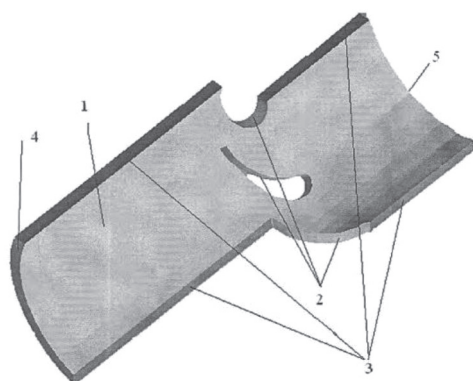


Рис. 6. Граничные условия: 1 – стенка; 2 – лопатка; 3 – граничные поверхности с условием «периодическое»; 4 – выход; 5 – вход



Рис. 7. Картина циклического клонирования

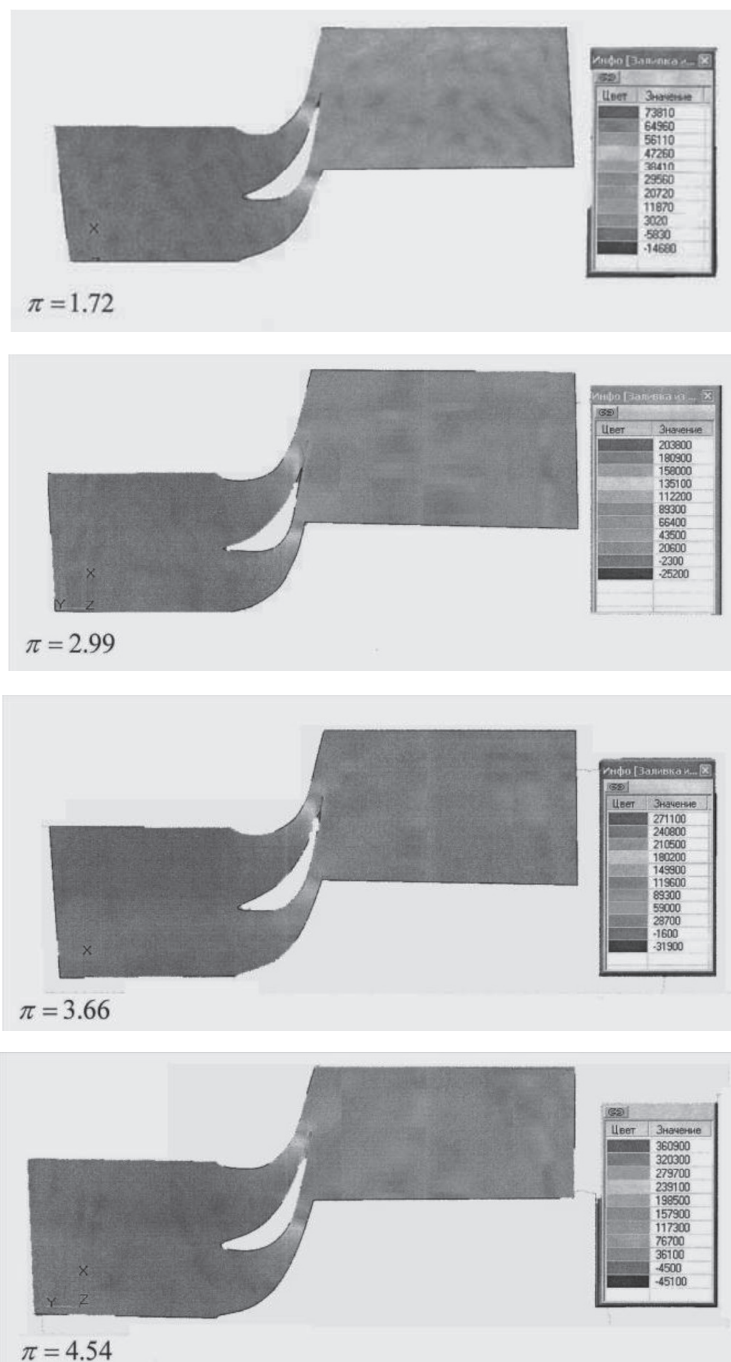


Рис. 8. Поля давлений в СА с лопатками с удлиненной выходной кромкой и 16-ю лопатками

Для эксперимента в САПР *AutoCAD* были построены сопловые аппараты с использованием лопаток, представленных на рис. 1, 3, а также решеток профилей сопловых аппаратов, представленных на рис. 4. После преобразования рисунков в необходимый формат (*.stl) и импорта их в ПК *FV* задавались: модель расчета, начальные параметры, граничные условия, свойства веществ, строилась расчетная сетка.

В решаемой задаче принималась расчетная модель *Full Compressible fluid* (Полностью сжимаемая жидкость). В списке рассчитываемых уравнений отмечались *Energy* (Энергия), *Velocity* (Скорость) и *Turbulence* (Турбулентность). Из физических параметров задавались *Initial Values* (Начальные значения): температура 20 °C; давление 200 кПа. Были созданы граничные условия: вход, выход, стенки, лопатки. Для ускорения

процесса расчета и улучшения отображения картины течения газа расчет проводился не для всего соплового аппарата, а для его сектора, состоящего из двух межлопаточных каналов (рис. 6). При этом на дополнительно образовавшихся поверхностях задавалось граничное условие – «периодическое». Впоследствии, по окончании расчета программа отображала результат расчета на весь сопловой аппарат путем циклического клонирования (рис. 7).

Далее задавался расход газа через входное сечение. На выходе устанавливалось условие – «свободный выход». Изменяя расход на входе, получали необходимый перепад давлений на сопловом аппарате.

Хотя полученные картины моделирования несколько отличаются от дымовых снимков, полученных на стенде, принципиально по ним можно сделать аналогичные выводы о качестве формирования потока газа в различных сопловых аппаратах. Наилучший результат во всём диапазоне изменения перепада давления, как и при натурных испытаниях на стенде, показала решётка, имеющая 16 лопаток с удлинённой выходной кромкой (рис. 8).

Заключение

1. Совершенствование течения газа в сопловом аппарате является перспективным направлением повышения эффективности МРТ, при этом суммарные потери энергии целесообразно определять на специальных исследовательских стендах.

2. В работе проведена отработка методики оптимизации формы и числа сопловых лопаток МРТ. Численное моделирование процессов осуществлено при помощи программного комплекса *FlowVision* с использованием методов МТЭ, позволивших проводить многопараметрическую оптимизацию за минимальное число итераций. Геометрия лопаток СА с необходимыми размерами создавалась в системе *AutoCAD*.

3. Проведенные расчетные исследования позволили детально проанализировать картину течения и проработать конструкцию рабочих лопаток СА. Получено удовлетворительное соответствие по зна-

чениям и характеру суммарных расчетных (*FlowVision*) и экспериментальных характеристик.

4. Полученные результаты демонстрируют возможность применения *FlowVision* совместно с *CAD*-системами и методами МТЭ для повышения эффективности МРТ. Необходимо отметить, что оптимизация может производиться по многим параметрам и от этого можно получать суммарный полезный эффект.

Список литературы

1. Фершалов Ю.Я. Сопловые аппараты турбин и их эффективность [Текст] / Ю.Я. Фершалов, В.М. Акуленко, М.Ю. Фершалов // Вестник Морского государственного университета. Сер. Судостроение и судоремонт. – 2011. – Вып. 47. – С. 70–77.
2. Фершалов Ю.Я. Экспериментальные исследования сопел [Текст] / Ю.Я. Фершалов, Т.В. Сазонов // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2013. – № 1 (14). – С. 34–48.
3. Забелин Н.А. Пути совершенствования малорасходных турбин конструкции ЛПИ [Текст] / Н.А. Забелин, А.А. Себелев, М.В. Смирнов // Мат-лы всероссийской конф. «Изобретатели в инновационном процессе России»: Тез. докл. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. – 2014. – С. 73–76.
4. Фершалов Ю.Я. Влияние конструктивных факторов на КПД малорасходных турбинных ступеней / Ю.Я. Фершалов, И.Н. Ханькович, А.Н. Минаев, Б.Я. Карастелёв, Ю.В. Якубовский // Научное обозрение. – 2012. – № 5. – С. 440–450.
5. Кузнецов Ю.П. Создание неавтономных турбоприводов на базе синтеза высокоэффективных микротурбин различных кинематических схем: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – СПб., 1995. – 35 с.
6. Семашко П.В. Аэродинамическое совершенствование малоразмерных турбин с целью повышения эффективности пневмоприводов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 1994. – 17 с.
7. Кузнецов Ю.П. Установка для визуализации потока в элементах проточной части турбинной ступени [Текст] / Ю.П. Кузнецов, А.Б. Чуваков, Л.А. Бердников // Межвузовский сборник «Проблемы автоматизации исследований и проектных решений в судовой энергетике». – Горький, 1990. – С. 98–100.
8. Кузнецов Ю.П. Экспериментальная установка для исследования малоразмерных турбинных ступеней [Текст] / Ю.П. Кузнецов, А.Б. Чуваков // Известия вузов. Сер. «Машиностроение». – 2013. – № 4. – С. 58–64.
9. *FlowVision*. Руководство пользователя [Текст]. – М.: ТЕСИС, 2008. – 285 с.
10. Куклина Н.И. Особенности сравнения физического и численного экспериментов [Текст] / Н.И. Куклина, А.А. Себелев, М.В. Смирнов, Г.Л. Раков // Мат-лы XLIII научно-практ. конф. с междунар. участ. «Неделя науки СПбПУ»: тез. докл. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. – 2015. – С. 104–107.

УДК 621.31

МНОГОФАКТОРНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕСУРСНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ В ОЦЕНКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕВЕРА

Киушкина В.Р.

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова» (филиал),
Технический институт, Нерюнгри, e-mail: viola75@mail.ru*

Статья посвящена анализу отдельных индикаторов оценки энергетической безопасности, которые целенаправленно отражают специфические проблемы автономных систем электроснабжения изолированных территорий Севера. Рассмотрению представлены именно индикаторы блоков оценки обеспеченности электрической энергией потребителей децентрализованной зоны и ресурсной (топливно-энергетической) обеспеченности АЭС. В работе представлено обоснование индикаторов, сохраненных в перечне с уточнением градации их пороговых значений и введенных в перечень. Отдельный акцент сделан на новые индикаторы возобновляемой энергетики. Представлена совокупность признаков и средств возможной и необходимой реализации элементов привлекательности возобновляемых источников энергии с характерной специфичностью децентрализованных зон. Данный анализ позволит получить более развернутую картину состояния энергетической безопасности со стороны ресурсной обеспеченности рассматриваемых территорий, учитывая множественные факторы, характерные для изолированных энергозон.

Ключевые слова: изолированность, индикаторы, ресурсы, возобновляемые источники энергии, энергетическая безопасность, коэффициент самообеспеченности, электропотребление

MULTIFACTORITY OF RESOURCE SECURITY INDICATORS IN ESTIMATING THE ENERGY SECURITY OF AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEMS OF THE NORTH

Kiushkina V.R.

*North-Eastern Federal University Ammosov (branch) of the Technical Institute, Neryungri,
e-mail: viola75@mail.ru*

The article is devoted to the analysis of individual indicators of energy security assessment, which purposefully reflect specific problems of autonomous power supply systems of isolated territories of the north. Consideration is given to the indicators of the blocks for estimating the supply of electric energy to the consumers of the decentralized zone and the resource (fuel and energy) supply of the nuclear power plant. The paper presents the rationale for the indicators stored in the list with the specification of the gradation of their threshold values and entered in the list. A separate emphasis is placed on new indicators of renewable energy. The set of features and means of possible and necessary implementation of the elements of the attractiveness of renewable energy sources with the characteristic specificity of decentralized zones is presented. This analysis will provide a more detailed picture of the state of energy security from the resource supply of the considered territories, taking into account the multiple factors characteristic for isolated energy zones.

Keywords: isolation, indicators, resources, renewable energy sources, energy security, self-sufficiency factor, power consumption

Жесткие требования к укреплению позиций энергетической безопасности (ЭНБ) изолированных (автономных) энергозон обоснованы достаточно сложными условиями, в которых функционируют данные энергохозяйства, особенно находящиеся на территориях северных регионов. В существующих исследованиях предлагается перечень показателей, направленных на оценку состояния централизованных энергосистем и отдельных регионов со свойственной им характеристикой. Но специфика, присущая автономным системам электроснабжения, диктует необходимость в формировании своего перечня индикаторов оценки энергетической безопасности изолированных территорий, в корректировке и уточнении показателей оценки. Неоднородность территорий

районов Крайнего Севера, в частности региона Дальнего Востока, включая Республику Саха (Якутия) с энергетической точки зрения характеризует разную степень и неравномерность обеспеченности топливными ресурсами и широкий диапазон уровня энергетической безопасности. Все это обуславливает более глубокий подход к включению специфических особенностей и условий функционирования децентрализованных зон электроснабжения северных регионов в определение и характеристики состава индикативных показателей оценки энергетической безопасности.

Целью исследования является анализ и введение новых индикаторов ресурсной обеспеченности автономных систем электроснабжения изолированных северных

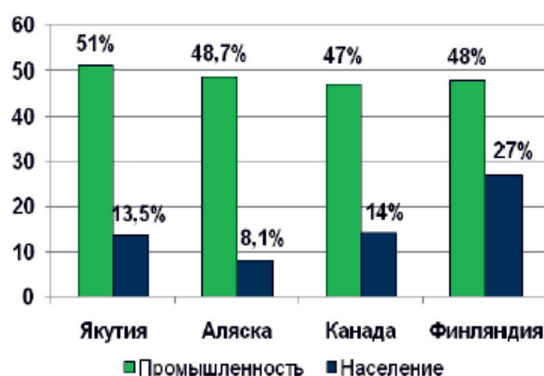
территорий в разрезе оценки состояния энергетической безопасности.

Рассмотрение индикаторов на региональном уровне с позиции оценки децентрализованных территорий должно конкретизироваться на местном уровне с обозначением локальных индикаторов со свойственной специфичностью. Исследование территорий децентрализованных зон Севера предъявляет к отбору индикаторов ряд дополнительных требований. В ранее проведенных автором исследованиях была разработана классификация приоритетности индикаторов, значимых и неприемлемых для оценки исследуемых энергозон в условиях децентрализации и территориальной расположенности. В перечне показателей индикаторы, которые отражают степень обеспеченности электрической энергией потребителей и топливно-энергетической обеспеченности децентрализованной зоны, занимают одну из акцентирующих позиций. Последнее фиксирует факт труднодоступности и удаленности исследуемых территорий.

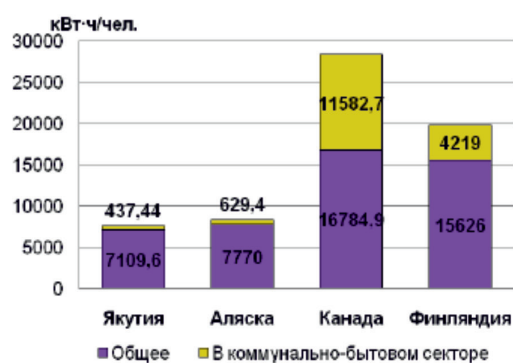
Первый исследуемый показатель – индикатор уровня душевого потребления электроэнергии – сохраним в перечне оценок и отнесем к числу одного из внешних факторов, образующих фон для развития энергетики. Величина среднедушевого электропотребления является одним из индикаторов уровня благосостояния населения страны, а следовательно, ее экономического развития. Этот показатель находится в числе первостепенных индикаторов по проведенной экспертной оценке их рангов [1]. Пороговые уровни показателя душевого потребления элек-

троэнергии связаны с суровостью климатических условий территории. Но надо отметить, что исследуемые децентрализованные территории имеют достаточно низкую отметку температуры с круглогодичным отопительным периодом. Так, в изученных децентрализованных зонах территорий (с присутствием слабо развитых производственных секторов) севера РФ с населением не менее 10 тыс. человек (сельским и городским населением), имеет место действительный уровень потребления 1187,9–2419 кВт·ч/чел. По данным научной литературы [2] душевое потребление электроэнергии в сфере домашних хозяйств и прочих видах деятельности регионов России колеблется в пределах 1977 кВт·ч/чел (2008 г. – 825/1152 кВт·ч/чел в быту/ прочих видах деятельности, включая коммунальное хозяйство) и имеет прирост в сельских населенных пунктах – 3,6%. Сравнительный анализ показателей развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) северных территорий РФ и территорий регионов стран циркумполярного севера (схожих по климатическим условиям, рис. 1) показал [3], что среди северных стран самое высокое среднедушевое электропотребление имеет место в Канаде, Швеции и Финляндии – 7350/4390/4315 кВт·ч/чел.

Опираясь на проведенный анализ данных и уже существующие пороговые значения индикатора, все же можно предположить базовую градацию для северных территорий децентрализованных энергозон (территории с весьма суровым климатом, продолжительность отопительного периода 270 суток [4]): более 1150 кВт·ч/чел – безопасное состояние.



а)



б)

Рис. 1. Потребление электроэнергии промышленностью и населением (а) и на душу населения (б) в Якутии, Канаде, Финляндии и Аляске [3]

В связи с тем, что в децентрализованной зоне северных регионов не функционируют крупные производственные мощности, энергообеспечение в основном носит социальный характер. Поэтому в перечень индикаторов введен индикативный показатель потребления энергии рассредоточенными малыми населенными пунктами самобытной и промысловой жизнедеятельности. На фоне гипертрафированного внимания к проблемам централизованного электроснабжения предлагаемый индикатор слишком индивидуален, но внесет в мониторинг уровня ЭНБ все сектора потребителей децентрализованных территорий северных регионов. Данный индикатор будет характеризовать потребителей, имеющих специфическую электрическую нагрузку примерно до 5 кВт, которая определяется бытовыми нуждами, в первую очередь освещением. Реальный объем душевого потребления электроэнергии даже с учетом северных климатических условий много меньше значений, приведенных в различных исследованиях по пороговым значениям индикатора, не применимых для оценки децентрализованных зон. В данном случае необходимо фиксирование минимального объема данного показателя (величины необходимой потребительской корзины) для каждого индивида, как потребителя электроэнергии определенного территориального кластера с характерным видом жизнедеятельности, который сохраняется на протяжении многих столетий и сохранится как самобытный образ жизни таких потребителей.

С другой стороны, обращаясь ко многим исследованиям, можно утверждать, что низкое значение показателя душевого потребления электроэнергии исследуемыми потребителями при их существующем образе жизни и специфичной электрической нагрузке (достаточной для них в данном случае по потребностям), это не что иное, как низкий уровень развития территории и недостаточно созданные условия для благосостояния такого населения. Возможно, при обосновании данного вопроса потребуются изучение социальной нормы потребления электроэнергии по региону / локальной зоне субъекта РФ, социального статуса таких потребителей в каждом отдельном случае с рассмотрением территориально-политических условий его реализации для создания условий обеспечения минимального уровня жизнеобеспечения, как одной из основных задач ЭНБ отдельной локальной территории, района, региона, субъекта страны, государства. Для данной специфичной группы показателя душевого потребления электроэнергии возможно определение пороговых значений, к примеру, в зависимости от того к какой

инфраструктуре принадлежит микро потребитель децентрализованной зоны (сельский мелкий пункт, промысловое хозяйство, кочевое хозяйство и т.д.).

В рассматриваемый блок введен показатель коэффициента обеспеченности электрической энергией, исходя из того, что он представлен в своем применении с точки зрения выравнивания уровня жизни населения, оценки «доступности электрической энергии». Основание же доступности с разных направлений как раз комментируется выполнением соответствующих показателей – индикаторов. Специфика функционирования объектов децентрализованной энергетики в условиях их существования предполагает верхний порог 100% для электроснабжения местного потребителя локальной энергозоны. Анализ их особенностей (территориальная рассредоточенность, автономность источника электроэнергии, особенность электросетевого хозяйства в пределах территориального кластера и условиях эксплуатации в вечной мерзлоте, фиксированно ограниченный объем отпуска электроэнергии в условиях фактического состояния дизельных электростанций (ДЭС), нерегулярность электроснабжения при нарушениях топливной логистики и т.д.) позволяет предположить следующую дифференциацию пороговых значений индикатора: при значении коэффициента меньше 1 – чрезвычайное состояние по энергодефициту; при значении коэффициента равного 1 – безопасное состояние по сбалансированности электроэнергии; более 1 – безопасное избыточное состояние по установленной мощности ДЭС.

Так же в рассматриваемом блоке существующих исследований фиксируется индикатор доли собственных источников в балансе используемого топлива (котельно-печное, дизельное, газ и т.д.), который уточнен в перечне показателей исследуемых зон. Учитывая, что особенностью децентрализованного электроснабжения являются автономные ДЭС с привозным топливом, все исследуемые территории априори будут находиться в кризисном состоянии по данному показателю. Тем не менее полное исследование данного показателя в разрезе существующих условий функционирования автономных систем электроснабжения и реальных статистических данных по топливным составляющим баланса позволит выполнить коррекцию порога индикатора и предложить градацию: 100% – безопасное состояние по данному индикатору; менее 100% – депрессивное состояние, которое может перейти в чрезвычайное состояние в случае перебоев в поставках привозного

топлива. Разбиение последнего порогового значения индикатора на большее количество групп (процентная градация) не даст показательной для рассуждений картины по состоянию локальных энергозон вследствие специфики исследуемых автономных энергохозяйств.

В исследование введен показатель обеспеченности местными ресурсами (углем, газом, дизельным топливом и т.д.) и является уточняющим. Для децентрализованных зон необходимо провести районирование пороговых уровней по степени возможности перехода к альтернативным видам местных традиционных топливных ресурсов исследуемой зоны и силы связи с близлежащими/прилегающими к ней локальными зонами, обладающими данными видами ресурсов. Аналогично коэффициенту самообеспеченности энергией для децентрализованных зон можно предложить разделение на избыточные и дефицитные территории с варьированием вокруг значения 1. Возможность обеспечения запасами нефти, угля, газа через разведку месторождений децентрализованной зоны [4, 5] – данный показатель сохранен в перечне, является синтетическим и определяется отчетными данными о количестве лет по обеспеченности текущими разведанными извлекаемыми запасами топлива при непосредственном проведении исследований территории. В разрезе децентрализованных зон необходимо отметить состоятельность территорий по потенциальным и освоенным месторождениям, но на текущий момент не изученных геологоразведкой и не освоенных по различным причинам (труднодоступность, высокзатратность, отсутствие финансовых инвестиций и т.д.).

Индикатор доли доминирующего ресурса в общем потреблении топлива [4, 5] в децентрализованной зоне характеризует рациональность топливных балансов в электроэнергетике территорий и сохранен в перечне оцениваемых показателей. Но это не самостоятельный показатель и несет свою значимость в последствиях оценки.

Так же в изученных исследованиях территории группируются по характеристикам обладания собственными топливными ресурсами или присутствия факта их доставки. Надо отметить, что в существующих исследованиях для большей части перечня северных территорий (например, Тюменская область, Ханты-Мансийский АО, Красноярский край, Иркутская область, Республика Саха (Якутия) и др.) данный индикатор не рассчитывался в силу их избыточности по собственным ресурсам доминирующего ресурса. Но предварительный анализ показывает несоответствие данного вывода

в разрезе оценки децентрализованных зон. Изучение показателя позволит оценить диверсифицированность топливно-энергетических ресурсов изолированных территорий. Это позволит увидеть всего лишь степень некоторой готовности к потенциальным изменениям в структуре топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и уровне обеспечения энергетической безопасности с позиции данной характеристики. Если же структура автономных систем электроснабжения (АСЭС) не расположена к изменениям, не подразумевает взаимозаменяемость по использованию иного вида топлива и не имеет возможности перераспределения нагрузки между невзаимосвязанными электроустановками энергозоны, к тому же еще и с разными видами используемого топлива (если таковые имеются), то в случае недостатка доминирующего топлива не имеет значения, какова его доля. Поэтому классификация порогового значения взаимосвязана с анализом структуры АСЭС и специфики их функционирования для каждой конкретной зоны. В случае использования ресурсов местных месторождений предполагается, что все же электроустановки направлены на использование именно данного вида топлива. Поэтому далее решающую роль играет взаимосвязь с состоянием показателя добычи по месторождению и его обеспеченностью запасами.

С учетом расположения децентрализованных зон северных территорий, особенностей существующих энергохозяйств, статуса потребителей электроэнергии и так далее сформирован принцип районирования таких территорий и принята классификация пороговых значений доли доминирующего ресурса в общем потреблении топлива для оценки: группа территорий, с долей 100% привозного топлива для электроснабжения изолированных потребителей – при любом значении показателя будет наблюдаться чрезвычайное состояние для специфики автономности; группа территорий, использующая топливные ресурсы местных месторождений – при использовании собственных ресурсов будет наблюдаться безопасное либо депрессивное состояние в зависимости от доли используемых собственных ресурсов.

Для выявления территорий с возможностью их диверсификации ТЭР местными возобновляемыми ресурсами введен индикатор обеспеченности ресурсами возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Степень обеспеченности территории данным энергоресурсом определится его потенциалом с географической привязкой к децентрализованной зоне, не имея перечисленных для других показателей по топливным

ресурсам коэффициентов зависимостей. Измерение индикатора основывается на обработке характеристических параметров (средняя сезонная скорость ветрового потенциала, солнечная инсоляция, объемы и распределение биомассы и т.д.) возобновляемого энергоресурса территории; на оценке технического потенциала / единичных характеристик возобновляемого энергоресурса территории по типовым методикам. Данный синтетический показатель складывается из соответствующих индикативных показателей объемов потенциала различных видов ВИЭ территории в соотношении с объемами и характером потребляемой электрической нагрузки изолированными потребителями.

На предварительном этапе целесообразно определить приоритетные виды возобновляемых ресурсов для исследуемой территории в виде присутствия перспективного коэффициента обеспеченности с ранжированием диапазона потенциала. Пороговые значения по данному показателю могут быть приняты и уточнены на основании уже существующих исследований в области градации характеристик ветра, солнечной энергии и других ВИЭ для регионов России, но уже на примере отдельно взятых децентрализованных зон северных территорий. Так как потенциал возобновляемого ресурса неисчерпаем, в отличие от традиционного топлива, то определение фиксированных пороговых значений индикатора для оценки его достаточности основывается на соотношении показателей графиков нагрузки потребителей и условий реализации потенциала ВИЭ конкретной децентрализованной зоны электроснабжения. И важным показателем возможности реализации возобновляемого потенциала являются существующие технические разработки энергетических установок, наличие соответствующих прогрессивных и оптимальных технологий наиболее полного использования возобновляемых потенциальных ресурсов.

Районирование по данному показателю целесообразнее производить по характеристической величине потенциала ресурса ВИЭ с географической привязкой к территории. Классификацию пороговых значений данного показателя можно принять только для оценки отдельной децентрализованной зоны электроснабжения с микроклиматическим обследованием и учетом влияющих факторов территории (изменяющаяся нагрузка потребителя, социальный статус потребителя, территориальное расположение АСЭС, климатические условия, изменяющаяся энергия возобновляемого потенциала и т.д.).

Показатель привлекательности развития ВИЭ является введенным в перечень и итоговым в индикативной оценке по показателям потенциала ВИЭ. Здесь предполагается рассмотрение возможности включения коэффициента привлекательности развития таких ресурсов для предварительного рассмотрения их стратегической востребованности при укреплении показателей ЭНБ. Территориальная дифференциация пороговых уровней этого показателя производится по признаку условий изолированности территории. Чем сложнее условия, в которых функционируют изолированные автономные системы электроснабжения, тем серьезнее требования к обеспечению нормальной жизнедеятельности человека с точки зрения ЭНБ северных регионов.

По результатам нового исследования аналитиков компании ЕУ одна из последних современных тенденций – это определение «Индекса (рейтинга) привлекательности стран для развития (инвестирования) отрасли возобновляемой энергетики». Основными факторами, способствующими росту перспективности индекса, являются стоимость внедрения технологий возобновляемой энергетики, определенность и присутствие долгосрочной энергетической политики. Введение коэффициента привлекательности ВИЭ в исследуемой индикативной оценке децентрализованных территорий теоретически несет в себе указанную смысловую нагрузку и предполагает реализацию на локальном уровне в несколько иной интерпретации. Коэффициент привлекательности территории для вовлечения ВИЭ в изолированные системы электроснабжения может быть рассмотрен в виде зависимостей с использованием различных факторов (рис. 2), где степень благоприятности характеризуется потенциальным ресурсом ВИЭ, изолированностью зон, масштабом государственной поддержки.

Описание содержательного значения коэффициента привлекательности сформировано в виде схемы соотношения факторов: ослабевают и могут снизить до незначимого уровня коэффициент привлекательности – нейтрализующие факторы; социальный статус населения и его платежеспособность с чрезмерно высокой стоимостью электроэнергии от АСЭС повышает привлекательность внедрения ВИЭ в зоне, увеличивая коэффициент.

Если имеет место существование инвестиций в проекты реализации возобновляемого потенциала исследуемой территории, либо благоприятный прогноз, то данные факты можно считать усиливающими рассматриваемый индикатор.

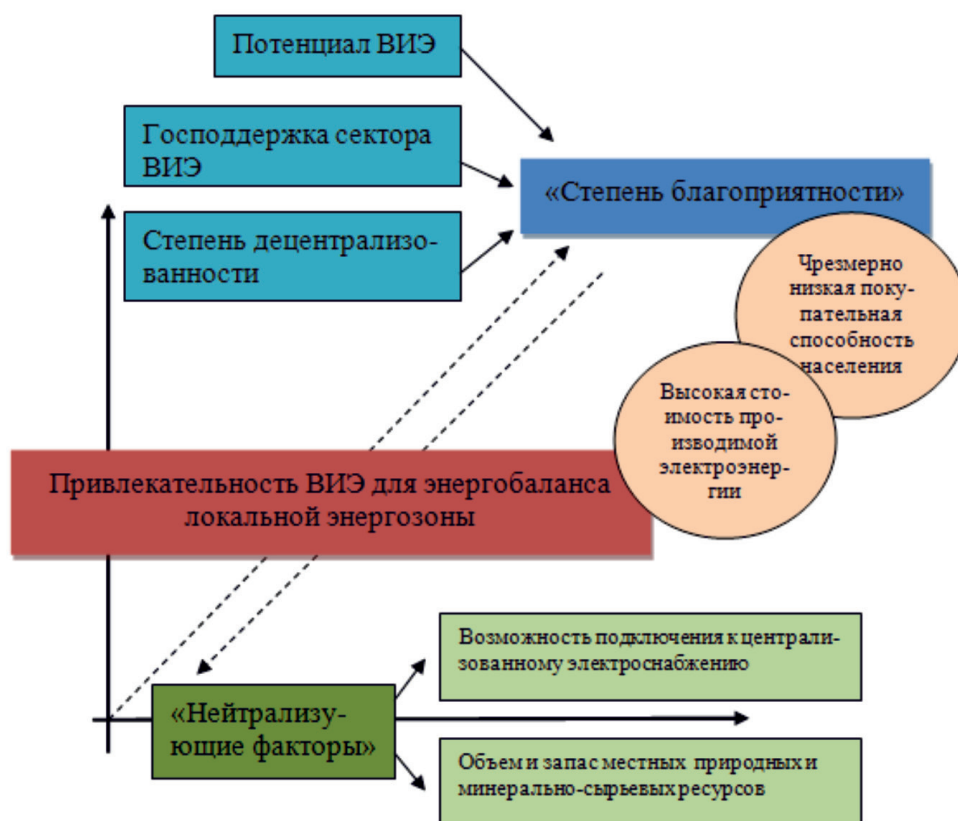


Рис. 2. Совокупность признаков и средств возможной и необходимой реализации элементов привлекательности ВИЭ с характерной специфичностью децентрализованных зон

В случае отличных от нуля индикаторов топливно-ресурсных показателей имеет место для введения в перечень и определения показатель истощения собственной топливной базы. В сравнении с предыдущими показателями данной направленности здесь районирование территорий может определяться: динамикой спроса на собственные топливные ресурсы, темпами расширения масштабов использования собственной топливной базы, степенью возможного развития инфраструктуры децентрализованной зоны и обеспечения комфортного уровня социальной нормы потребителя электроэнергии, причинами истощения (ресурсные проблемы, экологические воздействия, интенсивность развития хозяйств и т.д.), показателями восстановления собственной базы за счет различных направлений (энергосбережение, увеличение добычи полезных ископаемых, переход на возобновляемые и традиционные локальные ресурсы, фактическое снижение объемов электропотребления и т.д.).

Численного значения пороговых уровней показатель истощения собственной топливной базы не имеет, и возможность его оценки связана со сложностью обработки большого массива данных и зависит от наличия исходных и информационных данных по программам развития территории. Данный показатель может быть определен как скорость изменения его содержания во взаимосвязи с одним или группой рассмотренных факторов и представлен в виде лингвистической переменной по типу: «быстрое, медленное, умеренное» с соотношением с уровнями ЭНБ соответственно «наличие угрозы, отсутствие угрозы, возможен переход в кризисное состояние при определенных ситуациях».

Таким образом, индикаторы, которые вошли в оценку блоков обеспеченности электрической энергией потребителей децентрализованной зоны и ресурсной (топливно-энергетической) обеспеченности АСЭС рассматриваются на основе анализа большого числа факторов и исходной информации о рассматриваемых

территориях. Совокупность существующих показателей и вновь введенных позволит сформировать реальную картину по специфике децентрализованных энергозон и более адресно выработать меры по укреплению энергетической безопасности с анализируемой позиции.

Список литературы

1. Киушкина В.Р. Ранжирование приоритетности индикативных показателей энергетической безопасности децентрализованных энергозон северных территорий // Интернет-журнал «Наукovedение». – 2017. – Т. 9, № 3. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/30TVN317.pdf> (дата обращения: 01.12.2017).
2. Антонов Н.В., Татевосова Л.И. Электропотребление России в 2008 году: вхождение в кризис // Электрика. – 2010. – № 5. – С. 3–12.
3. Старостина Л.В. Сравнение показателей развития топливно-энергетического комплекса Якутии и других северных территорий // Промышленная энергетика. – 2013. – № 10. – С. 21–26.
4. Отраслевые и региональные проблемы формирования энергетической безопасности / Под ред. А.А. Кукулина, А.Л. Мызина; Кукулин А.А., Мызин А.Л., Богатырев Л.Л., Пыхов П.А., Денисов О.А., Ананичева С.С., Шелюг С.Н., Мезенцев П.Е., Литвинов В.Г. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2008. – 384 с.
5. Энергетическая безопасность России / В.В. Бушуев, Н.И. Воропай, А.М. Мастепанов, Ю.К. Шафраник и др. – Новосибирск: Наука, 1998. – 302 с.

УДК 004:681.51

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ УСТАНОВКИ НАГРЕВА СТЕКЛОИЗДЕЛИЙ

Коваль В.А., Самарский А.А., Соломин М.А., Степанов М.Ф., Торгашова О.Ю.
ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина»,
Саратов, e-mail: olgatorg@gmail.com

Статья посвящена решению задачи стабилизации температурного поля установки термической обработки стеклоизделий. Техническая реализация установки термообработки стеклоизделий обладает рядом особенностей. Установка представляет собой цилиндрическую печь. Величина температуры зависит от текущей координаты по длине. Нагрев осуществляется секционным нагревателем, регулятор является дискретным по пространству. Управление установкой производится по закону, вырабатываемому микропроцессорным устройством, то есть является дискретным по времени. Построена математическая модель для пространственно-двумерного распределенного объекта управления – установки термической обработки стеклоизделий с учетом распространения тепла в стенке камеры и в самой камере. Получено спектральное представление объекта управления в виде бесконечной системы дифференциальных уравнений. Синтезирован регулятор, обеспечивающий стабилизацию с заданной точностью температурного поля установки термической обработки стеклоизделий. Выполнен анализ замкнутой системы в Matlab. Анализ результатов показывает, что заданные требования к точности выполняются.

Ключевые слова: распределенная система, уравнение теплопроводности, цилиндрическая система координат, спектральная характеристика, синтез, анализ

STABILIZATION SYSTEM SYNTHESIS OF THE TEMPERATURE FIELD IN THE GLASS HEAT TREATMENT

Koval V.A., Samarskiy A.A., Solomin M.A., Stepanov M.F., Torgashova O.Yu.
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, e-mail: olgatorg@gmail.com

The article is devoted to the stabilization problem solution of the temperature field for a thermal treatment facility for glassware. The technical implementation of installation for annealing glassware has many features. The installation is cylindrical. The temperature value depends on the axial coordinate. Heating is carried out by a sectional heater, i.e. the regulator is discrete in space. The installation is controlled according to the law produced by the microprocessor device, i.e. the control is discrete in time. The mathematical model is constructed for a spatially two-dimensional distributed system – a device for the thermal processing of glassware, taking into account the propagation of heat in the chamber wall and in the chamber itself. The spectral representation of the plant is obtained in the form of an infinite system of differential equations. The control law is synthesized to ensure stabilization with a given accuracy of the temperature field of the heat treatment unit for glassware. A closed-system analysis is performed in Matlab. The results show that the specified accuracy requirements are met.

Keywords. distributed system, heat equation, cylindrical coordinate system, spectral characteristic, synthesis, analysis

Основным отличием оптического стекла от технического является его высокая оптическая однородность, которая достигается при тонком отжиге [1–3]. Тонкий отжиг проводится по строго заданному режиму и ослабляет напряжения в заготовках до требуемого минимально необходимого значения.

Техническая реализация установки для отжига стеклоизделий обладает рядом особенностей. Установка представляет собой цилиндрическую печь. Требуется решить задачу стабилизации температуры внутри печи на заданном радиусе. Величина температуры зависит от текущей координаты по длине. Нагрев печи осуществляется секционным нагревателем, регулятор в этом случае является дискретным по пространству. Управление установкой производится по закону, вырабатываемому микропроцессорным устройством, то есть является дискретным по времени. Величина управляющего воздействия вычисляется по результатам

измерений температуры в нескольких точках пространства внутри печи, таким образом, для решения задачи синтеза требуется восстановить температурное поле объекта управления при неполном измерении.

Описание объекта и постановка задачи управления

Рассмотрим нагревательную камеру технологической установки для отжига стеклоизделий (рис. 1). Нагревательная камера представляет собой цилиндрическую трубу, границы которой находятся в пределах $r \in (0, R)$, $z \in (0, L)$. На радиусе $r = r^*$ расположены датчики температуры.

Поскольку в установке присутствует теплоизолированная технологическая зона, будем считать, что отрицательным температурным градиентом на выходе камеры можно пренебречь. Учитывая это, будем считать, что производная по пространственной координате от температуры на выходе камеры равна нулю.

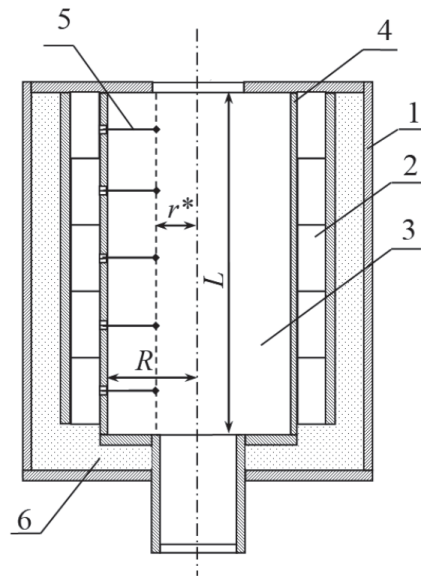


Рис. 1. Схема установки отжига стеклоизделий: 1 – корпус нагревательной камеры; 2 – секционный нагреватель; 3 – нагревательная камера; 4 – корпус камеры; 5 – термопары; 6 – теплоизоляция

Таблица 1

Технические данные установки отжига стеклоизделий

№ п/п	Наименование	Ед. измерения	Значение
1	Мощность, потребляемая от сети	Вт	15×10^3
2	Радиус камеры R	м	0,038
3	Длина камеры L	м	1,020
4	Время t_0	с	100
5	Средняя мощность нагрева на метр нагревателя W_0	Вт/м	10×10^3

Технические данные установки для отжига стеклоизделий приводятся в табл. 1.

При построении математической модели нагревательной камеры будем учитывать распространение тепла в стенке камеры 4 и в самой камере 3. За температуру стенки нагревательной камеры будем принимать среднюю по ее сечению величину температуры в силу высокой теплопроводности материала – стали.

С учетом сделанных допущений уравнения распространения тепла внутри нагревательной камеры и в стенке камеры можно записать в виде

$$\frac{\partial \Theta(r, z, t)}{\partial t} = \frac{\lambda}{c \gamma} \left(\frac{\partial^2 \Theta(r, z, t)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Theta(r, z, t)}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Theta(r, z, t)}{\partial z^2} \right),$$

$$r \in (0, R), z \in (0, L), t \in (0, \infty), \quad (1)$$

$$\frac{\partial \Theta_R(z, t)}{\partial t} = \frac{\lambda_R}{c_R \gamma_R} \frac{\partial^2 \Theta_R(z, t)}{\partial z^2} + \frac{k_R D}{c_R \gamma_R \delta_R D_R} [\Theta(R, z, t) - \Theta_R(z, t)] +$$

$$+ \frac{W_R(z, t)}{\pi c_R \gamma_R \delta_R D_R}, \quad z \in (0, L), t \in (0, \infty) \quad (2)$$

с начальными условиями

$$\Theta(r, z, 0) = \Theta_0, \quad \Theta_R(z, 0) = \Theta_0,$$

$$r \in (0, R), z \in (0, L) \quad (3)$$

и граничными условиями

$$\begin{aligned} \Theta(r, z, t)|_{z=0} = \Theta_0, \quad \frac{\partial \Theta(r, z, t)}{\partial z} \Big|_{z=L} = 0, \quad \lambda \frac{\partial \Theta(r, z, t)}{\partial r} \Big|_{r=R} = k_R [\Theta(r, z, t)|_{r=R} - \Theta_R(z, t)], \\ \frac{\partial \Theta(r, z, t)}{\partial r} \Big|_{r=0} = 0, \quad \Theta_R(z, t)|_{z=0} = \Theta_R(z, t)|_{z=L} = \Theta_0, \quad \frac{\partial \Theta_R(z, t)}{\partial z} \Big|_{z=L} = 0, \end{aligned} \quad (4)$$

где Θ – температура воздуха внутри нагревательной камеры, град; Θ_R – температура стенки камеры, град; Θ_0 – температура среды на входе и выходе нагревательной камеры, град, $\Theta_0 > 0$; c – удельная теплоемкость воздуха внутри камеры, Дж/(кг×град); c_R – удельная теплоемкость материала стенки нагревательной камеры, Дж/(кг×град); γ – плотность воздуха, кг/м³; γ_R – плотность материала стенки нагревательной камеры, кг/м³; λ – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м×град); λ_R – коэффициент теплопроводности материала стенки нагревательной камеры, Вт/(м×град); k_R – коэффициент теплоотдачи от стенки камеры к воздушной среде внутри камеры, Вт/(м²×град); D – внутренний диаметр камеры, м; D_R – внешний диаметр камеры, м; δ_R – толщина стенки камеры, м; t – время, с; r, z – пространственные переменные по радиусу и длине соответственно, м; R – радиус камеры, м; L – длина камеры, м; $W_R(z, t)$ – мощность подогрева на 1 м нагревателя, Вт/м.

Управляющим воздействием является поток тепла, исходящий от нагревательных элементов, равномерно распределенных вдоль оси установки. Будем считать управлением мощность подогрева на 1 м нагревателя $W_R(z, t)$, которая представляется в виде

$$\begin{aligned} W_R(z, t) = \sum_{\mu=1}^N W_{R\mu}(t) [1(z - (\mu - 1)\Delta L) - 1(z - \mu\Delta L)], \\ \Delta L = L/N, \quad W_R(z, t) \in [0, W_{R\max}(z, t)], \end{aligned} \quad (5)$$

где ΔL – длина секции нагревателя, м; N – число секций; $1(z - (\mu - 1)\Delta L)$, $\mu = \overline{1, N}$ – здесь и далее единичная ступенчатая функция.

Отметим, что в рассматриваемой задаче управление осуществляется с помощью пяти секций, то есть $N = 5$.

Для представления математической модели объекта управления (1)–(5) в безразмерной форме введем переменные

$$\vartheta = \frac{\Theta}{\Theta_0}, \quad \vartheta_R = \frac{\Theta_R}{\Theta_0}, \quad \psi_W = \frac{W_R}{W_0}, \quad \psi_{W\mu} = \frac{W_{R\mu}}{W_0}, \quad \tau = \frac{t}{t_0}, \quad \rho = \frac{r}{R}, \quad \xi = \frac{z}{L}, \quad \Delta = \frac{\Delta L}{L}. \quad (6)$$

Представим температуру воздуха внутри камеры $\vartheta(\rho, \xi, \tau)$ и температуру стенки камеры $\vartheta_R(\xi, \tau)$ в виде суммы двух составляющих

$$\vartheta(\rho, \xi, \tau) = \vartheta(\rho, \xi, \tau)|_{\xi=0} + \vartheta_\Delta(\rho, \xi, \tau), \quad \vartheta_R(\xi, \tau) = \vartheta_R(\xi, \tau)|_{\xi=0} + \vartheta_{R\Delta}(\xi, \tau), \quad (7)$$

где $\vartheta(\rho, \xi, \tau)|_{\xi=0}$, $\vartheta_R(\xi, \tau)|_{\xi=0}$ – постоянная составляющая температуры внутри камеры и стенки камеры; $\vartheta_\Delta(\rho, \xi, \tau)$, $\vartheta_{R\Delta}(\xi, \tau)$ – функции, описывающие отклонение от величины постоянной составляющей для температуры внутри камеры и температуры стенки соответственно.

С учетом выражений (7) и обозначений безразмерных переменных (6) уравнения объекта могут быть записаны в отклонениях от постоянной составляющей:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \vartheta_\Delta(\rho, \xi, \tau)}{\partial \tau} = \kappa_\rho \left\{ \frac{\partial^2 \vartheta_\Delta(\rho, \xi, \tau)}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \vartheta_\Delta(\rho, \xi, \tau)}{\partial \rho} + \kappa_\xi \frac{\partial^2 \vartheta_\Delta(\rho, \xi, \tau)}{\partial \xi^2} \right\}, \\ \rho \in (0, 1), \quad \xi \in (0, 1), \quad \tau \in (0, \infty), \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \vartheta_{R\Delta}(\xi, \tau)}{\partial \tau} = \kappa_{R\xi} \frac{\partial^2 \vartheta_{R\Delta}(\xi, \tau)}{\partial \xi^2} + \alpha_R [\vartheta_\Delta(\rho, \xi, \tau)|_{\rho=1} - \vartheta_{R\Delta}(\xi, \tau)] + \alpha_W \psi_W(\xi, \tau), \\ \xi \in (0, 1), \quad \tau \in (0, \infty), \end{aligned} \quad (9)$$

где $\kappa_\rho = \frac{\lambda t_0}{c \gamma R^2}$, $\kappa_\xi = \left(\frac{R}{L}\right)^2$, $\kappa_{R\xi} = \frac{\lambda_R t_0}{c_R \gamma_R L^2}$, $\alpha_R = \frac{k_R D t_0}{c_R \gamma_R \delta_R D_R}$, $\alpha_W = \frac{W_0 t_0}{\pi c_R \gamma_R \delta_R D_R \Theta_0}$ – безразмерные коэффициенты, с начальными условиями

$$\vartheta_{\Delta}(\rho, \xi, 0) = 0, \quad \vartheta_{1\Delta}(\xi, 0) = 0, \quad \rho \in [0, 1], \quad \xi \in [0, 1]. \quad (10)$$

и граничными условиями

$$\begin{aligned} \vartheta_{\Delta}(\rho, \xi, \tau)|_{\xi=0} = 0, \quad \frac{\partial \vartheta_{\Delta}(\rho, \xi, \tau)}{\partial \xi} \Big|_{\xi=1} = 0, \quad \frac{\partial \vartheta_{\Delta}(\rho, \xi, \tau)}{\partial \rho} \Big|_{\rho=1} = \frac{k_1}{\lambda R} \left[\vartheta_{\Delta}(\rho, \xi, \tau) \Big|_{\rho=1} - \vartheta_{R\Delta}(\xi, \tau) \right], \\ \frac{\partial \vartheta_{\Delta}(\rho, \xi, \tau)}{\partial \rho} \Big|_{\rho=0} = 0, \quad \vartheta_{R\Delta}(\xi, \tau) \Big|_{\xi=0} = \vartheta_{R\Delta}(\xi, \tau) \Big|_{\xi=1} = 0, \quad \frac{\partial \vartheta_{R\Delta}(\xi, \tau)}{\partial \xi} \Big|_{\xi=1} = 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Функция $\psi_{\mu}(\xi, \tau)$ представляется в виде

$$\psi_{\mu}(\xi, \tau) = \sum_{\mu=1}^N \psi_{\mu}(\tau) [1(\xi - (\mu - 1)\Delta) - 1(\xi - \mu\Delta)], \quad \Delta = 1/N. \quad (12)$$

Уравнения (8), (9) с соответствующими начальными и граничными условиями (10), (11), а также выражением (12) для управляющего воздействия представляют собой математическую модель в отклонениях нагревательной установки.

Рассмотрим задачу синтеза регулятора для решения задачи поддержания температуры на относительном радиусе $\rho^* = 0,6$ внутри камеры в соответствии с законом, представленным на рис. 2.

Максимальное значение функции $\vartheta_{\Delta\text{зад}}(0,3) = 1$ соответствует $\Theta_{\text{зад}} = 370^\circ\text{C}$. Минимальное значение $\vartheta_{\Delta\text{зад}}(0) = \vartheta_{\Delta\text{зад}}(1) = 0$ соответствует $\Theta_{\text{зад}} = 20^\circ\text{C}$. В силу (7) для вычисления параметров безразмерной модели следует принять $\Theta_0 = 350^\circ\text{C}$.

Будем считать, что измерение температуры осуществляется в точках $\rho^* = 0,6, \xi^* = \{0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9\}$. Требуемые значения температуры в этих точках $\vartheta_{\Delta\text{зад}}(0,75; 1,00; 0,80; 0,60; 0,35)$.

Представление модели объекта в спектральной форме

Математическая модель объекта управления (8)–(12) может быть представлена в форме пространства состояний на основе спектрального метода [4].

Спектральная характеристика функции $\vartheta_{\Delta}(\rho, \xi, \tau)$ по пространственным переменным ρ, ξ будет иметь вид

$$\Phi_{\vartheta_{\Delta}}(h_1, h_2, \tau) = \int_0^1 \int_0^1 \vartheta_{\Delta}(\rho, \xi, \tau) \rho B_0(\alpha_{h_1} \rho) P(h_2, \xi) d\xi d\rho, \quad h_1, h_2 = \overline{1, \infty}, \quad (13)$$

$$\vartheta_{\Delta}(\rho, \xi, \tau) = \sum_{h_1=1}^{\infty} \sum_{h_2=1}^{\infty} \Phi_{\vartheta_{\Delta}}(h_1, h_2, \tau) B_0(\alpha_{h_1} \rho) P(h_2, \xi). \quad (14)$$

где функции $B_0(\alpha_{h_1} \rho)$ являются ортонормированными на интервале $\rho \in [0, 1]$ и определяются выражением

$$B_0(\alpha_{h_1} \rho) = M_{0h_1} J_0(\alpha_{h_1} \rho), \quad h_1 = \overline{1, \infty}, \quad (15)$$

M_{0h_1} – нормирующий множитель, вычисляемый по выражению

$$M_{0h_1} = \left(\int_0^1 \rho J_0^2(\alpha_{h_1} \rho) d\rho \right)^{1/2}, \quad h_1 = \overline{1, \infty}, \quad (16)$$

$J_0(\alpha_{h_1} \rho)$ – функции Бесселя первого рода нулевого порядка; α_{h_1} – положительные корни уравнения $J_0(\alpha \rho) \Big|_{\rho=1} = 0, \quad h_1 = \overline{1, \infty}$.

В качестве $P(h_2, \xi)$ примем систему

$$P(h_2, \xi) = \sqrt{2} \{ \sin h_2 \pi \xi \}, \quad h_2 = \overline{1, \infty}, \quad (17)$$

при выборе которой удовлетворяются граничные условия по переменной ξ .

Спектральную характеристику функции $\vartheta_{R\Delta}(\xi, \tau)$ представим в виде

$$\Phi_{\vartheta_{R\Delta}}(h_2, \tau) = \int_0^1 \vartheta_{R\Delta}(\xi, \tau) P(h_2, \xi) d\xi, \quad \vartheta_{R\Delta}(\xi, \tau) = \sum_{h_2=1}^{\infty} \Phi_{\vartheta_{R\Delta}}(h_2, \tau) P(h_2, \xi), \quad h_2 = \overline{1, \infty}, \quad (18)$$

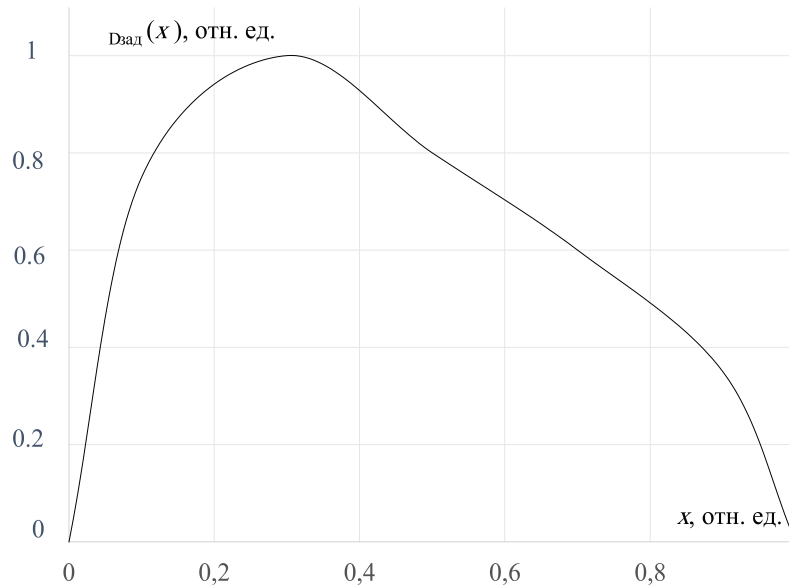


Рис. 2. График закона распределения температуры в зависимости от пространственной координаты на заданном радиусе $\rho^* = 0,6$

Спектральная характеристика управляющего воздействия находится из условия представления каждого пространственного μ -го импульса мощности, выделяемой на μ -м участке нагревателя, рядом Фурье по выбранной ортонормированной системе функций на интервале $\xi \in [0, 1]$. При этом полагаем $\psi_{w\mu}(\xi, \tau) = \psi_{w\mu}(\tau)$ при $(\mu - 1)/n_2 \leq \xi < \mu/n_2$, $\mu = \overline{1, n_2}$. Таким образом,

$$\Phi_{h_2}^\mu(\tau) = \int_{(\mu-1)/n_2}^{\mu/n_2} \psi_{w\mu}(\tau) P(h_2, \xi) d\xi, \quad \psi_{w\mu}(\tau) = \sum_{h_2=1}^{n_2} \Phi_{h_2}^\mu(\tau) P(h_2, \xi), \quad h_2 = \overline{1, n_2}, \quad \mu = \overline{1, n_2}. \quad (19)$$

Число секций, определяемое технологическими особенностями объекта управления, в общем случае может быть достаточно большой величиной. Амплитудное значение каждой h_2 -й моды управления от n_2 управляющих импульсов находится как сумма амплитудных значений пространственных мод данной частоты от n_2 управляющих импульсов:

$$\Phi_\psi(\tau) = \sum_{\mu=1}^{n_2} \left(\psi_{w\mu}(\tau) \int_{(\mu-1)/n_2}^{\mu/n_2} P(h_2, \xi) d\xi \right), \quad h_2 = \overline{1, n_2}. \quad (20)$$

Выражение (20) может быть представлено в матричной форме

$$\Phi_\psi(\tau) = Pu(\tau), \quad (21)$$

где $\Phi_\psi \in \mathbb{R}^{n_2}$ – вектор амплитуд мод управления, $u \in \mathbb{R}^{n_2}$ – вектор амплитуд управляющих импульсов мощности на единицу длины нагревателя, P – как правило, неособенная матрица преобразования. Следовательно, можно на основании (21) получить аналитическое выражение для амплитуд управляющих импульсов мощности на единицу длины индуктора

$$u(\tau) = P^{-1} \Phi_\psi(\tau) = P_{inv} \Phi_\psi(\tau). \quad (22)$$

Спектральное представление объекта (8)–(12) имеет вид

$$\begin{aligned} \frac{d\Phi_{\vartheta_\Delta}(\tau)}{d\tau} = & \left\{ \kappa_p \left([P_2^p \otimes I_{n_2}] + [P_{1/p}^1 \otimes I_{n_2}] [P_1^p \otimes I_{n_2}] \right) + \kappa_p \kappa_\xi [I_{n_1} \otimes P_2^\xi] - \right. \\ & \left. - \kappa_p k_R / (\lambda R) [B_0(1) \otimes I_{n_2}] [I_{n_2} \otimes B_0(1)]^T \right\} \Phi_{\vartheta_\Delta}(\tau) - \kappa_p k_R / (\lambda R) [B_0(1) \otimes I_{n_2}] \Phi_{\vartheta_{R\Delta}}(\tau), \\ \frac{d\Phi_{\vartheta_{R\Delta}}(\tau)}{d\tau} = & \kappa_{R\xi} (P_2^\xi - \alpha_R I_{n_2}) \Phi_{\vartheta_{R\Delta}}(\tau) + \alpha_R \Phi_{\vartheta_\Delta}(\tau) + \alpha_W P_{Winv} \Phi_W(\tau). \end{aligned} \quad (23)$$

Таблица 2

Теплофизические и геометрические параметры нагревательной установки

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Значение	№ п/п	Параметр	Единица измерения	Значение
1	c	Дж/(кг×град)	$1,026 \times 10^3$	7	k_R	Вт/(м ² ×град)	20,0
2	c_R	Дж/(кг×град)	$0,475 \times 10^3$	8	D	м	0,076
3	g	кг/м ³	0,746	9	D_R	м	0,080
4	γ_R	кг/м ³	$7,750 \times 10^3$	10	δ_R	м	0,002
5	l	Вт/(м×град)	$3,930 \times 10^{-2}$	11	R	м	0,038
6	λ_R	Вт/(м×град)	31,2	12	L	м	1,020

Представим объект управления (23) в векторно-матричной форме с учетом внешнего возмущения – отклонения температуры стенки камеры от заданной:

$$dx(\tau)/d\tau = Ax(\tau) + Bu(\tau) + Gf(\tau), \quad x(0) = 0, \quad (24)$$

где $x(\tau) = \text{colon} \{ \Phi_{\vartheta_A}(\tau), \Phi_{\vartheta_{RA}}(\tau) \} \in R^{n_1 n_2 + n_2}$, $n_1, n_2 = \overline{1, \infty}$ – вектор состояний; $u(\tau) = \Phi_W(\tau) \in R^{n_2}$, $n_2 = \overline{1, \infty}$ – вектор управлений; $f(\tau) = \Phi_\Delta(\tau) \in R^{n_2}$, $n_2 = \overline{1, \infty}$ – вектор внешних возмущений; A, B, G – бесконечномерные числовые матрицы с блоками, соответствующими разбиению вектора состояний на составляющие $\Phi_{\vartheta_A}(\tau), \Phi_{\vartheta_{RA}}(\tau)$:

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ \alpha_W P_{Winv} \end{bmatrix}, \quad G = \begin{bmatrix} 0 \\ \alpha_R I_{n_2} \end{bmatrix},$$

$$A_{11} = \kappa_p \left([P_2^p \otimes I_{n_2}] + [P_{1/p}^1 \otimes I_{n_2}] [P_1^p \otimes I_{n_2}] \right) +$$

$$+ \kappa_p \kappa_\xi [I_{n_1} \otimes P_2^\xi] - \kappa_p k_R / (\lambda R) \left[B_0(1) \otimes I_{n_2} \right] \left[I_{n_2} \otimes B_0(1) \right]^T,$$

$$A_{12} = -\kappa_p k_R / (\lambda R) [B_0(1) \otimes I_{n_2}], \quad A_{21} = \alpha_R I_{n_2}, \quad A_{22} = \kappa_R \xi \left(P_2^\xi - \alpha_R I_{n_2} \right). \quad (25)$$

Значения параметров, необходимых для получения числовой реализации матриц (25), приведены в табл. 2.

Синтез регулятора

Дополним (24) уравнением выходов

$$y(\tau) = Dx(\tau), \quad (26)$$

где $y(\tau) \in R^5$ – вектор измеряемых переменных; D – матрица, составленная из элементов ортонормированной системы разложения, вычисленных для фиксированных значений пространственных координат из открытого интервала $\xi \in (0, 1)$, $\rho \in (0, 1)$.

Следуя процедуре синтеза, представленной в [5], для периода дискретности $h = 0,0128$, соответствующего значению 1,2826 с, получим цифровой регулятор вида

$$x_r(i+1) = A_r x_r(i) + B_r \bar{y}(i),$$

$$u(i) = C_r x_r(i) + D_r \bar{y}(i) \quad (27)$$

с матрицами

$$A_r = \left[\begin{array}{cc|c} 0_{20 \times 5} & I_{20} & 0_{25 \times 5} \\ 0_{5 \times 5} & 0_{5 \times 20} & \\ \hline & 0_{5 \times 25} & I_5 \end{array} \right],$$

$$B_r = 10^{-3} \cdot \begin{bmatrix} -7,1751 & 0,0085 & 0,6309 & -0,7911 & 0,8412 \\ 0,0085 & -6,5357 & -0,1518 & 0,6810 & -0,7911 \\ 0,6309 & -0,1518 & -6,4857 & -0,1518 & 0,6309 \\ -0,7911 & 0,6810 & -0,1518 & -6,5357 & 0,0085 \\ 0,8412 & -0,7911 & 0,6309 & 0,0085 & -7,1751 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix},$$

$$C_r = [0_{5 \times 10} \quad -0,0058 \cdot I_5 \quad 0,2255 \cdot I_5 \quad 0,0128 \cdot I_5],$$

$$D_r = \begin{bmatrix} -0,0222 & 0,0002 & 0,0010 & -0,0012 & 0,0012 \\ -0,0002 & -0,0215 & -0,0004 & 0,0010 & -0,0012 \\ 0,0010 & -0,0004 & -0,0214 & -0,0004 & 0,0010 \\ -0,0012 & 0,0010 & -0,0004 & -0,0215 & -0,0002 \\ 0,0012 & -0,0012 & 0,0010 & -0,0002 & -0,0222 \end{bmatrix}.$$

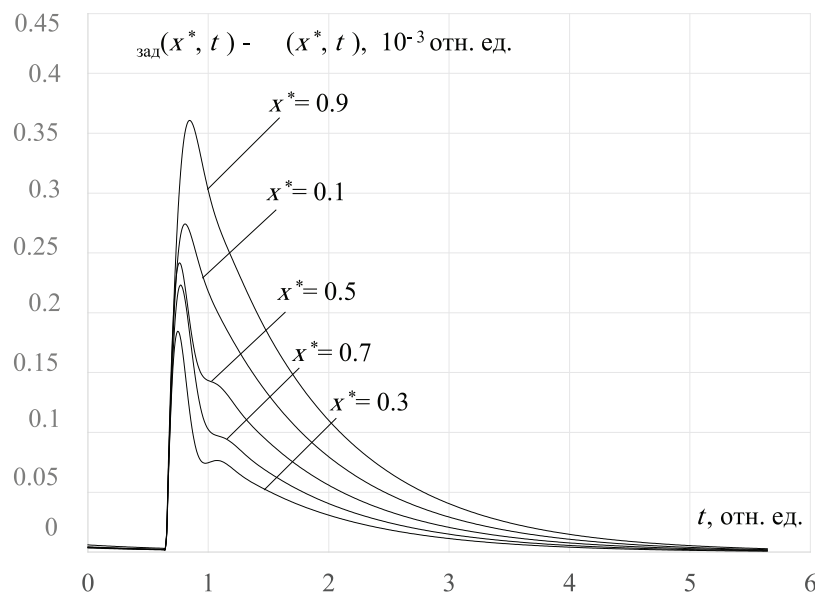


Рис. 3. Отклонение регулируемой переменной от заданных значений в точках $\rho^* = 0,6$, $\xi_i^* = \{0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9\}$

Анализ системы управления

Анализ системы, замкнутой найденным регулятором, выполнен в Matlab. При этом полагается, что при $\tau = 64,13$ датчики регистрируют уменьшение температуры в печи на 10 град. Результаты анализа замкнутой системы представлены на рис. 3, 4. При решении задачи требование к температуре $\theta_{\Delta \text{зад}}(0,75; 1,00; 0,80; 0,60; 0,35)$ в точках $\rho^* = 0,6$, $\xi^* = \{0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9\}$ выполняется. Ошибка стабилизации в указанных

точках приведена на рис. 3. Графики изменения удельной мощности на каждой из секций представлены на рис. 4.

Результаты анализа свидетельствуют о том, что качество переходных процессов отвечает заданным требованиям.

Анализ результатов показывает, что в переходных процессах отсутствует перерегулирование, а ошибка регулирования составляет менее 5% от установившегося значения. Таким образом, заданные требования к точности выполняются.

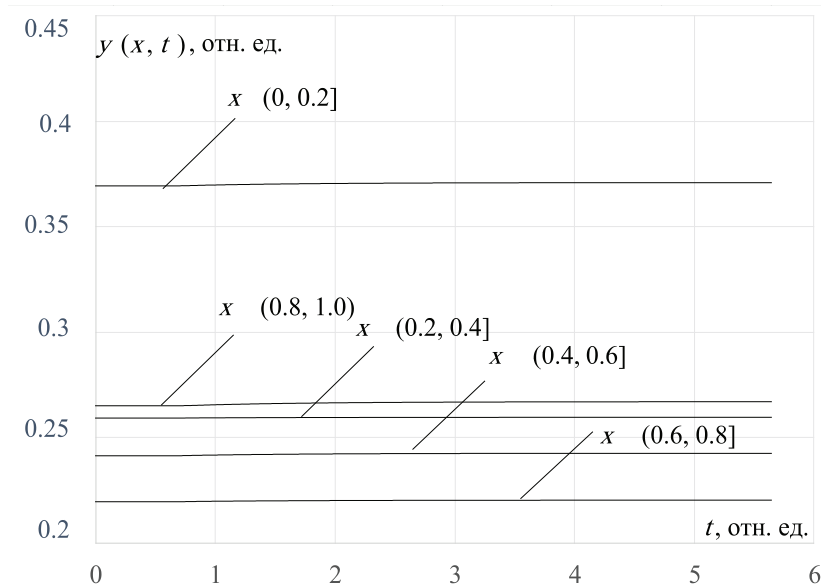


Рис. 4. Удельная мощность, вырабатываемая на секциях нагревательной установки

Заключение

В работе получено спектральное представление модели объекта управления – установки термической обработки стеклоизделий; синтезирован регулятор, обеспечивающий стабилизацию с заданной точностью температурного поля внутри нагревательной камеры.

Список литературы

1. Гулоян Ю.А. Физико-химические основы технологии стекла / Ю.А. Гулоян. – Владимир: Транзит-Икс, 2008. – 736 с.

2. Маньшина А.А. Химия и физика стекла / А.А. Маньшина, М.Д. Михайлов, И.А. Соколов. – СПб.: СПбГУ, 2013. – 106 с.

3. Rivera V.A.G. Technological Advances in Tellurite Glasses: Properties, Processing, and Applications / V.A.G. Rivera, D. Manzani. – Springer International Publishing AG, 2017. – 336 p.

4. Коваль В.А. Решение задач анализа и синтеза для пространственно-двумерного распределенного объекта, представленного бесконечной системой дифференциальных уравнений / В.А. Коваль, О.Ю. Торгашова // АиТ. – 2014. – № 2. – С. 54–71.

5. Садомцев Ю.В. Конструирование систем управления с обратной связью по критериям точности и грубости / Ю.В. Садомцев. – Саратов: СГТУ, 2003. – 208 с.

УДК 004.021

МЕТОДЫ РАСШИРЕНИЯ БАЗИСА В СИСТЕМЕ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ: ОБЗОР И АНАЛИЗ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ

Коржавина А.С., Князьков В.С.

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров, e-mail: as_korzhavina@vyatsu.ru

Расширение базиса системы остаточных классов – одна из наиболее важных немодульных операций, которая используется, когда необходимо выполнить расширение диапазона представления чисел дополнительными модулями или полную смену базиса, а также при выполнении операции деления и масштабирования, сравнения, контроля четности, определения знака или абсолютной позиционной величины числа. В работе проводится обзор методов расширения базиса, основанных на вычислении коэффициентов системы счисления со смешанными основаниями, и анализ их вычислительной сложности с целью выбора направления для разработки метода расширения базиса, имеющего оптимальное соотношение времени выполнения и аппаратных затрат. Методы расширения базиса, основанные на вычислении коэффициентов системы счисления со смешанными основаниями, наиболее целесообразно использовать для массового выполнения операций расширения базиса, полной или частичной смены базиса.

Ключевые слова: система остаточных классов, расширение базиса системы остаточных классов, система счисления со смешанными основаниями

BASE EXTENSION IN RESIDUE NUMBER SYSTEMS: A REVIEW AND COST ANALYSIS

Korzhavina A.S., Knyazkov V.S.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vyatka State University», Kirov, e-mail: as_korzhavina@vyatsu.ru

Base extension is the most important intermodular operation in residue number system. It is used when the residue range has to be expanded to include additional moduli, or when a conversion to a different RNS has to be done. In addition, it can be exploited for performing division and scaling, comparison, parity checking, sign or magnitude determination. In this paper we present a review of base extension methods and schemes using mixed-radix system coefficients and their cost analysis for developing a new effective base extension method that has an optimal balance of execution time and hardware cost. Base extension methods and schemes using mixed-radix system coefficients are the most effective in massive base extension and base conversion.

Keywords: residue number system, base extension in residue number system, mixed-radix number system

Система остаточных классов (СОК) – это непозиционная система счисления, которая позволяет заменить последовательные методы выполнения арифметических операций над «длинными» целыми числами в позиционных системах счисления на параллельные методы выполнения арифметических операций над наборами «коротких» целых чисел [1–3]. Преимуществом СОК является простота выполнения операций сложения, вычитания, умножения (так называемых модульных операций) по сравнению с арифметикой в позиционных системах счисления, а существенным недостатком – сложность выполнения немодульных операций, таких как операции масштабирования, деления, определения знака, сравнения и определения переполнения диапазона представления чисел и т.д. Другим существенным преимуществом вычислений с применением СОК является более простая аппаратно-техническая реализация вычислительных устройств и, как следствие, их более низкое энергопотребление по сравнению с устройства-

ми на основе вычислений в позиционных системах счисления. Учитывая особенности организации вычислений в СОК, их применение наиболее эффективно для решения задач, алгоритмизация которых реализована с существенным преобладанием модульных операций, например, задач цифровой обработки сигналов [4, 5], криптографии [6, 7].

Одной из важных и сложно реализуемых операций является операция расширения базиса СОК, которая необходима для выполнения операций расширения диапазона представления чисел, например, при реализации алгоритма Монтгомери в приложениях криптографии [6, 7], деления и масштабирования [4, 8], контроля ошибок вычислений [9, 10].

Задача расширения базиса

Система остаточных классов является непозиционной системой счисления, в которой значения позиционного числа A число представлено набором n остатков $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ от деления числа A на каждый из n модулей $p_i \in \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ [1–3]:

$$x_i = |A|_{p_i} = A - \left\lfloor \frac{A}{p_i} \right\rfloor \cdot p_i, i=1, 2, \dots, n,$$

где $\left\lfloor \frac{A}{p_i} \right\rfloor$ – целая часть частного $\frac{A}{p_i}$,

$\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – набор оснований или базис СОК.

Произведение $P = p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n$ определяет диапазон представления чисел $A \in [0; P)$ в СОК, причем, если все числа $p_i \in \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ являются попарно взаимно простыми, то между любым положительным целым числом A из диапазона $[0; P)$ и числом, представленным в СОК, имеется взаимно однозначное соответствие.

Расширение базиса, или смена базиса – это процедура, в которой осуществляется поиск значения $(x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_{n+m})$ числа в СОК с новыми основаниями $\{p_{n+1}, p_{n+2}, \dots, p_{n+m}\}$, представленного изначально в виде $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ в СОК с основаниями $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$. Частным случаем является вычисление остатка от деления числа, представленного в СОК, по новому основанию p_{n+1} . Для вычисления остатка от

деления x_{n+1} числа, представленного в СОК, по новому основанию p_{n+1} , используются два подхода: вычисление x_{n+1} с помощью Китайской теоремы об остатках (КТО) [11] и вычисление коэффициентов системы счисления со смешанными основаниями [2, 8, 12–15].

Система счисления со смешанными основаниями

Пусть $\langle p_1, p_2, \dots, p_n \rangle$ – упорядоченный набор оснований СОК. Тогда любое число, представленное в СОК упорядоченным набором остатков от деления $\langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle$ по соответствующим основаниям $\langle p_1, p_2, \dots, p_n \rangle$, может быть также представлено в системе счисления (СС) со смешанными основаниями, с базисом из n элементов $\langle 1, p_1, p_1 \cdot p_2, \dots, p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_{n-1} \rangle$ с коэффициентами $\langle \tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n \rangle$, такими, что для целого числа $A \in [0; P)$ выполняется равенство

$$A = \tilde{x}_1 + \tilde{x}_2 \cdot p_1 + \dots + \tilde{x}_n \cdot p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_{n-1}. \quad (1)$$

Точный метод определения остатка от деления по новому модулю, основанный на преобразовании числа в СССР, был предложен Сабо и Танакой [2]:

$$|A|_{p_{n+1}} = \left| \tilde{x}_1 + \tilde{x}_2 \cdot p_1 + \dots + \tilde{x}_n \cdot p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_{n-1} \right|_{p_{n+1}} = \left| \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \cdot \tilde{p}_i \right|_{p_{n+1}}, \quad (2)$$

где $\left| \tilde{p}_i \right|_{p_{n+1}} = \left| \prod_{j=1}^i p_j \right|_{p_{n+1}}$, $\left| \tilde{p}_i \right|_{p_{n+1}}$ вычислены заранее и занесены в таблицу.

Таким образом, для вычисления остатка от деления по новому модулю p_{n+1} необходимо сначала вычислить коэффициенты СС со смешанными основаниями $\langle \tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n \rangle$, затем вычислить остаток от деления по формуле (2).

Вычислительная сложность методов расширения базиса на основе вычисления коэффициентов системы счисления со смешанными основаниями

Коэффициенты $\langle \tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n \rangle$ представления $A = \tilde{x}_1 + \tilde{x}_2 \cdot p_1 + \dots + \tilde{x}_n \cdot p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_{n-1}$ вычисляются следующим образом [2]:

$$\tilde{x}_1 = x_1,$$

$$\tilde{x}_2 = \left| (x_2 - \tilde{x}_1) \cdot p_1^{-1} \right|_{p_2},$$

$$\tilde{x}_3 = \left| \left((x_3 - \tilde{x}_1) \cdot p_1^{-1} - \tilde{x}_2 \right) \cdot p_2^{-1} \right|_{p_3},$$

...

$$\tilde{x}_n = \left| \left(\dots \left((x_n - \tilde{x}_1) \cdot p_1^{-1} - \tilde{x}_2 \right) \cdot p_2^{-1} - \dots - \tilde{x}_{n-1} \right) \cdot p_{n-1}^{-1} \right|_{p_n}. \quad (3)$$

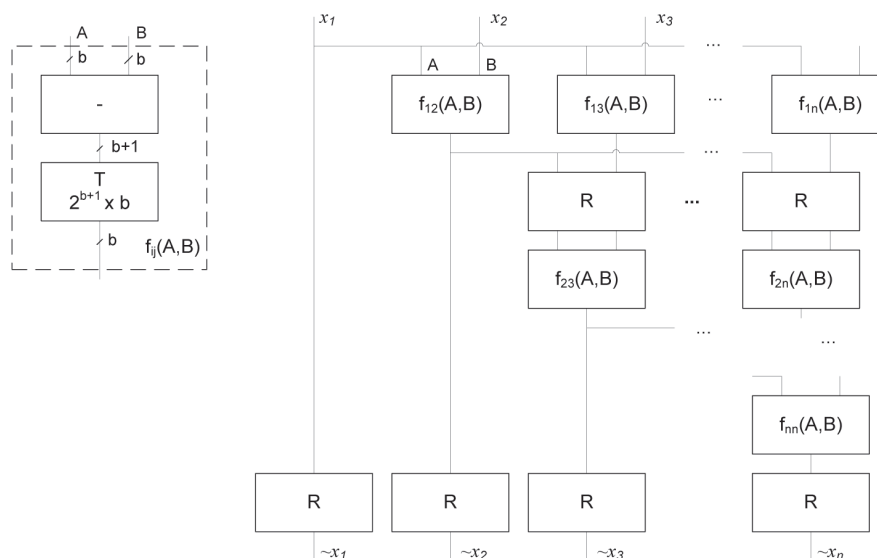


Рис. 1. Схема конвейеризованного метода Сабо и Танаки [14]

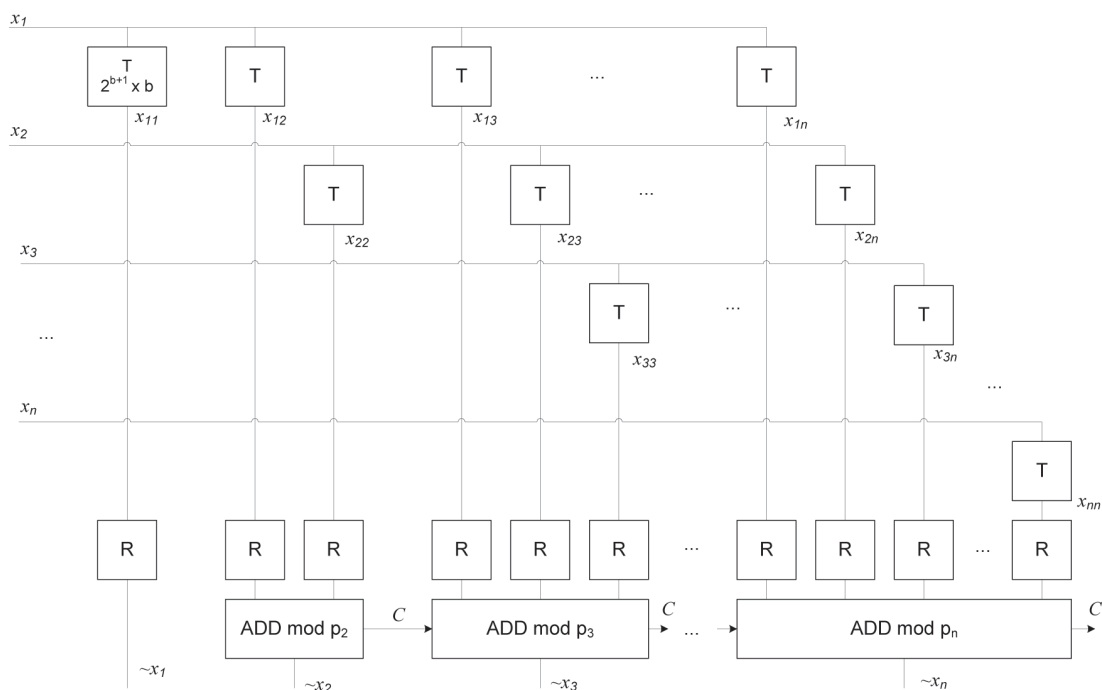


Рис. 2. Схема параллельного метода Хуанга [14]

Для вычисления коэффициентов по формулам (3) требуется выполнение $\frac{n \cdot (n-1)}{2}$ операций модулярного вычитания и столько же операций модулярного умножения [2].

Методы, представленные в работах [12, 13], основаны на классических методах [2], имеющих сложность $O(n^2)$, и ориентированы на оптимизацию числа арифметических операций.

Параллельные методы [8, 14, 15] также основаны на классических методах [2] и позволяют сократить время вычисления коэффициентов $\langle \tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n \rangle$ за счет введения дополнительных вычислительных устройств. Например, Хуангом [14] предложен конвейеризованный метод Сабо и Танаки [2] (рис. 1), а также параллельный алгоритм преобразования в систему счисления со смешанными основаниями,

использующий дополнительные подстановочные таблицы (рис. 2). На рисунках использованы следующие обозначения: R – регистр для хранения промежуточных результатов, f_{ij} – функциональный блок, состоящий из вычитателя («–») и таблицы (T), T – подстановочная таблица, C – каналы передачи единиц переноса, $ADD \bmod p_i$ – каскадные сумматоры по модулю p_i .

В [14] время выполнения представлено как $t_T + (\log_2 n + 1) \cdot t_A$ (где t_T – время выборки из таблицы, t_A – время выполнения операции сложения), что, как было показано в [8], не достигается в связи с формированием переносов. Данный метод был улучшен в [8] за счет введения дополнительных $\frac{n \cdot (n-1)}{2}$ умножителей, сложность

алгоритма при этом показана как $O(\log n)$. Схема формирования коэффициентов СС со смешанными основаниями [8] представлена на рис. 3. Используются следующие обозначения: m_{ij} – значения коэффициентов СС со смешанными основаниями для чисел $P_i = \frac{p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n}{p_i}$, вычислены заранее

и хранятся в таблицах, $*$ – умножители по модулю p_i , $ADD \bmod p_i$ – каскадные сумматоры по модулю p_i , C – каналы передачи единиц переноса, ADD – позиционный двоичный каскадный сумматор для формирования старшей единицы переноса.

Алгоритм Чакраборти и др. [15] использует каскадную схему подстановочных таблиц и сумматоров, при этом таблицы имеют два входа и два выхода, таким образом, таблиц в общей сложности требуется меньше. При конвейерной обработке время преобразования равно времени выборки из таблицы плюс время одного модулярного сложения. Метод хорошо работает для разрядности модулей 4–6 бит, поскольку при большей разрядности значительно увеличивается объем подстановочных таблиц. Параллельный алгоритм Миллера и Мак-Кормика [15] использует только подстановочные таблицы и основан на решении линейных диофантовых уравнений. Алгоритм медленнее, чем [14], однако он не требует дополнительных арифметических устройств, и в случае конвейерной обработки время одного преобразования равно времени выборки из таблицы.

В таблице представлены следующие характеристики наиболее быстрых методов вычисления коэффициентов СС со смешанными основаниями [2, 8, 14, 15]: количество и объем требуемых подстановочных таблиц, сумматоров/вычитателей (ADD/SUB) и модулярных умножителей (MUL), а также время выполнения; при этом использованы следующие обозначения: n – количество модулей, t_T – время выборки из таблицы, t_A – время выполнения операции сложения/вычитания, t_M – время выполнения операции умножения.

Характеристики методов вычисления коэффициентов СССО

Метод	Количество и объем таблиц	ADD/SUB	MUL	Время вычисления $\langle \check{x}_1, \check{x}_2, \dots, \check{x}_n \rangle$
Сабо, Танака [2], классические	–	$(n-1)$	$(n-1)$	$\frac{n \cdot (n-1)}{2} \cdot (t_M + t_A)$
Сабо, Танака [2], конвейеризированный	$\frac{n \cdot (n-1)}{2}, 2^{b+1} \times b$	$\frac{n \cdot (n-1)}{2}$	–	$(n-1) \cdot (t_T + t_A)$
Хуанг [14]	$\frac{n \cdot (n+1)}{2}, 2^b \times b$	$\frac{n \cdot (n+1)}{2}$	–	$t_T + (n-1) \cdot t_A$
Хитц, Калтофен [8]	$\frac{n \cdot (n+1)}{2}, 2^b \times b$	$\frac{n \cdot (n+1)}{2}$	$\frac{n \cdot (n+1)}{2}$	$t_T + t_M + (2 \cdot \log_2 n + 1) \cdot t_A$
Чакраборти и др. [15], последовательный	$\frac{n \cdot (n-2)}{4}, 2^{2b} \times 2 \cdot b$	$\frac{n \cdot (n-2)}{4}$	–	$\frac{n}{2} \cdot (t_T + t_A)$
Чакраборти и др. [15], параллельный	$\frac{n \cdot (n-2)}{4} + (n-1), 2^{2b} \times 2 \cdot b$	$\frac{n \cdot (n+2)}{4} - 3$	–	$t_T + \frac{n}{2} \cdot t_A$
Миллер [15]	$\frac{n \cdot (n-1)}{2}, 2^{2b} \times b$	–	–	$(n-1) \cdot t_T$

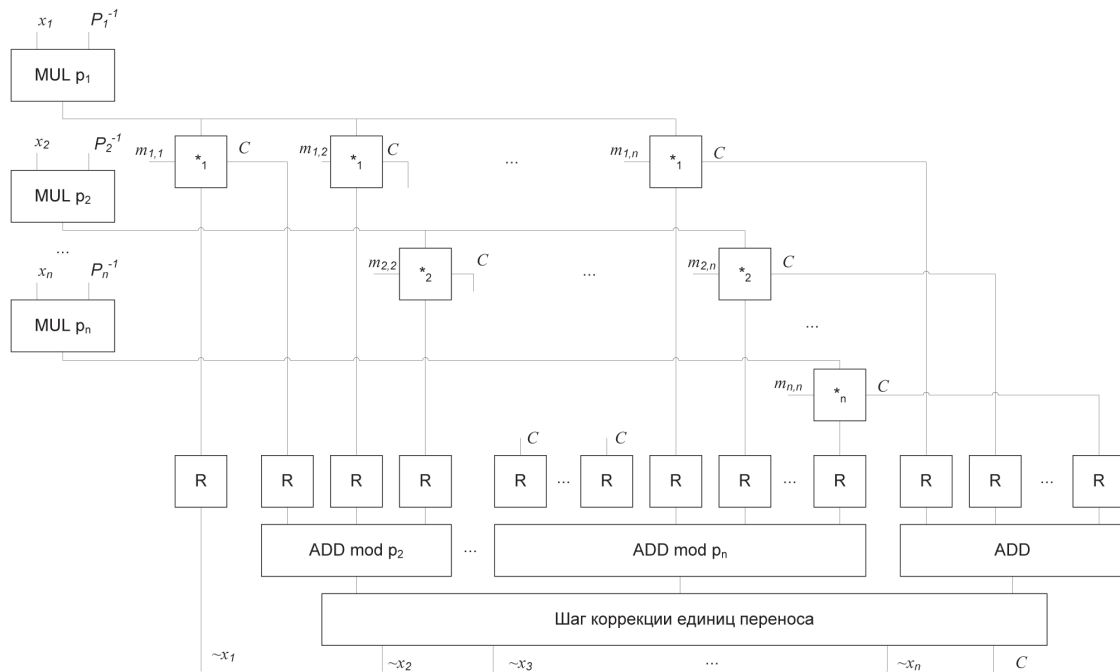


Рис. 3. Схема работы алгоритма Хитц, Калтофен [8]

Как видно из таблицы, самые быстрые методы вычисления коэффициентов СС со смешанными основаниями требуют $O(n^2)$ арифметических устройств и подстановочных таблиц, время же вычисления коэффициентов ограничивается $O(\log n)$.

Вычисление остатка от деления по формуле (2) требует n модулярных умножителей, работающих параллельно и $(n - 1)$ модулярных сумматоров, включенных по каскадной схеме, при этом время вычисления составляет $t_M + \log_2 n \cdot t_A$ [8] или один модулярный умножитель с накоплением (состоящий из одного умножителя по модулю, одного сумматора по модулю и регистра для хранения промежуточного результата), время при этом составляет $n \cdot t_M + (n - 1) \cdot t_A$. Общее время выполнения операции расширения базиса методом [8] составляет $t_T + 2 \cdot t_M + (3 \cdot \log_2 n + 1) \cdot t_A$, при этом для его реализации потребуется $\frac{n \cdot (n + 1)}{2}$ под-

становочных таблиц, $\frac{n \cdot (n + 1)}{2} + m \cdot (n - 1)$

модулярных сумматоров/вычитателей, $\frac{n \cdot (n + 1)}{2} + m \cdot n$ модулярных умножителей, m — количество дополнительных модулей, на которые необходимо расширить базис.

Заключение

Для преобразования числа $x_1, x_2, \dots, x_n$, представленного в СОК с основаниями

$\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ к $x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_{n+m}$ в СОК с основаниями $p_{n+1}, p_{n+2}, \dots, p_{n+m}$, необходимо вычислить коэффициенты СС со смешанными основаниями $\langle \tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n \rangle$, затем m раз вычислить остатки от деления по модулям $p_{n+1}, p_{n+2}, \dots, p_{n+m}$ по формуле (2). Вычисления остатка от деления по каждому модулю независимы и могут быть выполнены параллельно.

В качестве дальнейшего направления исследований планируется разработка метода расширения базиса, имеющего оптимальное соотношение времени выполнения и аппаратных затрат, основанного на том, что при вычислении коэффициентов СС со смешанными основаниями на каждом шаге последовательно вычисляется очередной разряд $\langle \tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n \rangle$, который может сразу же использоваться для вычисления остатка по формуле (2). Таким образом, можно совместить во времени процесс получения коэффициентов $\langle \tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n \rangle$ и вычисления остатков от деления.

Методы расширения базиса, основанные на вычислении коэффициентов системы счисления со смешанными основаниями, наиболее целесообразно использовать для массового выполнения операций расширения базиса, полной или частичной смены базиса. Для вычисления единичного остатка от деления по новому основанию лучше выбирать способы, позволяющие максимально быстро вычислить остаток,

например, [8], или методы, основанные на Китайской теореме об остатках [11]. В случае использования метода [8] необходим дополнительный анализ целесообразности его использования, поскольку аппаратные затраты для его реализации достаточно велики.

Список литературы

1. Gerard B., Kammerer J.-G., Merkiche N. Contributions to the Design of Residue Number System Architectures // Proceedings of the 22nd IEEE International Symposium on Computer Arithmetic. – France, 2015. – P. 105–112.
2. Szabo N., Tanaka R. Residue Arithmetic and Its Applications to Computer Technology. – NY: McGraw Hill, 1967. – 236 p.
3. Omondi A., Premkumar B. Residue Number Systems: Theory and Implementation. – London: Imperial College Press, 2007. – 296 p.
4. Czyzak M., Smyk R., Ulman Z. Pipelined scaling of signed residue numbers with the mixed-radix conversion in the programmable gate array // Poznan University of Technology Academic Journals. Electrical Engineering. – 2013. – no. 8. – P. 89–99.
5. Cardarilli G.C., Nannarelli A., Re M. Residue number system for low-power DSP applications // Proc. of 41st Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers, IEEE. – 2007. – P. 1412–1416.
6. Bigou K., Tisserand A. RNS modular multiplication through reduced base extensions // In Proc. 25th International Conference on Application-specific Systems, Architectures and Processors (ASAP), IEEE. – 2014. – P. 57–62.
7. Bajard J.C., Eynard J., Merkiche N. Montgomery reduction within the context of residue number system arithmetic // Journal of Cryptographic Engineering. – 2017. – P. 1–12.
8. Hitz M., Kaltofen E. Integer division in Residue Number Systems // IEEE Trans. on Computers. – 1995. – vol. 44(8). – P. 983–989.
9. Sachenko A., Zhengbing H., Yatskiv V. Increasing the data transmission robustness in WSN using the modified error correction codes on residue number system // Elektronika i Elektrotehnika. – 2015. – vol. 21(1). – P. 76–81.
10. Xiao H., Garg H. K., Hu J., Xiao G. New Error Control Algorithms for Residue Number System Codes // ETRI Journal. – 2016. – vol. 38(2). – P. 326–336.
11. Kawamura S. I., Yonemura T., Komano Y., Shimizu H. Exact Error Bound of Cox-Rower Architecture for RNS Arithmetic // IACR Cryptology ePrint Archive. – 2016. – P. 266.
12. Akkal M., Siy P. A new mixed radix conversion algorithm MRC-II // Journal of Systems Architecture. – 2007. – vol. 53(9). – P. 577–586.
13. Gbolagade K.A., Cotofana S.D. An O (n) residue number system to mixed radix conversion technique // IEEE International Symposium on Circuits and Systems (24–27 May, 2009), IEEE. – 2009. – P. 521–524.
14. Huang C.H. Fully parallel mixed-radix conversion algorithm for residue number applications // IEEE Trans. Comput. – 1983. – vol. 32(4). – P. 398–402.
15. Mohan P.V. Residue Number Systems // Theory and Applications. Springer. – 2016. – 351 p.

УДК 004.42/.6

СТРУКТУРЫ ДАННЫХ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОГО ОПИСАНИЯ ДАННЫХ СРЕДСТВ ОХРАНЫ И МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ

Костюк А.И.*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: aikostyuk@sfedu.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию структур данных системы цифрового описания данных средств охраны и мониторинга объектов. Целью исследования в данной статье является одна из подзадач разработки и исследования теоретических, алгоритмических и практических основ построения высокопроизводительных вычислительных комплексов, обладающих элементами искусственного интеллекта, адаптивных к изменению условий применения и предназначенных для построения систем квантовой обработки информации и иерархического планирования поведения взаимодействующих необитаемых мобильных роботизированных платформ коллективного сбора и обработки информации о многомерной проблемной среде при решении задач многоуровневой охраны периметра производственного объекта большой территориальной протяженности, а именно – задачи построения цифрового описания данных охраняемых объектов. Как показано в статье, наиболее целесообразным вариантом создания системы цифрового описания данных средств охраны и мониторинга объектов является технологическая схема, в основу которой положено использование в качестве хранилища пространственных данных специализированного расширения для SQL сервера, что обеспечивает гибкость хранения данных и возможность интеграции системы с имеющимися ГИС.

Ключевые слова: структуры данных, цифровое описание данных, необитаемые мобильные роботизированные платформы, охрана и мониторинг объектов, многоуровневая охрана периметра, планирование поведения

DATA STRUCTURES OF THE SYSTEM OF DIGITAL DESCRIPTION OF DATA OF FUNDS OF PROTECTION AND MONITORING OF OBJECTS

Kostyuk A.I.*Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Southern Federal University,
Rostov-on-Don, e-mail: aikostyuk@sfedu.ru*

This article is devoted to the study of the data structures of the digital system for the data protection and monitoring facilities. The purpose of the research in this article is one of the subtasks of the development and research of theoretical, algorithmic and practical foundations for constructing high-performance computing systems that have elements of artificial intelligence adaptable to changing application conditions and designed to build systems for quantum information processing and hierarchical behavior planning of interacting uninhabited mobile robotic platforms of collective collection and processing of information on multimodal Noah problematic environment for solving tasks of multilevel protection of the perimeter of the production facility of big territorial extension – namely, the task of building a digital description of the protected objects. As shown in the article, shown above, the most feasible option for creating a digital system for data protection and monitoring objects is a flow chart based on the use of a specialized extension for the SQL server as a storage of spatial data, which provides storage flexibility data and the ability to integrate the system with existing GIS.

Keywords: data structures, digital data description, uninhabited mobile robotic platforms, object security and monitoring, multi-level perimeter protection, planning of the behavior of protected objects

По мнению экспертов, большая часть задач диагностики, охраны и защиты объектов может быть решена за счет применения беспилотных летательных аппаратов вертолетного и самолетного типов, способных функционировать на удалении от базовой станции на расстоянии несколько сотен километров, обеспечивая круглосуточное слежение за объектом практически в любых климатических условиях. Все это налагает на такие автономные необитаемые мобильные роботизированные платформы специфические требования на системы их управления, в частности на подсистемы устойчивости и управляемости, подсистемы планирования полета, непрерывного мониторинга наблюдаемой поверхности, сбора, оперативного анализа и архивации данных с различных датчиков как бортового, так наземного расположения, а также передачи этих данных на базовую станцию.

Из вышесказанного следует, что система цифрового описания данных для необитаемых мобильных роботизированных платформ коллективного сбора и обработки информации о многомерной проблемной среде является актуальной научно-исследовательской работой.

Цель исследования

Целью исследования в данной статье является одна из подзадач разработки и исследования теоретических, алгоритмических и практических основ построения высокопроизводительных вычислительных комплексов, а именно – задача построения цифрового описания данных охраняемых объектов. При этом такие комплексы должны обладать элементами искусственного интеллекта, быть адаптивными к изменению условий применения. Дальнейшее их предназначение – построение систем квантовой обработки ин-

формации и иерархического планирования поведения взаимодействующих необитаемых мобильных роботизированных платформ коллективного сбора и обработки информации о многомерной проблемной среде при решении задач многоуровневой охраны периметра производственного объекта большой территориальной протяженности.

Материалы и методы исследования

Задачей построения цифрового описания данных и его привязки к цифровому описанию местности является создание следующей структуры данных:

1. Описание обслуживаемого объекта (охраняемого):

1.1. Вид объекта (цельно-протяженный, цельно-площадной, распределенно-протяженный, площадной, точечный).

1.2. Рельеф площадных объектов (равнина, низина, холмистость, гористость, и т.д.).

1.3. Наличие природных объектов (водоёмы, болота, леса, лесопосадки, овраги).

1.4. Описание зон и компонентов объекта.

1.5. Описание смежных территорий.

2. Описания объекта носителя, платформы:

2.1. Физические размеры.

2.2. Полезная нагрузка.

2.3. Сенсоры.

2.4. Автономность.

2.5. Физические возможности локомоции.

2.6. Дальность действия.

2.7. Дальность связи.

2.8. Возможности реагирования.

2.9. Погодные ограничения применения.

2.10. Класс защиты.

3. Описание угроз:

3.1. Приближение к контролируемой зоне.

3.2. Пересечение контролируемых границ.

3.3. Опасные действия.

4. Описание возможностей реагирования:

4.1. Передача сообщения на пункт управления.

4.2. Передача сообщения для ретрансляции.

4.3. Оповещение соседей.

4.4. Звуковые световые сигналы нарушителю.

5. Определение перечня и описание задач:

5.1. Распределение зон функционирования.

5.2. Режимы работы платформ и системы в целом.

5.3. Задача перераспределения.

5.4. Взаимодействия.

5.5. Ретрансляции.

При этом для решения задач привязки объектов к местности целесообразно интегрировать разрабатываемую систему цифрового описания данных к современным геоинформационным системам (ГИС) [1].

В основу структуры данных может быть положена архитектура представления про-

странственных геометрических объектов на базе спецификации реализации пространственной информации OpenGIS [2].

Схематичное изображение модели представлено на рис. 1. Показана связь между классами, содержащими другие классы в качестве элементов, и классами – элементами. Неоднородные коллекции являются экземплярами класса Geometry Collection (Коллекция геометрических объектов). Geometry (Геометрия) представляет собой базовый класс. Его подклассами являются Point (Точка), Curve (Кривая), Surface (Поверхность) и Geometry Collection. Пространственная Система Координат (Spatial Reference System) описывает координатное пространство, в котором определен данный геометрический объект.

В иерархию входят классы MultiPoint (набор точек, 0-мерный класс), MultiLineString (набор линий, 1-мерный класс) и MultiPolygon (набор полигонов, 2-мерный класс). Данные классы применяются для задания коллекций Point, LineString и Polygon. Классы MultiCurve (мультикривая) и MultiSurface (мультиповерхность) введены как суперклассы для обобщения интерфейсов управления Curve и Surface.

На сегодняшний день существуют несколько основных механизмов реализации баз данных для хранения геометрических объектов [3].

1. Одна или несколько программ, запускаемых на стороне пользователя. Недостатками такого подхода является использование собственного (как правило, закрытого) формата данных) и, как следствие, сложность обмена данными с другими системами, невозможность интеграции с остальными продуктами [4].

2. Клиент-серверная программа. Представляет собой клиентскую программу на стороне пользователя, взаимодействующую с серверной программой. Как правило, данная схема предполагает собственную структуру базы данных и, соответственно, свои внутренние форматы данных. Недостатки подобной схемы – сложность интеграции с другими системами, привязка пользователя к поставщику из-за собственного формата хранения данных [5].

3. Клиент-серверная система на основе одного из стандартных SQL серверов (PostgreSQL, MySQL, Microsoft SQL Server, Oracle, и др.), представляющая собой приложение для конечного пользователя с внутренней структурой хранения пространственных данных. Недостатком подобного решения все еще является уникальная для конкретного решения внутренняя структура данных.

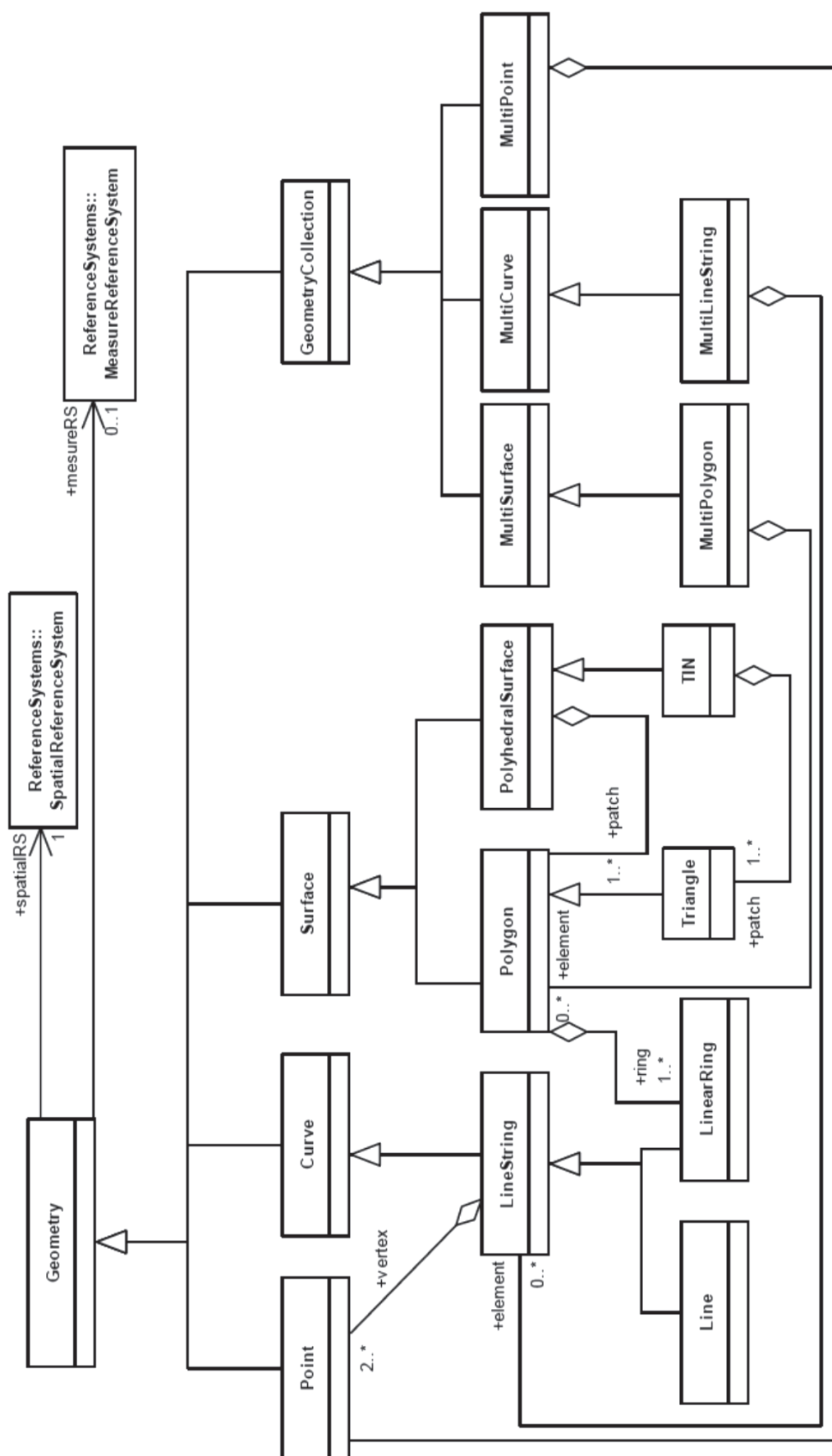


Рис. 1. Иерархия класса Geometry

Исходя из вышеизложенного, наиболее целесообразным подходом представляется использование в качестве хранилища пространственных данных специализированных расширений для наиболее распространенных SQL серверов, в частности для реализации системы цифрового описания данных средств охраны и мониторинга объектов рассмотрим возможности Microsoft Spatial для Microsoft SQL Server [6].

Пространственные данные представляют сведения о физическом расположении и форме геометрических объектов. Такими объектами могут быть точки или более сложные объекты, например страны, дороги, озера.

Существует два типа пространственных данных. Тип данных *geometry* поддерживает планарные или евклидовы данные (система координат для плоской Земли). Тип данных *geometry* соответствует спецификации «Simple Features for SQL» консорциума OGC версии 1.1.0 и стандарту SQL MM (стандарт ISO).

Кроме того, SQL Server поддерживает тип данных *geography*, который используется для хранения эллиптических данных, таких как координаты GPS широты и долготы.

Объекты пространственных данных

Типы данных *geometry* и *geography* поддерживают шестнадцать объектов пространственных данных или типов экземпляров. Однако только одиннадцать из этих типов экземпляров являются материализуемыми. Такие экземпляры можно создавать в базе данных и работать с ними. Эти экземпляры наследуют от родительских типов данных некоторые свойства, которые разделяют их на *Points*, *LineStrings*, *CircularStrings*, *CompoundCurves*, *Polygons*, *CurvePolygons* или несколько экземпляров *geometry* или *geography* в коллекции *GeometryCollection*. Тип *Geography* имеет дополнительный тип экземпляра *FullGlobe*.

Материализуемыми типами *geometry* и *geography* являются *Point*, *MultiPoint*, *LineString*, *CircularString*, *MultiLineString*, *CompoundCurve*, *Polygon*, *CurvePolygon*, *MultiPolygon* и *GeometryCollection*. Есть один дополнительный тип, допускающий создание экземпляров, для типа данных *geography*: *FullGlobe*. Типы данных *geometry* и *geography* могут распознавать определенный экземпляр, если он имеет правильный формат, даже в том случае, если он не был определен явно. Например, если определить экземпляр *Point* явно с помощью метода *STPointFromText()*, то типы данных *geometry* и *geography* будут распознавать экземпляр как *Point*, если входные данные метода имели правильный формат.

Если определить такой же экземпляр с помощью метода *STGeomFromText()*, то оба типа данных *geometry* и *geography* будут распознавать экземпляр как *Point*.

Подтипы для типов *geometry* и *geography* делятся на простые типы и типы-коллекции. Некоторые методы, например *STNumCurves()*, работают только с простыми типами.

Различия между типами данных *geometry* и *geography*

Два типа пространственных данных часто демонстрируют одинаковое поведение, однако у них имеется ряд ключевых различий в способе хранения и управления данными.

Определение границ соединения

Определяющими данными для типов *LineString* и *Polygon* могут быть только вершины. Границей соединения между двумя вершинами в типе *geometry* является прямая линия. Однако границей соединения между двумя вершинами в типе *geography* является короткая большая эллиптическая кривая, проложенная между вершинами. Большой эллипс представляет собой пересечение эллипсоида с плоскостью, проходящей через его центр, а большая эллиптическая кривая представляет собой сегмент кривой на большом эллипсе.

Измерения в пространственных типах данных

В планарной модели (или модели плоской Земли) измерение расстояний и площадей проводится в таких же единицах измерения, в каких представляются координаты. При использовании типа данных *geometry* расстояние между точками (2, 2) и (5, 6) составляет 5 единиц, независимо от используемых единиц.

В эллиптической модели, или модели круглой Земли, координаты указываются в градусах долготы и широты. Однако длины и площади обычно измеряются в метрах и квадратных метрах, хотя измерения могут зависеть от идентификатора пространственной ссылки (SRID) экземпляра *geography*. Самой распространенной единицей измерения типа данных *geography* является метр.

Ориентация пространственных данных

В планарной системе ориентация кольца многоугольника является несущественным фактором. Например, многоугольник ((0, 0), (10, 0), (0, 20), (0, 0)) идентичен многоугольнику ((0, 0), (0, 20), (10, 0), (0, 0)). Спецификация «Simple Features for SQL» консорциума OGC не определяет положение кольца, а SQL Server его не учитывает.

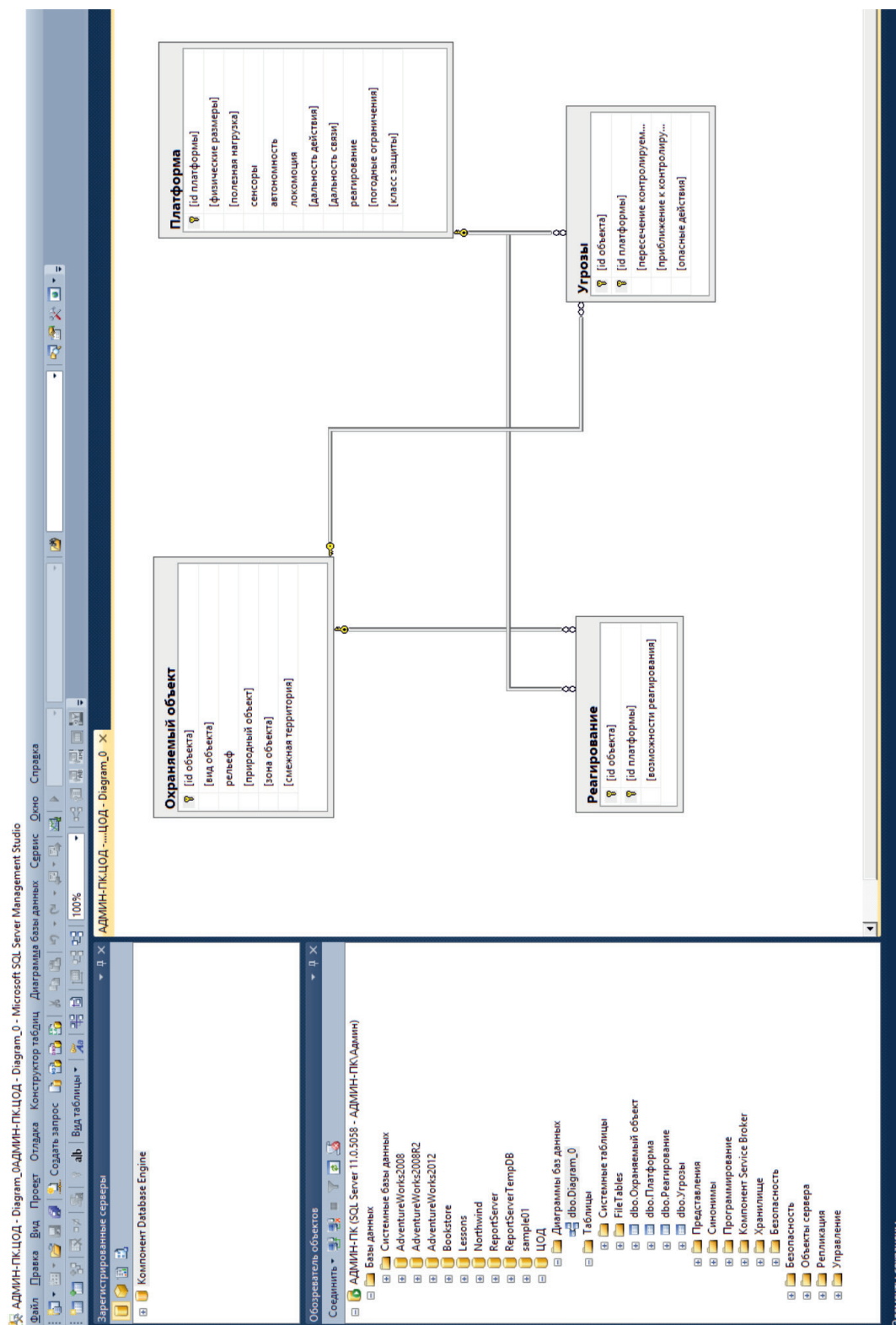


Рис. 2. Обобщенная структура БД ЦОД MS SQL SERVER

В SQL Server 2016 тип FullGlobe представляет разновидность Polygon, охватывающую весь земной шар. Объект FullGlobe имеет площадь, но не имеет границ и вершин.

Результаты исследования и их обсуждение

Обобщенная структура базы данных системы цифрового описания данных средств охраны и мониторинга объектов может быть представлена в СУБД MS SQL SERVER следующим образом (рис. 2).

Как видно из вышеизложенного, реализация структур данных системы ЦОД возможна средствами Microsoft SQL Server, используя типы данных geometry для объектов локального характера и типов данных geography для объектов глобального уровня.

Вопрос взаимодействия с ГИС может быть решен средствами библиотек «OpenGIS® Implementation Standard for Geographic information». Данная библиотека содержит функционал методов пространственного анализа, позволяющий решать задачи пространственных отношений, в том числе такие, как определение площадей геометрических объектов, нахождение зон пересечений, конвертацию описания объектов как в бинарное, так и текстовое представление.

Заключение

Таким образом, как показано выше, наиболее целесообразным вариантом создания системы цифрового описания данных средств охраны и мониторинга объектов является схема, в основу которой положено использование в качестве хранилища пространственных данных специализированного расширения для SQL сервера. Как видно,

при использовании Spatial-расширений MS SQL Server структура хранения пространственных данных не привязана к какой-либо конкретной ГИС, что обеспечивает возможности интеграции и обмена пространственными данными с другими системами, как закрытыми, так и класса FreeWare (свободно распространяемое) и OpenSource (с открытым исходным кодом). Это также дает возможность создать систему с несколькими независимыми хранилищами пространственных данных, которые периодически производят синхронизацию изменений для поддержания логической целостности единой БД, а также создавать системы повышенной надёжности, устойчивые к сбоям за счёт дублирования и независимости общей работы системы от функционирования одного из узлов.

Работа выполнена в рамках проектной части госзадания Минобрнауки России № 2.3928.2017/4.6 в Южном федеральном университете.

Список литературы

1. Журкин И.Г., Шайтура С.В. Геоинформационные системы. – М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. – 272 с.
2. OpenGIS® Implementation Standard for Geographic information. URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/sfa>.
3. Мыльников Д.Ю. Геоинформационные платформы. Обзор ГИС платформ. URL: https://www.politerm.com/articles/comnet/obzor_gis.
4. Мунтян Е.Р., Поленов М.Ю., Костюк А.И. О подходе к модернизации программной системы поддержки управленческих решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015. – № 3 (164). – С. 54–62.
5. Поленов М.Ю. Организация распределенных инструментальных средств поддержки многократно используемых моделей // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 7. – С. 201–207.
6. Основные сведения о типах пространственных данных. URL: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/bb964711.aspx>.

УДК 661.877:54.058:628.31

СПОСОБ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ МОЛИБДЕНА (VI) АДСОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ РЕГЕНЕРАЦИЕЙ СОРБЕНТА

^{1,2}Курмышева А.Ю., ¹Свиридова Е.Ю., ^{2,3}Шарифуллина Л.Р.

¹ФГБОУ ВО «Московский Политех», Москва;

²НОУ «Московский технологический институт», Москва, e-mail: alishari@yandex.ru;

³ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», Химки

Соединения молибдена находят широкое применение в промышленности, при этом весьма токсичны для человека и окружающей среды. Целью работы стала разработка экологического и экономически эффективного адсорбционного способа извлечения соединений молибдена из сточных вод. В качестве адсорбента предложено использовать оксид алюминия. Экспериментально определены основные параметры адсорбции ионов молибдена (VI) из сточных вод нефтехимических производств на оксиде алюминия в качестве сорбента. Исследованы особенности десорбции ионов Мо (VI) с поверхности оксида с учетом возможности повторного использования отработанного сорбента. Рассчитаны параметры технологического процесса, на основе которых спроектирована и изготовлена лабораторная установка. Реализовано испытание спроектированной очистной установки на двух модельных системах сточных вод с различным составом. На основании полученных результатов предложена технологическая схема очистки стоков от ионов молибдена (VI), включающая в себя регенерацию отработанного сорбента.

Ключевые слова: молибден, адсорбция, очистка стоков, адсорбер, оксид алюминия

METHOD FOR PURIFYING WASTEWATER FROM MOLYBDENUM IONS (VI) USING AN ADSORPTION METHOD, FOLLOWED BY REGENERATION OF THE SORBENT

^{1,2}Kurmysheva A.Yu., ¹Sviridova E.Yu., ^{2,3}Sharifullina L.R.

¹Moscow Polytechnic University, Moscow;

²Moscow Technological Institute, Moscow, e-mail: alishari@yandex.ru;

³Civil Defence Academy EMERCOM of Russia, Khimki

Molybdenum compounds find wide application in industry, it is very toxic to humans and the environment. The aim of this work was to develop environmental and cost-effective adsorption method for recovering compounds of molybdenum from the wastewater. Adsorbent is proposed to use aluminium oxide. We experimentally determined the basic parameters of adsorption of ions of molybdenum (VI) from wastewater of petrochemical industries on aluminum oxide as a sorbent. The peculiarities of desorption of ions of Mo (VI) from the surface of the oxide with the possibility of reuse of spent sorbent. Calculated parameters of the technological process on the basis of which was designed and constructed laboratory apparatus. Implemented testing of the treatment plant is designed on two model systems of wastewater with different composition. On the basis of the results obtained is presented the technological scheme of sewage treatment from ions of molybdenum (VI), which includes the regeneration of the spent sorbent.

Keywords: molybdenum, adsorption, wastewater treatment, the adsorber, aluminium oxide

Молибден и его соединения широко применяются в качестве катализатора в химической и нефтехимической промышленности, а также компонента удобрений в агрохимии [1]. В поверхностные воды химическими и нефтехимическими предприятиями сбрасываются сотни тонн тяжелых металлов, в том числе молибден, наличие которого в водных объектах строго ограничено [2]. Применяемые в настоящее время методы очистки сточных вод химических и нефтехимических производств от примесей металлов, такие как электрофлотация, экстракция, реагентная обработка, подразумевают очистку воды от всех растворенных в ней соединений с образованием шламовых отходов, которые затем обезвреживают и утилизируют [3]. Известно также,

что в грунтовых водах, протекающих под территориями шламонакопительных полигонов нефтеперерабатывающих заводов, содержание молибдена превышает предельно допустимую норму [1]. Ввиду токсичности растворенного молибдена для растений, животных и человека, а также промышленной ценности молибдена и его соединений желательно предотвращать его попадание в состав шламового осадка после очистки сточных вод. Исследования [4] показали, что наиболее эффективным способом выделения ионов молибдена (VI) из растворов, в том числе из промышленных сточных вод, является адсорбция. В связи с этим целью данного исследования стала разработка экологического и недорогого адсорбционного способа извлечения молибдена из сточных

вод. Также представляет интерес поиск способа регенерации сорбента с возможностью выделения ионов молибдена (VI) с поверхности сорбента для дальнейшего использования молибдена в металлургии или в агропромышленном производстве.

В качестве сорбента нами был использован оксид алюминия Al_2O_3 . Его выбор обусловлен тем, что он, при небольшой удельной поверхности ($65 \text{ м}^2/\text{г}$), имеет ряд преимуществ: при его использовании не повышается общая жесткость, отсутствует вторичное загрязнение воды сульфатами, алюминием; он не горюч, имеет низкую температуру регенерации ($100\ldots 200^\circ\text{C}$), низкую себестоимость при массовом производстве, относительно высокую механическую прочность.

Для комплексной разработки адсорбционного способа промышленной очистки стоков от ионов молибдена необходимо определить параметры, анализ которых требуется для расчета оптимальных условий проведения процесса сорбции. Предыдущие результаты исследований [5] позволили получить необходимые константы для проектировки сорбционной установки. Оптимальные условия процесса адсорбции ионов молибдена из растворов по результатам исследования составили: $\text{pH} = 2\div 5$, температурный интервал процесса $50\text{--}75^\circ\text{C}$, сорбционная емкость оксида алюминия по молибдену $0,0264 \text{ г/г}$.

Ранее [6] было доказано, что ионы Мо специфически сорбируются на поверхности оксида алюминия, т.е. их адсорбция не сопровождается выделением в раствор эквивалентного числа других ионов того же знака; твердая фаза при этом приобретает электрический заряд. Это приводит к тому, что вблизи

поверхности под действием сил электростатического притяжения группируется эквивалентное число ионов с противоположным зарядом, т.е. образуется двойной электрический слой. Из результатов потенциометрического титрования оксида нами [7] было найдено, что в кислой среде поверхность оксида алюминия имеет положительный заряд, поэтому для эффективной десорбции ионов Мо (VI) с сорбента необходимо изменить заряд поверхности путем увеличения pH среды. Однако этот метод требует дополнительных средств для отвода токсичных щелочных испарений и очистки воды. Поскольку фосфат-ионы подавляют адсорбцию молибдат-ионов на оксиде алюминия, то представляет интерес оценить возможность создания промышленного процесса извлечения молибдена из сорбента в фосфатных растворах.

Навески промытого и высушенного оксида алюминия массой $1,0 \text{ г}$ после адсорбции на нем ионов молибдена засыпали в приготовленные буферные фосфатные растворы объемом 50 мл с различными значениями pH и концентраций и выдерживали сутки при комнатной температуре ($23\text{--}25^\circ\text{C}$) при перемешивании на магнитной мешалке. Затем определяли концентрацию (C) ионов Мо в растворе по методике [8]. Исследования десорбции ионов молибдена в отсутствие буферов проводили в бидистиллированной воде, устанавливая требуемое значение pH добавлением $10\% \text{ HCl}$ или NaOH .

Десорбцию (D) находили по разности (A) количества молибдена исходного в навеске оксида алюминия и в буферных растворах после выдержки:

$$D_{\%} = \frac{C_{\text{кон}} \cdot 50}{A_{\text{алс}} \cdot 1000} \cdot 100\%. \quad (1)$$

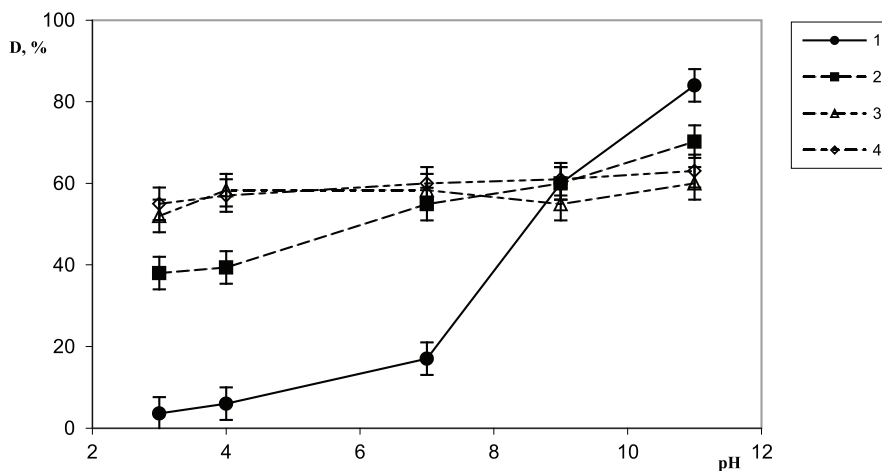


Рис. 1. Зависимость степени десорбции ионов молибдена, D (%), от pH при различных концентрациях фосфатного буфера: 1 – в отсутствие буфера; 2 – концентрация буфера $0,01 \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1}$; 3 – концентрация буфера $0,05 \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1}$; 4 – концентрация буфера $0,1 \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1}$

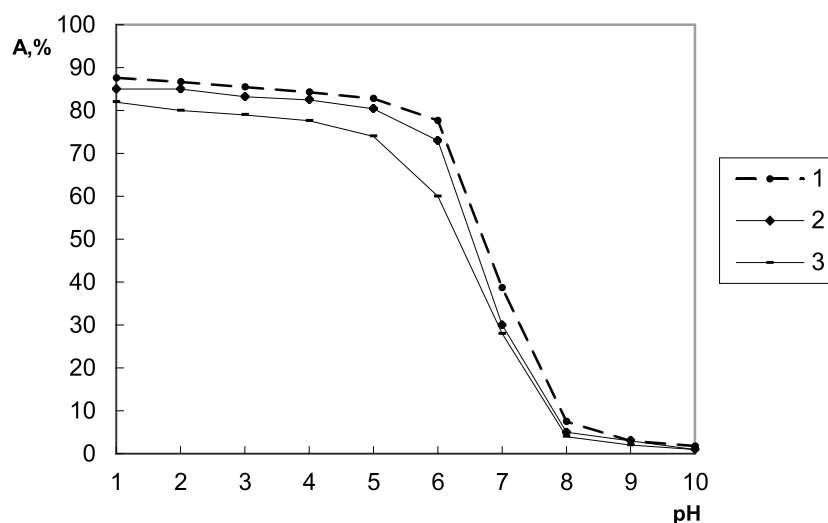


Рис. 2. Зависимость адсорбции, $A(\%)$, молибдат-ионов от pH на оксиде алюминия: 1 – первичном; 2 – после однократного процесса десорбции; 3 – после двукратного процесса десорбции

Анализируя результаты исследования десорбции ионов молибдена (IV) с поверхности оксида алюминия (рис. 1), можно отметить, что присутствие фосфат-ионов заметно увеличивает десорбцию молибдена во всех областях pH за исключением сильнощелочной.

Можно предположить, что фосфат- и молибдат-ионы конкурируют между собой за сорбционные центры поверхности оксида алюминия. Адсорбция фосфатов на поверхности оксида увеличивает количество отрицательных зарядов этой поверхности. А поскольку молибдат-ионы также заряжены отрицательно, то равновесие смещается в сторону их десорбции с поверхности оксида алюминия.

После десорбции оксид алюминия повторно проходил адсорбционную стадию на тех же начальных условиях, что и при первичной адсорбции (рис. 2). Очевидно, что сорбционная емкость оксида практически не снижается, что говорит о том, что сорбент можно использовать неоднократно.

Используя полученные данные, авторы спроектировали, изготовили и испытали лабораторную установку для извлечения молибдена из сточных вод адсорбцией на гранулированном оксиде алюминия с последующей десорбцией раствором фосфата натрия.

В качестве конструктивной основы адсорбера-десорбера была использована установка для получения деионизированной воды, из которой была извлечена ионообменная смола и заменена сорбентом Алюмак.

Для испытания установки использовали две модельные системы сточных вод:

состав I: молибдат натрия 25 мг/л, хлорид натрия 10 г/л (моль/л), соляная кислота до $pH = 5,0$;

состав II: молибдат натрия 25 мг/л.

Десорбцию проводили раствором фосфата натрия двухзамещенного 0,1 моль/л.

Учитывая, что состав очищаемой воды многокомпонентен, расчет сорбера-десорбера, заполненного неподвижным слоем гранулированного оксида алюминия, имеющего высокую плотность, проводили по [9].

Для расчета использовали следующие данные: производительность $q_w = 0,5$ м³/сут или 0,0208 м³/ч; начальная концентрация молибдата (C_{en}) = 25 мг/л; концентрация молибдата после очистки $C_{ex} = 0,5$ мг/л. Считали, что изотерма адсорбции подчиняется уравнению Ленгмюра:

$$a_{sb}^{max} = 263C/(1 + 10,1C), \quad (2)$$

где единицы измерения максимальной сорбционной емкости a_{sb} [мг/г]; концентрации C [мг/л]; линейная скорость (v) относительно стен адсорбера – примерно 1 м/ч; примерное время работы установки до проскака $t_{agc}^{op} = 24$ ч; оксид алюминия Алюмак, его кажущаяся плотность $\gamma_{sb}^{как} = 1,60$ г/см³, насыщенная $\gamma_{sb}^{нас} = 0,80$ г/см³; высота слоя сорбента в каждом адсорбере $H_{ads} = 0,60$ м; степень истощения емкости сорбента $K_{sb} = 0,7$; диаметр адсорбера $D = 0,1$ м.

Используя уравнение изотермы адсорбции, находим максимальную сорбционную емкость a_{sb}^{max} , мг/г:

$$a_{sb}^{max} = 263C/(1 + 10,1C) = 25,6.$$

Общая площадь (F) всех адсорберов, работающих одновременно и параллельно, м²:

$$F_{ads} = \frac{q_w}{v} = 0,0104.$$

Количество (N) таких адсорберов при $D = 0,1$ м, шт:

$$N_{ads}^b = \frac{F_{ads}}{f_{ags}} = 1,3.$$

Одна линия адсорберов принимается к работе при скорости фильтрации 0,8 м/ч. Максимальная доза сорбента, г/л (кг/м³):

$$D_{sb}^{\max} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{a_{sb}^{\min}} = (25 - 0,5) / ((263C / (1 + 10,1C)) = 1,12.$$

Доза сорбента, который будет выгружен из адсорбера, г/л:

$$D_{sb} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{K_{sb} a_{sb}^{\max}} = (25 - 0,5) / 0,7 \cdot 25,6 = 1,36.$$

Рассчитаем высоту загрузки, которая обеспечит требуемую степень очистки, м:

$$H_2^{op} = \frac{D_{sb}^{\max} q_w t_{ads}^{op}}{F_{ads} \gamma_{sb}^{\text{нак}}} = (1,36 \cdot 0,0104 \cdot 24) / (0,0104 \cdot 800) = 0,041.$$

Рассчитаем высоту загрузки, которая будет выгружена из адсорбера, м:

$$H_1^{op} = \frac{D_{sb} q_w t_{ads}^{op}}{F_{ads} \gamma_{sb}^{\text{нак}}} = (1,12 \cdot 0,0104 \cdot 24) / (0,0104 \cdot 800) = 0,034.$$

Примем высоту слоя отработанного адсорбента, который будет выгружен из адсорбера, $H = 0,03$ м, а резервную высоту загрузки – $H_3 = 0,02$ м, $H_2 = 0,04$.

Тогда высота загрузки адсорбента в адсорбционной установке с учетом установки одного резервного адсорбера будет равна, м:

$$H_{tot} = H_1 + H_2 + H_3 = 0,034 + 0,041 + 0,02 = 0,1.$$

Определим требуемое количество адсорберов, последовательно установленных в одной линии:

$$N_{ads} = H_{tot} / H_{ads} = 0,1 / 0,06 = 0,2.$$

Число последовательно включенных адсорберов принимается равным 1. Время работы адсорбционной установки до проскока t_{ads} при условии, что один из адсорберов находится в резерве, ч:

$$t_{1ads} = \left[2C_{ex} (H_3 + H_2) \varepsilon (a_{sb}^{\max} + C_{en}) \right] / v C_{en}^2 \quad (3)$$

при порозности загрузки

$$\varepsilon = 1 - 0,45 / 0,9 = 0,5,$$

$$t_{1ads} = (2 \cdot 0,0005 \cdot 0,6 \cdot 0,5 (0,025 + 0,0256)) / (1 \cdot (0,025)^2) = 12,3.$$

Время работы одного адсорбера до исчерпания емкости, ч:

$$t_{2ads} = \left[2C_{en} K_b H_1 \varepsilon (a_{sb}^{\max} + C_{en}) \right] / v C_{en}^2 = \\ = (2 \cdot 0,025 \cdot 0,7 \cdot 0,041) \cdot 0,5 (0,025 + 0,0256) / (1 \cdot (0,025)^2) = 25,4.$$

В ходе проведенных расчетов выявлено, что требуемая степень очистки может быть достигнута при непрерывной работе двух адсорберов на одной линии, при этом один резервный будет находиться в режиме перегрузки. Каждый адсорбер может работать в течение 25 ч, отключение каждого адсорбера в последовательной цепи на частичную перезагрузку может производиться через 12 ч.

Произведем оценку объема загрузки одного адсорбера, м³:

$$w_{sb} = f_{ads} H_{ads} = 0,0047.$$

сухой массы сорбента в каждом адсорбере, т:

$$P_{sb} = w_{sb} \gamma_{sb}^{nac} = 0,0047 \cdot 0,8 = 0,0038.$$

При перезагрузке адсорберов через определенные интервалы времени затраты сорбента составят, т/ч:

$$Z_{ab} = \frac{W_{sb}^p}{t_{2ads}} = 0,0038/25,$$

что соответствует дозе сорбента, г/л:

$$D_{sb} = Z_{sb} / q_w = 0,86/417 = 1000 \cdot 0,000128/0,0104 = 12,2.$$

Результаты испытания лабораторной установки очистки сточных вод от молибдена

№ цикла	Объем очищенной воды, л	Содержание молибдата в момент проскока, мг/л	Объем регенерирующего раствора фосфата, л	Концентрация молибдата в регенерирующем растворе, мг/л
Модельная сточная вода, состав I				
1	267	0,55	12	493
2	224	0,53	12	423
3	218	0,52	12	407
Модельная сточная вода, состав II				
1	232	0,51	12	432
2	209	0,54	12	390
3	204	0,53	12	386

Первый эксперимент состоял в пропуске модельной сточной воды состава I до проскока. Критерием служило повышение концентрации молибдата в вытекающей воде до 0,5 мг/л. Затем через установку пропустили раствор фосфата натрия до извлечения 90 % расчетного количества сорбированного молибдена. Всего было проведено 3 цикла адсорбции-десорбции. Расчетное количество сорбированного молибдата рассчитывали, умножая объем очищенной воды на разность концентраций молибдата в исходном растворе и после его очистки. Затем сорбент был выгружен и заменен свежим и эксперимент был повторен с модельной водой состава II. В таблице приведены результаты эксперимента.

Как видно из представленных результатов, емкость сорбента для модельной сточной воды состава II оказалась несколько ниже, чем для модельной воды состава I, что можно объяснить наличием во втором составе мешающих примесей, снижающих емкость сорбента. После регенерации емкость оксида алюминия постепенно уменьшается, но для трех циклов это снижение находится в пределах около 15–17%. При этом достигнуто примерно 20-кратное концентрирование молибдата. Таким образом,

проведенные испытания показали высокую эффективность разработанного нами способа очистки сточных вод от молибдена.

Заключение

В результате проведенного исследования был разработан способ сорбционного извлечения молибдена из сточных вод химических и нефтехимических производств адсорбционным методом, заключающимся в адсорбции ионов молибдена (VI) на поверхности неорганического сорбента на основе оксида алюминия. Метод включает в себя химическую регенерацию отработанного сорбента раствором, содержащим фосфат-ионы, с получением элюированных ионов молибдена (VI) в растворе десорбата.

Обоснован химический способ регенерации отработанного сорбента путем обработки его в фосфатном растворе. В результате данного процесса был получен концентрированный фосфатно-молибдатный раствор. Было показано, что после регенерации емкость оксида алюминия уменьшается незначительно, после трех циклов это снижение находится в пределах около 15–17%. При этом было достигнуто примерно 20-кратное концентрирование молибдата.

Список литературы

1. Горичев И.Г. Электрохимическое и коррозионное поведение молибдена и его оксидов в растворах электролитов / И.Г. Горичев, И.В. Артамонова, Ю.А. Лайнер, А.Д. Изотов. – М.: МГТУ «МАМИ», 2010. – 120 с.
2. Трифонова Т.А. Оценка эффективности процесса концентрирования водных растворов минеральных солей и органических сред методом выпаривания в ротормно-пленочном испарителе при очистке природных и сточных вод / Т.А. Трифонова, Л.А. Ширкин, Н.В. Селиванова // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 9–3. – С. 511–515.
3. Исследование процесса очистки высококонцентрированных сточных вод полигонов твердых бытовых отходов от органических соединений методом анаэробного сбраживания / Т.А. Трифонова [и др.] // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2016. – № 4 (100). – С. 34–38.
4. Современные сорбенты для очистки сточных вод от молибдат-ионов / М.В. Терехова [и др.] // Известия МАМИ. – 2013. – Т. 3, № 1(15). – С. 131–134.
5. Термодинамические и кинетические характеристики процесса адсорбции молибдат-ионов на оксиде алюминия / А.Ю. Курмышева [и др.] // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2014. – Т. 14, № 2. – С. 301–311.
6. Chinnaiya N., Sureshkumar M.V. Removal and recovery of molybdenum from aqueous solutions by adsorption onto surfactant-modified coir pith, a lignocellulosic polymer // Clean. – 2009. – vol. 37 (1). – P. 60–66.
7. Сорбционное поведение молибдат-ионов на оксиде алюминия как основа ресурсосберегающей технологии переработки молибден-содержащих отходов / А.Ю. Курмышева [и др.] // Экология промышленного производства. – 2014. – № 2(86). – С. 2–6.
8. Марченко З. Методы спектрофотометрии в УФ и видимой областях в неорганическом анализе / З. Марченко, М. Бальцежак. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 714 с.
9. Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85. Проектирование сооружений для очистки сточных вод. – М.: Стройиздат, 1990 [Электронный ресурс]. – URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/246136/ (дата обращения: 15.10.17).

УДК 004.7:519.714.5

АДАПТИВНЫЙ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ БОЛЬШИХ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ С ЗАДАНЫМ ПОВЕДЕНИЕМ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА

Петросов Д.А.

*ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина», Белгород,
e-mail: scorpionss2002@mail.ru*

В данной статье рассматриваются вопросы использования искусственных нейронных сетей для управления процессом структурно-параметрического синтеза больших дискретных систем с заданным поведением, базирующемся на адаптированном генетическом алгоритме. Процесс структурно-параметрического синтеза дискретных систем с заданным поведением базируется на генетическом алгоритме, который адаптирован к данной предметной области с помощью вложенных сетей Петри. Для моделирования работы искусственной нейронной сети предлагается использовать информационные сети Петри. При управлении процессом структурно-параметрического синтеза на основе генетического алгоритма модель искусственной нейронной сети решает «классическую» задачу распознавания образов, для оценки протекающих в генетическом алгоритме процессов. Для этого предложено использование двух графиков, которые отображают состояние популяции в целом и каждой хромосомы в отдельности. На основании данных изображений, которые могут быть объединены в одно, искусственная нейронная сеть принимает решение об изменении параметров функционирования операторов генетического алгоритма, что позволит сократить время поиска решений в задачах структурно-параметрического синтеза больших дискретных систем с заданным поведением.

Ключевые слова: структурно-параметрический синтез, большие дискретные системы, эволюционные алгоритмы, сети Петри

ADAPTIVE STRUCTURAL-PARAMETRIC SYNTHESIS OF LARGE DISCRETE SYSTEMS WITH ASSIGNED BEHAVIOR ON THE BASIS OF EVOLUTION METHODS

Petrosov D.A.

Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin, Belgorod, e-mail: scorpionss2002@mail.ru

This article discusses the use of artificial neural networks for controlling the process of structural-parametric synthesis of large discrete systems with a specified behavior based on an adapted genetic algorithm. The process of structurally-parametric synthesis of discrete systems with a given behavior is based on a genetic algorithm that is adapted to the given domain with the help of embedded Petri nets. To simulate the operation of an artificial neural network, it is proposed to use Petri information networks. When managing the process of structural-parametric synthesis based on a genetic algorithm, the model of an artificial neural network solves the «classical» pattern recognition problem for evaluating the processes occurring in the genetic algorithm. For this, two graphs are proposed, which reflect the state of the population as a whole and of each chromosome separately. Based on image data that can be combined into one, the artificial neural network makes a decision to change the parameters of the functioning of the operators of the genetic algorithm, which will reduce the search time for solutions in the problems of structural-parametric synthesis of large discrete systems with a specified behavior.

Keywords: structural-parametric synthesis, large discrete systems, evolutionary algorithms, Petri nets

Современные системы в различных предметных областях состоят из большого количества элементов и связей между ними, практически каждый элемент имеет много аналогов, при этом каждый аналог может обладать разным количеством свойств и параметров функционирования. Поэтому как на процессе проектирования, так и на этапах функционирования систем появляется необходимость в интеллектуальной поддержке при подборе структуры системы и параметров функционирования компонентов. Такого рода задачи относятся к предметной области структурно-параметрического синтеза. В настоящее время существует множество методов, которые позволяют проводить структурный и параметрический синтез в отдельности, но методов, способных объ-

единить поиск структуры системы и параметров функционирования ее элементов недостаточно. Поэтому создание новых моделей и методов, базирующихся на современных и хорошо зарекомендовавших себя математических аппаратах, в данном направлении является актуальным.

Для интеллектуальной поддержки структурно-параметрического синтеза больших дискретных систем в настоящее время стали использовать эвристические алгоритмы. Данный подход не гарантирует нахождения точного решения (или оптимального), но при этом проведенные ими вычисления являются достаточными. Кроме того, такого рода алгоритмы дают возможность значительно уменьшить время, требуемое для нахождения хорошего решения.

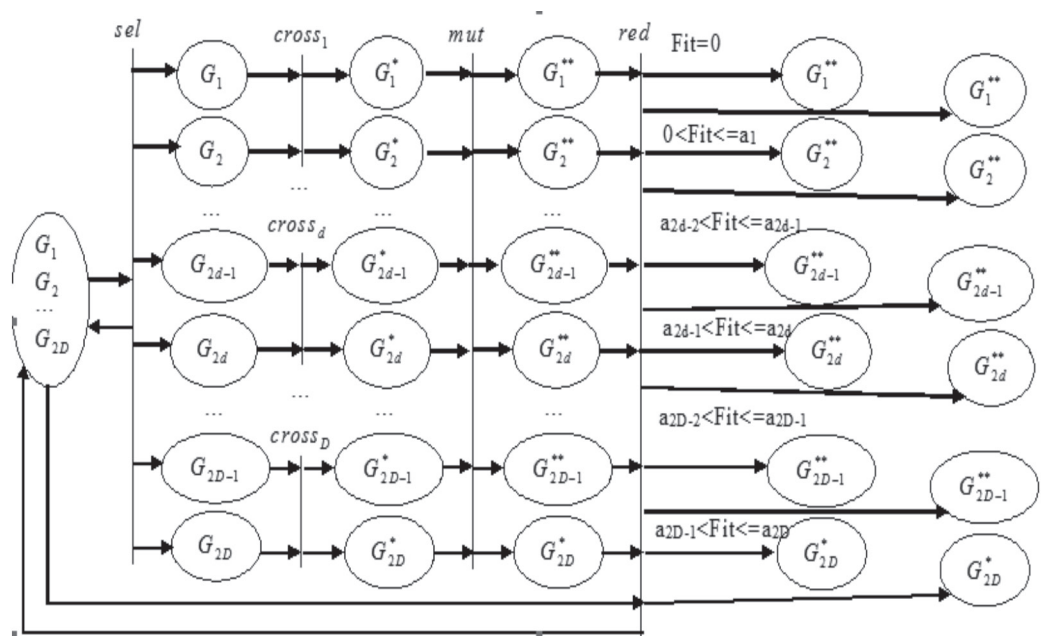


Рис. 1. Модель генетического алгоритма на основе вложенной сети Петри

Одним из представителей эвристических методов является генетический алгоритм (ГА). Эффективность работы данного подхода раскрыта в большом количестве публикаций, как отечественных, так и зарубежных. Несмотря на кажущуюся простоту функционирования ГА стоит отметить, что в настоящее время разновидность операторов, работающих с виртуальной популяцией, достаточно много и практически у каждого оператора имеются свои параметры работы. Данные параметры позволяют увеличивать либо уменьшать разрушающую способность оператора, что в свою очередь влияет на «перемещение» популяции в области поиска решений.

При использовании ГА общепринятой практикой считается определение операторов и выставление параметров их функционирования. Как правило, эти настройки выполняются экспертом на основе ряда вычислительных экспериментов и собственного опыта работы как с ГА, так и в предметной области. При этом стоит отметить, что не всегда выставленные параметры дают возможность интеллектуальной системе работать достаточно эффективно. К примеру, в области структурно-параметрического синтеза можно сказать, что изменения в элементной базе, на основе которой проводится процедура синтеза, значительно влияют на работу адаптированного ГА. Поэтому можно говорить о том, что управление работой операторов ГА в процессе поиска

решения – это актуальная задача, которая направлена на повышение эффективности применения данного подхода.

В данной работе предлагается использовать искусственные нейронные сети (ИНС) в качестве инструментального средства для решения задачи управления ГА. В современных исследованиях принято использовать ГА для обучения ИНС. Математический аппарат ИНС достаточно хорошо зарекомендовал себя для решения «классической» для данного подхода задачи распознавания образов [1]. Поэтому в данной статье предлагается настроить работу ГА таким образом, чтоб применение ИНС было максимально упрощено.

Так как одной из задач является сведение к минимуму вмешательства эксперта в работу интеллектуальной системы по структурно-параметрическому синтезу больших дискретных систем, то предлагается использовать рекуррентные ИНС.

Применение данного класса сетей обусловлено тем, что при управлении работой ГА требуется учитывать предыдущее состояние популяции, т.е. состояние виртуальной популяции в процессе поиска решений, как до изменения параметров функционирования операторов, так и после. При анализе данного класса сетей был сделан выбор в пользу ИНС Элмана, так как в отличие от других ИНС в ней существует возможность хранения предыстории во внутренней памяти ИНС.

В работах [2] была проведена адаптация ГА к решению задачи структурно-параметрического синтеза с помощью теории сетей Петри. Это было обусловлено тем, что данный математический аппарат обладает свойством параллелизма и получил достаточное количество расширений, чтобы моделировать не только процесс синтеза, но и элементную базу в различных предметных областях.

Для моделирования работы ГА применяется такой вид сетей Петри, как вложенные сети Петри. В данном классе сетей метка является сетью и переходы могут быть сетью также. Это свойство и предлагается использовать для моделирования работы ГА. В нашем случае метки верхнего уровня сети будут являться особями популяции и представлять модели синтезируемой системы, а переходы будут моделировать работу операторов генетического алгоритма.

В отличие от модели ГА, представленного в вышеуказанной работе, требуется провести его модернизацию для сбора статистической информации, на основе которой и будет принято решение об изменении параметров функционирования операторов генетического алгоритма ИНС. Данная модернизация представлена на рис. 1.

В данной модели выделены отдельные слои позиций, которые служат для сбора статистики по значению функции приспособленности для каждой особи и сбору количества особей с одинаковым значением функции приспособленности.

Проведем моделирование ИНС Элмана в соответствии с представленной выше моделью ГА. Для этого предлагается использовать другое расширение сетей Петри, которое наиболее подходит к решаемой за-

даче, а именно информационные сети Петри (ИСП).

Отличием этого расширения сетей Петри от других является то, что метка не является атомарным элементом, а представляет собой вещественное число в диапазоне от 0 до 1 [3–6]. Это свойство предлагается использовать при моделировании искусственной нейронной сети. Оно позволит устанавливать пороги срабатывания для моделирования работы нейрона и позволит изменять пороги срабатывания на основе модели внутренней памяти нейронной сети.

С помощью ИСП проведем моделирование нейрона в ИНС Элмана (см. рис. 2).

- In1, In2, In3 – входы нейрона;
- Out1 – выход нейрона;
- k1, k2, k3 – коэффициент усиления (согласно теории информационных сетей Петри);
- In4 – const (порог срабатывания нейрона).

На рис. 3 показана реализация памяти для ИНС Элмана.

- In1 – вход;
- In2 – вход тактового сигнала (сигнал запоминать);
- Out1 – выход с задержкой в один шаг;
- Out2 – выход с задержкой в два шага.

Представленная модель ИНС Элмана и модель внутренней памяти, выполненная с использованием математического аппарата ИСП, будет способна к управлению работой модели ГА для структурно-параметрического синтеза больших дискретных систем с заданным поведением, а также к самообучению. Самообучение ИНС Элмана заключается в подборе значений коэффициентов передачи информационных дуг. Информационные дуги будут реализовывать требуемые функциональные зависимости между входными и выходными значениями модели ИНС.

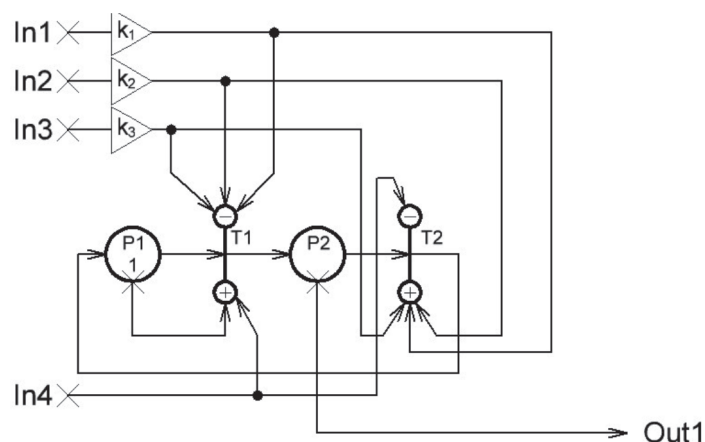


Рис. 2. Модель нейрона Элмана на основе информационных сетей Петри

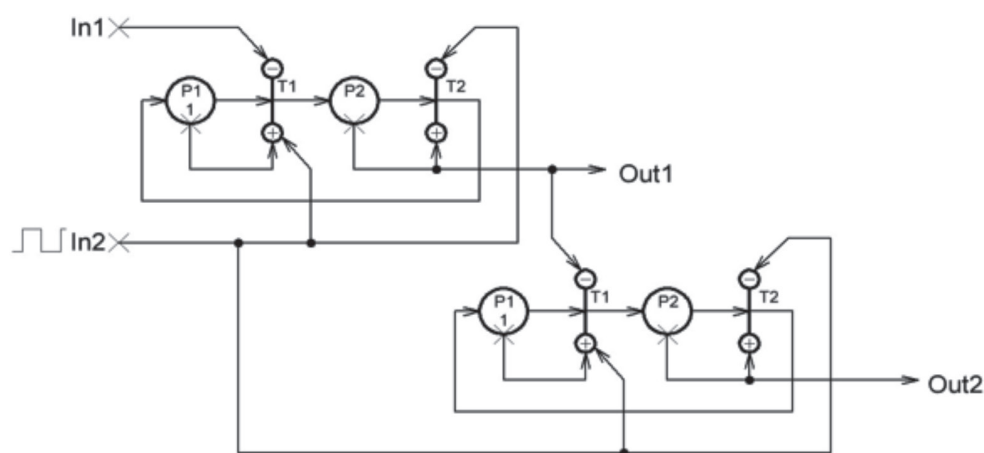


Рис. 3. Модель памяти для нейронной сети Элмана на основе информационной сети Петри

Представленная модель ИНС на основе ИСП потребует провести обучение, после чего она сможет принимать решение по изменению параметров функционирования операторов ГА.

Для работы ИНС предлагается использовать «классическую» задачу распознавания изображений. Для этого следует использовать два изображения, представленные на рис. 4.

На рис. 4, а, по оси y – значение функции приспособленности, по оси x – расположены хромосомы популяции, отсортированные по степени сложности моделей большой дискретной системы с заданным поведением. При сортировке следует учитывать сложность структуры системы (количество элементов, которые в нее входят, сложность элементов, которое устанавливает эксперт, и сложность соединений, также установленную экспертом). Например, модель системы, полученная в результате синтеза, состоящая из одного элемента, будет располагаться ближе к 0, чем модель из двух элементов, если существуют модели с одинаковым количеством элементов, то вступает в силу заранее формализованное с помощью бинарных деревьев мнение эксперта. Если количество элементов и сами элементы одинаковы, то рассматриваются соединения, также формализованные бинарными деревьями, по мнению экспертов. Если модели, полученные в результате синтеза, полностью идентичны, то записывается одна из них.

На рис. 4, б, по оси x – значение функции приспособленности, а по оси y – количество особей популяции с данным значением.

Два этих графика позволят ИНС Элмана принимать управленческое решение, через заранее заданное число обработанных популяций, так как принимать решение на каждой итерации будет нецелесообразно и непрактично.

Для реализации адаптивного управления процедурой структурно-параметрического синтеза больших дискретных систем с заданным поведением следует оценивать два параметра:

1) состояние популяции в целом, которое дает возможность оценить сходимость ГА, а затухание ГА при выставленных параметрах функционирования операторов (Sel, Cross, Mut и Red);

2) значение функции приспособленности каждой особи популяции, что дает возможность находить многоэкстремальность функции и реагировать настройками функционирования операторов ГА соответствующим образом, тем самым ускоряя процесс сходимости ГА.

Для решения задачи структурно-параметрического синтеза больших дискретных систем с заданным поведением ГА можно разделить на 4 этапа:

1) синтез большой дискретной системы на основе элементов системы;

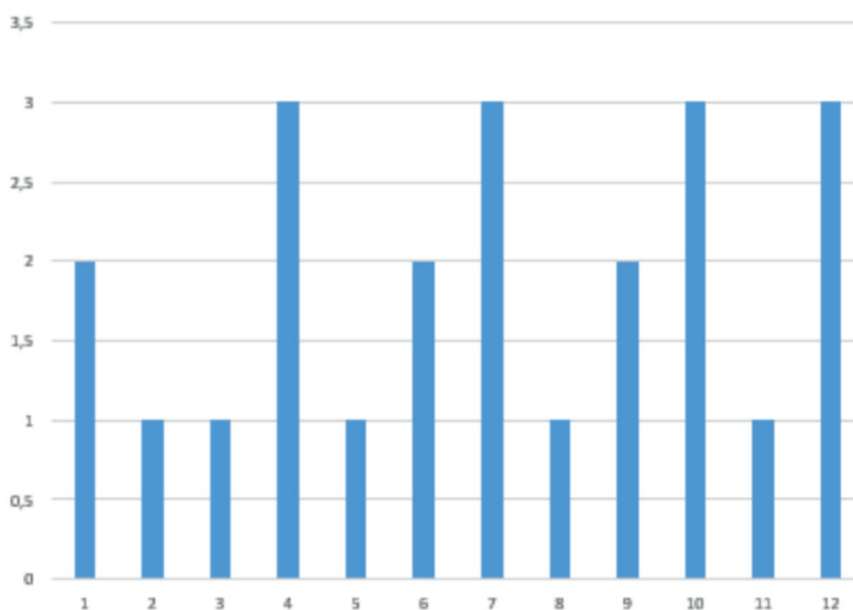
2) синтез большой дискретной системы на основе связей между элементами (межкомпонентная шина);

3) синтез на основе параметров функционирования элементов (функциональные переходы в моделях элементов на основе сетей Петри);

4) синтез на основе начальных состояний элементов, входящих в состав большой дискретной системы (начальная маркировка моделей элементов).



a)



b)

Рис. 4. Изображения для распознавания ситуации нейронной сетью Элмана: а) значение функции приспособленности каждой особи, б) состояние популяции в целом

Таким образом, результирующую схему функционирования адаптивного структурно-параметрического синтеза больших дискретных систем с заданным поведением можно представить так, как показано на рис. 5.

Как видно из представленной схемы, данные о функционировании моделей

ГА (в нашем случае это четыре сети Петри), показанные на рис. 1, поступают на ИНС (представленную моделью на основе ИСП), которая в свою очередь принимает решение о соответствующем управлении процессом структурно-параметрического синтеза.

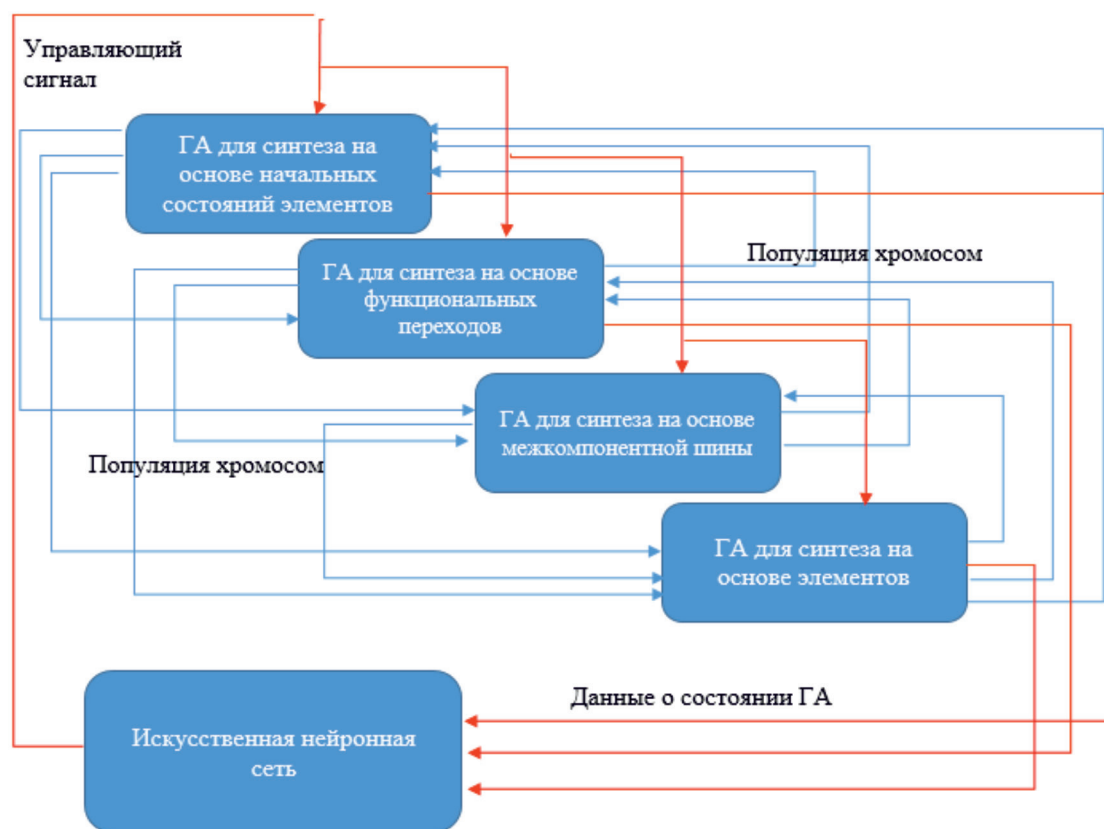


Рис. 5. Схема функционирования адаптивного структурно-параметрического синтеза больших дискретных систем с заданным поведением

Задачи структурно-параметрического синтеза больших дискретных систем довольно трудоемкие, поэтому применение эволюционных методов дает возможность снизить время для поиска решений. Использование ИНС позволит изменять настройки функционирования ГА и своевременно распознавать ситуации, которые позволят изменять режимы функционирования операторов и переключаться между четырьмя моделями. При этом задача распознавания сводится к знакомой задаче распознавания образов, которые состоят из двух графиков (распознавание букв в алфавите). Это даст возможность создать язык для функционирования ГА, что, в свою очередь, позволит ускорить процесс поиска решений.

Список литературы

1. Царегородцев В.Г. Конструктивный алгоритм синтеза структуры многослойного персептрона / В.Г. Царегородцев // Вестник КазНУ им. Аль-Фараби, серия «Математика, механика, информатика». – 2008. – № 4 (59). – Часть 3. – С. 308–315.
2. Петросов Д.А. Применение информационных сетей Петри для моделирования нейронной сети в задаче управ-

ления адаптированным генетическим алгоритмом при решении задач структурно-параметрического синтеза дискретных систем / Д.А. Петросов, В.А. Игнатенко // Успехи современной науки и образования. – 2016. – Т. 5, № 12. – С. 138–141.

3. Игнатенко В.А. Описание динамических процессов при помощи информационной сети Петри / В.А. Игнатенко, В.З. Магергут // Научные ведомости БелГУ. История, Политология, Экономика, Информатика. – 2011. – № 13. – С. 161–179.

4. Игнатенко В.А. Информационная сеть Петри как инструмент для параллельной обработки алгоритмов управления / В.А. Игнатенко, В.З. Магергут // Научные ведомости БелГУ. История, Политология, Экономика, Информатика. – 2011. – № 19. – С. 119–126.

5. Игнатенко В.А. Информационная сеть Петри как основа нечеткого управления объектами / В.А. Игнатенко, В.З. Магергут // Математические методы в технике и технологиях: Сборник трудов XXIII Междун. науч. конф. 23–24 мая 2010 г., Саратов / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Саратовский государственный технологический университет». – Саратов, 2010. – С. 13–17.

6. Игнатенко В.А. Параллельная обработка алгоритмов управления с использованием информационных сетей Петри / В.А. Игнатенко, В.З. Магергут // Математические методы в технике и технологиях: Сборник трудов XXIV Междун. науч. конф. 31 мая – 2 июня 2011 г., Киев / Национ. техн. унт. Украины «КПИ». – Киев, 2011. – Т. 6. – С. 73–75.

УДК 004.428

ПРОГРАММНЫЙ ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ ГИБРИДИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ НЕЧЕТКИХ И НЕЙРО-НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ

¹Сеньков А.В., ²Забурдаев А.Г., ¹Зюзиков Д.А., ¹Зюзикова Е.А.

¹Филиал ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ», Смоленск, e-mail: a.v.senkov@mail.ru, hardrain11@yandex.ru, lena.filonowa@yandex.ru;

²ООО «Инновационный центр ИТ», Смоленск, e-mail: azaburdaev@init-center.ru

В статье предложен программный интерфейс для гибридизации интеллектуальных нечетких и нейро-нечетких моделей, включающий: паттерн проектирования интеллектуальных моделей, состоящий из паттерна интеллектуальной модели, паттерна для реализации гибридных моделей и паттерна для работы с числами различной природы; паттерна структуры базы данных, поддерживающего паттерн проектирования интеллектуальных моделей. Приведен пример системы, реализованной с применением обозначенных паттернов. Реализованная система обеспечила вариативность использования различных моделей, а также предоставила возможность изменить набор и последовательность вызова моделей без участия программиста. Предлагаемый программный интерфейс, во-первых, является универсальным и обеспечивает программную реализацию различных видов интеллектуальных моделей. Во-вторых, он обеспечивает все основные виды гибридизации интеллектуальных моделей. В-третьих, интерфейс позволяет формировать интеллектуальные системы высокой степени адаптивности, в том числе системы, строящиеся пользователем без участия программиста. В-четвертых, такой интерфейс обеспечивает широкие возможности по обмену передовым опытом, под которым понимается возможность не только передачи фактов базы знаний, но и моделей или правил базы знаний.

Ключевые слова: программный интерфейс, гибридизация нечетких и нейро-нечетких моделей, передача базы правил между системами

SOFTWARE INTERFACE FOR HYBRIDIZATION OF INTELLIGENT FUZZY AND NEURO-FUZZY MODELS

¹Senkov A.V., ²Zaburdaev A.G., ¹Zyuzikov D.A., ¹Zyuzikova E.A.

¹Smolensk branch of Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Moscow Power Engineering Institute (National Research University), Smolensk, e-mail: a.v.senkov@mail.ru, hardrain11@yandex.ru, lena.filonowa@yandex.ru;

²LLC «Innovation-Center IT», Smolensk, e-mail: azaburdaev@init-center.ru

The program interface for hybridization of intelligent fuzzy and neuro-fuzzy models is proposed. It includes: the intelligent models design pattern, consisting of a pattern of the intellectual model, a pattern for implementing hybrid models and a pattern for working with numbers of different nature; a pattern of a database structure that supports the intelligent model design pattern. An example of a system implemented using the designated patterns is given. The implemented system ensured the variability of the use of various models, and provided the opportunity to change the set and sequence of calling models without the participation of the programmer. The proposed software interface, firstly, is universal and provides software implementation of various types of intelligent models. Secondly, it provides all the main types of hybridization of intelligent models. Thirdly, the interface allows to build intelligent systems with a high degree of adaptability, including systems that are built without the participation of the programmer. Fourthly, this interface provides ample opportunities for the exchange of best practices, which is understood as the ability not only to transmit the facts of the knowledge base, but also models or knowledge base rules.

Keywords: software interface, hybridization of fuzzy and neuro-fuzzy models, transfer of the rules base between systems

В настоящее время разработано значительное количество интеллектуальных моделей и систем, решающих как отдельные задачи, так и комплексы задач, характеризующиеся неточностью и неопределенностью системных и внешних параметров, например [1–3]. Как правило, такие работы направлены на решение частных случаев каких-либо задач. Однако окружающий мир характеризуется высокой степенью изменчивости, в результате чего модели и программные средства, ещё вчера эффективно выполнявшие поставленные перед ними задачи, устаревают и не подходят для решения новых трактовок таких задач или решения задач в новых условиях. Таким об-

разом, очевидно, современные интеллектуальные системы должны обеспечивать возможность гибкой адаптации, перестройки собственной структуры под изменяющиеся условия.

Одним из современных подходов к созданию гибких эффективных интеллектуальных систем с высокой степенью адаптивности является подход, основанный на гибридизации нейросетевых и нечетких моделей. В работах [4–6] рассмотрены следующие основные виды гибридизации таких моделей:

- гибридизация с функциональным замещением – в качестве доминирующей берется одна технология (модель), а от-

дельные ее компоненты замещаются компонентами других технологий (моделей);

- гибридизация с взаимодействием – технологии (модели) используются относительно независимо, и при этом, обмениваясь информацией, они выполняют различные задачи по достижению общей цели;

- полиморфная гибридизация – одна технология (модель) применяется для имитации и реализации функционирования другой.

Таким образом, современные интеллектуальные системы должны, помимо требования эффективного решения поставленной перед ними задачи, удовлетворять следующим дополнительным требованиям:

- обладать высокой степенью адаптивности под изменяющиеся внешние условия применения модели и изменяющуюся структуру и функции объекта, в рамках которого они используются;

- представлять широкие возможности для гибридизации нейросетевых и нечетких моделей.

Задача подобного масштаба может быть решена лишь путем выработки общих «правил игры» при программной реализации интеллектуальных моделей, а именно, разработки паттерна проектирования [7–9] интеллектуальных моделей, включающего программный интерфейс интеллектуальной модели и типовую структуру базы данных, обеспечивающую функционирование такой модели.

Паттерн проектирования интеллектуальных моделей

Интерфейс для реализации интеллектуальных моделей

Обобщенно интеллектуальная модель может быть представлена в виде кортежа:

$$R = \langle I, O \rangle,$$

где I – вектор входов интеллектуальной модели; O – вектор выходов интеллектуальной модели.

Вектора входов и выходов интеллектуальных моделей определяют перечень общедоступных (*public*) свойств интерфейса интеллектуальной модели. Интерфейс интеллектуальной модели представлен на рис. 1.

Таким образом, все модели, построенные на базе интерфейса *IntelligentModel*, будут иметь следующие общие методы.

- *GetInput* – метод, который получает входные параметры для модели. В качестве результата выполнения метода запрашивающая система получает совокупность параметров, которые могут использовать в качестве входов в модель. Эта совокупность составляет все параметры, которые требуется задать для расчета модели. К таким

параметрам относятся входные параметры самой модели, а также все входные параметры связанных моделей, результаты выполнения которых используются в качестве входов для рассматриваемой модели.

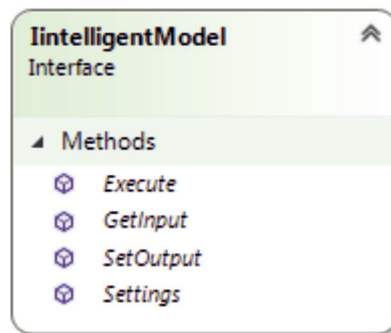


Рис. 1. Интерфейс интеллектуальной модели

- *SetOutput* – метод, который задает выходные параметры модели. В результате выполнения данного метода для модели задается совокупность параметров, которые должны быть рассчитаны и будут использованы в качестве выходов модели. Этот список выходных параметров в дальнейшем может использоваться в качестве входов для других моделей.

- *Execute* – метод, позволяющий рассчитать выходные параметры модели, используя заданные входные параметры.

- *Setting* – метод, позволяющий выполнить обучение или настройку моделей. Этот метод, как правило, должен вызывать отдельный пользовательский интерфейс настройки модели. Как правило, настройка выполняется в 3 этапа. Во-первых – выполняется построение структуры модели. Для этого на вход метода должен быть подан файл исходных данных, представленных в общепринятом формате (например, в формате графической нотации рисков, предложенной в [10], или нотации нечетких бизнес-процессов [11]. Исходные данные преобразуются в структуру модели в результате применения способа обучения или построения модели, реализованного программно. Во-вторых, факultативно, выполняется графическая адаптация модели (если сама модель предполагает такую адаптацию). Изображение модели приводится пользователем в удобочитаемый вид. В-третьих, при необходимости выполняется оперативное моделирование. Для этого пользователь подает на вход модели тестовые данные и сравнивает полученный результат с ожидаемым. При необходимости модель может быть доработана (обучена дополнительно или обучена заново).

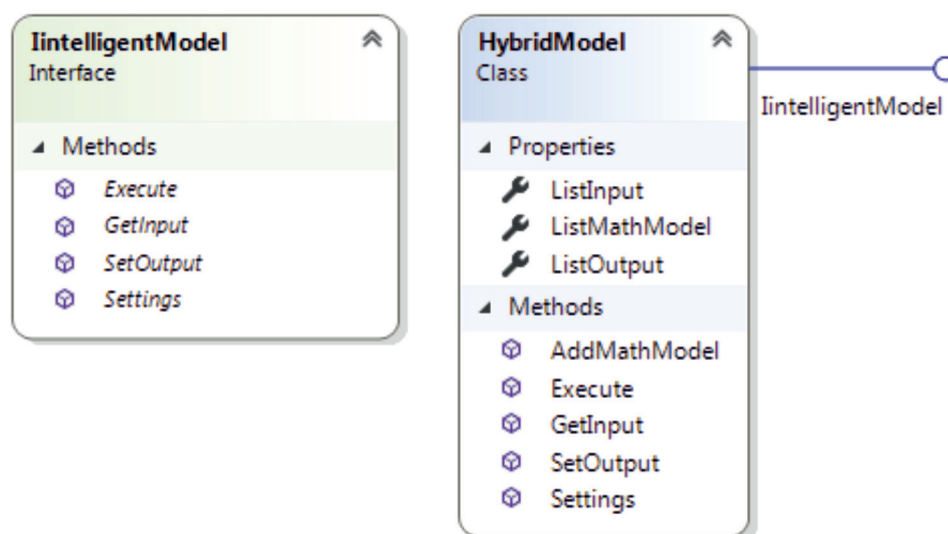


Рис. 2. Определение класса гибридной модели

Класс для реализации гибридных моделей

Гибридная модель должна также строиться на базе разработанного интерфейса для обеспечения совместимости с другими моделями.

Класс гибридных моделей можно определить следующим образом (рис. 2).

Класс *HybridModel* обладает следующими свойствами:

- *ListInput* – список входных параметров;
- *ListOutput* – список выходных параметров;
- *ListMathModel* – список математических моделей, используемых в гибридной модели в порядке их запуска.

Помимо уже рассмотренных методов интерфейса, в классе определен метод *AddMathModel*, который позволяет добавить в гибридную модель другую модель.

На базе представленного класса могут быть определены модели, использующие следующие типы гибридизации: с функциональным замещением, с взаимодействием и полиморфная гибридизация.

Паттерн для представления четких и нечетких чисел

Другим важным элементом определения интерфейса для гибридизации интеллектуальных моделей является паттерн представления четких и нечетких чисел. Различные модели зачастую могут оперировать одновременно как четкими, так и нечеткими числами. Для того, чтобы унифицировать обмен данными, необходимо разработать соответствующий паттерн проектирования.

Для этих целей разработан универсальный класс *NumberContrainer*, имеющий следующие свойства:

- *ValueTypeId* – определяет тип числа (четкое / нечеткое);
- *ValueString* – строка в которой хранится сериализованный объект – наследник абстрактного класса *BaseNumberValue*.
- *Number* – десериализованный объект – экземпляр наследника абстрактного класса *BaseNumberValue*.

Класс *NumberClear* описывает четкое число и содержит лишь значение четкого числа *Value*.

Класс *NumberFuzzy* описывает нечеткое число с функцией принадлежности трапециoidalного или треугольного вида и содержит следующие поля, его описывающие:

- *A* – левое значение носителя;
- *B* – правое значение носителя;
- *Alpha* – величина левой границы нечеткого числа;
- *Beta* – величина правой границы нечеткого числа.

Подобным образом могут быть разработаны классы нечетких чисел, задающихся функциями принадлежности произвольного вида, как параметрических (гауссовы, Z-образные, S-образные, П-образные), а также кусочно-аналитическими функциями принадлежности и функциями принадлежности, заданными точечно (наборами точек).

С использованием такого паттерна обеспечивается независимость работы моделей как с четкими, так и с нечеткими числами. Диаграмма классов паттерна представлена на рис. 3.

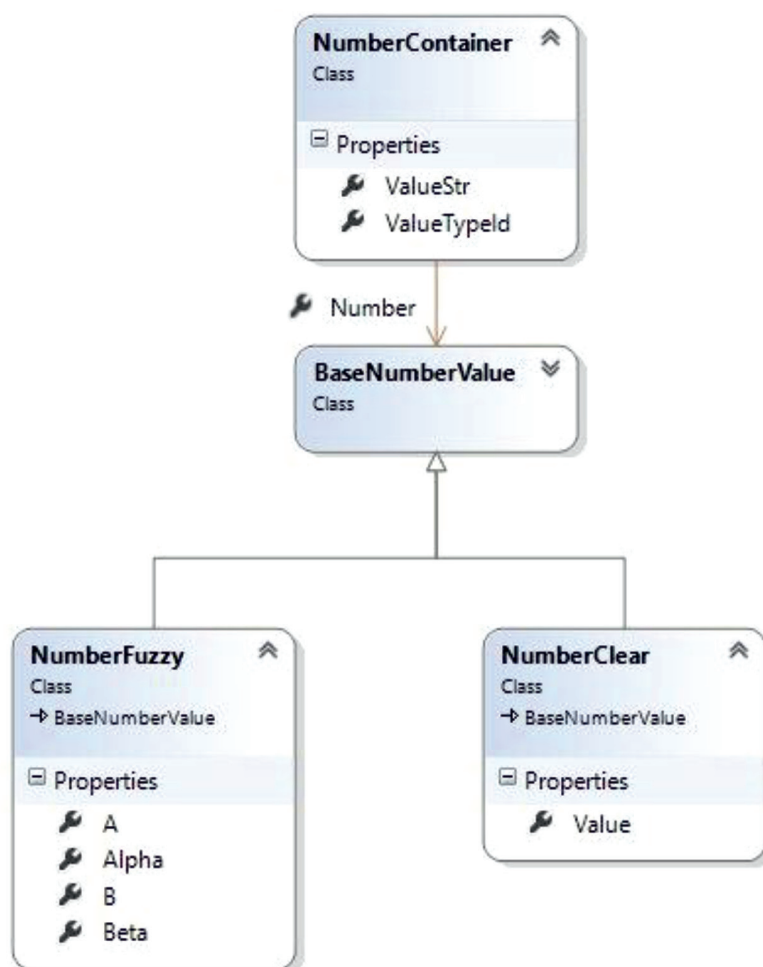


Рис. 3. Диаграмма классов паттерна для представления четких и нечетких чисел

Паттерн структуры базы данных для реализации интеллектуальных моделей

Предложенный паттерн проектирования интеллектуальных моделей должен быть поддержан паттерном структуры базы данных. Типовая структура базы данных для реализации интеллектуальных моделей приведена на рис. 4.

В представленной структуре таблица *MathModel* хранит информацию обо всех моделях в целом, а также их тип (например, нечеткое дерево отказов). Также в этой таблице хранится информация о том, какие модели используются в гибридной модели и последовательность их выполнения. В таблице *ElementMathModel* хранится информация обо всех элементах математических моделей (элементах, концептах, правилах, термах и т.д.). В таблице *ElementMathModelType* хранится расшифровка названий элементов моделей, а в та-

блице *MathType* – расшифровка названий самих моделей. В таблице *MathModelParametr* хранится информация обо всех параметрах математической модели (тип параметра, единица измерения, тип значения). В таблице *ElementMathModelParametr* – информация о параметрах конкретных элементов моделей, а в таблице *ElementValueMathModelParametr* – о параметрах для конкретных значений (термов) элементов математических моделей. В таблице *MathModelLink* хранится информация обо всех связях между элементами моделей, а именно: от какого элемента идет связь, к какому элементу связь приходит, а также вес связи, если таковой имеется.

Подход к гибридизации моделей

Представленный выше программный интерфейс для гибридизации интеллектуальных нечетких и нейро-нечетких моделей обеспечивает реализацию всех перечисленных ранее видов гибридизации.

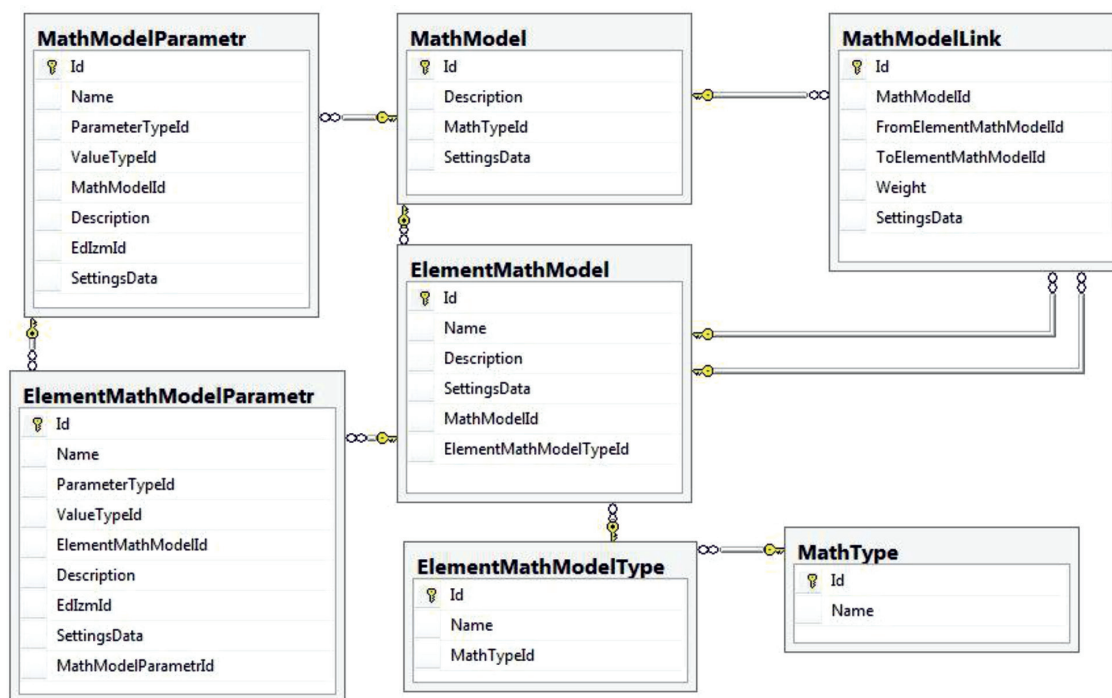


Рис. 4. Паттерн структуры базы данных для реализации интеллектуальных моделей



Рис. 5. Пример реализации гибридной модели с функциональным замещением

Гибридизация с функциональным замещением реализуется за счет построения новых моделей с использованием в своей структуре старых. Пример такой гибридизации приведен на рис. 5.

Гибридизация с взаимодействием реализуется за счет формирования комплексной модели, связывающей входы одних моделей с выходами других. Сама комплексная модель строится по образу и подобию базовых моделей, что позволяет выстраивать многоуровневые иерархические структуры моделей (рис. 6).

Полиморфная гибридизация, так же как и гибридизация с функциональным замещением, реализуется за счет построения новых моделей за счет изменения алгоритмов функционирования старых моделей.

Апробация программного интерфейса для гибридизации интеллектуальных нечетких и нейро-нечетких моделей

Представленный программный интерфейс был апробирован при реализации системы поддержки принятия решений для прелиминарного управления эксплуатационными рисками вычислительного кластера. В рамках указанного проекта были успешно реализованы следующие модели:

- 1) нечеткое дерево отказов;
- 2) нечеткая байесовская сеть;
- 3) нечеткая когнитивная карта;
- 4) нечеткая продукционная модель;
- 5) нейро-нечеткий классификатор.

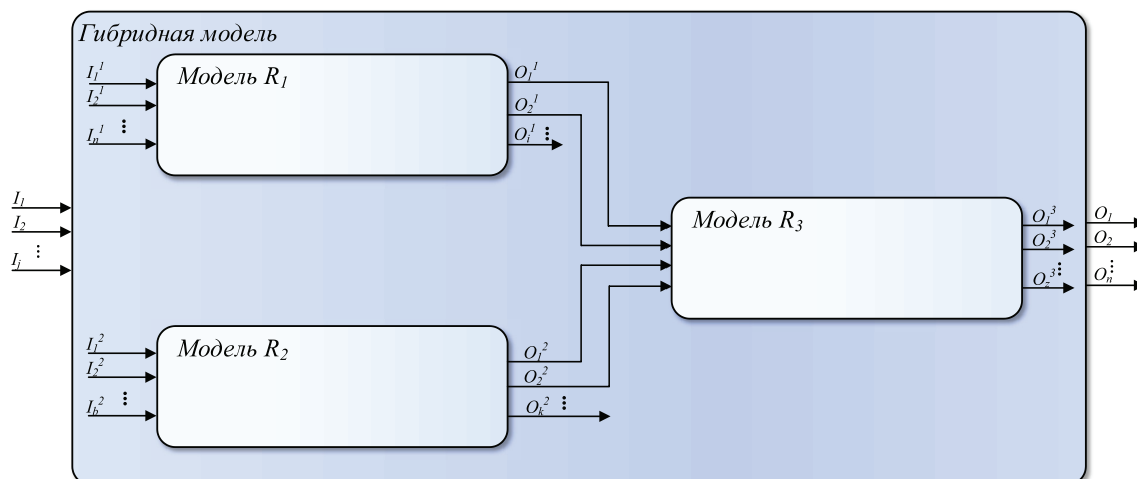


Рис. 6. Пример реализации гибридной модели с взаимодействием

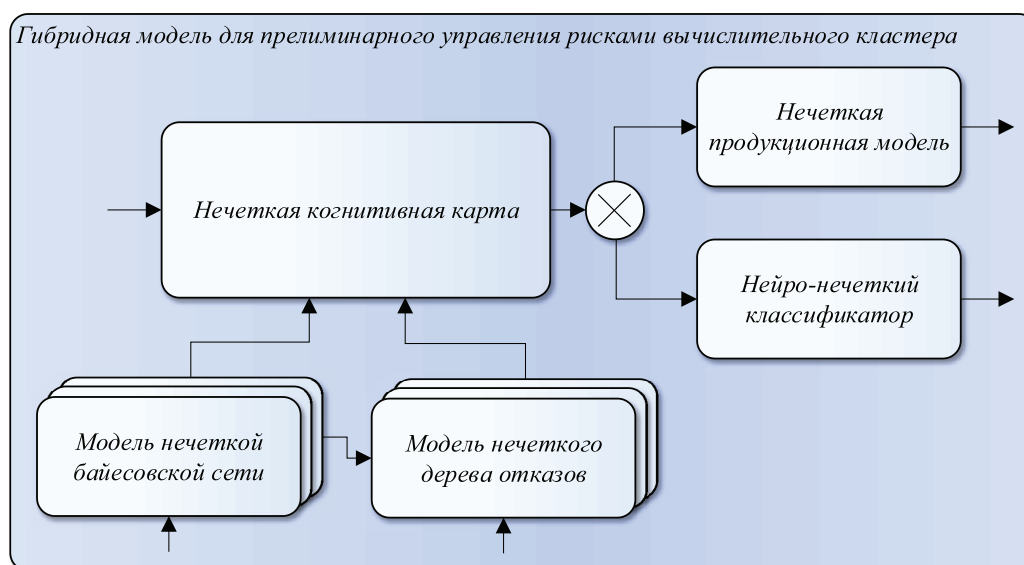


Рис. 7. Диаграмма классов паттерна для представления четких и нечетких чисел

Гибридная модель была построена по принципу гибридизации с функциональным замещением и взаимодействием. Общая схема построенной гибридной модели представлена на рис. 7.

Разработанная система обеспечивает поддержку принятия решений для предварительного управления рисками с учетом всех трех основных аспектов рисков [12]: процессного, структурного и системного. Кроме того, система реализует все основные этапы управления рисками: идентификацию, анализ, оценивание и выработку управляющих решений.

Разработанная система предоставляет пользователю возможность вариативного использования различных моделей. Так, на

конечном этапе управления могла использоваться либо нечеткая продукционная модель, либо нейро-нечеткий классификатор. Кроме того, система позволяет без участия программиста изменить набор и последовательность вызова моделей. В качестве неизменной или базовой (ввиду ряда функциональных ограничений) выбрана модель нечеткой когнитивной карты.

Таким образом, предложенный программный интерфейс, во-первых, является универсальным и обеспечивает программную реализацию различных видов интеллектуальных моделей, имеющих крайне различающиеся способы применения (и статические модели, и модели динамики). Во-вторых, он обеспечивает все

основные виды гибридизации интеллектуальных моделей. В-третьих, интерфейс позволяет формировать интеллектуальные системы высокой степени адаптивности, в том числе системы, строящиеся пользователем без участия программиста. В-четвертых, такой интерфейс обеспечивает широкие возможности по обмену передовым опытом, под которым понимается возможность не только передачи фактов базы знаний в терминах Д.А. Поспелова между интеллектуальными системами, но и передачи моделей (передачи правил базы знаний).

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проект № 16-37-60059, а также Совета по грантам Президента РФ в рамках научного проекта МК-6184.2016.8.

Список литературы

1. Денисенков М.А. Применение адаптивных нечетких ситуационных сетей для решения аналитических задач поддержки принятия решений // Системы компьютерной математики и их приложения. – 2013. – № 14. – С. 72–75.
2. Козлов П.Ю. Методы автоматизированного анализа коротких неструктурированных текстовых документов // Программные продукты и системы. – 2017. – № 1. – С. 100–105.
3. Захаров А.С. Темпоральный вывод с использованием нечетких байесовских сетей // Известия Смоленского государственного университета. – 2014. – № 1(25). – С. 417–439.
4. Аверкин А.Н., Прокопчина С.В. Мягкие вычисления и измерения // Интеллектуальные системы. – 1997. – Т. 2, Вып. 1–4. – С. 93–114.
5. Borisov V.V. Hybridization of Intellectual Technologies for Analytical Tasks of Decision-Making Support // Journal of Computer Engineering and Informatics Jan. – 2014. – Vol. 2, Iss. 1. – P. 148–156.
6. Комарцова Л.Г. Исследование нейросетевых и гибридных методов и технологий в интеллектуальных системах поддержки принятия решений: дис.... док. тех. наук: 05.13.11; [Место защиты: Калужский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана]. – Калуга, 2003. – 436 с.
7. Гради Буч. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений, 3-е издание. – 2007. – 720 с.
8. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Д. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. – СПб.: Питер, 2016. – 366 с.
9. Тепляков С. Паттерны проектирования на платформе .NET. – СПб.: Питер, 2016. – 320 с.
10. Сеньков А.В. Графическая нотация для представления процесса управления комплексными рисками // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 12–1. – С. 72–81.
11. Сорокин Е.В., Сеньков А.В., Марголин М.С. Формальный язык описания нечетких бизнес-процессов // Научный альманах. – 2016. – № 10–3(24). – С. 278–284.
12. Сеньков А.В. Управление рисками: интеллектуальные модели, методы, средства. – Смоленск: Универсум, 2016. – 284 с.

УДК 621.317.4

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ СЕМЕЙСТВА ОСНОВНЫХ КРИВЫХ НАМАГНИЧИВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СТАЛЕЙ

Стеценко И.А., Сомова А.А., Ланкина М.Ю.

ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», Новочеркасск, e-mail: lankinjohn@yandex.ru

В данной статье исследована применимость степенной полиномиальной функции и функции арктангенса для построения основных кривых намагничивания электротехнических сталей с использованием натурно-модельного подхода. При решении задач определения магнитных характеристик электротехнических сталей возникает необходимость выражения магнитной характеристики в виде конкретной функции. Рассмотрено применение степенной функции нечетных степеней от 3 до 15 и функции арктангенса для материалов с различной магнитной проницаемостью. В ходе исследований проведен анализ полученных основных кривых намагничивания электротехнических сталей, доказана возможность применения аппроксимаций совместно с натурно-модельным подходом. Применение исследованных аппроксимаций позволит уменьшить время решения обратной задачи и упростить процедуры обработки данных, что приведет к более эффективному решению задачи контроля электротехнических сталей.

Ключевые слова: обратные задачи, степенной полином, аппроксимация магнитных характеристик, электротехнические стали

RESEARCH AND ANALYSIS OF FAMILY OF MAIN CURVES OF MAGNETIZATION OF ELECTROTECHNICAL STEELS

Stetsenko I.A., Somova A.A., Lankina M.Yu.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Educational «Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)», Novocherkassk, e-mail: lankinjohn@yandex.ru

In this paper, the applicability of the power polynomial function and the arc tangent function for constructing the main magnetization curves of electrotechnical steels using the natural-model approach is investigated. When solving the problems of determining the magnetic characteristics of electrotechnical steels, it becomes necessary to express the magnetic characteristics in the form of a specific function. The application of the power function of odd powers from 3 to 15 and the function of the arc tangent for materials with different magnetic permeabilities is considered. In the course of the research, the analysis of the main magnetization curves of electrotechnical steels was carried out, the possibility of applying approximations together with the natural-model approach was proved. The application of the approximations studied will allow to reduce the time of solving the inverse problem and simplify the data processing procedures, which will lead to a more efficient solution of the problem of controlling electrical steel.

Keywords: inverse problems, power polynomial, approximation of magnetic characteristics, electrical steel

При решении обратных задач диагностики знание магнитных характеристик ферромагнитных материалов является необходимым условием. Чаще всего в качестве магнитной характеристики, подлежащей диагностике, используется основная кривая намагничивания (ОКН) $B(H)$. Ввиду того, что различные участки магнитопровода ЭУ намагничиваются по-разному, требуется информация о координатах точек ОКН в диапазоне от нулевого магнитного поля до насыщения. Таким образом, необходимо хранить большой массив данных о координатах точек ОКН (экспериментальные исследования показали, что необходимо использовать массив не менее чем из 1000 точек) или представить этот массив в виде аналитического выражения. Кроме того, ОКН обладает явно выраженной нелинейностью. Недостатки существующих методов определения магнитных характеристик требуют разработки новых эффективных

подходов, позволяющих уменьшить время решения обратной задачи и упростить процедуры обработки данных.

Одним из возможных решений поставленной задачи является представление магнитной характеристики в виде аппроксимирующей функции, наиболее точно описывающей ее форму. К аппроксимирующим функциям предъявляются определенные требования [1].

Большое количество работ посвящено применению различных аппроксимирующих выражений для описания магнитных характеристик электротехнических изделий. Проведены сравнения этих выражений между собой применительно к различным магнитным материалам [2–4]. Анализ этих работ показывает, что универсального аппроксимирующего выражения нет. Для разных видов материалов, для разных задач требуется выбор своей аппроксимирующей функции.

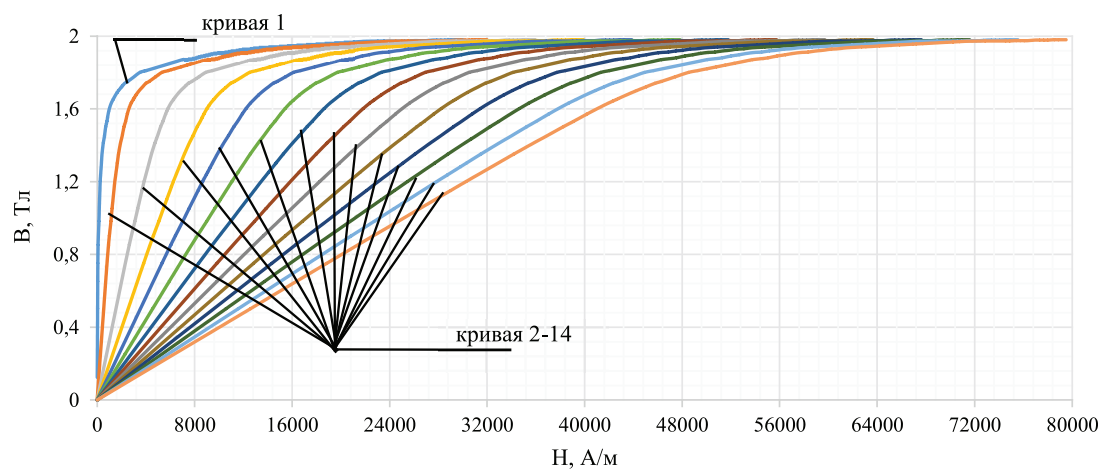


Рис. 1. Основные кривые намагничивания

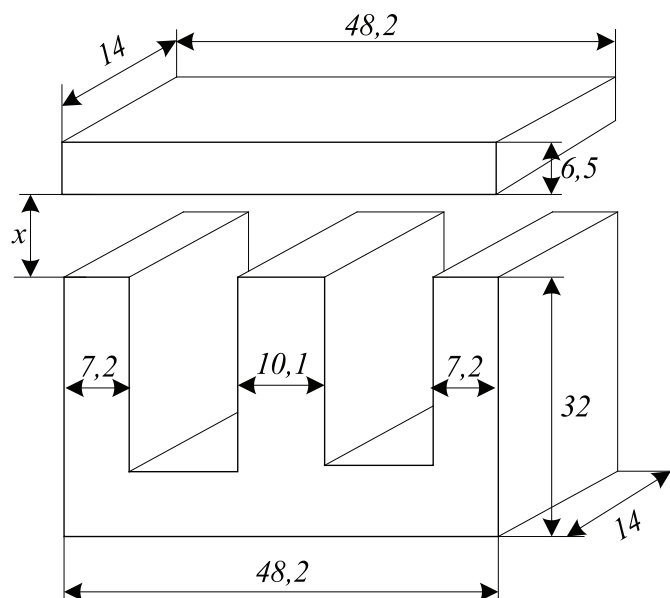


Рис. 2. Конструкция магнитопровода

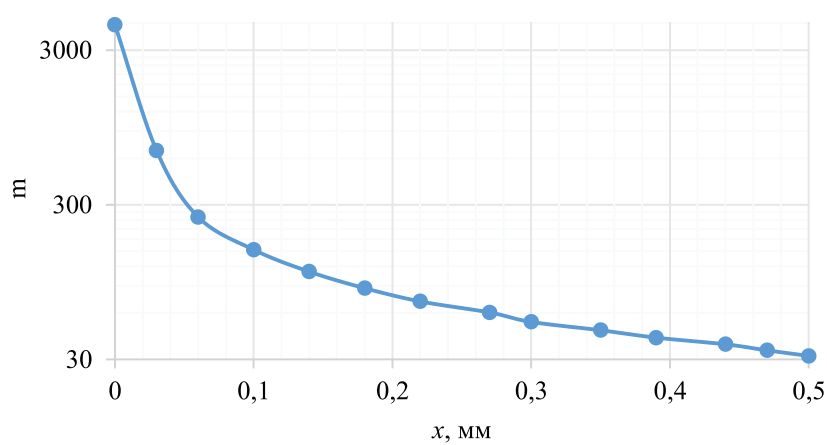


Рис. 3. Изменение магнитной проницаемости магнитопровода

Так при определении ОКН методом решения обратной задачи гармонического баланса [5–7] удобно использовать степенную полиномиальную функцию, состоящую из членов с нечетными степенями вида

$$B = \sum_{i=1}^n k_{2m-1} H^{2m-1}, \quad (1)$$

где B – магнитная индукция, H – напряженность магнитного поля, k_{2m-1} – коэффициенты аппроксимации, $2n - 1$ – максимальная степень полинома.

Погрешность, с которой степенной полином аппроксимирует ОКН, определяется количеством членов степенного ряда, т.е. значением n .

Исследуем зависимость погрешности аппроксимации ОКН от количества слагаемых полинома для магнитных материалов с различной максимальной проницаемостью. Для этого, используя ОКН электротехнической стали 3411 (кривая 1 на рис. 1) и модель Джилса – Аттертона [8–10] рассчитаны ОКН ряда магнитных материалов с различной относительной магнитной проницаемостью μ . (кривые 2–14 на рис. 1). Эти ОКН получены в программном пакете ANSYS путем изменения зазора x в Ш-образном магнитопроводе (рис. 2) в диапазоне от 0 до 0,5 мм. с шагом 0,03 мм. При этом относительная магнитная проницаемость μ изменялась от 4379 до 32 соответственно. (Характер изменения μ представлен на рис. 3).

Результаты аппроксимации оценивались по погрешности [11], вычисленной как расстояние между исходной ОКН и кривой, полученной по аппроксимирующему выражению (1).

Для определения коэффициентов k_{2m-1} выражения (1) проводилось получение

аппроксимации полученных ОКН в программном пакете Statistica, а для расчета погрешности – программа [12], разработанная авторами. В табл. 1 представлены результаты этих исследований.

Из табл. 1 видно, что использовать степенной полином в качестве аппроксимации магнитных характеристик можно, когда магнитная проницаемость не превышает 250 (для критерия была взята погрешность, допустимая ГОСТ для магнитных измерений $\pm 3\%$).

При решении задач моделирования работы исполнительных электромагнитов [13, 14] требуется знать ОКН для различных положений якоря:

$$B = f(H, x), \quad (2)$$

где x – немагнитный зазор.

В таких задачах аппроксимирующее выражение в виде степенного полинома (1) неприемлемо, в нем отсутствует вторая независимая переменная x .

Используя семейство ОКН (рис. 1), построена зависимость магнитной индукции от зазора в магнитопроводе при различных значениях напряженности магнитного поля (рис. 4).

Представленные на этом рисунке кривые были аппроксимированы с помощью программного пакета Statistica выражениями

$$B = -0,387817 + \frac{0,091158}{0,038022 + x} + 0,640725 \cdot x,$$

$$B = 3,11910 + \frac{-0,20754}{0,15710 + x} - 4,19501 \cdot x,$$

$$B = 9,66333 + \frac{-7,08199}{0,90067 + x} - 6,73988 \cdot x.$$

Таблица 1

Погрешность аппроксимации

Магнитная проницаемость	4379	674	250	154	111	87	71	60	52	46	42	38	34	32
Степень полинома														
3	71,72	58,12	38,12	26,77	21,59	17,37	14,01	11,33	9,17	7,42	5,98	4,78	3,78	2,93
5	67,27	47,73	23,42	15,48	10,14	6,42	3,82	2,51	2,96	3,16	3,20	3,12	2,97	2,78
7	63,12	39,01	15,01	7,95	3,68	3,68	2,93	2,81	2,46	2,14	1,89	1,78	1,62	1,42
9	59,83	32,01	10,05	3,45	2,67	2,60	2,15	1,75	1,47	1,18	0,88	0,72	0,73	0,82
11	57,38	26,19	6,78	2,02	2,35	1,88	1,31	0,91	0,65	0,79	0,85	0,80	0,69	0,63
13	55,11	21,31	4,07	2,02	1,83	1,22	0,75	0,74	0,79	0,65	0,56	0,50	0,44	0,38
15	53,11	18,56	2,19	1,91	1,30	0,70	0,75	0,67	0,53	0,46	0,37	0,31	0,31	0,31

Кривые на рис. 4 имеют сильные отличия друг от друга, но описываются аппроксимирующими выражениями вида

$$B = k_0 + \frac{k_1}{k_2 + x} + k_3 \cdot x,$$

что указывает на наличие общих закономерностей у них.

Используя метод размагничивающего фактора [15], можно определить ОКН $B_1(H_1)$ зная значение зазора в магнитопроводе и ОКН магнитного материала $B(H)$ из которого он изготовлен.

Известно, что коэффициент размагничивания пропорционален значению магнитного зазора и сильно влияет на наклон ОКН магнитопровода [12]:

$$H_1 = H \left(1 + \frac{x}{l} \right) - \frac{x}{l \cdot \mu_0} B,$$

$$H_1 = H + \frac{x}{l} H - \frac{x}{l \cdot \mu_0} B,$$

где l – средняя магнитная линия и отсюда

$$B = \frac{(H - H_1)}{x} \cdot l \cdot \mu_0 + H \cdot \mu_0.$$

Используя вид последнего выражения, авторами предлагается аппроксимирующее выражение, учитывающее зависимость маг-

нитной индукции от напряженности магнитного поля и зазора магнитопровода:

$$B = \frac{f^{[1]}(H)}{1 + x} + f^{[1]}(H), \quad (3)$$

с учетом зависимости $B(H)$, заданной в виде полинома (1):

$$B = \frac{\sum_1^n k^{[1]}_{2m-1} H^{2m-1}}{1 + x} + \sum_1^n k^{[2]}_{2m-1} H^{2m-1}. \quad (4)$$

Для предложенной аппроксимации (4) рассчитана погрешность для полиномов третьей, пятой и седьмой степеней. В табл. 2 представлены результаты этих исследований.

Из табл. 2 видно, что выражению (4), описывающему зависимость магнитной индукции от напряженности и зазора в магнитопроводе, свойственны такие же значения погрешности, что и выражению (1), описывающему зависимость магнитной индукции только от напряженности (см. табл. 1). Таким образом, можно утверждать, что предложенный вид аппроксимирующей функции семейства ОКН (3) удачен, однако требует удвоения количества коэффициентов аппроксимации k_{2m-1} . Поэтому степенной полином нельзя считать удачной функцией для аппроксимации семейства ОКН.

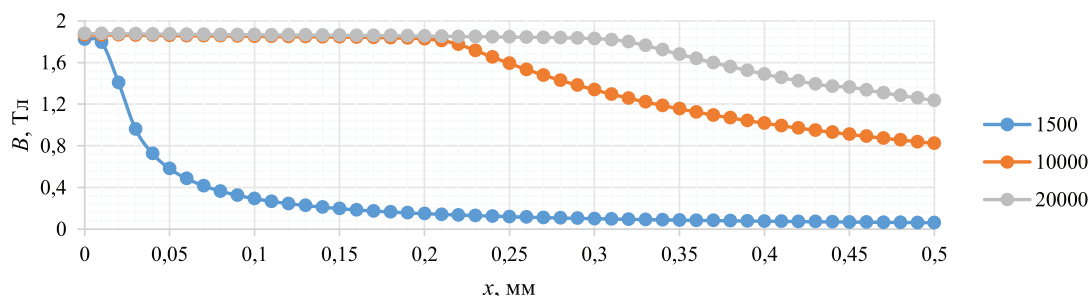


Рис. 4. Зависимость магнитной индукции от зазора в магнитопроводе при различных значениях напряженности магнитного поля

Таблица 2

Погрешность аппроксимации

Магнитная проницаемость	4379	674	250	154	111	87	71	60	52	46	42	38	34	32
Степень полинома														
3	72,22	58,53	38,39	26,96	21,74	17,49	14,11	11,41	9,23	7,47	6,02	4,81	3,81	2,95
5	67,74	48,06	23,58	15,59	10,21	6,46	3,85	2,53	2,98	3,18	3,22	3,14	2,99	2,80
7	63,56	39,28	15,12	8,01	3,71	3,71	2,95	2,83	2,48	2,15	1,90	1,79	1,63	1,43

Таблица 3

Погрешность аппроксимации

Магнитная проницаемость	4379	674	250	154	111	87	71	60	52	46	42	38	34	32
Погрешность, %	8,65	4,90	3,91	4,25	4,29	4,23	4,13	4,02	3,90	5,01	5,41	5,16	5,92	5,68

Таблица 4

Погрешность аппроксимации

Магнитная проницаемость	4379	674	250	154	111	87	71	60	52	46	42	38	34	32
Погрешность, %	8,71	4,93	3,94	4,28	4,32	4,26	4,16	4,04	3,93	5,05	5,44	5,20	5,96	5,71

Меньшее количество коэффициентов аппроксимации k_i требуется при использовании выражений на основе арктангенса:

$$B = k_1 \cdot \arctan(k_2 \cdot H) + k_3 \cdot H. \quad (5)$$

В табл. 3 приведены погрешности аппроксимации этим выражением семейства ОКН (рис. 1).

Из табл. 3 видно, что погрешность для всех магнитных проницаемостей не превысила 9 %, что позволяет использовать такую функцию при решении задач методом натурно-модельного эксперимента [5, 14].

Как и в случае степенного полинома, необходимо построить зависимость магнитной индукции не только от напряженности магнитного поля, но и от немагнитного зазора. Для этого, используя выражение (3) и функцию арктангенса (5), получим выражение

$$B = \frac{k_1^{[1]} \cdot \arctan(k_2^{[1]} \cdot H) + k_3^{[1]} \cdot H}{1 + x} + k_1^{[2]} \times \arctan(k_2^{[2]} \cdot H) + k_3^{[2]} \cdot H. \quad (6)$$

Полученная аппроксимация (6) имеет всего шесть коэффициентов k_i , что существенно меньше, чем при применении аппроксимации вида (4).

Определены значения погрешностей аппроксимации выражением (6), они приведены в табл. 4.

Результаты, приведенные в табл. 4, как и результаты табл. 3, показывают, что учет зависимости от зазора не приводит к существенному увеличению погрешности.

Применение аппроксимирующих функций способствует повышению скорости решения задачи диагностики электротехнических устройств, путем упрощения процедуры обработки данных за счет использования аппроксимирующего выражения вместо объемных массивов данных. Полученные аппроксимирующие выражения (1), (4), (5) и (6) применимы при определении магнитных характеристик решением обратной задачи гармонического баланса методом натурно-модельного эксперимента, однако для задач, где допустима погрешность до 10 %, предпочтительнее выражения (5) и (6), требующие мень-

шего количества коэффициентов аппроксимации k_i для достижения указанной точности.

Список литературы

1. Подберезная И.Б. Алгоритмы моделирования магнитного гистерезиса / И.Б. Подберезная // Известия вузов. Электромеханика. – 2015. – № 6 (542). – С. 5–13.
2. Гречихин В.В. О численных методах минимизации функционалов прямых и обратных задач / В.В. Гречихин, А.Л. Юфанова // Известия вузов. Электромеханика. – 2015. – № 6 (542). – С. 93–96.
3. Кадочников А.И. Аппроксимация основной кривой намагничивания параболической сплайн-функцией / А.И. Кадочников, Е.Б. Хан // Электромеханика. – 1991. – № 3. – С. 70–73.
4. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Программа нахождения погрешности измерных вебер-амперных характеристик электротехнических устройств // Компьютерные технологии в науке, производстве, социальных и экономических процессах: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Новочеркасск, 12 дек. 2014 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2015. – С. 57–61.
5. Gorbatenko N.I., Lankin A.M., Lankin M.V., Shayhudinov D.V. Determination Of Weber-Ampere Characteristic For Electrical Devices Based On The Solution Of Harmonic Balance Inverse Problem // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10, № 3. – P. 6509–6519.
6. Гречихин В.В. Применение математического моделирования в задачах определения петель гистерезиса электротехнических материалов / В.В. Гречихин // Известия вузов. Электромеханика. – 2010. – № 3. – С. 13–18.
7. Ланкин А.М., Ланкин М.В. Определение погрешности измерения вебер-амперной характеристики. Св. № 2015610308 Россия. – Заявл. 06.11.2014 Запр. 12.01.2015.
8. Gorbatenko N.I., Lankin M.V., Lankin A.M. The solution of the harmonic balance method of electrical devices natural-model tests inverse problem International Conference on Industrial Engineering // Procedia Engineering. – 2015. – № 129. – P. 799–803.
9. Grechihin V.V., Lankin M.V., Lankin A.M. Diagnosing electromagnets for weber-ampere characteristic of the operating cycle International Conference on Industrial Engineering // Procedia Engineering. – 2015. – № 129. – P. 793–798.
10. Матюк В.Ф. Математические модели кривой намагничивания и петлей магнитного гистерезиса / В.Ф. Матюк, А.А. Осипов // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2011. – № 2. – С. 3–20.
11. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Гречихин В.В., Шайхутдинов Д.В. Determination of Magnetic Characteristics of Alternative Current Electrotechnical // Research Journal of Applied Sciences – 2015. – № 10 (10). – P. 695–700.
12. Приборы и методы контроля магнитных свойств постоянных магнитов: монография / М.В. Ланкин. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2007. – 292 с.
13. Тутаев Г.М. Алгоритмы энергоэффективного управления асинхронизированным вентильным двигателем: монография / Г.М. Тутаев. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – 100 с.
14. Шайхутдинов Д.В., Ланкин А.М., Наракидзе Н.Д., Гречихин В.В., Широков К.М., Горбатенко Н.И. Complex Predict Fault Diagnostics of Electromagnetic Actuators Based on the Principle Component Analyses // Research Journal of Applied Sciences. – 2015. – № 10 (10). – P. 555–557.
15. Кузьменко Н.И. К вопросу об аппроксимации основной характеристики намагничивания / Н.И. Кузьменко, Е.И. Гольдштейн // Электромеханика. – 1977. – № 7. – С. 760–764.

УДК 37.014.54:378:364.62

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА СОЦИАЛЬНЫХ РАБОТНИКОВ В УСЛОВИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Бахчиева О.А., Савченко С.Л.

*ФГБОУ ВПО «Московский государственный психолого-педагогический университет», Москва,
e-mail: BahchievaOA@mgppu.ru, SavchenkoSL@mgppu.ru*

В статье предложены некоторые направления, ориентированные на совершенствование системы профессионального образования специалистов социальной защиты населения. Сделана попытка выявить основные причины необходимости данной работы. Изменения в политической, экономической и социальной сферах, произошедшие с середины 1980-х гг., повлекли за собой преобразования государственной социальной политики. Приведены статистические данные ключевых показателей социальной поддержки населения в 2008–2016 гг. Отмечено, что эффективность взаимодействия вузов, государственных органов власти и местного сообщества выступает необходимым условием развития социальной работы как социальной практики, научно-исследовательской и образовательной деятельности. Социальная работа как образовательное и научно-исследовательское направление переходит на иной уровень развития, выдвигающий новые требования для дальнейшего укрепления позиций в академическом пространстве и усиления практикоориентированной профессиональной составляющей. Актуализированный опыт позволит распространить основные результаты работы среди научно-педагогического сообщества в системе социальных институтов.

Ключевые слова: социальная работа, профессиональная подготовка, социальная защита, инновационные технологии

PROFESSIONAL TRAINING OF SOCIAL WORKERS IN THE IMPLEMENTATION OF THE NEW TECHNOLOGIES

Bakhchieva O.A., Savchenko S.L.

*Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE), Moscow,
e-mail: BahchievaOA@mgppu.ru, SavchenkoSL@mgppu.ru*

This article offers some areas for improvement of state-provided vocational education system for social workers as attempt was made to identify the main *raison d'être* for a system. The changes in the political, economical and social spheres since the mid-80's. XX century led to the transformation of state social policy. Key statistical data of social support for the population in Russia have been presented for the period 2008–2016. The effectiveness of cooperation between state authorities, universities and the local community is an important condition for the development of social work as social practice, research and educational activities, which was noted in the article. Social work as a research and educational area is reaching a higher level of development, presenting new demands for further strengthening of positions in the academic space and the practical-oriented professional component. The up-to-date experience will make it possible to distribute the main results of the survey among the academic and pedagogical community in the system of social institutions.

Keywords: social work, vocational training, social protection, innovative technique

Проблема разработки максимально эффективных систем обучения, в том числе в сфере профессионального образования, с акцентом на формирование и развитие инновационных компетенций работников, стала снова актуальной в конце XX века. Это связано с началом кризиса образовательных систем как в России, так и в мире в целом, с одной стороны, а также с интенсификацией технологической конкуренции, вынудившей работодателей увеличить запрос на специалистов нового уровня подготовки. Одной из наиболее масштабных задач социальноориентированной экономики любого государства, а тем более в условиях формирующегося рыночного хозяйства, является деятельность по социальной защите всех слоев общества и по выработке долгосрочной стратегии эффективной социальной политики.

Формой ее реализации выступает фактически сам образ и характер действий

государства, воплощенный в социальную политику, которая на практике пронизывает все сферы экономических отношений в стране. Для эффективного осуществления функций регулятора государство использует такие мощные рычаги воздействия, как законодательство страны, национальный бюджет, система налогов и пошлин и др.

Тем не менее существуют явные проблемы, в том числе связанные с регулированием и обеспечением социальной защиты населения. Именно социальная сфера подвергается самому серьезному деструктивному давлению уже при первых кризисных явлениях в экономике, а тем более в условиях системного кризиса.

Сам процесс становления российской системы социальной защиты населения – явление чрезвычайно длительное и не имеет на сегодняшний день своего исторического завершения и оформления, измене-

ние его можно наблюдать на протяжении всей тысячелетней истории российского государства. Особенный интерес сегодня у специалистов вызывает опыт развития системы социального призрения в досоветский период, например наличие адресной социальной поддержки нуждающихся и системная государственная поддержка развития благотворительных обществ и других социальных учреждений. В СССР под социальной политикой понималась «система организационных мер, направленных на конкретные преобразования в социальной сфере (например, увеличение числа врачей или учителей, рост масштабов жилищного строительства и т.п.)»

Однако во многом созвучная западной доктрине государства всеобщего благоденствия (Welfare state) социальная защита советского режима при переходе от социалистического строя к рыночным отношениям совершенно утратила свою прежнюю функциональность. Ставший очевидным в 1970–1980-х гг. кризис плановой системы экономики привел к острому кризису в социальной сфере, что повлекло за собой необходимость ее скорейшего и коренного преобразования.

Российская система социальной защиты населения уже претерпела ряд серьезных изменений: от системы некой государственной благотворительности в форме «собесов», через несколько этапов системы социальной защиты населения в период реформирования российского общества конца 1990-х гг. до современной системы, основывающейся на реализации Концепции социального развития государства, предусматривающей адресную, комплексную и целевую социальную поддержку населения с обязательным созданием системы государственных минимальных социальных стандартов как залога стабильного функционирования всей системы социальной защиты населения.

Федеральным законом РФ «О государственной социальной помощи» закреплено понятие «государственная социальная помощь». Социальная помощь охарактеризована в законе как предоставление малоимущим семьям, малоимущим одиноко проживающим гражданам социальных пособий, жизненно необходимых товаров, субсидий, компенсаций.

Сами понятия «меры социальной поддержки» и «социальная поддержка» появились с вступлением в силу Федерального Закона от 22 августа 2004 г. № 122 «О внесении изменений в законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых законодательных актов Российской Федерации в связи с принятием фе-

деральных законов «О внесении изменений и дополнений в Федеральный закон «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации» и «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации»».

Федеральным законом от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ понятия «льготы» и «меры социальной защиты» во многих нормативных правовых актах заменены термином «меры социальной поддержки». Право на льготу, т.е. право на получение государственной социальной помощи (ГСП) отдельным категориям граждан, установлено Федеральным Законом Российской Федерации № 178-ФЗ от 17.07.1999 г. «О государственной социальной помощи». Виды государственной социальной помощи включают: социальные пособия, субсидии, набор социальных услуг, социальную доплату к пенсии, социальный контракт, меры социальной адаптации. Важно учитывать федеральный и региональный уровни [1].

Расходы консолидированных бюджетов на меры социальной помощи представлены на рис. 1. При этом интересна статистика численности граждан, получивших меры социальной поддержки за счет средств консолидированного бюджета субъекта Российской Федерации (рис. 2), а также рост сумм регулярных денежных выплат [2].

Именно в условиях радикальной трансформации системы социальной защиты населения крайне важно задуматься о необходимых изменениях в подготовке и переподготовке профессиональных кадров соцработников. [3] Это связано не только со значительными изменениями самого статуса соцработника и ближайшей перспективой роста полномочий и ответственности соцработников, например когда речь идет об органах социальной опеки и растущем влиянии решений соцработника в вопросах семьи и детей, но и с другими объективными изменениями в потребностях общества (факторы национальной безопасности, техногенные катастрофы, рост преступности, распространение аддитивных и асоциальных форм поведения, ухудшение условий жизни населения, увеличение числа нуждающихся в социальном обслуживании и т.д.), настоятельно требующими принятия мер по совершенствованию системы дополнительного профессионального образования взрослых, являющихся специалистами учреждений социальной сферы, а это: социальные работники, специалисты по социальной работе, специалисты в сфере социальных проблем и другие категории сотрудников учрежде-

ний, подведомственных департаменту труда и социальной защиты населения.

Проблема совершенствования деятельности учреждений социальной сферы в современных условиях является ключевой, важнейшей проблемой в процессе модернизации той или иной сферы социально-

экономического развития и обусловлена в первую очередь подготовкой высококвалифицированных специалистов, использованием кадрового потенциала как ресурсного фактора, который является одним из определяющих успешность проведения конкретной реформы.

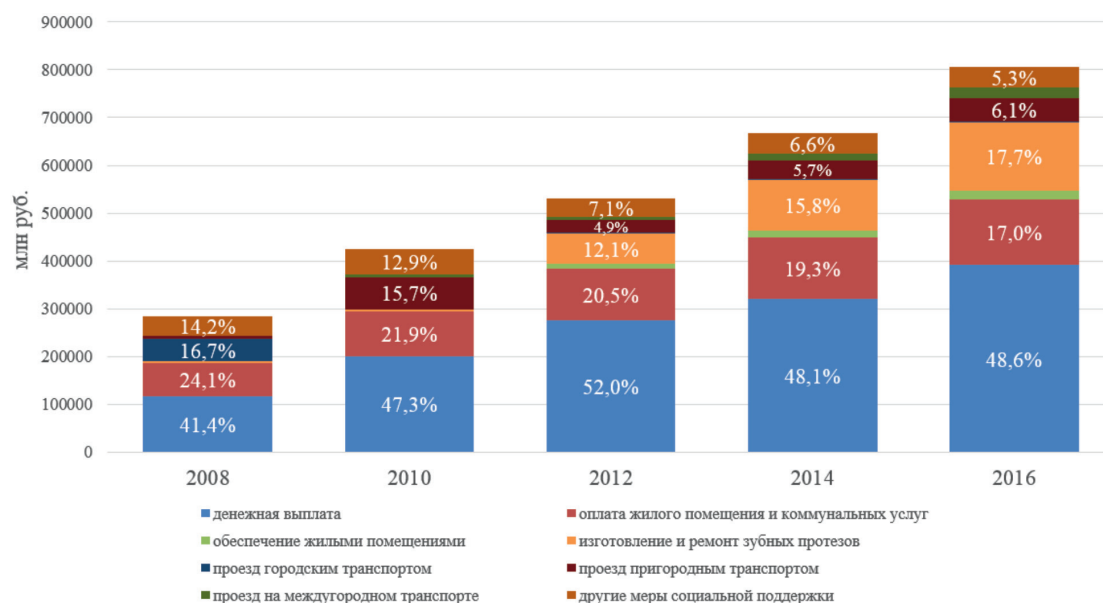


Рис. 1. Расходы консолидированных бюджетов субъектов РФ и муниципальных образований на реализацию мер социальной поддержки отдельных категорий граждан

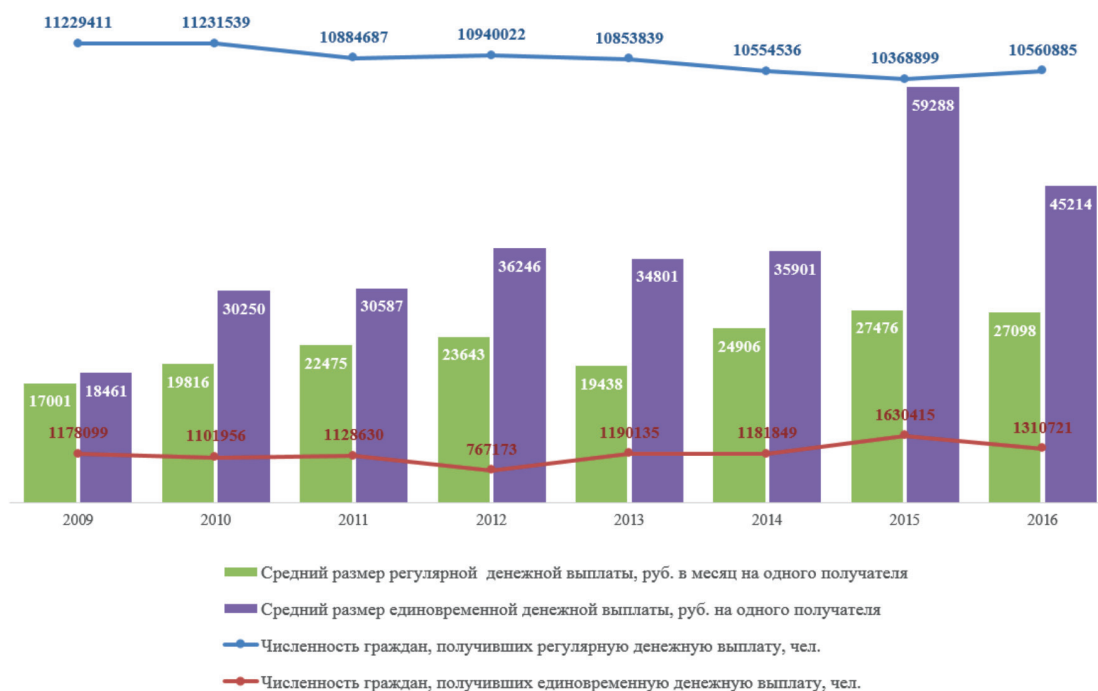


Рис. 2. Численность граждан, получивших меры социальной поддержки за счет средств консолидированного бюджета субъекта Российской Федерации, и установленные размеры денежных выплат

Как было отмечено ранее, именно система дополнительного образования способна в кратчайшие сроки и наиболее полно решить актуальные задачи кадрового обеспечения отраслей, имеющих большое значение для социально-экономического развития.

Важнейшей идеей реформы образования является совершенствование системы профессионального обучения, которую, в свою очередь, обеспечивает система дополнительного профессионального образования. Способствовать достижению целей реформирования образования может необходимый кадровый потенциал страны для последующего динамичного социально-экономического развития, развития науки, внедрения инноваций, что, в свою очередь, положительно повлияет на конкурентоспособность человеческого фактора на мировом рынке.

Резюмируя вышесказанное, стоит отметить, что система дополнительного профессионального образования на сегодняшний день является не просто востребованной, но и выступает одним из фундаментальных условий для успешного проведения всех необходимых реформ, целью которых является переход к новой экономике и инновационному развитию приоритетных отраслей страны.

Дополнительным профессиональным образованием в данном случае является организованный процесс, в основе которого лежит самостоятельный выбор обучающимися образовательной области, профиля программ, времени их освоения, из всего разнообразия видов деятельности.

Специфика дополнительного профессионального образования в самом процессе самореализации и становления специалиста в профессии с учетом постоянно меняющихся требований со стороны общества.

Анализ дополнительного профессионального образования позволяет выделить ряд особенностей данного процесса, которые можно определить как стратегические, так как их реализация строится на принципе совместной деятельности обучающихся и педагогов, педагогики сотрудничества, на принципе опоры на опыт уже взрослых обучающихся, на принципе актуализации результатов обучения и непрерывном развитии образовательных потребностей взрослых.

Образовательная система эффективно функционирует только в условиях постоянной адаптации к изменениям приоритетов государства, внутрисистемным инновациям, глобальной конкуренции,

ориентируясь на требования заказчиков (не только работодателей, но и непосредственно самого обучающегося). Например, в сфере демографии обязательно необходим учет таких фактов, как старение населения, демографические ямы, изменение структуры семьи, рост населения за счет мигрантов из стран бывшего Советского Союза, перемещение сельского населения в города.

В сфере экономики: глобальная конкуренция на рынке труда, стремительный рост профессиональной мобильности; глобализация как глобальная конкуренция за производство ресурсов, товаров и услуг; будущая смена технологической парадигмы.

В сфере экологии и природных ресурсов: падение экологического уровня в развивающихся странах, глобальное потепление и другие факторы влияния человечества на природу; уменьшение дохода от нефтегазового сектора.

Очень сложное и многофакторное влияние оказывают новые технологии, наряду с решениями многих проблем, как в организации социального обеспечения, так и в системе образования и повышения квалификации социальных работников, а также в целом ряде других не менее важных процессов и явлений. Положительно или отрицательно оценивают такое влияние при первом поверхностном впечатлении, тогда как любой анализ показывает, что изменения, которые приносят новые технологии, не укладываются в черно-белой гамме, и как о факте их использования, так и о последствиях их применения судить еще слишком рано. Необходимость их использования неоспорима, и технологический прогресс выводит оказание социальных услуг населению на более высокий уровень, позволяющий удовлетворить потребности с ранее недостижимыми скоростью и качеством, а процесс образования интенсифицировать, достигнув значительно больших прозрачности процесса и объективности результатов. Однако о сложных и многоплановых аспектах применения новых технологий забывать нельзя. Конкретные примеры, иллюстрирующие это, множатся едва ли не со скоростью развития самих технологий, так, например, использование автоматических сервисов в колл-центрах, процесс, развитие которого происходит на наших глазах, лишь ускорится с применением новых технологий искусственного интеллекта и со всей очевидностью поднимет ценность живого человеческого общения, а следовательно, возвращает актуальность более углубленному обучению соработников целому ряду научных дис-

циплин во главе с психологией, а бум заочного обучения через интернет диктует необходимость большего внимания к качеству теоретических знаний и их более тесной связи с реалиями жизнедеятельности, особенно при повсеместном использовании письменных тестов в качестве главного элемента контроля.

Современные методы и формы обучения, используемые в процессе вузовской подготовки специалистов по социальной работе, позволяют совместить теоретические знания с их практическим применением, повышая таким образом мотивацию студентов и их интерес к учебной деятельности. Объединение традиционных и активных (интерактивных) форм обучения в образовательном процессе на современном этапе позволяет более качественно подготовить выпускников к профессиональной деятельности, мотивирует к трудоустройству по специальности, а также дает дополнительные плюсы в межвузовской конкуренции.

Развитие системы подготовки специалиста социальной работы базируется на профессиональных стандартах, а также должно осуществляться на основе системного взаимодействия вузов, государственных органов власти и местного сообщества. Это позволит учесть всю многогранность данного процесса с позиций социальной практики, научно-исследовательской и образовательной деятельности. Согласимся с исследователями в данной сфере и выделим ключевые позиции подготовки социальных работников.

Ключевое направление ориентировано на подготовку и повышение квалификации работающих в социальной сфере специалистов. Организация данной работы должна учитывать потребности и запросы заказчика, принимая во внимание региональную и ведомственную специфику. Приведенная традиционная форма взаимодействия становится в настоящее время все более гибкой.

Категория работающих взрослых людей акцентирует свое внимание в обучении на том, как и где в своей работе в дальнейшем возможно применить полученные новые знания, а также большое значение имеет развитие навыков самообразования и практическая ориентированность обучения. Важным направлением сотрудничества, кроме подготовки и повышения квалификации, может выступать участие преподавателей вуза в профессиональном сопровождении и поддержке работы специалистов в социальной сфере. Формы и алгоритмы сопровождения и такой поддержки все еще нуждаются в разработке [3].

И хотя преподаватели российских вузов, ведущие подготовку социальных работников, могут осуществлять и супервизорскую деятельность, по образу и подобию американских коллег, тем не менее эта крайне востребованная деятельность должна быть адаптирована к российским реалиям.

Еще одно перспективное направление сотрудничества заключается в создании на базе вузов центров практической социальной работы. Это позволит отразить важные потребности студентов относительно возможности получения профессиональных навыков, реализации собственных исследовательских и социальных инициатив, послужить фактором, мотивирующим на трудоустройство по специальности. Создание таких центров также позволит учитывать интересы преподавателей в осуществлении научно-исследовательской деятельности и взаимодействии со специалистами-практиками, в ресурсах для профессионального роста и развития в качестве преподавателя и исследователя; удовлетворять интересы специалистов социальной сферы, получающих образовательное и методическое сопровождение своей деятельности [3].

Выход социальной работы на иной уровень развития в качестве образовательного и научно-исследовательского направления как устанавливает новые правила для дальнейшего укрепления позиций в академическом пространстве и усиления ориентированной на практику профессиональной составляющей, так и создает мощный потенциал для развития и взаимодействия с другими субъектами общества [4].

Неоспорим тот факт, что профессионализм социальным работникам необходим для изучения проблемных ситуаций, социального обслуживания различных групп нуждающихся людей, причем содержание их поисково-исследовательской деятельности часто во многом зависит от характеристики этих групп и их социального окружения [5, 6].

И профессиональное, и образовательное сопровождение специалистов может стать значимым фактором для успешной реализации реформы в социальной сфере.

Таким образом, подготовка специалистов по социальной работе должна базироваться на идеологических основах современного общества, системе взглядов, присущих конкретному обществу. Сближение ценностей взаимодействующих субъектов позволит прийти к эффективному сотрудничеству, которое обеспечит решение социальных задач современного общества.

Список литературы

1. Тюрина Е.И. Нормативный метод управления социальной защитой населения в регионе: на примере Пензенской области: дис. ... канд. соц. наук: 22.00.08. – Пенза, 2005. – 186 с.
2. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года: распоряжение Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. № 1662-р. (с изм. и доп.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/194365>.
3. Воронина Т.Д. Подготовка специалистов по социальной работе в вузах современной России: проблемы и новые возможности // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. – 2010. – № 1(9). – С. 45–53.
4. Холостова Е.И. Социальная политика и социальная работа: учебное пособие / Е.И. Холостова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2013. – 208 с.
5. Курилович Н.В. Закономерности формирования культуры профессионального общения будущих социальных работников в условиях вуза // Вопросы современной науки и практики. Ун-т им. В.И. Вернадского. – 2011. – № 1 (32). – С. 136–145.
6. Романина Л.А. Социальное образование: фактор совершенствования региональной системы социальной защиты населения: монография / Л.А. Романина; Тамб. гос. ун-т им. Г.Р. Державина, Ин-т социал. работы, Упр. социал. защиты населения Тамб. обл. – Тамбов: Тамб. гос. ун-т им. Г.Р. Державина: Центр-пресс, 2003. – 163 с.

УДК 379.823

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОСУГОВЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПОДРОСТКОВ КАК ПОКАЗАТЕЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ Г. МАГНИТОГОРСКА)

Безенкова Т.А., Андрусак Н.Ю., Олейник Е.В.

*ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Институт гуманитарного образования, Магнитогорск, e-mail: bezenkova@yandex.ru*

Данное исследование посвящено изучению досуговых предпочтений подростков. Анализ результатов исследования показал, что у подростков достаточно много свободного времени, часть которого они тратят на компьютерные игры, а другую – на общение в социальных сетях. Также подростки тратят время на просмотр развлекательных каналов («ТНТ», «СТС», «Муз ТВ») и прослушивание музыки; при этом они не читают и им не интересны познавательные и развивающие телепередачи. Однако большая часть респондентов желает быть участником какого-нибудь молодежного объединения. Результаты данного исследования позволяют оценить невысокое качество организации социально-культурной деятельности современных подростков. Поскольку сфера досуга может иметь как созидательное, так и разрушительное влияние, то коррекция досуговых занятий подростков может повысить эффективность их социализации, усвоения норм и сформировать положительные качества.

Ключевые слова: досуг, социально-культурная деятельность, подростки, социализация, исследование, интересы, культурно-образовательное пространство, оценка качества

A STUDY ON LEISURE PREFERENCES OF ADOLESCENTS AS AN INDICATOR OF THE QUALITY ASSESSMENT OF SOCIO-CULTURAL ACTIVITIES (ON THE EXAMPLE OF MAGNITOGORSK)

Bezenkova T.A., Andrusyak N.Yu., Oleynik E.V.

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: bezenkova@yandex.ru

This study examines the leisure preferences of adolescents. Analysis of the results of the study showed that teenagers have a lot of free time, part of which they spend on computer games, and other social networks. Teenagers also spend time watching entertainment channels («TNT», «STS», «Muz TV») and listening to music; however, they do not read and they are not interested in informative and educational TV. However, the majority of respondents wished to be a member of any youth organization. The results of this study allow us to estimate the low quality of the organization socio-cultural activities of modern teenagers. As the field of leisure can have both constructive and destructive influence, the correction of the leisure pursuits of adolescents might increase the effectiveness of their socialization, learn the rules and to create a positive quality.

Keywords: leisure, socio-cultural activities, adolescents, socialization, research, interests, cultural-educational space, quality assessment

В настоящее время социокультурная ситуация характеризуется целым рядом негативных процессов в сфере духовной жизни – утратой духовно-нравственных ориентиров, отчуждением от культуры и искусства детей, молодежи и взрослых, коммерциализацией деятельности современных культурно-досуговых центров. Проблемы духовно-нравственных и жизненных ценностей изучаются в работах С.А. Бурилкиной [1], А.С. Каминского [2] и др.; социальные проблемы и их решение, связанные с асоциальным поведением подростков, рассматриваются в работах Ф.А. Мустаевой и др. [3]. Проблемы профессиональной подготовки специалистов, готовых к работе по организации досуга детей и подростков, изучаются в работах Т.А. Безенковой [4], Е.Н. Рашикулиной [5] и др.

Несмотря на то, что в теоретических исследованиях имеется достаточное количество интересных работ, авторы вы-

нуждены констатировать, что проблема эффективной организации досуга подростков пока не решена.

Вышеизложенное позволяет говорить о наличии противоречия между потребностью общества и государства в молодом человеке, ориентированном на высшие моральные ценности, и невозможностью организации развивающего и воспитывающего досуга, решающего данную задачу.

Научная новизна исследования состоит в том, что обоснована необходимость разработки и внедрения эффективных социально-культурных технологий в области молодежного досуга на основе выявления досуговых предпочтений подростков, влияющих на показатели оценки качества социально-культурной деятельности.

Качество организации культурно-досуговой деятельности в целом, в том числе и подростков, влияет на формирование «жизненного пространства», выступает ус-

ловием индивидуального самоопределения и творческой самореализации, средой формирования нравственной культуры, развития инициативы, независимости суждений, что в итоге способствует формированию базовой культуры личности в единстве ее ценностных и технологических компонентов [6, с. 159]. Ресурсы культурно-досуговой деятельности коренятся в коллективном характере и игровой природе совместной деятельности, в субъективно значимой мотивации участия. Досуговая деятельность становится оптимальной формой развития коммуникативных способностей личности, которые рассматриваются в качестве составляющей культуры в широком смысле слова, и важнейшим элементом культурно-образовательного пространства.

С целью выявления досуговых предпочтений подростков и определения проблем, существующих в данной сфере, нами было проведено эмпирическое исследование. Основным методом данного исследования являлось анкетирование, а затем проводилась обработка и анализ полученных данных.

Респондентами в исследовании являлись подростки 14–16 лет в количестве 60 человек, это учащиеся общеобразовательных школ г. Магнитогорска. Такая выборка не случайна. Именно старший подростковый возраст характеризуется тем, что влияние родителей и педагогов ослабевает, социализация может приобрести стихийный характер. Была разработана анкета, состоящая из 20 вопросов. В ней есть как закрытые, так и открытые вопросы. Это помогает составить наиболее полное представление о том, как проводят свободное время подростки и какие проблемы с психолого-педагогической точки зрения существуют при таком проведении.

Возраст респондентов определился следующим образом: 14 лет – 18 человек, 15 лет – 34 человека, 16 лет – 8 человек.

Изучая количество времени, которое респонденты тратят на выполнение домашнего задания, мы получили такие ответы: меньше одного часа – 56,7%, 1–2 часа – 36,7% и 3–4 часа тратят на выполнение домашнего задания только 6,6%. Наглядно результаты представлены на рис. 1. Полученные ответы позволяют предположить, что у подростков достаточно много свободного времени, так как лишь небольшая часть опрошенных уделяет много времени выполнению домашнего задания. Поэтому последующие вопросы анкеты посвящены выяснению того, какими видами деятельности заняты подростки в свободное время.

Увлечение компьютерными играми является в настоящее время одной из острых проблем педагогики и психологии [7, с. 71]. Поэтому далее мы решили выяснить, сколько времени тратят на компьютерные игры респонденты. Ответы получили следующие: менее одного часа в день играют 56,6% подростков, 1–2 часа – 6,7%, 2–3 часа – 10%, не играют вообще – 26,6%. Наглядно результаты представлены на рис. 2.

По результатам анкетирования можно предположить, что у 10% респондентов есть угроза возникновения зависимости от компьютерных игр, так как они посвящают этому занятию достаточно большое количество времени.

Следующий вопрос анкеты был посвящен количеству времени, которое проводят подростки в социальных сетях. Ответы распределились следующим образом: менее одного часа проводят в социальных сетях только 20% подростков, 1–2 часа – 46,7%, 3–4 часа – 33,3%. Эти результаты представлены на рис. 3.

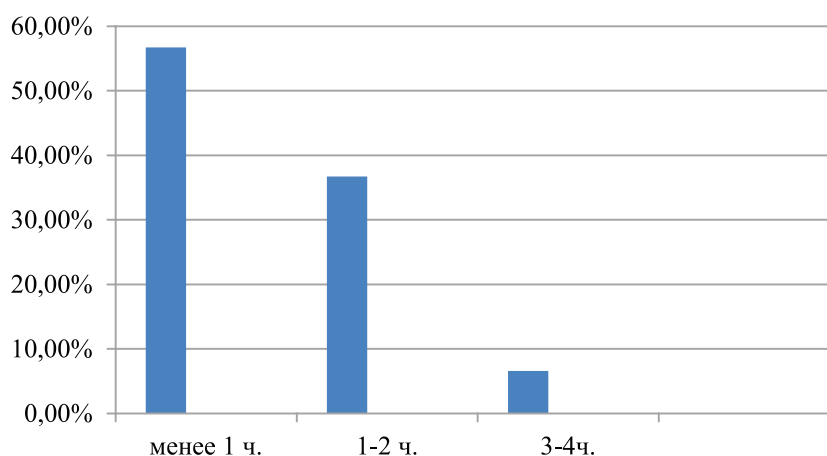


Рис. 1. Количество времени, затрачиваемого на выполнение домашнего задания

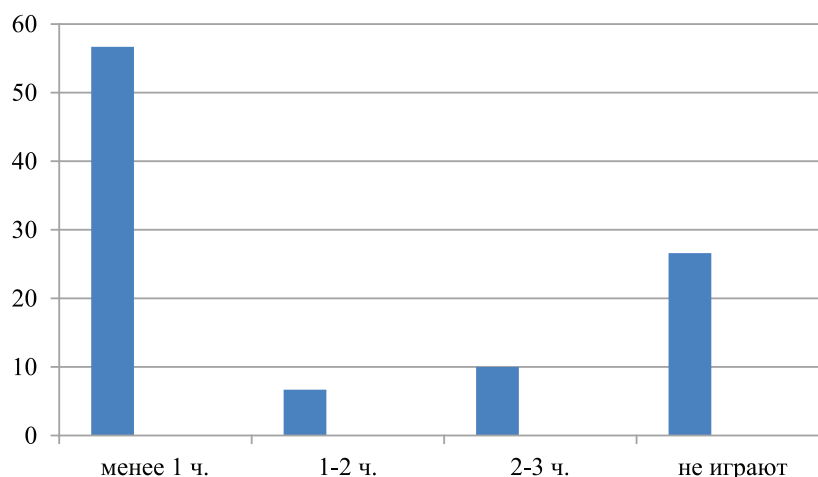


Рис. 2. Количество времени для компьютерных игр

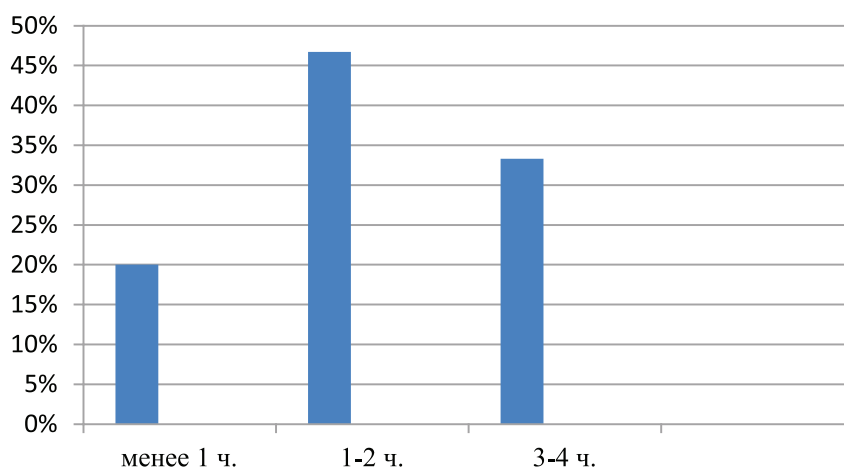


Рис. 3. Количество времени, посвященного общению в социальных сетях

Популярные ТВ каналы среди подростков

№ п/п	Наименование ТВ канала	Ответы респондентов (%)
1	«СТС»	83,3%
2	«ТНТ»	81,7%
3	«Муз ТВ»	40%
4	канал «Пятница»	16,6%
5	«Рен ТВ»	16,6%
6	«Discovery»	13,3%
7	«КХЛ»	13,3%
8	«Русский роман»	6,7%
9	«ТВ3»	6,7%
10	«Домашний»	6,7%
11	«НТВ»	5%
12	«Disney»	3,3%
13	«Дом Кино»	3,3%
14	«National Geographic»	3,3%

Таким образом, очевидно, что социальные сети привлекают и увлекают подростков гораздо больше, чем компьютерные игры. Именно в социальных сетях создается особое виртуальное пространство для проведения досуга. Такое времяпровождение формирует пассивность подростков, асоциальность и представляет угрозу для его социализации.

Далее мы выяснили, сколько времени подростки тратят на просмотр телепередач, какие это телевизионные каналы. Оказалось, что менее одного часа смотрят телевизор 26,7% респондентов, 1–2 часа – 56,6%, 3–4 часа – 16,7%. Результаты исследования показали следующие наиболее популярные для подростков каналы (таблица).

На основании полученных ответов можно сделать вывод, что подростки смотрят в подавляющем большинстве развлекательные каналы. Как видно из результатов ис-

следования, наибольшей популярностью пользуются каналы «ТНТ» (81,7%), «СТС» (83,3%) и «Муз ТВ» (40%). Такой выбор вызывает большое опасение, поскольку становится понятно, что подростки не ориентированы на познавательные, развивающие программы. Их интересуют многочисленные ток-шоу и сериалы, которые демонстрируются на перечисленных выше каналах.

Еще одним увлечением подростков является прослушивание музыки. Из предыдущего вопроса видно, что музыкальный канал «Муз ТВ» является достаточно популярным среди респондентов. Как показывает практика, в основном подростки слушают музыку, скачивая ее в интернете: в социальных сетях или на специальных сайтах. Поэтому следующий вопрос был посвящен выявлению количества времени, которое тратят подростки на прослушивание музыки. Результаты оказались следующими: слушают музыку все респонденты (100%). Что касается времени, то ответы такие: менее одного часа – 56,6%, 1–2 часа – 26,7%, 2–3 часа – 16,7% (рис. 4). Таким образом, подростки уделяют прослушиванию музыки достаточно большое количество времени, а значит, этот вид досуговой деятельности можно использовать в решении различных психолого-педагогических задач.

Следующий вопрос анкеты был посвящен изучению места чтения в жизни подростка. На вопрос «Читаешь ли ты книги?» только 23,3% респондентов ответили утвердительно. 76,7% опрошенных подростков не читают. Результаты анкетирования также подтвердили многочисленные исследования, в которых делается вывод, что современные подростки в основной массе либо не читают совсем, либо читают очень мало. И это является серьезной проблемой, так как именно чтение позволяет сформировать личность и ее мировоззрение.

Кроме того, мы попросили указать автора и название книги, которую читает респондент. Малая часть (10%) респондентов ответили, что это произведения из школьной программы, остальные указали следующие произведения:

- «Та, которая приходит незваной»,
- «Город пустых»,
- «Милые кости»,
- «Семь дней творения»,
- «Гоги-моги»,
- «Приключения Тома Сойера»,
- «Тарзан».

Из перечисленных произведений лишь два относятся к классической литературе, и могут оказывать положительное воздействие на личность подростка: «Приключения Тома Сойера» Марка Твена и «Тарзан» Эдгара Берроуза. Остальные произведения малоизвестны и являются беллетристикой (легкая литература – приключения, мистика, детектив).

Вместе с тем исследование показало, что 56,7% респондентов уделяют внимание чтению периодических изданий (журналы и газеты), в том числе в электронном варианте.

Следующий вопрос анкеты помог определить, что «на свежем воздухе» бывает только 31,6% опрошенных. 68,3% респондентов указало, что они не гуляют «на свежем воздухе». Это еще одна проблема, связанная в том числе и с отношением к своему здоровью. Данный факт подтверждает пассивное времяпровождение подростков.

Изучая досуговые предпочтения подростков, было важно установить, какими совместными делами с родителями они занимаются. Мы получили следующие ответы: подготовка домашнего задания – 10%, просмотр телепередач – 6,6%, работа по дому – 30%, настольные игры – 1,7%, нет совместных дел – 61,7%.

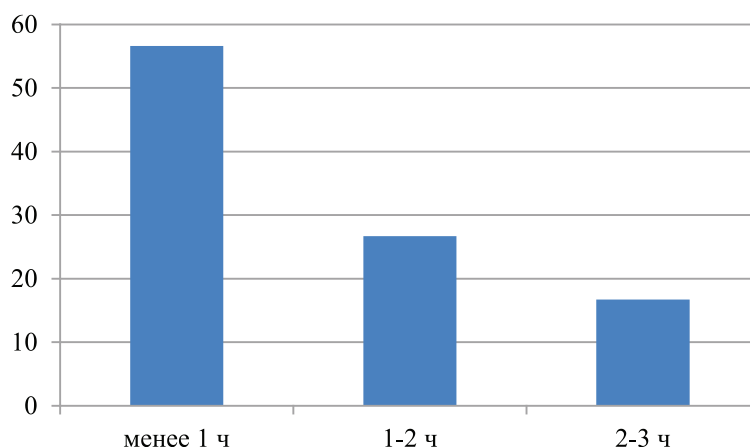


Рис. 4. Время, затрачиваемое подростками на прослушивание музыки

В следующем вопросе мы попытались определить, есть ли у подростков домашние обязанности и какие они. Были получены такие ответы: помощь по дому – 80 %, присматривать за младшими – 5 %, уход за домашними животными – 3,3 %, нет обязанностей – 11,7 %.

В контексте исследования представляет интерес занятость подростков в кружках и секциях. Ответы респондентов распределились следующим образом: танцевальный – 5 %, художественная школа – 5 %, музыкальная школа – 3,3 %, волейбол – 1,7 %, карате – 1,7 %, игра на гитаре – 1,7 %, школа выживания – 1,7 %. Как видно из полученных результатов, большая часть подростков (85 %) не посещают ни секции, ни кружки. Во многом это объясняется коммерциализацией культурно-досуговой деятельности подростков. Однако не исключается тот факт, что предлагаемые кружки и секции не отвечают запросам и интересам подростков.

Для того чтобы наметить перспективы в организации культурно-досуговой деятельности подростков, мы задали следующие вопросы. Первый из них «Знаешь ли ты, что такое волонтерство?», положительный ответ дали 60 % человек, отрицательный 40 %. На вопрос «Занимался ли ты когда-нибудь волонтерской деятельностью?» «да» ответили лишь 10 % человек, 90 % – не занимались.

Заслуживает особого внимания тот факт, что большинство респондентов (70 %) хотели бы быть участником какого-нибудь молодежного объединения. Это подтверждается в работах авторов Г.И. Грибковой, Л.С. Рогачевой [8], М.В. Петровой [9] и др. На наш взгляд, это говорит о желании подростков в самовыражении, самоутверждении, коммуникации.

Проанализировав все ответы на поставленные вопросы, мы выделили такие проблемы в сфере подросткового досуга, как социальная незадействованность, развлекательная направленность и получение удовольствия. На наш взгляд, такое состояние дел провоцирует развитие антисоциального поведения. «От нечего делать» сегодня совершаются большинство хулиганских выходов и посягательств, употребление алкогольных, наркотических и токсических средств. Таким образом, молодые люди, «принадлежащие сами себе», склонны к поведению, не согласующемуся с нормами

и ценностями общества, в большей степени, чем включенные в общественные процессы, жизнь. Современные подростки совершенно не читают книги. Ведь на самом деле сейчас есть очень много литературы, которая интересна молодому поколению.

Считаем, что наличие выявленных проблем свидетельствует о невысоком качестве организации социально-культурной деятельности подростков, однако современное общество в целях социально-экономического развития и духовного обновления всех сторон жизни должно быть заинтересовано в эффективном использовании гражданами своего свободного времени. В первую очередь это касается молодежи как наиболее активной и находящейся на стадии социального становления социальной группы.

Список литературы

1. Воронина Е.С., Бурилкина С.А. Ценностные ориентации современной российской молодежи // Молодежь в современном обществе: материалы Всерос. заоч. науч.-практ. конф. – Магнитогорск: МГТУ, 2015. – С. 68–70.
2. Каминский А.С. Образование в системе жизненных ценностей современной молодежи // Молодежь в современном обществе: материалы Всерос. заоч. науч.-практ. конф. – Магнитогорск: МГТУ, 2015. – С. 119–123.
3. Социальная работа с разными группами населения: учебное пособие для студентов / Ф.А. Мустаева, Н.Ю. Андрусак, С.А. Бурилкина, Б.Т. Ищанова, А.С. Каминский, О.С. Маметьева, Е.В. Олейник, О.Л. Потрикеева, Н.Г. Супрун, Г.А. Супруненко. – Магнитогорск: МаГУ, 2014. – 267 с.
4. Безенкова Т.А. О необходимости подготовки будущего социального педагога к работе по организации досуга детей и подростков / Т.А. Безенкова // Письма в Эмиссия.Оффлайн: электронный научный журнал. – 2015. – № 9. – С. 2405.
5. Рашикулина Е.Н. Содержательные аспекты профессиональной подготовки студентов к развитию познавательных способностей детей / Е.Н. Рашикулина, Н.А. Степанова // Мир науки, культуры, образования. – 2012. – № 2 (33). – С. 133–135.
6. Безенкова Т.А. Социально-культурные технологии в решении проблем людей с ограниченными возможностями здоровья / Т.А. Безенкова, В.М. Гайсина // Форум молодых ученых. – 2017. – № 6 (10). – С. 159–163.
7. Маметьева О.С. Проблема интернет-зависимости в подростковой среде / О.С. Маметьева, Н.Г. Супрун // Новая наука: Современное состояние и пути развития. – 2017. – Т. 2, № 3. – С. 71–73.
8. Грибкова Г.И. Организация детских творческих объединений в условиях образовательного учреждения: основные аспекты / Г.И. Грибкова, Л.С. Рогачева // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26221>.
9. Петрова М.В. Ресурсы социально-культурной деятельности детских общественных организаций по преодолению социальных страхов у подростков / М.В. Петрова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26221>.

УДК 796.015.1/.325

**ФОРМИРОВАНИЕ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ УМЕНИЙ В ВОЛЕЙБОЛЕ
НА ОСНОВЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА****¹Гераськин А.А., ¹Бобровский В.А., ¹Батенко Е.М., ¹Пасюкова И.Ю., ²Игнатович К.В.,
³Денисенко Ю.П., ⁴Андрущишин И.Ф.***¹ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», Омск,
e-mail: anatoly_geraskin@mail.ru;**²Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск;**³ФГБОУ ВО «Набережночелнинский государственный педагогический университет»,
Набережные Челны, e-mail: yprof@yandex.ru**⁴Казахская академия спорта и туризма, Алматы, e-mail: ifandru2@mail.ru*

Рассматривается проблема формирования тактико-технических умений квалифицированных волейболистов при игре в защите с позиций деятельностного подхода. Выполнен анализ причин отставания уровня игры в защите от игры нападающих игроков. Кратко изложен опыт индивидуальной, групповой и командной подготовки квалифицированных игроков к игре в защите. Цель работы – повышение результативности защитных действий квалифицированных волейболистов на основе создания и применения направленных педагогических воздействий на спортсменов. Установлено, что в процессе создания и развития тактических умений волейболистов к игре в защите в тренировочный процесс наряду с использованием традиционных упражнений необходимо вводить упражнения с новыми акцентами педагогических воздействий, направленных на усложнение условий игры путём моделирования соревновательной деятельности, разработки и использования тренажёрно-исследовательских средств. Тренажёрные средства выполнены с учётом данных теории деятельности в игровых видах и теории создания тренажёрно-исследовательских средств в спортиграх. Исследование направлено на изучение содержания игровых противодействий и нового подхода к повышению результативности индивидуальных и командных действий спортсменов в защите.

Ключевые слова: волейболисты, технико-тактические умения, деятельностный подход**FORMATION OF TACTICAL AND TECHNICAL ABILITIES IN VOLLEYBALL
ON THE BASIS OF ACTIVITY APPROACH****¹Geraskin A.A., ¹Bobrovskiy V.A., ¹Batenko E.M., ¹Pasyukova I.Yu., ²Ignatovich K.V.,
³Denisenko Yu.P., ⁴Andrushchishin I.F.***¹Omsk State Technical University, Omsk, e-mail: anatoly_geraskin@mail.ru;**²Siberian State University of Physical Culture and Sports, Omsk;**³Naberezhnye Chelny State Pedagogical University, Naberezhnye Chelny, e-mail: yprof@yandex.ru;**⁴Kazakh Academy of Sport and Tourism, Almaty, e-mail: ifandru2@mail.ru*

The problem of formation of tactical and technical skills of qualified volleyball players when playing in defense from the positions of the activity approach is considered. The analysis of the reasons for the game level lag in the defense against the game of attacking players is analyzed. Briefly described the experience of individual, group and team training of qualified players to play in defense. The aim of the work is to increase the effectiveness of defensive actions of qualified volleyball players on the basis of creating and applying directed pedagogical influences on athletes. It is established that in the process of creating and developing tactical skills of volleyball players to play in defense, in the training process, along with the use of traditional exercises, it is necessary to introduce exercises with new accents of pedagogical influences aimed at complicating the conditions of the game by modeling the competitive activity, developing and using training simulators. The simulators are performed taking into account the theory of activity in game types and the theory of creating simulators and research aids in sports games. The research is aimed at studying the content of game counteractions and a new approach to increasing the effectiveness of individual and team action of athletes in defense

Keywords: volleyball players, technical and tactical abilities, activity approach

К числу актуальных проблем подготовки в игровых видах относится снижение явного превосходства нападения над игрой участников обороны, с целью повышения зрелищности матчей [1]. В полной мере проблема отставания результативности игры в защите от действий атакующих игроков актуальна и для волейбола [2, 3]. В связи с этим возникает необходимость поиска новых подходов и педагогических

средств [4] для повышения эффективности действий волейболистов при игре в защите.

Цель исследования – создание и апробация методики формирования тактико-технических умений квалифицированных волейболистов при игре в обороне.

Анализ исследований, посвящённых вопросам обучения и совершенствования игры волейболистов в защите, свидетельствует о сложности существующей про-

блемы. С одной стороны, это объясняется высокой ситуативностью характера игры, острого дефицита времени для оценки ситуаций, принятия тактико-технических решений и их выполнения. С другой стороны, имеются трудности, связанные с выявлением структурных особенностей игровой деятельности и объективизации оценки её результатов [5–8]. Это связано с зависимостью качества игровых действий не только от конкретного исполнителя, но и от действий партнёров и соперников. Отсюда возникают задачи выявления структуры деятельности, объективизации методов оценки результатов игровых действий [9, 10], совершенствования известных и поиска новых подходов к повышению качества игры в защите.

Методика. Выполнялся анализ соревновательной деятельности региональных матчей, Чемпионата России и международных встреч. Выявлялась структура деятельности волейболистов в защите и нападении в процессе подготовки и участия в состязаниях, с использованием методов составления спортограмм [5, 11–13]. Применение такого подхода позволило: выявить структуру технического, тактического и психологического содержания деятельности при выполнении действий в «стандартных» и ситуативных условиях деятельности; составить перечень специальных физических и психических качеств, которые обеспечивают успешность деятельности по фазам (стадиям) выполнения таких действий; описать их содержание и значимость в динамике осуществления игрового действия; определить пути развития подготовленности волейболистов к индивидуальной и групповой игре в защите.

В настоящем сообщении излагаются результаты изучения содержания игровой деятельности волейболистов при выполнении защитных функций, раскрываются причины преимуществ игроков линии нападения над игрой защиты, выявленные в процессе изучения характера игровых противоборств. Такие преимущества сводятся к следующему:

1) нападающие превосходят игроков защиты по антропометрическим данным и атлетизму [14, 15]. Несмотря на то, что качество постановки блока в настоящее время существенно повысилось, преимущество в противоборствах над сеткой принадлежит игрокам нападения. Они могут владеть инициативой, изменять характер атакующих действий на разных этапах атаки. Преимущество в росте и развитая прыгучесть нападающих игроков позволяет им выполнять атаки на недостижимой для

отдельных блокирующих высоте, а при некачественном блоке или при отсутствии его максимально затруднять действия защиты. Проследим это на примере борьбы нападающих с блоком игроков, выполняющих амплуа связующих. Обычно связующие уступают нападающим по ростовым данным. Поэтому квалифицированные нападающие в завершающие моменты игры стремятся выполнять атаки через зоны связующих игроков. В итоге усилия защищающейся команды, предпринятые в партии или в игре, могут быть потеряны из-за слабого блока собственных связующих;

2) нападающие игроки атакуют, используя возможности своего разбега, что способствует увеличению высоты выпрыгивания. В ходе разбега нападающий может изменить направление движения для атаки. Например, он делает быстрый шаг для движения за спину связующего. Вторым шагом неожиданно меняет направление для атаки перед связующим. Это позволяет нападающему дезориентировать блокирующих и завершить атаку на неподготовленном блоке. Взаимодействия блокирующих и защитников в поле в таких ситуациях крайне сложны, так как защитники находятся за спиной у блокирующих. От игроков первой и второй линии защиты в таких условиях требуется высокий уровень сыгранности, тонкое взаимодействие в звеньях. В связи с этим от обеих линий блокирования и защиты необходимо добиваться в той же степени сыгранности, надёжности, как и от каждой такой линии в отдельности;

3) в процессе подготовки и начала атакующих действий нападающие обладают возможностью контроля развития ситуации и координации совместных действий с партнёрами. В ходе принятия решения и его реализации они могут контролировать и намеченную цель своего действия. Сюда входит оценка расположения блокирующих и защитников противника, нахождение свободных и слабозащищённых зон на площадке соперников. Важно, что нападающие могут отказаться от принятых решений при изменении ситуаций и переходить к более выгодным вариантам продолжения игры [1, 12, 13]. Примером тому является оценка расположения рук блокирующих над сеткой, которое изменяется по ходу выполнения блокирующими подготовительной и основной фазы постановки блока. Игроки нападения для преодоления защиты используют большое число приёмов нападения и вариантов их выполнения. Они могут использовать арсенал силовых, медленных ударов, а также – быстрых переводов мяча от рук блокирующих за площадку. Волейболисты

обороны ограничены в своих действиях. Например, блокирующие игроки в период выпрыгивания и постановки рук на блок не имеют возможности для контроля действий партнёров на площадке. Полевые игроки действуют на основе наработанных «стандартов» расположения на площадке, выбора позиций для противодействия конкретному атакующему действию противника и обеспечения страховки партнёров. Защитникам крайне трудно перестраиваться или отказываться от принятых решений. Особенно это сложно сделать, когда игрок движется вперёд, а обстановка требует резко выполнить остановку и быстро переместиться назад, к лицевой линии площадки. Здесь важен игровой опыт, развитая интуиция и восприятие защитниками специфических сигналов, раскрывающих намерения соперников. Данные наших исследований говорят, что успешность защитных действий обеспечивается развитием ряда специальных для деятельности психических и физических качеств волейболиста, в том числе: вероятностного прогнозирования развития ситуации; быстроты специфического реагирования на движения мяча, соперников и партнёров; развития «взрывной силы», то есть способностей к мгновенному началу передвижений спортсмена, например – к мячу; развитием специализированных восприятий защитника, «чувства» волейбольной площадки; охраняемой зоны защиты; партнёра в соседней зоне защиты или на блоке; скорости движения мяча и др. Использование специальных качеств позволяет защитнику точно выбирать место на площадке, успешно взаимодействовать с партнёрами, находить рациональные варианты обработки мяча, быстро выполнять необходимые двигательные действия, намеренно пропускать мячи, идущие за пределы площадки, и т.д. Таким образом, анализ деятельности игроков нападения и защиты, говорит о большей трудности выполнения игровых действий защитников, по сравнению с нападающими;

4) нападающие игроки имеют преимущество и с позиций тактики игры. Они могут менять направление разбега, ритм, темп атакующих действий, применять неожиданные, нестандартные решения ситуаций. С этой целью нападающие используют ложные тактические действия, помощь партнёров по нападению для отвлечения блокирующих и защитников от истинных намерений в атаке. В индивидуальной игре примером этому может служить применение нападающего удара «Марита», незаслуженно редко применяемого в настоящее время. Нападающий в конце разбега выполняет имитацию

подготовки к выпрыгиванию вверх, тем самым провоцируя блокирующего к закрытию удара с короткой передачи. Блокирующий ставит блок, противодействуя быстрой атаке. Нападающий неожиданно меняет намерение и выполняет повторно подготовку к удару, выпрыгивает с места и наносит удар по мячу при опускающемся блоке. Здесь важно взаимодействие нападающего со связующим, который должен удерживать паузу и затем направить мяч её в соответствии с темпом движений игрока атаки. Защитникам в поле в таких условиях действовать крайне трудно. Их возможности зависят от действий нападающих и блокирующих. Требуется правильный выбор места на площадке, своевременное и рациональное принятие стартовой стойки, точность выбора способа перемещения к мячу и принятия рационального для ситуации исходного положения. Имеют значение и быстрота реагирования, ситуативная, скоростная техника отражения мяча. Наши данные говорят, что даже опытные спортсмены допускают существенные ошибки в защите в связи с недостаточным уровнем технико-тактической подготовленности. Отчасти это связано с небрежностью исполнения деталей техники в процессе тренировки, что ведёт к формированию несовершенных умений и навыков, «существующих» самостоятельно в арсенале техники спортсмена. Такие навыки могут проявиться неожиданно в самые ответственные моменты игры. Таким образом, вырисовывается необходимость повышения качества процесса подготовки, совершенствования известных подходов и поиска новых путей формирования тактико-технических умений к игре в защите.

Отмеченное позволило определить следующие пути повышения качества игры в защите:

1) формирование устойчивой мотивации игроков к совершенствованию тактики и техники игры в защите [4, 8]. Этому способствует изучение игроками опыта выдающихся волейболистов-защитников Советского Союза, современной России. Такими примерами в омском женском волейболе является игра Анны Брага, Елены Артюшенко, а в мужском волейболе – Александра Тенякова, Михаила Лопатина, Александра Таричко, Сергея Комракова, Михаила Баева. Для молодых спортсменов их выступления являются своеобразным эталоном мастерства и самоотверженности в выполнении защитных функций. Полезно выполнение критического анализа игры собственной команды, соблюдение требования «обязательного сбережения» в атаке сложных мячей поднятых в защите, ответственности на-

падающих при завершении ответных атак. Важно повышать роль интеллектуальной подготовки в процессе тренировки. С этой целью необходимо формирование знаний в области теории игр в общих науках и в спорте; теории построения процесса подготовки в волейболе, видов подготовки, формирования тактико-технических умений в нападении и защите, данных теории деятельности и деятельности в спортивных играх, теории надёжности игровых действий в условиях тренировки и состязаний. Важно, чтобы игроки не становились «заложниками» исключительно «стандартных схем» построения защитных действий, добиваться творчества, сознательного отношения к подготовке, повышения индивидуального и группового мастерства;

2) совершенствование техники стойки и перемещений, своевременности занятия позиций в зонах защиты. Добиваться точности их выполнения в тренировке и в условиях состязаний. Развитие акробатической подготовленности, способностей к принятию и выполнению тактических решений в экстремальных ситуациях. Здесь полезны упражнения при игре в защите на фоне максимальной и вариативной нагрузки, моделирование условий, которые превышают по своей требовательности реальные условия соревнований. Необходимо искусственно создавать и неравномерный ритм деятельности. Для этого нужно использовать моделирование неравномерного темпа упражнений и учебных игр, внезапного введения тайм-аутов и замен, увеличения счёта в партиях, введения дополнительных мячей, прыжков, ускорений, силовых упражнений при недостаточной физической нагрузке, с последующим продолжением игры в защите, использовать в тренировке теннисные и дополнительные волейбольные мячи, помощь запасных игроков и помощников;

3) направление использования общепринятых подходов подготовки, рационализация известных тренировочных средств, направляя их на формирование отстающих сторон подготовленности, добиваться надёжности и точности действий в трудных и сверхтрудных условиях. Необходимо последовательно усложнять условия игры, а спортсменам ставить задачи повышения качества защитных действий. Полезно формирование навыков отыгрыша мячей, далеко улетающих от площадки, затруднять принятие исходных положений, добиваясь не просто отражения мяча, а качественных передач своим партнёрам. В процессе подготовки важную роль играет качество проведения индивидуальных и групповых уроков тренера, их направленность, на-

хождение новых форм построения. Здесь не должна преследоваться цель «погонять» спортсменов. Педагогу, тренеру необходимо нести новые материалы, нацеленные на предстоящую соревновательную деятельность. В индивидуальных занятиях совершенствуются волевые стороны личности, развиваются групповые взаимодействия. Работу с защитниками рекомендуется завершать упражнениями с приёмом особенно сложных для отражения мячей, выводящих спортсменов на «рекордный» уровень работы. Такой подход создаёт положительный эмоциональный фон, способствует проявлению самоотверженности в тренировочной, а затем и в соревновательной обстановке. Следующий этап подготовки – развитие взаимодействий, слаженности игры блокирующих и защитников. С этой целью используется отработка защитных действий в парах, в тройках, в составе команды, при нападении противника из конкретных и неожиданных для защитников зон атаки. Далее налаживаются групповые взаимодействия игроков в соседних зонах и с блокирующими, происходит развитие взаимостраховки, взаимовыручки партнёров в сложных ситуациях. Наконец, формируются умения к коллективному «управлению» действиями нападающих противника. Этого добиваются путём ограничения блокирующими направления атак противника в строго определённые зоны защиты и точного занятия защитниками своих мест в этих зонах, с последующим отражением атак;

4) создание и применение в подготовке тренажёрно-исследовательских устройств с обеспеченной обратной информацией, с возможностью моделирования игровой деятельности. Для этого применяются макеты-ориентиры, изображающие местоположение связующих игроков, целевые мишени для направления в них мячей защитниками. Мишени оборудуются средствами фиксации попаданий в цель и снабжены блоками звуковых и зрительных сигналов о точности поражения цели. Используются также тренажёрные средства, с помощью которых моделируются игровые ситуации и фиксируется быстрота специфических реакций и передвижений в защите;

5) соблюдение индивидуального подхода в подготовке. В процессе тренировки учитываются различия в величине роста игроков, их координационных способностей, технико-тактической и акробатической подготовленности. Важно развивать стремление к улучшению качества игры, добиваться развития упомянутых сторон подготовленности у всех участников коллектива. Особенно касается это спортсме-

нов с высоким ростом, которые, как правило, более слабо готовы к игре в защите. Необходимо учитывать специфику формирования специальной подготовленности игроков либеро. Важно формировать у них способности к управлению коллективными действиями в защите, проявлению функций лидера, умения выполнять диспетчерские функции при розыгрыше мячей, к которым не успевают связующие игроки. Необходим и учёт особенностей индивидуальных различий спортсменов, жизненных проявлений основных свойств нервной системы по параметрам силы-слабости, подвижности-инертности, уравновешенности нервных процессов, особенностей проявления свойств темперамента и других сторон индивидуальности. Важен и учёт таких особенностей при комплектовании игрового состава, соблюдении некоего баланса технико-тактической подготовленности, волевых качеств для создания «боевитого» спортивного коллектива;

б) контроль результатов соревновательной деятельности. Такой контроль в волейболе затруднён высокой вариативностью ситуаций. Распространённые в настоящее время методы регистрации качества деятельности с применением статистики имеют как важное положительное значение, так и недостатки. Главным, на наш взгляд, является здесь недоучёт характера противодействий, которые влияют на качество игры. Если качество приёма в защите оценивается объективно, а качество действий противника не принимается во внимание, это не может характеризовать методику как объективную. Выполненные в этом направлении усилия исследователей не дали необходимых результатов, а известные программы дороги для непрофессиональных команд. В связи с этим в нашей практике используется методика, учитывающая параллельную оценку качества атакующих действий противника, создающих «игровую среду» определённой сложности для защитника и качество ответных действий по отражению атаки соперника, то есть решения возникшей задачи. В этом направлении нами выполнены исследования, которые будут освещены в последующих публикациях;

7) полезно применять учебные игры в неравных составах 6 х 5, 6 х 4 и т.д. Это мобилизует игроков уменьшенного состава к игре в защите, развивает умение защищать большие по размерам зоны, в отличие от полного состава команды. Необходимо поощрять действия по отражению защитниками особенно трудных, «безнадёжных» мячей дополнительными баллами. Это позволяет в ходе тренировки уменьшать

преимущество нападения над защитой, поднимать у игроков значимость самоотверженных действий в обороне, повышать эмоциональный фон занятий. Положительно действует на спортсменов и использование функциональной, ритмичной музыки. Важно подбирать энергичную музыку, с учётом желания слушать большинства играющих. Такое воздействие постепенно входит в привычку, особенно для сопровождения действий в защите в процессе разминки. Таковы результаты выполненного исследования.

Заключение

Целесообразность использования деятельностного подхода в исследованиях в игровых видах спорта несомненна, так как выявление содержания деятельности волейболистов в защите позволяет строить подготовку с учётом конкретных особенностей такой деятельности путём моделирования и принятия во внимание разнообразных факторов, действующих на спортсменов в соревновательной обстановке. В игре нападения и защиты в волейболе нападающие игроки имеют тактико-техническое преимущество перед защитниками, возможностями владеть инициативой, обладают свободой выбора вариантов техники и тактики, использования индивидуальных возможностей и действий партнёров по нападению. Игроки защиты могут противостоять им путём высокой тактики и техники и индивидуальных действий, чёткой согласованности своих действий с действиями партнёров в линии блокирования и в поле.

Во многих встречах победы коллективам достаются с разницей в два-три очка. В таких условиях любой мяч, удачно сыгранный в защите, имеет большое психологическое значение для команды. Поэтому работа по выявлению содержания деятельности, путей улучшения индивидуальной, групповой и командной игры в защите имеет существенное значение для развития волейбола, способствует повышению зрелищности игры и раскрытию новых возможностей волейболистов при игре в защите. При формировании тактико-технических умений следует использовать как направленное применение традиционных упражнений, так и упражнений подвергшихся рационализации. Необходима и разработка и применение специальных тренижно-исследовательских средств, с учётом особенностей игровой деятельности.

Список литературы

1. Железняк Ю.Д. К вопросу о технологии многолетней подготовки спортсменов в волейболе [Текст] / Ю.Д. Желез-

- няк // Спортивные игры в физическом воспитании, рекреации и спорте: материалы XI Международной научно-практической конференции / под общ. ред. к.п.н., доц. А.В. Родина (г. Смоленск, 24–26 января 2017 года). – Смоленск, 2017. – С. 99–101.
2. Гераськин А.А. Формирование тактико-технических умений квалифицированных волейболистов при игре в защите на основе деятельностного подхода [Текст] / А.А. Гераськин, К.В. Игнатович // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2017. – № 1(4). – С. 106–113.
3. Рыцарев В.В. Волейбол: Попытка причинного истолкования приемов игры и процесса подготовки волейболистов [Текст] / В.В. Рыцарев. – М.: Физкультура, 2009. – 399 с.
4. Бабушкин Г.Д. Формирование спортивной мотивации [Текст] / Г.Д. Бабушкин // Омский научный вестник. – 2014. – № 1 (125). – С. 158–160.
5. Иванова Л.М. Обучение и совершенствование подготовленности волейболистов при игре в нападении: глава в монографии [Текст] / Л.М. Иванова // Формирование тактических умений волейболистов при игре в нападении с учетом амплуа. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2011. – С. 93–125.
6. Козин В.В. Спортивная двигательная ситуация как деятельностно-ориентированная модель игры [Текст] / В.В. Козин, А.В. Зыков // Омский научный вестник. – 2015. – Вып. 3 (139). – С. 158–161.
7. Губа В.П. Детско-юношеский спорт: основы технологии качества научных исследований и процесса подготовки [Текст] / В.П. Губа // Теория и практика физической культуры. – 2017. – № 8. – С. 21–24.
8. Марков К.К. Философские и психолого-педагогические проблемы успешной тренерской деятельности в спорте. [Текст] / К.К. Марков. – Иркутск, 2017. – 171 с.
9. Козин В.В. Интегральные динамические характеристики в регистрации и анализе технико-тактических действий спортсменов игровых видов спорта [Текст] / В.В. Козин, И.А. Арбузин // Омский научный вестник. – 2015. – Вып. 2 (136). – С. 190–193.
10. Кудинова Ю.В. Анализ временных параметров фазы полета мяча при атаке соперника и скоростных возможностей волейболиста-защитника [Текст] / Ю.В. Кудинова // Спортивные игры в физическом воспитании, рекреации и спорте: материалы XI Международной научно-практической конференции / под общ. ред. к.п.н., доц. А.В. Родина (г. Смоленск, 24–26 января 2017 года). – Смоленск, 2017. – С. 132–133.
11. Гераськин А.А. Деятельностный подход в подготовке участников игровых видов спорта [Текст] / А.А. Гераськин, И.Ф. Андрущишин, Ю.П. Денисенко // Организационно-метод. аспекты учебного и учебно-тренировочного процессов в условиях вуза: Мат.-лы IV-й науч.-практ. конф. преподавателей и аспирантов. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2016. – С. 17–23.
12. Мельников В.М. Теоретические подходы к построению психологической модели «идеального спортсмена» [Текст] / В.М. Мельников, И.А. Юров // Спортивный психолог. – 2013. – № 1 (28). – С. 18–21.
13. Родионов А.В. Практика психологии спорта [Текст] / А. В. Родионов. – Ташкент: LiderPress, 2008. – 399 с.
14. Эртман Ю.Н. Совершенствование точности подачи квалифицированных волейболисток с использованием технических средств: автореферат дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 [Текст] / Ю.Н. Эртман. – Омск, 2016. – 16 с.
15. Volleyball Information System (VIS) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.fivb.org/en/volleyball/VIS.asp> (дата обращения: 17.11.2017)

УДК 378:372.851

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА, ОРИЕНТИРОВАННОГО НА МАТЕМАТИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ СТУДЕНТОВ

Елецких И.А., Сафронова Т.М., Черноусова Н.В.

ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина», Елец,
e-mail: yeletskikh.irina@yandex.ru, stm657@mail.ru, chernousovi@mail.ru

Авторами статьи процесс обучения рассмотрен как сложная динамическая система. В ней в органическом единстве находятся два основных ее компонента – взаимосвязанные деятельность преподавателя (преподавание) и деятельность обучающегося (учение). Они всегда предметны, направлены на овладение конкретным содержанием изучаемых предметов. В этой связи авторы выделяют и третий компонент процесса обучения – содержание образования. В статье описано учебно-методическое пособие «Системно-структурная модель преподавания темы «Теория делимости» как пример структурирования учебного материала на основе принципов системного подхода: целостности, сложности и организованности. Указанное пособие написано авторами статьи в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по направлениям подготовки 44.03.01 «Педагогическое образование» (уровень бакалавриата) и 44.03.05 «Педагогическое образование» (с двумя профилями подготовки, уровень бакалавриата). В первой части пособия рассмотрены основные понятия системно-структурного подхода к процессу обучения математике, обоснованы требования, которым должна удовлетворять система занятий по теме «Теория делимости», представлен технологический подход к проектированию учебного процесса на основе его модели (педагогическая технология В.М. Монахова). Во второй части предложена возможная модель учебного процесса, ориентированного на математическое развитие обучающихся, а также система практических занятий по указанной теме. Авторами учтены особенности преподавания темы «Теория делимости» с учетом реализации системно-структурного подхода к процессу обучения математике.

Ключевые слова: система, педагогическая технология, проектирование учебного процесса, задача, деятельность, ФГОС ВО, модернизация образования, математическое развитие

PROJECT PLANNING, ORGANIZATION AND IMPLEMENTATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS FOCUSED ON DEVELOPMENT OF STUDENTS' MATHEMATICAL SKILLS

Eletskikh I.A., Safronova T.M., Chernousova N.V.

Bunin Yelets State University, Yelets, e-mail: yeletskikh.irina@yandex.ru,
stm657@mail.ru, chernousovi@mail.ru

The authors of the article consider the educational process as a complex dynamic system. It includes two its core components in organic unity, teacher's activities (teaching) and student's activities (studies). They are always objective and directed towards the acquisition of the specific content of the subjects prescribed. In connection therewith, the authors also emphasize the third component of the educational process, which is the content of education. The article describes the study methodological guide «System-structural model of teaching the topic «Theory of divisibility» as an example of study material structuring based on system approach principles: integrity, complexity and organization. This guide has been written by the authors of the article in compliance with the Federal State Educational Standards of Higher Education for training specialization 44.03.01 Teacher Training (bachelor level) and 44.03.05 Teacher Training (two training specialties, bachelor level). The first part of the guide considers the main terms of the system-structural approach to the process of teaching mathematics, the requirements to be met by the study system for the topic «Theory of divisibility» have been substantiated, the process approach to the educational process project planning based on its model has been represented (educational technology by V.M. Monakhov). The second part presents a possible model of an educational process focused on development students' mathematical skills, as well as a system of practical studies on the topic mentioned. The authors take into consideration the aspects of teaching «Theory of divisibility» topic with regard to implementation of the system-structural approach to the process of teaching mathematics.

Keywords: system, educational technology, project planning of educational process, problem, activity, FSES HE, modernization of education, development of mathematical skills

Процесс обучения является достаточно сложной, динамической системой. Взаимосвязанные деятельность педагога (преподавание) и деятельность обучающегося (учение) находятся в органическом единстве, всегда предметны и направлены на овладение конкретным содержанием изучаемых предметов. В этой связи обоснованно выделяется и третий компонент про-

цесса обучения – содержание образования. «Под содержанием образования понимают систему знаний, умений и навыков, черт творческой деятельности, мировоззренческих и поведенческих качеств личности, которые обусловлены общественными потребностями и в своей совокупности определяют соответствующий уровень образования» (В.И. Крупиц).

Проектирование, организация и проведение учебного процесса, ориентированного на математическое развитие студентов, в рамках реализации ФГОС ВО предполагает усиление внимания к научному описанию структуры процесса обучения и выявления его элемента (структурной единицы). Результаты психолого-педагогических исследований показывают, что содержание обучения в структуре учебной деятельности обучающихся может быть представлено только системой задач [1, с. 5]. Многолетний опыт преподавания дисциплины «Математика» на направлениях подготовки 44.03.01 и 44.03.05 «Педагогическое образование» свидетельствует о возможности формирования целостной системы универсальных знаний, умений и навыков обучающихся, направленной на формирование общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций бакалавра педагогического образования.

Авторами статьи в соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по направлениям подготовки 44.03.01 и 44.03.05 «Педагогическое образование» (уровень бакалавриата) [2, 3] написана серия учебно-методических пособий по математическим дисциплинам, в которых предложен материал по проектированию, организации и проведению учебного процесса, предполагающего математическое развитие студентов. Например, учебно-методическое пособие «Системно-структурная модель преподавания темы «Теория делимости» нацелено на решение задач обеспечения преподавателей методическим инструментарием для проведения лекционных и практических занятий по теме и обучающихся (будущих учителей) методической и математической подготовкой, необходимой для грамотного, творческого обучения и воспитания школьников, для дальнейшей работы по углублению и расширению математических знаний.

В пособии учтены особенности преподавания темы «Теория делимости» с учетом реализации системно-структурного подхода к процессу обучения математике.

В первой части дан анализ основных понятий системно-структурного подхода к процессу обучения математике, обоснованы требования, которым должна удовлетворять система математической подготовки бакалавров, представлен технологический подход к проектированию учебного процесса, ориентированного на математическое развитие обучающихся, на примере темы «Теория делимости». Во второй части авторами пособия предложены: возможная система практических занятий по указанной теме; банк заданий для проведения итоговой

контрольной работы; модель учебного процесса по теме, а именно технологическая карта – «паспорт» учебного процесса и специальные программы развития обучающихся. Модель разработана на основе педагогической технологии В.М. Монахова [4, с. 60] и методической концепции технологического подхода к проблеме математического развития обучающихся (Т.М. Сафронова).

Дадим некоторые пояснения к понятиям «технологическая карта» и «специальные программы развития».

Технологическая карта содержит пять взаимосвязанных параметрических компонентов:

- целеполагание – система микроцелей по теме «Теория делимости», которые направлены на результативность учебного процесса, ориентированного на математическое развитие обучающихся. Микроцели определили содержание предложенной диагностики;

- диагностика – система проверочных самостоятельных работ, позволяющая установить достижение (или недостижение) каждой микроцели. Содержание проверочных работ задавало содержание, объем, сложность и трудность компонента, дозирование самостоятельной (домашней) работы;

- дозирование самостоятельной (домашней) работы – нормирование и подбор по трудности и сложности домашних заданий для обучающихся. Задания ориентируют обучающихся на разные уровни отметок. При проведении диагностики проверяется достаточность (или недостаточность) дозирования домашних заданий;

- логическая структура – это по существу стратегия учебного процесса, развернутого через систему занятий;

- коррекция – программа деятельности для обучающегося, не прошедшего диагностику.

В целеполагании микроцели сформулированы авторами в форме «знать», «уметь», «владеть». Такие точные формулировки, безусловно, будут понятны обучающимся. Кроме того, образовательные цели сформулированы с учетом развивающих целей.

Система проверочных самостоятельных работ построена по конкретным технологическим правилам [5, с. 67]. Каждая диагностическая работа оценивается следующим образом: выполнены только первое или второе задание – обучающийся попадает в группу коррекции; выполнены два первых задания – отметка «удовлетворительно»; выполнены первые три задания – отметка «хорошо»; выполнены все задания – отметка «отлично».

В технологической карте показано, как через систему практических занятий реали-

зуются специальные программы развития: алгоритмического мышления, логического мышления, памяти, речи. В этой связи отметим, что говоря о математическом развитии обучающихся, мы подразумеваем развитие интеллектуальной и мотивационной сфер личности обучающегося с учетом деятельностного подхода в обучении.

Обязательным условием является ознакомление обучающихся с содержанием технологической карты. Это позволяет:

преподавателю:

– рассматривать обучающихся как равноправных участников учебного процесса по учебной теме (заранее объявлены образцы диагностических самостоятельных работ);

– учитывать их индивидуальные особенности;

– нормировать процесс обучения (норма нагрузки, норма требований, норма оценок);

обучающемуся:

– увидеть четкую и рациональную систему требований к его знаниям и умениям;

– выстроить индивидуальную траекторию достижения образовательных и развивающих целей и выбрать целевой ориентир отметки (соответствующий ценностным установкам обучающегося).

Заметим, что ТК, включая в себя все основные компоненты учебного процесса, не дает конкретной информации о занятии. Поэтому модели (проекты) практических занятий по теме «Теория делимости» также разработаны и предложены авторами в настоящем пособии.

Практические занятия направлены на закрепление теоретического материала на практическом уровне. Для подготовки к занятию студенту необходимо разобрать материал, изложенный на лекции, выучить определения и формулировки теорем, разобрать примеры и задачи, которые приводились преподавателем. Для этого используются: конспекты лекций, соответствующие разделы печатных и электронных учебников авторов статьи.

В пособии приведена возможная система практических занятий по теме «Делимость», структурированная не только по

содержанию изучаемого материала, но и по сложности приводимых задач, по уровням формируемых компетенций. Каждое занятие содержит вопросы, предназначенные студентам для подготовки к занятию, с указанием литературы, в которой можно найти на них ответы, образцы решения стандартных задач, перечень заданий для рассмотрения на практическом занятии и перечень задач для самостоятельного решения. Приведем пример практического занятия из пособия на тему «Простые и составные числа. Решето Эратосфена». Для успешного усвоения темы практического занятия обучающийся должен: знать определения простого и составного числа, свойства простых чисел, теорему Евклида, метод составления таблицы простых чисел; уметь определять, является ли данное число простым, составлять таблицу простых чисел с помощью решета Эратосфена; владеть навыками устных и письменных вычислений, навыками построения математических умозаключений, навыками построения логических рассуждений.

Вопросы для самоподготовки: определения простого и составного числа; свойства простых чисел; теорема Евклида о бесконечности множества простых чисел; метод составления таблицы простых натуральных чисел, не превосходящих данного числа.

Образцы решения задач:

Задача № 1. Из множества $\{36, 41, 79, 87, 181, 257, 345\}$ выпишите простые числа, а составные разложите на простые множители.

Решение. Согласно определению простого числа надо выбрать из данного множества чисел те, которые имеют только два делителя: единицу и само себя. Используя признаки делимости, устанавливаем, что числа 41, 79, 181, 257 – простые, а числа 36, 87 и 345 – составные: $36 = 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3$; $87 = 3 \cdot 29$; $345 = 3 \cdot 5 \cdot 23$.

Задача № 2. Составить таблицу простых натуральных чисел, не превосходящих 30.

Решение. Так как $\sqrt{30} < 6$, то простыми натуральными числами меньшими или равными $\sqrt{30}$ будут 2, 3, 5. Выпишем подряд все натуральные числа от 2 до 30:

$$\begin{array}{cccccccccccc} & 2; & 3; & 4; & 5; & 6; & 7; & 8; & 9; & 10; \\ 11; & 12; & 13; & 14; & 15; & 16; & 17; & 18; & 19; & 20; \\ 21; & 22; & 23; & 24; & 25; & 26; & 27; & 28; & 29; & 30. \end{array} \quad (1)$$

Вычеркнем в (1) каждое второе число после двух (т.е. вычеркнем числа, кратные двум, кроме числа 2):

$$\begin{array}{cccccccccccc} & \cancel{2}; & 3; & \cancel{4}; & 5; & \cancel{6}; & 7; & \cancel{8}; & 9; & \cancel{10}; \\ 11; & \cancel{12}; & 13; & \cancel{14}; & 15; & \cancel{16}; & 17; & \cancel{18}; & 19; & \cancel{20}; \\ 21; & \cancel{22}; & 23; & \cancel{24}; & 25; & \cancel{26}; & 27; & \cancel{28}; & 29; & \cancel{30}. \end{array}$$

Затем аналогично вычеркнем каждое третье число после трех и каждое пятое число после пяти. Все оставшиеся числа будут простыми числами, не превосходящими 30. Это числа 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29.

Задача № 3. Не пользуясь таблицей простых чисел, установить, являются ли простыми числа 223 и 1287.

Решение. Так как $\sqrt{223} < 15$, то выпишем все простые числа, не превышающие 15: 2, 3, 5, 7, 11, 13. Используя признаки делимости, устанавливаем, что $223 \div 2$, $223 \div 3$, $223 \div 5$. Чтобы выяснить делится ли 223 на 7, 11 и 13, выполним деление углом:

$$\begin{array}{r} 223 \overline{) 7} \\ \underline{21} \\ 13 \\ \underline{14} \\ 7 \\ \underline{6} \\ 1 \end{array}$$

223 $\overline{) 7}$

$$\begin{array}{r} 223 \overline{) 11} \\ \underline{22} \\ 3 \end{array}$$

223 $\overline{) 11}$

$$\begin{array}{r} 223 \overline{) 13} \\ \underline{13} \\ 10 \\ \underline{9} \\ 1 \\ \underline{1} \\ 0 \end{array}$$

223 $\overline{) 13}$

Следовательно, 223 – простое число. Так как $\sqrt{1287} < 36$, то выпишем все простые числа, не превышающие 36: 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31.

Используя признаки делимости, устанавливаем, что $1287 \div 2$, $1287 \div 3$, $1287 \div 5$. Чтобы выяснить делится ли 1287 на 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, выполним деление углом:

$$\begin{array}{r} 1287 \overline{) 7} \\ \underline{7} \\ 58 \\ \underline{56} \\ 27 \\ \underline{21} \\ 6 \end{array}$$

1287 $\overline{) 7}$

$$\begin{array}{r} 1287 \overline{) 11} \\ \underline{11} \\ 18 \\ \underline{11} \\ 77 \\ \underline{77} \\ 0 \end{array}$$

1287 $\overline{) 11}$

Следовательно, 1287 – составное число.

Задача № 4. Доказать, что число $6^5 - 9^2$ является составным.

Доказательство. Разложим данное число на множители: $6^5 - 9^2 = 2^5 \cdot 3^5 - 3^4 = 3^4(2^5 \cdot 3 - 1)$. Число $6^5 - 9^2$ имеет по крайней мере еще два делителя 3^4 и $2^5 \cdot 3 - 1$, отличные от единицы и самого числа, поэтому оно составное.

Задачи для решения на практическом занятии:

1. Из множества чисел {13, 27, 29, 51, 67, 213, 281} выписать простые числа, а составные разложить на простые множители.

2. Может ли сумма двух простых чисел быть простым числом? Привести примеры.

3. С помощью решета Эратосфена найти все простые числа, не превосходящие 40.

4. Не пользуясь таблицей простых чисел, установить, являются ли простыми следующие числа: 139, 331, 377, 819, 571.

5. Доказать, что следующие числа являются составными:

1) $1517^2 - 1516^2$; 2) $10^6 - 5^7$; 3) $2^{30} - 1$;

4) $6^4 - 3^5$; 5) $17867^2 - 15944^2$; 6) $2^{33} + 1$.

Задачи для самостоятельной (домашней) работы:

6. Составить таблицу простых натуральных чисел, не превосходящих 50.

7. Не пользуясь таблицей, установить, являются ли простыми числа 269, 461 и 381.

8. На множестве $X = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12\}$ задано отношение «иметь одно и то же число делителей». Является ли оно отношением эквивалентности?

9. Доказать, что следующие числа являются простыми:

1) $3^6 + 6^5$; 2) $1256^2 - 1255^2$; 3) $5^{33} - 1$.

10. Доказать, что трехзначное число, записанное тремя одинаковыми цифрами, делится на 37.

Необходимо отметить, что аналогичную структуру имеют все практические занятия. Приведем соответствующие участки технологической карты.

Целеполагание знать: определения простого и составного числа, свойства простых чисел, теорему Евклида, метод составления таблицы простых чисел; уметь: определять, является ли данное число простым, составлять таблицу простых чисел с помощью решета Эратосфена; владеть: навыками устных и письменных вычислений, навыками построения математических умозаключений, навыками построения логических рассуждений.	Диагностика 1. Из множества чисел {5; 18; 29; 39; 47; 201} выпишите простые числа, а составные разложите на простые множители. 2. С помощью решета Эратосфена найдите все простые числа, не превосходящие 75. 3. Не пользуясь таблицей, установите, являются ли простыми числа 557, 413, 691, 671. 4. 1) докажите, что: а) число $2037^2 - 2036^2$ является простым. б) число $2113^2 - 2112^2$ является составным. 2) пусть p_1 и p_2 – два последовательных нечетных простых числа и $\frac{p_1 + p_2}{2} = q$. Докажите, что число q составное.	Коррекция Теоретическая база: [1, §5–7]: 1. Определения простого и составного числа. 2. Свойства простых чисел. 3. Теорема Евклида о бесконечности множества простых чисел. 4. Метод составления таблицы простых натуральных чисел, не превосходящих данного числа. Программы развития: «Мышление» (№ 1), «Мышление» (№ 2), «Память», «Речь».
Дозирование самостоятельной (домашней) работы		
удовлетворительно: № 6	хорошо: № 7	отлично: № 8, 9, 10

В логическую структуру учебного процесса по теме «Теория делимости» «встроены» специальные программы развития: алгоритмического мышления («Мышление» № 1), логического мышления («Мышление» № 2), памяти, устной и письменной речи. В каждой из них предложено теоретическое обоснование целесообразности применения программы, а также примеры задач для практических занятий, которые позволят решать поставленные задачи развития и получать конкретные запланированные результаты. Коротко обозначим цели и содержание разработанных авторами специальных программ развития.

Цель программы развития «Мышление» (№ 1) заключается в том, чтобы в рамках учебной темы «Теория делимости» дисциплины «Математика» спланировать систематическую работу преподавателя по развитию алгоритмического стиля мышления у обучающихся.

Развитию алгоритмического стиля мышления у обучающихся способствуют:

- задачи, связанные с выполнением заданий по алгоритму (например, «с помощью решета Эратосфена найдите все простые числа, не превосходящие 40»);

- задачи, связанные с выработкой последовательности действий с обоснованием (например, «из множества {36, 41, 79, 87, 181, 257, 345} выпишите простые числа, а составные разложите на простые множители»);

- задачи на составление и апробацию алгоритмов (например, «найти все общие делители чисел 35 и 90»);

- задачи, связанные с конструированием алгоритмов (например, «с помощью признака делимости Паскаля вывести признак делимости на 11, 3, 4, 25, 13»).

Цель программы развития «Мышление» (№ 2) заключается в том, чтобы в рамках учебной темы «Теория делимости» дисциплины «Математика» спланировать систематическую работу преподавателя по развитию логического мышления у обучающихся.

Приведем примеры задач, способствующих развитию логического мышления обучающихся:

- Докажите, что число 5 не является делителем числа 21.

- Исходя из признака делимости на составное число, вывести признак делимости на 12.

В основу специальной программы развития «Память» были положены следующие принципы:

- Обязательное сочетание произвольного и непроизвольного запоминания.

- Запоминание учебного материала должно проходить осмысленно. Запомнить – значит, прежде всего, понять.

- Память работает активно, если в учебном процессе активно работает ум (активизация мыслительной деятельности обучающихся).

- Постоянное побуждение обучающихся к мнемическим действиям (*мнемические процессы: запоминание, сохранение информации, узнавание и ее воспроизведение*).

Реализация указанных принципов на каждом практическом занятии позволяет преподавателю целенаправленно работать над развитием основных мнемических процессов.

Цель программы развития «Речь» заключается в том, чтобы в рамках учебной темы «Теория делимости» дисциплины «Математика» спланировать систематиче-

скую работу преподавателя по развитию математического языка и математической (устной и письменной) речи обучающихся.

Развитию математического языка и математической речи способствуют:

- задачи, связанные с чтением многозначных натуральных чисел с неизвестными единицами некоторых классов;

- задачи, связанные с записью условий и доказательств математических утверждений, с использованием математических символов;

- задачи, связанные с чтением математических утверждений, записанных с помощью математических символов, а также с записью доказательств этих утверждений, с использованием математических символов;

- задачи, связанные с логическим мышлением, с характером и особенностями математической аргументации и доказательством утверждений;

- задачи, связанные с усвоением математической терминологии.

«Любая деятельность может быть либо технологией, либо искусством... С искусства все начинается, технологией заканчивается, чтобы затем все началось снова...

чала...», – писал В.П. Беспалько в книге «Слагаемые педагогической технологии». Нельзя не согласиться. Планирование, проектирование, организация и проведение учебного процесса, ориентированного на математическое развитие студентов, неизбежны в современных условиях.

Список литературы

1. Папышев А.А. Теоретико-методологические основы обучения учащихся решению математических задач в контексте деятельностного подхода: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – Саранск, 2012. – 44 с.

2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 44.03.01 Педагогическое образование (уровень бакалавриата) от 04.12.2015, № 1426 [Электронный ресурс]. – URL: <http://fgosvo.ru/fgosvo/92/91/4/94> (дата обращения: 01.11.2017).

3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (уровень бакалавриата) от 09.02.2016, № 91 [Электронный ресурс]. – URL: <http://fgosvo.ru/fgosvo/92/91/4/94> (дата обращения: 01.11.2017).

4. Монахов В.М. Технологии проектирования методических систем с заданными свойствами / В.М. Монахов // Высшее образование в России. – 2011. – № 6. – С. 59–65.

5. Монахов В.М. Технологические основы проектирования и конструирования учебного процесса / В.М. Монахов. – Волгоград: Перемена, 1995. – 152 с.

УДК 37.035.6

ГРАЖДАНСКАЯ ИДЕНТИЧНОСТЬ УЧАЩИХСЯ СТАРШИХ КЛАССОВ КАК ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ УСЛОВИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СУБЪЕКТНОСТИ БУДУЩЕГО ЮРИСТА

Каратаева Т.А., Маеркина Е.П.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург,

e-mail: karataevatyana@yandex.ru, elena_maerkina@mail.ru

Предметом данного исследования выступает взаимосвязь гражданской идентичности и профессионального самоопределения старшеклассников. В рамках научной работы выявлено положительное отношение большинства школьников к праву как учебному предмету, способствующему формированию их правовой культуры как когнитивного компонента гражданской идентичности. Было отмечено, что обучающиеся придают значимый смысл практической реализации своих правовых знаний, полученных в основной школе. Профессиональная субъектность в контексте исследования рассматривается как интегральное психическое свойство личности, формирующееся на основе осознания подростком себя в качестве гражданина страны, то есть его гражданской идентичности. Авторы приходят к выводу о значимости изучения правоведческой дисциплины в школе как основы правомерного поведения подростков, что имеет особое значение при выборе будущей юридической специальности, проводя преемственность через ступени основного среднего и среднего профессионального образования.

Ключевые слова: профессиональная субъектность, гражданская идентичность, среднее профессиональное образование, общее образование, профессиональные компетенции

CIVIL IDENTITY OF HIGH SCHOOL STUDENTS AS A PREREQUISITE OF FORMATION OF PROFESSIONAL SUBJECTIVITY OF FUTURE LAWYERS

Karataeva T.A., Maerkina E.P.

Federal State Educational Institution Orenburg State University, Orenburg,

e-mail: karataevatyana@yandex.ru, elena_maerkina@mail.ru

The subject of this research is the interrelation between social identity and professional identity of high school students. In scientific work revealed the positive attitude of most students to law as an academic subject, contributing to the formation of their legal culture as a cognitive component of civic identity. It was noted that learners attach meaning practical implementation of their legal knowledge, acquired in primary school. Professional subjectivity in a research context is seen as integrated mental property of the individual, formed on the basis of awareness as a teenager yourself as a citizen of a country, that is, its civil identity. The authors come to the conclusion about the significance of studying jurisprudential discipline in the school as the basis of lawful behavior of adolescents that is of particular importance when choosing a future legal profession, conducting continuity through the stages of basic secondary and secondary vocational education.

Keywords: professional identity, civil identity, vocational education, general education, professional competencies

Современная система образования в России и мире актуализирует необходимость формирования гражданской идентичности школьников, поскольку осознание ими собственной принадлежности к определённому государству и его населению выступает одним из социально значимых качеств личности, реализация которого обуславливает и выбор будущей профессии. Говоря о применении системно-деятельностного подхода в образовательном процессе, важно видеть в каждом обучающемся субъекта собственной деятельности, творчества, общественной активности. Выполняя государственный заказ на формирование полноценного зрелого гражданина, осознающего свою значимость в масштабах страны, современная школа осуществляет процесс развития гражданской идентичности подростков в контексте становления их профессиональной субъектно-

сти. Особый интерес представляет профессиональная субъектность будущих юристов как носителей гражданской идентичности, поскольку на представителях юридической сферы деятельности лежит социальная ответственность по проявлению правомерного поведения.

Проблема становления профессиональной субъектности имеет значимость для учёных различной специализации – педагогов, философов, социологов и психологов. В качестве научной базы нашей работы выступают исследования А.В. Кирьяковой, Т.А. Ольховой, А.В. Петровского, В.В. Серикова. Принимая трактовку субъектности Т.А. Ольховой как аксиологической характеристики личности, раскрывающейся в продуктивности деятельности, в ценностно-смысловой самоорганизации поведения и жизнетворчества [1], мы рассматриваем субъектность в качестве способности че-

ловека быть стратегом своей деятельности, осознавать мотивы, ставить и корректировать цели, самостоятельно выстраивать действия и оценивать их соответствие задуманному, определять планы в жизни. Данные дефиниции дополняют обозначение социально ценного качества личности, которое необходимо формировать в процессе педагогического взаимодействия [2, с. 40], осуществление которого необходимо для реализации «субъект-субъектных» отношений в образовательной среде в рамках формирования гражданской идентичности человека.

Профессиональной субъектностью принято считать интегральное психическое качество человека, содержательные аспекты формирования и проявления которого определяются типологией и спецификой профессионально обусловленных задач, профессионального взаимодействия и условиями профессиональной среды. Она реализуется посредством внутренне детерминированной активности в профессиональной деятельности в интересах решения профессиональных задач и профессионального саморазвития [3] подростка в контексте его социализации под воздействием иных факторов (семьи, школы, средств массовой информации). С одной стороны, профессиональная субъектность выступает способом утверждения на практике определенного понимания специалистом собственного места и роли в структуре профессиональных взаимосвязей, следствием сформированного в результате предыдущего опыта социальных взаимодействий уровня общей активности жизненной позиции личности [4, с.191], в том числе и на фоне преодоления им собственной гражданской инертности, понимаемой нами как «личностное свойство, характеризующееся пассивной гражданской позицией, наличием объектного состояния учащихся, зависимостью от проявления чужой воли, несформированностью осознания своей принадлежности к гражданской общности в рамках государства» [5, с. 2808]. С другой стороны, «профессиональная субъектность является продуктом и результатом профессиональной деятельности» [6, с. 52], но её формирование происходит на базе развития общей культуры человека. Так, профессиональная субъектность будущего юриста не ограничивается развитием профессиональных компетенций, а предполагает формирование сложных психических систем профессионально-субъектной Я-концепции, профессиональной рефлексии и креативности [7, с. 50], а также его гражданской идентичности.

Гражданская идентичность – одно из качеств личности, отвечающих социально-юридическим требованиям, поскольку индивид, избравший своим призванием правоохранительную деятельность, должен осознавать себя гражданином своей страны, чтобы осуществлять правомерные действия и поступки.

Пока в научной среде сложилось неоднозначное отношение к оценке содержания понятия гражданской идентичности. Такие авторы, как Т.Н. Османкина, А.А. Кирсанова, А.А. Логинова, Д.В. Григорьев, Н.М. Зими́на, посвятили свои работы изучению этого явления в рамках образовательного процесса в школе. Понятийный аппарат по проблеме и классификация типов идентичности были разработаны И.В. Вилковой, К.А. Абросимовой, Р.Ю. Шиковой. В научных публикациях Е.М. Арутюновой, С.В. Амирановой, С.В. Рыжовой нашёл своё выражение социологический подход к трактовке гражданской идентичности. Психологические особенности формирования гражданской идентичности проанализировали Е.П. Белинская, Н.А. Тарасьян, Н.Л. Иванова. Мы полагаем, что гражданская идентичность – это осознание человеком своей принадлежности к числу граждан определённого государства, предполагающее наличие у него высокого уровня политической и правовой культуры, достаточного аксиологического потенциала, стремления к регулярному проявлению гражданской активности в обществе [8, с. 174], поскольку связываем процесс её формирования с различными сторонами социализации личности, становления её ценностно-смысловых характеристик и когнитивных структур.

Гражданская идентичность является необходимым условием развития профессиональной субъектности, поскольку она «...выражается в осознании личностью принадлежности к сообществу граждан того или иного государства, готовности и способности выполнять сопряженные с наличием гражданства обязанности, пользоваться правами, принимать активное участие в жизни государства» [7, с. 8], а для студентов юридического колледжа предполагает прежде всего наличие сформированной правовой культуры. Основу развития правовой грамотности закладывает полное общее образование, ведь «школьное правовое пространство в условиях, когда действительность вне школы часто дает примеры правового нигилизма, пренебрежения к закону, антиправового поведения, приобретает наряду с организованными в форме социальной практики правовыми курсами особое значение для

организации образовательной деятельности» [9, с. 11], а значит, должно обеспечить полноценное формирование правосознания учащихся. Самое важное в правовом образовании – определить отношение школьников к праву, то есть «осознание ими ценностей естественного права, прав и свобод человека и одновременно представления о действующем позитивном праве, о том, насколько оно соответствует... правовым ценностям и идеалам» [10, с. 7], в контексте чего и осуществлять планомерную педагогическую работу.

Согласно результатам опроса, проведенного среди обучающихся старших классов МОАУ «Гимназия № 3» г. Оренбурга (рис. 1), 77% выпускников изучают право как отдельный школьный предмет, преподаваемый в профильных классах (из числа девятиклассников таковых оказалось 60%), а остальные 23% знакомятся с ним только в рамках школьного курса обществознания (соответственно – 40%). Этот аспект подтверждается учебными планами общеобразовательных учреждений, реализующих современную тенденцию гуманитаризации образования. Так, в методическом письме о преподавании права в условиях введения федерального компонента государственного стандарта общего образования говорится о том, что «базовый курс права направлен на формирование основ правовой грамотности;

представлений и установок, основанных на демократических правовых ценностях; способности и готовности к сознательному и ответственному действию в сфере отношений, урегулированных правом; самостоятельному принятию правовых решений, связанных с защитой прав, свобод и законных интересов личности, правомерной реализацией гражданской позиции, необходимых для эффективного выполнения выпускниками основных социальных ролей в обществе (гражданина, налогоплательщика, избирателя, члена семьи, собственника, потребителя, работника)» [9, с. 7], что подчёркивает значимость правовой культуры подростков как элемента их гражданской идентичности.

Изучение права в качестве самостоятельной дисциплины отвечает тенденции гуманитаризации современного образования, поскольку позволяет акцентировать внимание на социальных науках, к числу которых следует относить и юриспруденцию. Система правоведческих знаний, с которой знакомятся в условиях информационного общества обучающиеся, построена на раскрытии содержания правовых норм основных отраслей и институтов права, что вызвано необходимостью заложить базу для становления законопослушного сознания граждан страны, обеспечения легитимности законодательной базы государства.

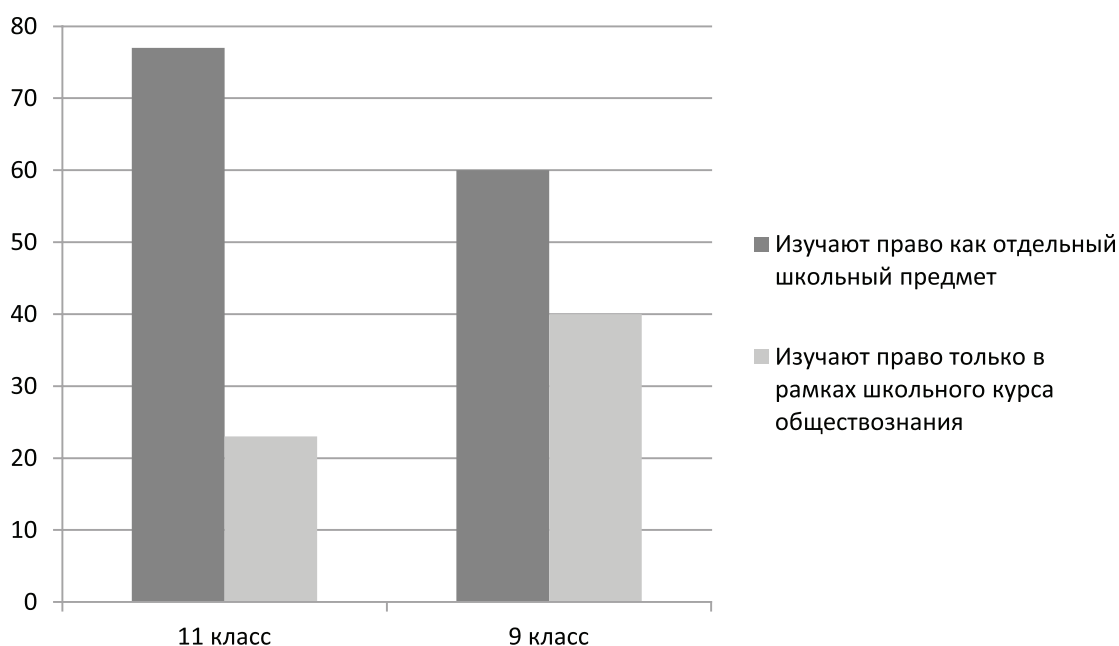


Рис. 1. Ответы учащихся на вопрос «Изучаете ли вы специальный курс правоведения в общеобразовательной школе?»

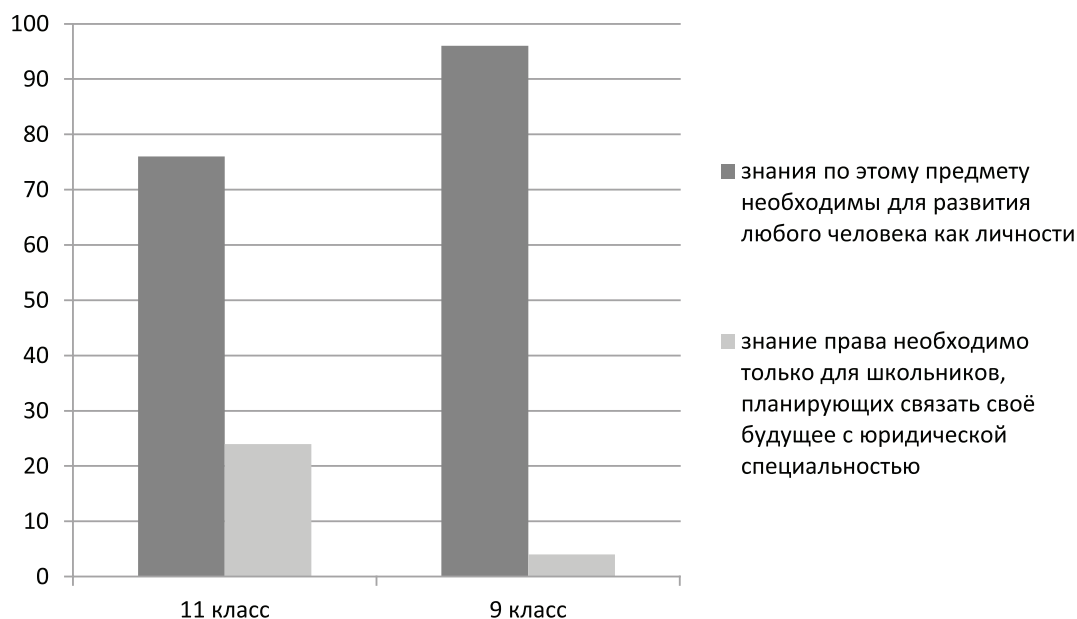


Рис. 2. Ответы учащихся на вопрос «Насколько вы считаете обязательным изучение правоведения в общеобразовательной школе?»

Следует заметить, что абсолютное большинство респондентов полагают, что знания по этому предмету необходимы для развития любого человека как личности (76% учащихся 11-х классов, 96% – 9-х классов), а остальная масса (24% и 4% соответственно) считает, знание права необходимым только для школьников, планирующих связать своё будущее с юридической специальностью (рис. 2). Это означает, что подростки осознают значимость правоведческих основ как элемента когнитивного компонента собственной гражданской идентичности, принимая на себя обязательство постигать теоретические основы предмета.

Эта позиция убеждает в значимости преподавания правоведения в общеобразовательных учреждениях для формирования гражданской идентичности школьников, особенно её когнитивного компонента, который включает в себя «знания... для идентификации себя как гражданина, а также знания... об историческом прошлом государства, политической культуре, государственной структуре и др.» [11, с. 2], тем самым требует формирования знаниевой базы. Так, 57% учащихся 11 класса и 81% учащихся 9 класса, отвечая на вопрос «достаточно ли знаний, приобретённых обучающимися в школе в курсе изучения права, для их успешной самореализации в будущем как граждан России?», выражают мнение о том, что в школе закладывается правовая основа для формирования граж-

данской идентичности выпускников. Их оппоненты (43% и 19% соответственно) подчёркивают, что знаниевая база права как школьного предмета слаба и не может обеспечить высокий уровень правовой культуры учащихся (рис. 3). Эта статистика обусловлена несовершенством учебного плана средних общеобразовательных учреждений, в котором зачастую отсутствует право как отдельный предмет. В рамках организации профильного обучения в школе возможно изучение специальной правоведческой дисциплины в классах социально-гуманитарного и социально-экономического направлений, в то время как в остальных – право является лишь элементом структуры обществоведческого цикла. Логично рассуждать, что преподавание права на дополнительном занятии (один час в неделю) дополняет содержание когнитивного компонента гражданской идентичности старшеклассников.

Особую важность в преподавании права приобретает сегодня практическая направленность курса: 40% выпускников убеждены в том, что в рамках школьной программы недостаточное внимание уделяется решению задач по праву (55% – девятиклассников); 36% и 25% опрошенных соответственно дополнили бы уроки правоведения привлечением школьников к участию в работе правоохранительных органов (рис. 4), остальные увидели необходимость в углублении теоретических знаний по предмету.

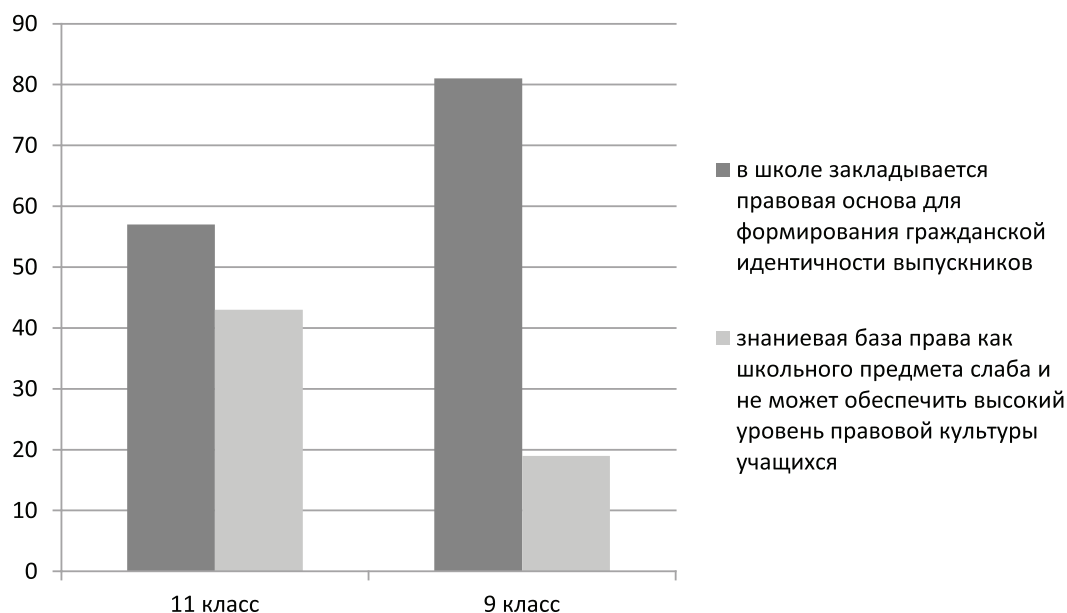


Рис. 3. Ответы учащихся на вопрос «Как вы полагаете, достаточно ли знаний, приобретённых обучающимися в школе в курсе изучения права, для их успешной самореализации в будущем как граждан России?»

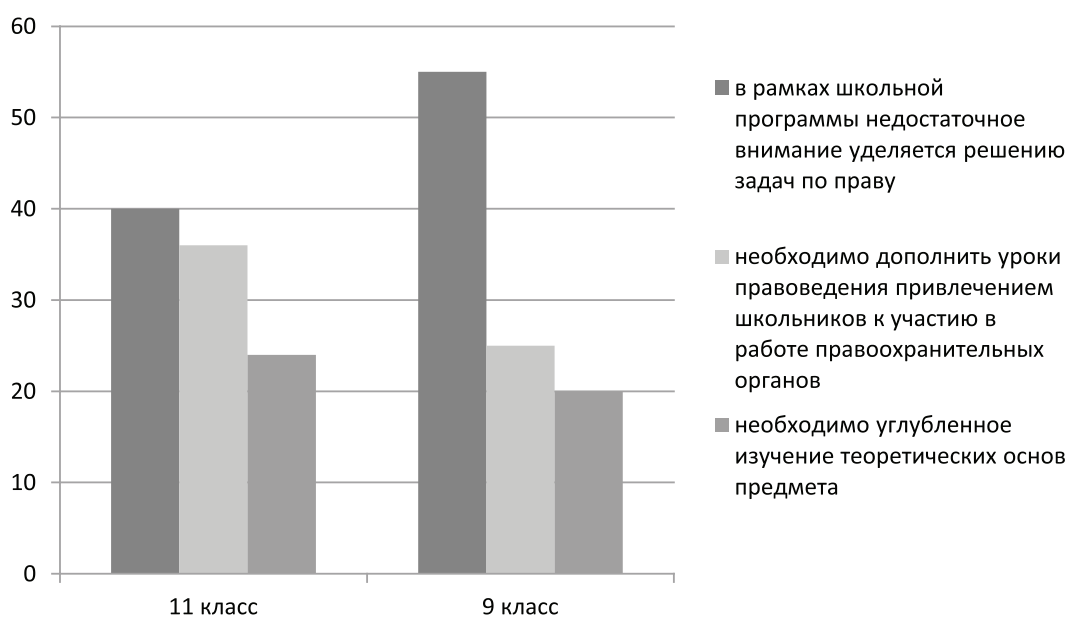


Рис. 4. Ответы учащихся на вопрос «Какими элементами учебной деятельности вы бы дополнили преподавание школьного курса права?»

В меньшинстве оказались те учащиеся, которые выражают необходимость углубленно изучать теоретические основы предмета, что свидетельствует о высокой степени его гносеологического содержания.

Кроме того, раскрывая сущность деятельности компонента гражданской идентичности, выражающегося прежде всего в гражданской активности, 43% 11-классников подтверждают, что реализуют знания, полу-

ченные при изучении права в общеобразовательной школе, в основном при совершении обычных сделок купли-продажи (в 9-х классах – 51%); 26% – при участии в мероприятиях, проводящихся в общественных местах (20% соответственно); 17% – при решении семейных споров (15%), а остальные – в других ситуациях, причём в числе предложенных собственных вариантов преобладает подготовка к ЕГЭ по обществознанию (рис. 5).

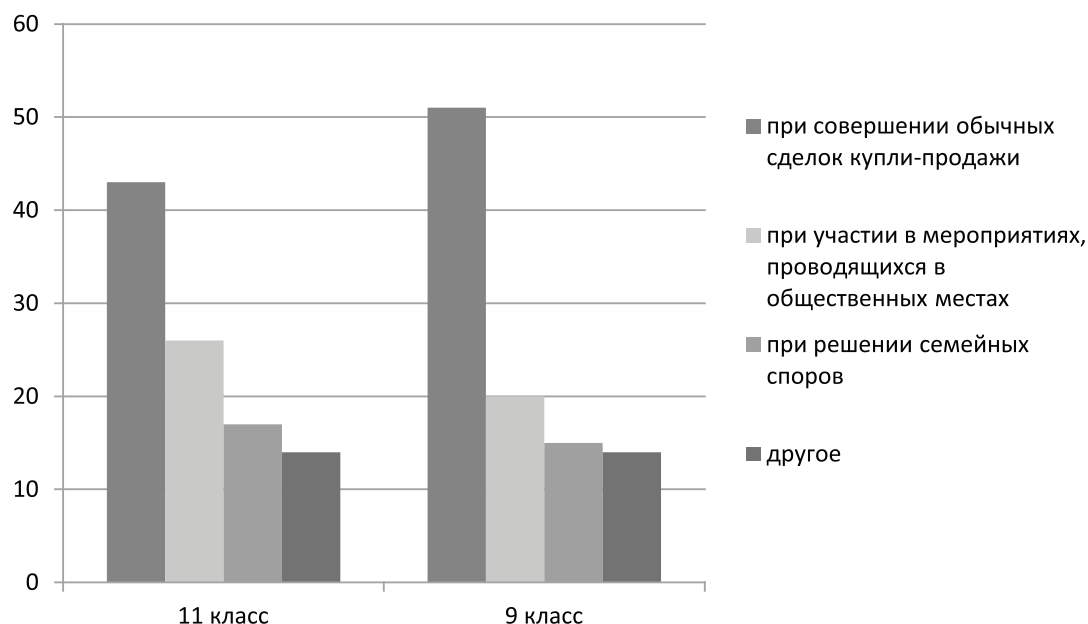


Рис. 5. Ответы учащихся на вопрос «Как вы реализуете знания, полученные при изучении права в общеобразовательной школе?»

Результаты опроса среди старшеклассников демонстрируют их интерес к изучению права в рамках основной школы вне зависимости от желания связать своё будущее с юридической практикой. Respondенты проявляют уверенность в значимости правовых знаний и навыков в социальной повседневности, закрепление и углубление которых возможно только на профессиональной почве в юридическом колледже.

Следует помнить, что «старшеклассники, как никто другой, нуждаются в целенаправленной организации формирования их гражданской идентичности в школе, поскольку, выпускаясь из школы в возрасте 18 лет, сразу получают комплекс прав и обязанностей полностью дееспособного гражданина» [12, с. 43], знание и понимание которых необходимо им для дальнейшего личностного становления вне зависимости от их профессионального выбора в будущем. «Учитель, который смог убедить ребят, что право не только запрещает и наказывает, но, во-первых, оно открывает возможности, защищает интересы граждан; во-вторых, является цивилизованной силой регулирования общественных процессов, феноменом развитого современного общества, без которого невозможно жить в XXI в., уже во многом справился с задачей формирования правосознания учащихся» [13, с. 5], обеспечив тем самым их гражданскую социализацию.

Таким образом, изучение права в условиях современного информационного общества необходимо для формирования гражданской идентичности будущих юристов как в основной школе, так и на ступени среднего профессионального образования. Согласно ФГОС СПО по специальности 40.02.01 «Право и организация социального обеспечения», специалист по юриспруденции с базовой подготовкой должен обладать общими компетенциями, включающими в себя также способность понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес (ОК1), проявлять нетерпимость к коррупционному поведению (ОК12). Данные компетенции, как следует из их наименования, непосредственно коррелируют с понятием гражданской идентичности и являются элементом профессиональной субъектности будущего юриста, определяя его гражданскую культуру.

Список литературы

1. Ольховая Т.А. Становление субъектности студента университета: дис. ... докт. пед. наук. – Оренбург, 2007. – 430 с.
2. Маеркина Е.П. Интернет-активность студентов юридического колледжа как форма проявления субъектности // Современные проблемы развития образования и воспитания молодежи: сборник материалов 12-й международной научно-практической конференции. – Махачкала: Апробация, 2016. – С. 40–44.
3. Сыромятников И.В. Психология профессиональной субъектности офицеров Вооруженных сил Российской Федерации: автореф. дис. д-ра психол. наук. – М., 2007. – С. 13.

4. Андреева И.Г. Профессиональная субъектность будущих юристов как объект изучения и развития / И.Г. Андреева // Вестник ТГУ. – 2009. – № 7. – С. 186–191.
5. Каратаева Т.А. Гражданская инертность как феномен процесса развития гражданской идентичности современных школьников // Актуальные проблемы психологии и педагогики: материалы Международной научно-практической конференции. – Оренбург: ОГУ, 2016. – С. 2807–2809.
6. Гущина Т.И., Андреева И.Г. Профессиональная субъектность юристов: особенности развития // Гаудеамус. – 2012. – № 19. – С. 49–56.
7. Вилкова И.В. К вопросу об определении сущности понятия гражданская идентичность. URL: <http://human.snauka.ru/2012/06/1386> (дата обращения: 10.11.2017).
8. Каратаева Т.А. Гражданская идентичность как объект исследования в педагогической науке // Личность как объект психологического и педагогического воздействия: сборник статей Международной научно-практической конференции (10 ноября 2016 г., г. Пермь). В 2 ч. Ч. 1. – Уфа: АЭТЕРНА, 2016. – С. 173–177.
9. Методическое письмо о преподавании права в условиях введения федерального компонента государственного стандарта общего образования. URL: https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fwww.edu.doal.ru%2Fpredm%2Flaws13%2Fpis_fed_p.doc&name=pis_fed_p.doc&lang=ru&c=58517f8b762b (дата обращения: 12.11.2017).
10. Плешкова И.А. Особенности правового образования в современной школе // Электронный журнал «Вестник Новосибирского государственного педагогического университета». – 2012. – № 2 (6). – С. 5–11.
11. Канцдалова Т.П. Факторы, определяющие формирование гражданской идентичности школьников // Научное сообщество студентов XXI столетия. ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ: сб. ст. по мат. XXXVIII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 1(38). URL: [http://sibac.info/archive/guman/1\(38\).pdf](http://sibac.info/archive/guman/1(38).pdf) (дата обращения: 18.11.2017).
12. Гугнина О.В., Каратаева Т.А. Некоторые аспекты изучения проблемы гражданской идентичности современных школьников в контексте реализации историко-культурного стандарта в образовательном процессе // НОВАЯ НАУКА: ОТ ИДЕИ К РЕЗУЛЬТАТУ: Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции (29 июня 2016 г., г. Сургут) / в 2 ч. Ч. 1. – Sterlitamak: АМИ, 2016. – 289 с.
13. Калущкая Е. Право: проблемы и перспективы преподавания в современной школе. URL: <http://his.1september.ru/article.php?id=200901006> (дата обращения: 14.11.2017).

УДК 378.1(470 + 571 + 73)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФОРМ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ В РОССИЙСКИХ И АМЕРИКАНСКИХ ВУЗАХ

Макарова О.Ю.

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России,
Казань, e-mail: mrs.makarova@yandex.ru*

Настоящая статья посвящена вопросам внеаудиторной работы в практике отечественных и зарубежных вузов, которая на сегодняшний день является не менее актуальной, чем аудиторная, поскольку формирует не только профессиональные, но и личностные качества будущего специалиста. В статье выявлены основные тенденции внеаудиторной работы, определены направления её совершенствования. Рассмотрены наиболее значимые формы внеаудиторной работы, а именно: волонёрское движение, научно-исследовательская деятельность студентов, лидерские программы. В статье представлен сравнительный аспект вышеупомянутых программ, а также проанализирована специфика внеаудиторной работы в российских и американских вузах. Автор отмечает различие в системе внеучебной работы со студентами в зависимости от национальных образовательных традиций. Практика внеаудиторной работы в российском университете рассмотрена на примере Казанского государственного медицинского университета.

Ключевые слова: система внеаудиторной работы, волонёрское движение, исследовательская работа, лидерские программы, личностные качества, высшие учебные заведения

COMPARATIVE ANALYSES OF OUT-OF-CLASS WORK ACTIVITIES IN RUSSIAN AND AMERICAN UNIVERSITIES

Makarova O.Yu.

*Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Kazan State Medical University»,
Kazan, e-mail: mrs.makarova@yandex.ru*

The article is devoted to questions of out-of-class work in practice of domestic and foreign higher education which is not less up to date today, than classroom work because it forms not only professional, but also personal qualities of future expert. The main tendencies of out-of-class work are revealed in the article, and the directions of its improvement are defined. The most significant forms of out-of-class work are considered, namely: volunteering, research and development students' activity, leader programs. The comparative aspect of above-mentioned programs is presented in this article, specifics of out-of-class work in the Russian and American higher education institutions are analysed. The author notes deviations in system of extra-curricular activity with students based on national educational traditions. Practice of out-of-class work in Russian university is described on the example of the Kazan state medical university.

Keywords: the system of out of class work activities, volunteering, research work, leader programs, personal qualities, higher education institutions

Соединённые Штаты Америки являются высокоразвитой страной, достигшей высокого уровня своей экономики, в первую очередь благодаря системе высшего образования. В американские колледжи и университеты ежегодно зачисляются около 12–13 миллионов новых студентов. К 2000 г. более четверти взрослого населения страны от 25 до 34 лет имели законченное высшее образование. Подобных результатов в мире добилась лишь Япония.

Цель исследования. Провести сравнительно-сопоставительный анализ форм внеаудиторной работы студентов в российских и американских вузах.

Анализируя вузовскую подготовку будущего специалиста, обратим внимание на то, что как в российской, так и в американской высшей школе значительное место в формировании личностных и профессиональных качеств, требующихся для успешной деятельности и профессионального роста выпускников колледжа или университета, принадлежит внеаудиторной работе.

Рассмотрим некоторые отличительные особенности, характерные для американской вузовской образовательной системы. Одна из них состоит в том, что любое образовательное учреждение располагает своей собственной системой внеучебной деятельности, в состав которой входит значительное число разных служб и подразделений.

Проблемы студенческой жизни вне учебных занятий в американских университетах и колледжах являются предметом внимания многих специалистов-профессионалов, обладающих различными навыками. К ним относятся те, кто предоставляет средства для финансирования учебного процесса, приём новых студентов, обеспечение их необходимыми условиями для нормальной жизни, учёбы и досуга, а также для внутривузовской общественной жизни, в которой поощряется создание студенческих союзов. Сюда можно отнести различные консультации, планирование и помощь в получении работы, участие в межвузовской деятельности, в том числе и международной.

Подобные службы группируются соответственно характеру проблем и в соответствии с особенностями различных категорий обучающихся в вузе. Такая дифференциация может быть обусловлена и профилем учебного заведения. Ряд университетов поддерживает, например, исследовательскую и образовательную направленность в обучении (германская университетская традиция); другие уделяют больше внимания формированию целостной, социально гармоничной личности (английская либеральная гуманитарная традиция); в некоторых преобладает ориентация на профессиональное обучение (так называемая американская парадигма) [1].

В США исследователи, занимающиеся проблемами высшей школы, выделяют следующие наиболее актуальные задачи в научном и социальном становлении студентов: индивидуальность, целенаправленность, компетентность, самостоятельность в принятии решений, самообладание, целостность, умение строить взаимоотношения с окружающими.

Выявлена положительная тенденция, касающаяся студенческой внеучебной деятельности. В модели консультирования в виде интерактивной, взаимозависимой общественной системы отмечены позитивные изменения, предполагающие более тесное взаимодействие сотрудников центра консультирования с другими членами университетского сообщества в направлении организации более комфортных условий жизни и учебы студентов, их здорового образа жизни и досуга.

Рассматривая примеры сочетания учебного процесса и внеучебной работы в американских вузах, необходимо выделить одно из приоритетных направлений. Это приобретающие все большую популярность образовательные методики, которые основаны на служении обществу [2]. Служение обществу выдвигается в виде центральной идеологии на весь период учебы в университете. В рамках этой программы делается акцент на студенческое волонтерское движение. В практику учебных занятий вводится труд на безвозмездной основе. У обучающихся появляется возможность приобрести полезные трудовые навыки, приобщаясь к различным профессиям. Данная методика обучения служению (service-learning) активно применяется на занятиях. В результате этого происходит соединение теории с практикой на протяжении всего периода изучения предмета. Студенты вместе с преподавателем отправляются на конкретное предприятие или в учреждение, приобретая там незаменимый опыт с самого начала семестра.

Как отмечает американский исследователь Ш. Биллиг, «обучение лучше всего проходит, когда учащиеся активно вовлечены в собственный процесс обучения и когда цель обучения четко обозначена» [2].

Несмотря на то, что есть множество определений служению обществу, все они подразумевают взаимодействие учебного заведения и социума, и лучшим подтверждением этому является опыт Соединённых Штатов, где во всех университетах распространена эта практика.

Главная идея данной образовательной стратегии заключается в сочетании обучающих целей и целей служения на благо общества.

А. Астин, исследователь аналитического центра Калифорнийского университета, отмечает, что обучение через служение обществу эффективно, потому что повышает самооценку учащихся и обеспечивает большую степень их вовлечённости в процесс обучения [3].

Говоря о российской образовательной системе, существенно отличающейся от американской, необходимо подчеркнуть, что в ней главным административным сектором, который отвечает за внеаудиторную деятельность студентов, является управление воспитательной работы вуза и студенческое научное общество.

Система внеаудиторного обучения успешно интегрируется в образовательную среду посредством наличия соответствующих организационных, материальных, гуманитарно-педагогических и идеологических условий [4].

В Казанском государственном медицинском университете механизм реализации обучающихся и воспитательных задач осуществляется посредством таких видов деятельности, как учебная, научно-исследовательская, трудовая (лечебная) и др., в которые студент включается с первого года обучения в вузе [5].

Более 20 лет в КГМУ функционирует студенческое движение «Наш выбор», в состав которого входят студенты лечебного, педиатрического, медико-профилактического, стоматологического факультетов, а также факультета социальной работы.

В рамках этого проекта действуют следующие направления волонтерской работы:

– «Георгиевская ленточка» – ориентированное на оказание медицинской помощи инвалидам и ветеранам Великой Отечественной войны и труда;

– «Мы вместе!», которое осуществляет помощь детям, больным лейкемией, и тесно сотрудничает с Первым детским хосписом Республики Татарстан;

– «Цвет жизни», активно развивающее донорское движение в вузе;

– «Академия здоровья», пропагандирующее здоровый образ жизни;

– «Под флагом добра», работающее с трудными подростками по антинаркотическим программам.

Подобная деятельность студентов базируется на компетенциях, приобретённых ими в процессе изучения теоретических и прикладных дисциплин, таких как анатомия, физиология, патология, психология, теория социальной работы.

Стоит отметить положительную тенденцию к широкому вовлечению студенческой молодёжи в ряды волонтёрского движения. Многократно возросло число студентов, участвующих в обеспечении подготовки и проведения крупных международных соревнований, проводимых в Казани. Это – Универсиада-2013, Чемпионат вида по водным видам спорта – 2015, Кубок Конфедераций по футболу – 2017. Для медицинского сопровождения игр Чемпионата мира по футболу 2018 года руководство Казанского Государственного медицинского университета также осуществляет подготовку волонтёров-медиков из числа студентов и аспирантов, владеющих иностранными языками. Этому способствует внеаудиторная программа «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации», функционирующая в КГМУ с 2007 года.

Возвращаясь к рассмотрению внеаудиторной составляющей в деятельности современного американского вуза, нельзя не сказать о такой эффективной форме внеаудиторной работы, каковой является научно-исследовательская работа студентов. Одна из целей, достигаемых посредством вовлечения обучающихся в эту традиционную для всех вузов форму приобщения к науке, – расширение их научного кругозора, всестороннее развитие личности.

Научно-исследовательская работа студентов (НИРС), являясь одной из составляющих учебно-воспитательного процесса, ориентирована на формирование нравственной, правовой, политической, экологической, экономической, филологической и научной культуры обучающихся. Она осуществляет человеко-ценностный подход в профессиональной подготовке. Главной целью НИРС является создание в вузе эффективной системы выявления и реализации научного потенциала будущих молодых специалистов; вовлечение одарённой молодёжи в большую науку через научное творчество со студенческой скамьи. Научно-исследовательская работа, начинающаяся с ранней стадии обучения

в университете, способствует формированию успешной конкурентоспособной личности. Творчески развитая личность, приобщаемая к научным исследованиям, в свою очередь, проявляет свою инициативу и самостоятельность, расширяя свой научный кругозор, стремясь решать конкретные научные проблемы на основе новейших достижений мирового опыта.

Научные исследования, проводимые в университетах США, характерны тем, что они направлены прежде всего на повышение статуса своего университета, на совершенствование научных и научно-технических исследований на базе прошлого и современного опыта, способствующего оптимальному сочетанию исследовательской и производственной составляющих в технологическом процессе.

Как правило, научно-исследовательская база в американской высшей школе предоставляет максимальные возможности для формирования будущих специалистов, что позволяет организовать аудиторные и внеаудиторные занятия с учётом требований сегодняшнего дня, а именно:

– повышение значимости образования в контексте укрепления и развития научно-промышленной базы производительных сил;

– обновление учебно-методического содержания проводимых исследований.

Аналогично американской вузовской практике основная цель студенческой научно-исследовательской работы в Казанском государственном медицинском университете – создание условий для формирования личности обучающегося через приобщение его к научным исследованиям, развитие профессиональной и социальной адаптации будущего специалиста. Творчески развитая целеустремлённая личность должна уметь самостоятельно формулировать и практически решать самые сложные задачи с научных позиций [6].

Принимая во внимание специфику научно-исследовательской работы студентов, а также её актуальность в профессиональном становлении молодых учёных, КГМУ каждый год проводит Неделью науки. Лучшие студенческие работы публикуются в «Казанском медицинском журнале». Одним из высоких показателей научно-исследовательской работы студентов можно считать их участие в Международных научно-практических конференциях, круглых столах, в программах международного научного обмена студентов и аспирантов КГМУ, проводимых по программе фонда содействия молодёжному научному творчеству Республики Татарстан «Алгарыш».

Рассматривая деятельность американских вузов, следует отметить, что ещё одним важным направлением внеаудиторной работы в них является разработка и осуществление лидерских программ. Развитие лидерских качеств у молодого поколения всегда являлось приоритетным направлением высшей школы США. С 1980-х гг. лидерство пристально изучается социологами, психологами и экономистами; исследуются различные модели всестороннего развития лидерских качеств личности. Данный социальный запрос привёл к возникновению целой философии лидерства. При этом выяснилось, что общественная работа, проводимая студентами во внеучебное время, оптимальным образом способствует проявлению и воспитанию у молодого человека лидерских качеств. Лидерство в этом случае означает социальную активность или активную жизненную позицию. Подобная жизненная позиция необычайно актуальна для каждого молодого американца, получающего высшее образование. В такой позиции молодого специалиста весьма заинтересованы работодатели, поскольку она представляет собой симбиоз свежих идей, творческой инициативы, неординарных подходов, смелых решений, являющихся катализатором экономического прогресса в жёсткой конкурентной борьбе [6]. Именно потому во всех американских колледжах и университетах имеются специальные отделы, предлагающие разнообразные лидерские программы.

К сожалению, следует отметить, что в российской системе высшего образования ресурсы внеаудиторной работы со студентами пока не достигли должных масштабов и значимости, присущих зарубежным вузам. Здесь наши университеты пока ещё находятся в начале пути. Однако социальный заказ на формирование лидерских качеств у самых достойных представителей молодежи уже сделан – об этом свидетельствует создание в КГМУ «Клуба дебатов» – ролевых игр по прототипу парламентских дебатов, прививающих будущим лидерам навыки аргументации и критического мышления, а также навыки публичного выступления.

Таким образом, планирование и продуманная реализация аудиторной и внеаудиторной работы даёт возможность скоординировать усилия руководства вуза, всех его

подразделений, профессорско-преподавательского состава, общественных организаций учебного заведения для того, чтобы наилучшим образом использовать силы и возможности будущих специалистов, применяя весь арсенал форм и методов работы со студентами и аспирантами.

Выводы

Резюмируя вышеизложенное, следует отметить, что в российской системе высшего образования существенно возрастает роль внеаудиторной работы в формировании личных качеств будущего специалиста и его гражданской позиции. Правильно организованная внеаудиторная работа является прочной базой для профессионального становления студентов, способствуя расширению их кругозора за счёт внесения в неё элементов заинтересованности, содержательности. В результате этой работы студенты проникаются сознанием того, что прочные знания открывают для них перспективы в будущей профессиональной деятельности.

Анализ функционирования образовательных систем в высших учебных заведениях ведущих зарубежных стран позволяет выявить основные тенденции их развития, сравнить с отечественными системами образования, определить направления их совершенствования, возможности их обновления.

В этой связи опыт ведущих университетов США и государств Евросоюза, вся система подготовки будущих учёных и специалистов в этих странах заслуживает пристального внимания.

Список литературы

1. Макарова О.Ю. Проектирование системы воспитания студентов высших учебных заведений на зарубежном опыте. Монография – Казань: Изд-во РМО «Объединение «Отечество»РТ, 2013 – 272 с.
2. Billig Shelley H. Research on K-12 School-Based Service-Learning: the evidence builds // Phi Delta Kappan. – 2000. – May. – P. 658–664.
3. Astin A. How Service Learning Affects Students // UCLA Service-Learning Clearinghouse Project. Higher Education Research Institute University of California, Los Angeles. – 2000. – January. URL: www.cived.net.
4. Воспитательная траектория Республики Татарстан. – Казань, 2011. – 89 с.
5. Макарова О.Ю. Педагогическая система профессионального воспитания студентов медицинских вузов: автореф. дис. ... докт. пед. наук. – Казань, 2014. – 46 с.
6. Ханин Г.И. Высшее образование и российское общество / Г.И. Ханин // ЭКО. – 2008. – № 8–9.

УДК 377.5:372.8

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ СТАТИКИ В КУРСЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ В ОРГАНИЗАЦИИ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Чибиков А.С.

Кировское областное государственное профессиональное автономное учреждение «Яранский технологический техникум», Яранск, e-mail: chas375@yandex.ru

В статье проанализирована общепринятая последовательность решения задач статики по определению опорных реакций балок на двух шарнирах при действии вертикальной нагрузки в процессе изучения технической механики в организациях, реализующих ФГОС СПО по техническим и технологическим специальностям. Установлено, что в отечественной и зарубежной методике преподавания технической (инженерной) механики обучение решению задач данного вида производится на основе условий равновесия моментов относительно точек опор балок. А проверка полученных результатов осуществляется по условию равновесия вертикальных сил, что является лишь релятивным подтверждением правильности решения. С целью разрешения выявленного противоречия, а также эффективного формирования компетентности, развития критического и творческого мышления обучающихся автором предложен альтернативный метод определения реакций в связях двухопорных балок. Его суть заключается в последовательных эквивалентных преобразованиях и уравнивании внешней нагрузки. На конкретном примере с поясняющими изображениями подробно рассмотрено решение учебных задач новым методом. Аргументируя свою позицию, автор выделяет этапы в определении реактивных сил, указывает отличия в применении описываемого способа от традиционного подхода, а также рекомендует совместное использование данных методов, поскольку независимость их друг от друга обеспечивает абсолютное свидетельство достоверности результатов. В заключение обоснована педагогическая эффективность решения учебных задач статики на основе более совершенствованной методики обучения.

Ключевые слова: активные и реактивные силы, распределенная нагрузка, момент силы, пара сил, условия равновесия, равнодействующая и уравновешивающая силы, методика обучения технической механике, показатели качества и эффективности обучения

IMPROVING TEACHING METHODS OF SOLVING PROBLEMS OF STATICS IN ENGINEERING MECHANICS IN THE COLLEGE

Chibakov A.S.

Kirov Oblast State Professional Autonomous Institution «Yaransk Technological College», Yaransk, e-mail: chas375@yandex.ru

The article analyzes the conventional sequence of solving problems of statics in determining support reactions of beams on two hinges under the action of vertical load in learning technical mechanics at the technical College. It is established that in our and abroad vocational education the solution of problems of this type is carried out using conditions of equilibrium of moments with respect to points of support. And verification of the results is carried out on the equilibrium condition of vertical forces, that is only a relative proof of correctness of the decision. To resolve identified contradictions, as well as the effective formation of competence, development of critical and creative thinking of students, the author proposes an alternative method to determine the reactions of supports. Its essence lies in the sequential equivalent transformations and balancing external loads. In a specific example with explanatory images in detail the solution of the educational problems by a new method. Explaining his position, the author identifies stages in the determination of the reaction forces indicates differences in the application of the described method from the traditional approach, and also encourages the work together to use these methods because of their independence from each other provides absolute evidence of the reliability of the results. In conclusion, the article substantiates the pedagogical effectiveness of training solution tasks of statics on the basis of more improved methods of teaching.

Keywords: active and reactive forces, distributed load, moment of force, couple of forces, conditions of equilibrium, resultant and a countervailing forces, teaching methods of technical mechanics, indicators of quality and learning efficiency

Оригинальные способы решения задач технической механики по определению реакций идеальных связей в плоской системе сходящихся сил рассмотрены в нескольких статьях, опубликованных автором в периодических научных изданиях [1–3]. Важный вывод, вытекающий из представленных рассуждений, заключается в возможности творчески подходить к решению учебных задач. В частности, эффективной формой, способствующей выражению творчества,

в учреждении среднего профессионального образования (далее СПО) может быть организация мини-исследования по нахождению реактивных сил по известным факторам активной нагрузки.

Задачи статики традиционно считаются консервативными, поэтому обычно решаются по общепринятым алгоритмам. Усвоение последовательности, способов и приемов действий при расчете реакций в связях указывает на овладение учащимися

основами методики решения задач. Однако актуальность развития в настоящее время компетентности и креативных качеств личности побуждает к поиску возможностей решения учебных задач новыми способами, не описанными ранее в методической и учебной литературе, что способствует совершенствованию методики обучения решению статических задач.

Цель исследования

В настоящей статье раскроем положение, направленные на совершенствование методики обучения решению задач статики по определению опорных реакций балок на двух шарнирах и основанные на использовании нового метода, сущность которого заключается в последовательных эквивалентных преобразованиях и уравнивании внешней нагрузки.

Материалы и методы исследования

В процессе исследовательской работы пересмотрены методические основы обучения решению учебных задач по определению реакций, возникающих под внешней нагрузкой в связях балок на двух опорах, в курсе технической механики в организациях, реализующих ФГОС СПО по техническим и технологическим специальностям. Проанализирована отечественная и зарубежная методическая и учебная литература по технической механике, обобщен педагогический опыт, изучены продукты деятельности обучающихся, использованы экспертная оценка, моделирование, пе-

дагогическое наблюдение, качественный и количественный анализ фактического материала, методы математической статистики, а также сравнение и аналогия, формулирование выводов и обобщение. Как результат, предложен новый метод решения исследуемого вида задач статики, который аналитически независим от традиционного способа, а в совокупности с ним позволяет достоверно подтвердить или опровергнуть истинность полученных результатов.

Результаты исследования и их обсуждение

Выберем конкретную задачу, в которой силы приложены к балке вертикально (рис. 1). Именно такой особенностью отличаются задания для обучающихся образовательных организаций СПО, включенные в сборники задач по технической механике. Пример тому учебное пособие В.И. Сеткова [4], откуда и заимствовано задание.

Традиционно решение начинается с замены распределенной нагрузки эквивалентной сосредоточенной силой Q . Так как $q = \text{const}$, то $Q = q \cdot c = 15 \cdot 6 = 90$ (кН). Точка приложения Q приходится на середину участка длиной $c = 6$ (м), а направление Q совпадает с направлением нагрузки q . Затем выбираются вероятные направления реакций R_A и R_B , реализуется принцип освобождаемости и применяются условия равновесия. Целесообразно при этом опоры балки A и B рассматривать в качестве точек, относительно которых составляются уравнения для моментов. В нашем случае:

$$\begin{cases} \Sigma M_A = F \cdot a + M - Q \cdot \left(b + \frac{c}{2}\right) + R_B \cdot (b + c) = 0 \\ \Sigma M_B = F \cdot (a + b + c) + M - R_A \cdot (b + c) + Q \cdot \frac{c}{2} = 0 \end{cases}$$

Каждое уравнение содержит по одной неизвестной величине, что позволяет выразить и рассчитать искомые реактивные силы. Из второго равенства находится реакция R_A :

$$R_A = \frac{1}{b+c} \cdot \left[F \cdot (a+b+c) + M + Q \cdot \frac{c}{2} \right] = \frac{1}{1+6} \cdot \left[10 \cdot (2+1+6) + 5 + 90 \cdot \frac{6}{2} \right] \approx 52,14 \text{ (кН)}, \quad (1)$$

а из первого равенства – реакция R_B :

$$R_B = \frac{1}{b+c} \cdot \left[Q \cdot \left(b + \frac{c}{2}\right) - F \cdot a - M \right] = \frac{1}{1+6} \cdot \left[90 \cdot \left(1 + \frac{6}{2}\right) - 10 \cdot 2 - 5 \right] \approx 47,86 \text{ (кН)}. \quad (2)$$

Знаки вычисленных реактивных сил («+» или «-») указывают на правильность или ошибочность предположений об их вероятных направлениях. У нас знаки положительные ($R_A > 0$ и $R_B > 0$), значит, реакции действительно направлены вверх.

Проверка правильности найденных значений реакций производится составлением и решением уравнения равновесия для вертикальных сил после условно принятого положительного направления, например кверху. Если равенство $\Sigma Y = 0$ соблюдается, как в рассматриваемом примере, $-F + R_A - Q + R_B = -10 + 52,14 - 90 + 47,86 = 0$, то делается заключение о верном решении задачи.

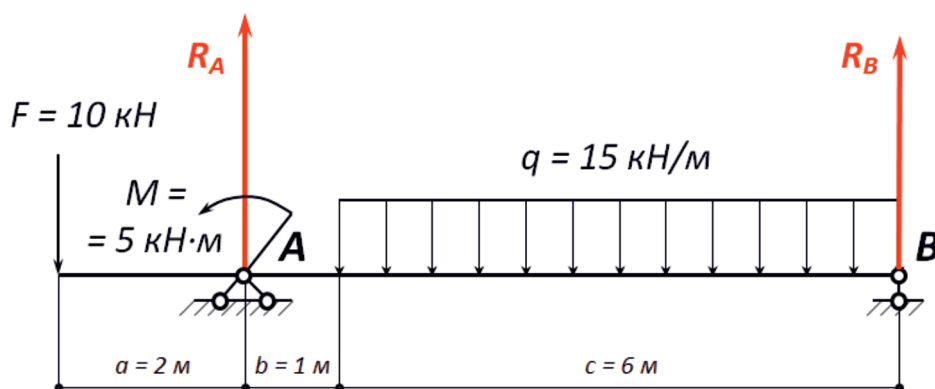


Рис. 1. Исходные данные задачи по определению реакций опор балки с выбранными направлениями реактивных сил R_A и R_B

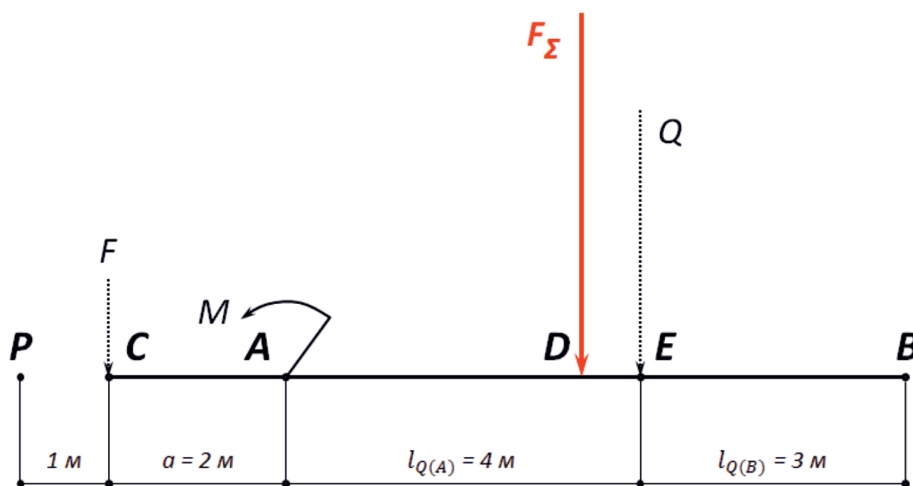


Рис. 2. Преобразования по замене сначала распределенной нагрузки q сосредоточенной силой Q , а затем ее вместе с активной силой F равнодействующей F_Σ

Следует обратить внимание, и на это указывает многолетний опыт преподавания технической механики в учреждениях СПО, что именно проверка в традиционной методике обучения решению задач по определению реакций опор балки является релятивной, а поэтому недостаточно надежной для достоверного заключения о правильности нахождения реактивных сил. В вычислениях обучающихся имеют место случаи, когда условие равновесия для вертикальных сил выполняется, а реакции не соответствуют истинным значениям. Или, что происходит нередко, по невнимательности обучающиеся путают значения R_A и R_B . В сопротивлении материалов, когда расчет опорных реакций является начальным этапом решения задач на изгиб балки, такая ошибка приводит к неправильному определению поперечных сил и изгибающих моментов в сечениях,

неверному выбору номера профиля проката или вычислению размеров поперечного сечения балки.

Способ определения реакций в опорах балки, предлагаемый нами, основан на последовательных эквивалентных преобразованиях и уравнивании внешней нагрузки. Сущность метода заключается в том, что после замены распределенной нагрузки q равнозначной сосредоточенной силой Q находится равнодействующая F_Σ внешних сил и точка ее приложения: либо по правилам для параллельных одинаково направленных сил, как в нашем примере,

$$F_\Sigma = F + Q, \quad \frac{Q}{F} = \frac{CD}{DE},$$

где C, D, E – точки приложения соответственно сил F, F_Σ, Q (рис. 2); либо по правилам для параллельных противоположно направленных сил.

Если в условии задачи указано более двух распределенных нагрузок и активных сил, то вместо последовательного нахождения равнодействующей каждый раз для двух сил удобнее воспользоваться правилом для моментов, создаваемых этими силами относительно произвольной точки плоскости. Исключение составляют точки A и B . Например, можно выбрать точку P , расположенную на линии балки, слева от точки C на расстоянии 1 м. Тогда длину отрезка CD в нашей задаче можно определить следующей зависимостью:

$$CD = \frac{Q \cdot \left[1 + a + l_{Q(A)}\right] + F}{F_{\Sigma}} - 1,$$

где $l_{Q(A)}$ – расстояние от линии действия силы Q до точки A , $l_{Q(A)} = b + \frac{c}{2} = 1 + \frac{6}{2} = 4$ (м).

Поскольку $F_{\Sigma} = Q + F = 90 + 10 = 100$ (кН), то $CD = \frac{90 \cdot (1 + 2 + 4) + 10}{100} - 1 = 5,4$ (м).

Далее силу F_{Σ} необходимо уравновесить возникающими в ответ на ее действие реактивными силовыми составляющими $R_{F_{\Sigma}}^A$ и $R_{F_{\Sigma}}^B$ в опорах балки. Направление сил $R_{F_{\Sigma}}^A$ и $R_{F_{\Sigma}}^B$ можно установить из условия равновесия моментов относительно точек опор. В нашей задаче сила F_{Σ} относительно точки A создает отрицательный момент, для уравнивания которого требуется положительный момент, создаваемый ответной реактивной составляющей $R_{F_{\Sigma}}^B$, значит, $R_{F_{\Sigma}}^B$ направлена противоположно F_{Σ} (рис. 3):

$$\Sigma M_A = -F_{\Sigma} \cdot AD + R_{F_{\Sigma}}^B \cdot l_{AB} = 0,$$

где

$$AD = CD - a = 5,4 - 2 = 3,4 \text{ (м)},$$

$$l_{AB} = b + c = l_{Q(A)} + l_{Q(B)} = 1 + 6 = 4 + 3 = 7 \text{ (м)},$$

$$\text{поэтому } R_{F_{\Sigma}}^B = \frac{100 \cdot 3,4}{7} \approx 48,57 \text{ (кН)}.$$

Относительно точки B сила F_{Σ} создает положительный момент, уравновесить который должен отрицательный момент реактивной составляющей $R_{F_{\Sigma}}^A$, поэтому $R_{F_{\Sigma}}^A$ тоже направлена противоположно F_{Σ} (рис. 3):

$$\Sigma M_B = F_{\Sigma} \cdot BD - R_{F_{\Sigma}}^A \cdot l_{AB} = 0,$$

так как $DB = l_{AB} - AD = 7 - 3,4 = 3,6$ (м), то

$$R_{F_{\Sigma}}^A = \frac{100 \cdot 3,6}{7} \approx 51,43 \text{ (кН)}.$$

Проверку полученных направлений ответных реактивных силовых составляющих $R_{F_{\Sigma}}^A$ и $R_{F_{\Sigma}}^B$ можно выполнить с помощью правил, вытекающих из анализа принципов сложения параллельных сил:

- если равнодействующая F_{Σ} проходит между точками A и B , как в нашем случае, то силовые составляющие $R_{F_{\Sigma}}^A$ и $R_{F_{\Sigma}}^B$ одинаково направлены (рис. 3);

- если равнодействующая F_{Σ} находится по одну сторону (правую или левую) от точек A и B , то силовые составляющие $R_{F_{\Sigma}}^A$ и $R_{F_{\Sigma}}^B$ противоположно направлены.

Остается уравновесить внешний момент M эквивалентной парой сил ($F_M; F_M$) с плечом, равным расстоянию между опорами A и B , то есть l_{AB} . Если в условии задачи предлагается несколько моментов, то находится главный момент M_{Σ} суммированием с учетом направления каждого из них, то есть $M_{\Sigma} = \Sigma M_i$. В рассматриваемой задаче внешний момент один (рис. 4), поэтому $\Sigma M = M - F_M \cdot l_{AB} = 0$, откуда $F_M = \frac{M}{l_{AB}} = \frac{5}{7} \approx 0,71$ (кН).

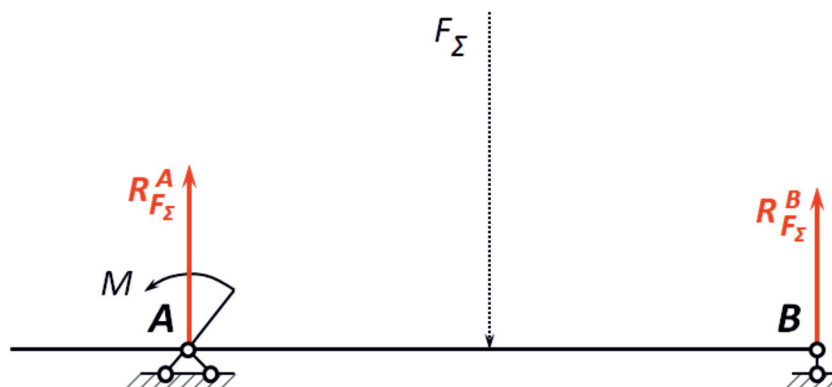


Рис. 3. Уравнивание равнодействующей F_{Σ} составляющими $R_{F_{\Sigma}}^A$ и $R_{F_{\Sigma}}^B$

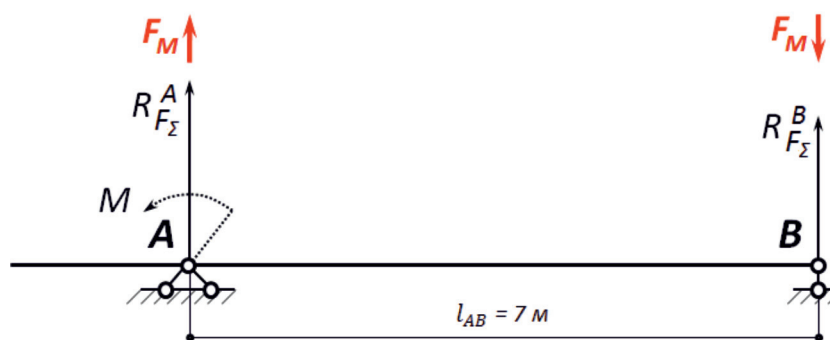


Рис. 4. Уравновешивание момента M в парой сил F_M с плечом l_{AB}

Моментные составляющие F_M линиями действия совпадают с силовыми составляющими $R_{F_z}^A$ и $R_{F_z}^B$ и образуют с ними коллинеарные векторы. Следовательно, полные реакции в опорах A и B представляют суммы:

$$R_A = R_{F_z}^A + F_M \approx 51,43 + 0,71 = 52,14 \text{ (кН)}, \quad (3)$$

$$R_B = R_{F_z}^B - F_M \approx 48,57 - 0,71 = 47,86 \text{ (кН)}. \quad (4)$$

Итак, констатируем, что результаты решения задачи – ответы равенств (1) и (3), (2) и (4), полученные традиционным и описанным выше способом, – одинаковые.

Аналитические зависимости для реактивных сил R_A и R_B на основе предложенного метода применительно к рассматриваемой задаче по исходным данным записываются выражениями

$$R_A = \frac{\frac{F+Q}{\frac{1}{b+c}+1} + \frac{M}{b+c}}{\frac{a+b+\frac{c}{2}-a}{\frac{F}{Q}+1}} = \frac{\frac{10+90}{\frac{1}{1+6}+1} + \frac{5}{16}}{\frac{2+1+\frac{6}{2}-2}{\frac{10}{90}+1}} \approx 52,14 \text{ (кН)}, \quad (5)$$

$$R_B = \frac{\frac{F+Q}{b+c} - \frac{M}{b+c}}{\frac{a+b+\frac{c}{2}-a}{\frac{F}{Q}+1}} = \frac{\frac{10+90}{1+6} - \frac{5}{1+6}}{\frac{2+1+\frac{6}{2}-2}{\frac{10}{90}+1}} \approx 47,86 \text{ (кН)}. \quad (6)$$

Анализ существующих материалов показал, что предложенный метод определения реакций связей двухопорных балок путем последовательных преобразований и уравновешиванием сначала силовой, а затем моментной внешней нагрузки отечественными [4–8 и др.] и зарубежными – американскими [9–11 и др.] и немецкими [12; 13 и др.] – авторами учебно-методической литературы не описан.

Обобщая сказанное, отмечаем, что в рассмотренном способе решения анализируемого вида учебных задач статики можно выделить следующую последовательность: I этап – преобразование распределенных нагрузок в сосредоточенные силы. Опре-

деление равнодействующей активных сил и точки ее приложения; II этап – уравновешивание равнодействующей силы, вызываемыми в ответ реактивными составляющими в опорах балки; III этап – определение главного момента и уравновешивание его парой сил с плечом, равным расстоянию между опорами балки; IV этап – определение полных реактивных сил в опорах балки.

В сравнении с традиционным, описываемый способ решения требует более широкой реализации теоретических положений. Учащийся должен знать и уметь применять:

а) правила преобразования распределенной нагрузки в эквивалентную сосредоточенную силу (I этап);

б) принципы определения и свойства равнодействующей плоской системы параллельных сил (I и II этапы);

в) условия равновесия моментов сил относительно точки (II этап);

г) свойства главного момента и пары сил (III этап);

д) правила сложения коллинеарных векторов сил (IV этап).

При этом предложенный метод остается аналитически независимым от традиционного (классического) способа решения таких задач, что подтверждается различием выражений (1) и (5), (2) и (6), а значит, данные методы альтернативны друг другу. Совокупное использование этих подходов при определении опорных реакций балок создает неопровержимую основу для доказательства правильного или неправильного решения задач.

Заключение

Использование разных методов в решении учебных задач обеспечивает повышение осознанности усвоения учебного материала и способствует углублению связей между теоретическими положениями, их применением в учебных задачах и практических ситуациях, а также становлению опыта исследовательской деятельности, формированию и развитию компетенций, значимых профессионально-личностных качеств обучающихся. Как следствие, более совершенной становится методика обучения будущих техников и технологов решению задач статики в курсе технической механики в организациях СПО.

Подтверждением педагогической результативности является повышение качества профессионального обучения, установленное с помощью разработанной нами методики [14]. Средний балл по технической механике вырос до 3,9...4,4 балла, интегрированные индивидуальные показатели качества обучения поднялись до индекса 3,4...4,2, а индивидуальные рейтинги учащихся достигли 71...87%. Существенно улучшились умения и качества компетентно и логично рассуждать, аргументировать, разрешать учебные проблемные ситуации, принимать рациональные решения [15]. Диагностика с использованием дихотомической шкалы выявила положительную

динамику личностных изменений, которая за семестр по процессуальным критериям составила 17...35%, а по результативным критериям – 9...16%.

Список литературы

1. Чибиков А.С. Геометрические этюды в решении учебных задач по определению реакций идеальных связей в статике // Школа будущего. – 2016. – № 6. – С. 122–127.
2. Чибиков А.С. Метод координат в решении учебных задач статики по определению реакций идеальных связей // Школа будущего. – 2016. – № 5. – С. 134–140.
3. Чибиков А.С. Определение реакций идеальных связей в плоской системе сходящихся сил на основе свойств геометрических фигур // Глобальный научный потенциал. – 2016. – № 10 (67). – С. 28–33.
4. Сетков В.И. Сборник задач по технической механике: учеб. пособ. для использ. в учеб. процессе образоват. учреждений, реализ. программы СПО / В.И. Сетков. – 9-е изд., стер. – М.: ИЦ «Академия», 2014. – 234 с.
5. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике: учеб. пособ. для машиностр. спец. вечер. и заоч. техн. / А.И. Аркуша. – Изд. 4-е. – М.: ЛИБРОКОМ, 2014. – 287 с.
6. Вереина Л.И. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.И. Вереина. – 10-е изд., стер. – М.: ИЦ «Академия», 2015. – 224 с.
7. Олофинская В.П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: учеб. пособ. для студентов учреждений сред. проф. образования, обучающихся по спец. технич. профилю / В.П. Олофинская. – 3-е изд., испр. – М.: Форум, 2012. – 348 с.
8. Эрдеди А.А. Техническая механика: учебник для использ. в учеб. процессе образоват. учреждений, реализ. программы СПО / А.А. Эрдеди, Н.А. Эрдеди. – 2-е изд., стер. – М.: ИЦ «Академия», 2015. – 528 с.
9. Costanzo F., Plesha M.E., Gray G.L. Engineering mechanics: Statics. – 1st ed. – N.Y.: McGraw-Hill, a business unit of The McGraw-Hill Companies, 2010. – 600 p.
10. Hibbeler R.C. Engineering mechanics: Statics. – 14th ed. – New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2015. – 678 p.
11. Pytel A., Kiusalaas J. Engineering Mechanics: Statics / SI Edition prepared by I. Sharma. – Third Edition. – Stamford: 200 First Stamford Place, 2010. – 604 p.
12. Gross D., Hauger W., Schroder J., Wall W.A. Technische Mechanik. Band 1: Statik. – B.: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. – 292 p.
13. Richard H.A., Sander M. Technische Mechanik. Statik. – Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag / GWV Fachverlage GmbH, 2008. – 221 p.
14. Чибиков А.С. К оценке качества профессионального обучения: методический аспект // Профессиональное образование. Столица. – 2016. – № 3. – С. 41–44.
15. Чибиков А.С. О проблематизации в профессиональном обучении квалифицированных рабочих, служащих и специалистов как факторе формирования опыта аргументированного принятия решений // Интернет-журнал «Мир науки». – 2016. – Т. 4, № 4. URL: <http://mir-nauki.com/PDF/44PDMN416.pdf>.

УДК 373:371.3:372.851

ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС «СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ»

Чиганова Н.В.

*Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, Стерлитамак,
e-mail: natali-th@yandex.ru*

Современное состояние системы образования претерпевает процесс активной трансформации в целом, нацеленной на формирование нового информационного образовательного пространства. Изменения прежде всего касаются учебно-воспитательного процесса. Всё более актуальным в образовательном процессе становится использование в обучении электронных дидактических средств обучения, позволяющих совершенствовать приёмы и методы, нацеленные на формирование умения самостоятельно добывать новые знания, собирать необходимую информацию, выдвигать гипотезы, делать выводы и умозаключения. Цифровой образовательный ресурс (ЦОР), могут использовать все участники образовательного процесса: учителя при подготовке и ведении занятий, учащиеся на уроках и при самостоятельных занятиях, а также родители. ЦОР может использоваться как целостный электронно-образовательный ресурс. В этом случае ресурс должен быть реализован с помощью метода программированного обучения, особенностью которого является пошаговость самостоятельной деятельности учащихся, способствующая активизации учебного процесса, а также наличие оперативной обратной связи, на основе которой возможна индивидуализация и дифференциация обучения. В статье описан разработанный автором контент «Системы счисления», описана методика применения в образовательном процессе, приведены результаты апробации и статистических исследований.

Ключевые слова: интерактивные формы обучения, ЦОР, УУД, современные методики обучения

DIGITAL EDUCATIONAL RESOURCE «NUMBER SYSTEMS»

Chiganova N.V.

Sterlitamak branch of Bashkir state University, Sterlitamak, e-mail: natali-th@yandex.ru

The modern state education system is undergoing a process of active transformation as a whole, aimed at the formation of a new information and educational space. The changes primarily relate to the educational process. More and more actual in the educational process is the use of e-learning didactic learning tools that allow to improve the techniques and methods aimed at the formation of skills to independently produce new knowledge, to collect the necessary information to put forward hypotheses, to draw conclusions and inferences. Digital educational resources (der), can use all the participants of educational process: teachers in the preparation and conduct of instruction, students in the classroom and for self-training, as well as parents. DH can be used as an integrated online learning resources. In this case, the resource must be implemented using the method of the programmed training, a feature of which is the serialization of independent activities of students, conducive for enhancing the learning process, and the availability of immediate feedback, based on which possible individualization and differentiation of training. The article describes developed by the author of the content of the «number System» describes a method of using in educational process and present the results of testing and statistical research.

Keywords: interactive forms of learning, COR, ACU, modern methods of teaching

Начало XXI века ознаменовалось значительным увеличением темпов развития государства, что, в свою очередь, влияет на ситуацию в области образования. Школа обязана, идя в ногу со временем, подготавливать своих выпускников к жизни, которая не познана до конца ею самой. Главными ориентирами современных образовательных подходов можно определить требования по максимально эффективным действиям в незнакомых ученикам либо проблемных ситуациях, самостоятельному созданию инновационных продуктов деятельности выпускников, умению использовать информационные потоки, выработки таких личностных качеств, как коммуникативность, эмоциональная устойчивость и т.д. Внедрение в учебный процесс новых технологий дало возможность коренным образом поменять отношение к используемым в нем дидактическим материалам.

Основная задача системы образования современной России – это формирование

учебных действий универсального плана, которые способствуют обеспечению учеников новой школы умениям учиться, способностей к самосовершенствованию и саморазвитию. При этом умения, знания и навыки стоит определить как производные от соответствующих типов целенаправленных действий. Они формируются в школьниках, применяются ими и сохраняются связанными с их активными действиями. Во время данного процесса качественная оценка по усвоению знаний должна быть определена всем многообразием, а также характером данных универсальных действий. Соответственно, сегодня все повышается актуальность использования в процессе образования при обучении тех методов и приемов, что направлены на формирование умений по самостоятельной добыче новых знаний, сбору нужной информации, выдвижению гипотез, умению делать умозаключения и выводы [1].

Исходя из вышеизложенного, можно констатировать при организации образовательного процесса сегодня необходимость трансформации преподавателем процесса обучения, таких как структура, принципы взаимодействия субъектов, а также формы организации деятельности. Все это говорит о приоритете в работе педагога методов общения диалогического типа, творческой деятельности разных форм, совместным с педагогом поисков истины. Это может быть реализовано посредством использования методов обучения с использованием интерактивных средств, что даст возможности пробуждения интереса у обучающихся,ощерения активности каждого из них в процессе обучения, оказанию многопланового на них воздействия, осуществления ответной реакции аудитории, то есть обратной связи, а также способствованию корректировки их поведения.

Необходимо отметить следующие идеи, которые могут быть успешно реализованы при применении цифрового образовательного ресурса (ЦОР) в обучении:

- учение без принуждения, для чего необходимо дать ребенку уверенность в успехе его планов, научить обучающихся правильно учиться;
- сотрудничество;
- сложная цель, причем в данном случае объединять учеников должна вера в преодоление трудностей, а не простая цель;
- свободный выбор, который есть шаг к развитию творческого характера мыслей;
- опора, что предполагает использовать различные путеводители, словари, схемы, энциклопедии и т.д.;
- опережение программы, которое вызывает у обучающихся гордость, доставляет удовольствие, причем педагог имеет в данном случае возможность более продуктивно распоряжаться временем на занятиях;
- самоанализ, так как самостоятельным человеком можно назвать лишь того, кто умеет точно оценить свою работу, так как сформировал навыки анализа своей деятельности.

ЦОР может быть использован всеми участниками процесса обучения: как педагогом при подготовке к занятиям и проведению их, так и обучающимися во время обучения в образовательном учреждении и при самостоятельной работе. Кроме того, ЦОР предназначен и для родителей. Контент используется при этом в качестве целостного электронно-образовательного ресурса. При этом ресурс ради повышения эффективности процесса обучения обязан реализовываться при помощи инновационной педагогической технологии, а именно:

программированного обучения, чьей особенностью необходимо назвать формирование траекторий обучения индивидуального типа. Последняя включает в себя весь спектр этапов самостоятельной деятельности обучающихся, что позволяет активизировать процесс обучения, оперативную обратную связь, которая дает возможность дифференцировать обучение.

На современном этапе развития возможны различная технология разработки методических образовательных контентов, классификация которых описана в статье [2].

Целью исследования является цифровой образовательный ресурс «Системы счисления» и эффективность его использования на уроках информатики.

В статье описан разработанный автором контент «Системы счисления», описана методика применения в образовательном процессе, приведены результаты апробации и статистических исследований. Данный ресурс реализован инструментарием специализированного инструментального средства Adobe Flash [3], позволяющего предоставлять дидактический материал в виде анимированных слайдов [4]. Встроенный язык программирования Action Script формирует конструкторы проверок контрольно-измерительных материалов. Остановимся на методических аспектах реализованного ресурса. Разработанный контент возможно использовать на различных этапах проведения урока, а также как электронно-образовательный ресурс, предназначенный для самостоятельного обучения. На всех этапах реализованы системы проверок, что значительно освобождают учителя от проверки контрольно-измерительных материалов.

Содержание ресурса состоит из двух разделов: непозиционные и позиционные системы счисления. На рис. 1 представлен слайд с содержанием ресурса.

Данный ЦОР предназначен для обучающихся начальных и средних классов общеобразовательных школ. Приложение состоит из системы интерактивных презентаций, переход между которыми осуществляется с помощью кнопки . На каждом слайде содержится «Быстрый переход», позволяющий перейти на содержание

 [содержание](#), что упрощает поиск необходимой информации.

В каждой теме присутствуют следующие блоки: теории, практики, контроля и дополнительных задач, навигация которых располагается в верхней строке ЦОРа (см. рис. 2).

пример слайда с алфавитной системой. Материал в данном разделе насыщен интерактивными красочными презентациями, слайдами, что позволяет использовать материал даже для обучающихся начальных классов.

По мере изучения теоретического материала в разделе «Непозиционные системы счисления» обучающимся предлагается решение задач с ответами и алгоритмами поиска решений, а также задачи для самостоятельного решения. Ресурс позволяет оценить каждую задачу, для этого обучающемуся предлагаются поля для ввода своих ответов. По результатам решения задач данного раздела в ЦОР предусматривается определение оценки.

В разделе «Позиционные системы счисления» рассматриваются следующие темы: «история возникновения позиционных систем счисления», «современные позиционные системы счисления», «развернутая форма записи числа», «перевод числа из одной системы счисления в другую» и «арифметические операции над числами в различных системах счисления». Теория данного раздела представлена в виде интерактивных презентаций. Рассматриваются примеры решенных задач (рис. 4), а так же реализован конструктор, позволяющий проверить результаты действий учеников над задачами, предложенными для отработки навыков по переводу чисел и выполнения

арифметических операций с числами в различных системах счисления.

Для отработки изученного теоретического блока предлагается последовательность заданий для индивидуального решения (рис. 5). Если задание выполнено правильно, то выходит сообщение: «Молодец (правильно)», затем предлагается следующий блок теоретического материала, если же учащийся ошибся, то выходит сообщение: «Подумай (неправильно)», после чего учащийся может исправить ошибку. В случае отрицательного ответа на все предложенные задачи учащемуся предлагается заново пройти теоретический блок.

На последнем этапе изучения материала предлагается итоговое тестирование. Тест реализован с помощью системы слайдов. На каждый вопрос теста отводится отдельный слайд. В случае затруднения при ответе на вопрос ученик имеет возможность перейти на следующий слайд с последующим возвратом к пропущенным вопросам. Вопросы представлены по мере усложнения. Реализованы все формы тестовых заданий и с закрытой и открытой системой проверки. По окончании тестирования выставляется итоговая оценка.

Следующим этапом исследования стало определение альтернативной гипотезы исследования: эффективна ли методика обучения с использованием методического контента в учебной деятельности.

Теория
Проверка знаний
Дополнительные задания
Контрольная работа

Задача: Перемножить шестнадцатеричные числа CB и 4F00.

Решение.

× CB	(первый множитель)
× 4F00	(второй множитель)
1	(переносы сложения)
A5	(произведение 4F00 и CB)
+ B4	(произведение 4F00 и CB)
2C	(произведение 4F00 и CB)
30	(произведение 4F00 и CB)
3EA500	(произведение)

Проверим вычисление:

$CB_{16} = 203_{10}$

$4F00_{16} = 20224_{10}$

$3EA500_{16} = 4105472_{10}$

$203_{10} * 20224_{10} = 4105472_{10}$

значит, действие с данными числами выполнено правильно

Ответ. 3EA500.



Рис. 4. Слайд «Разбор алгоритма решения задачи»

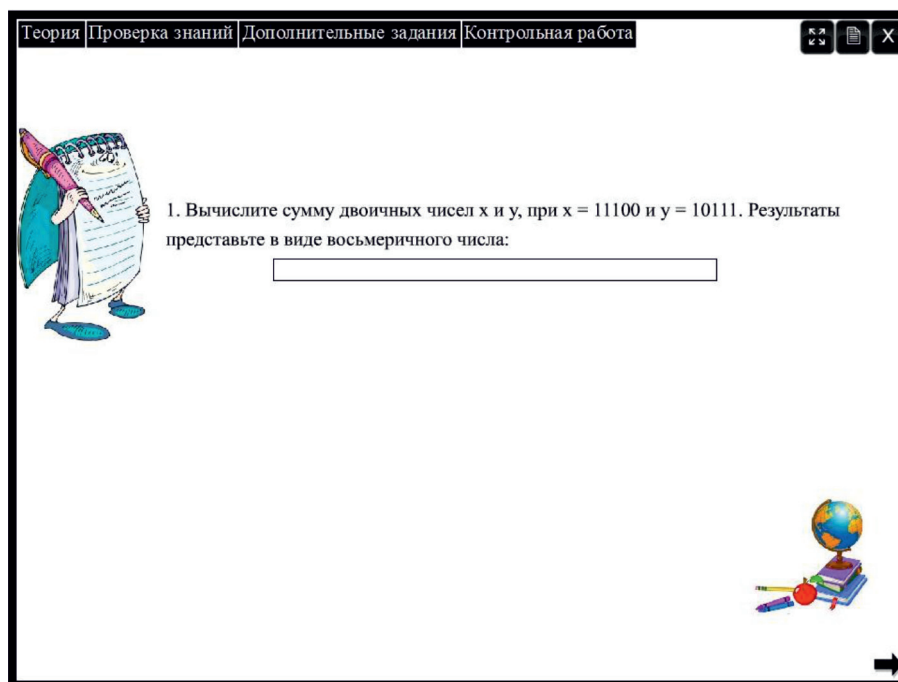


Рис. 5. Проверка

Экспериментальное преподавание курса проводилось в МБОУ СОШ с. Зильдярово республики Башкортостан в 5-х классах. В общей сложности экспериментом было охвачено более 50 учащихся, разделенных на две группы. Первая группа занималась по традиционным методам обучения, вторая – экспериментальная, изучение материала в ней проводилось с использованием разработанного электронно-образовательного ресурса. По окончании обучения к полученным результатам необходимо применить статистические методы исследования [5]. На первом этапе определен критерий Стьюдента (t) для экспериментальной группы, применяемый для несвязных и неравных по численности выборок, он равен 3,981. Данный показатель значительно превышает табличный показатель (2,10), что позволяет подтвердить выдвинутую ранее гипотезу. На следующем этапе был найден экспериментальный многофункциональный статистический критерий Фишера для определения совпадения двух выбранных групп (φ^*) и равен $\varphi^* = 2,32$. Найденный показатель так же находится в зоне значимости. Таким образом, из полученных показателей исследования можно сделать вывод о том, что доля

лиц, справившихся с задачей, в первой группе больше, чем во второй группе.

Апробация и экспериментальное преподавание курса «Системы счисления» в основном подтвердила гипотезу исследования о формировании универсальных учебных действиях, влиянии курса на повышение интереса и на усиление систематической подготовки обучающихся по информатике.

Список литературы

1. Асмолов А.Г. Как проектировать универсальные учебные действия: от действия к мысли / А.Г. Асмолов, Г.В. Бурменская, И.А. Володарская, О.А. Карабанова, Н.Г. Салмина, С.В. Молчанов. – М., 2008. – 151 с.
2. Чиганова Н.В. Технологии разработки электронно-образовательных ресурсов / Н.В. Чиганова, С.Л. Хасанова, Е.М. Девяткин // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 10-1. – С. 108–113.
3. Adobe Flash CS6. Официальный учебный курс. – М.: Эксмо, 2013. – 464 с.
4. Кинтонова А.Ж. Macromedia flash professional как средство создания обучающих программ и электронных учебников / А.Ж. Кинтонова, Т.Ж. Кутебаев, Г.М. Ахметова // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 12-3. – С. 296–299.
5. Петров П.К. Математико-статистическая обработка и графическое представление результатов педагогических исследований с использованием информационных технологий: учебное пособие / П.К. Петров. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2013. – 179 с.

УДК 373.5:796

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ У ПОДРОСТКОВ В ШКОЛАХ С ПОВЫШЕННОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ

Шейна Л.П., Нурсейтов Д.Ф.

ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», Уфа,
e-mail: lyuba.sheina2010@yandex.ru, nurseitov@mail.ru

В статье рассматривается совокупность социальных и педагогических условий формирования здорового образа жизни у обучающихся в школах с повышенной интеллектуальной нагрузкой. Актуальность проблемы обосновывается необходимостью формирования у обучающихся потребности к ведению здорового образа жизни в условиях школы с повышенной интеллектуальной нагрузкой, с одной стороны, и недостаточной разработанностью такой системы в педагогической теории и практике, с другой. Авторы раскрывают возрастные особенности формирования здорового образа жизни и специфику организации образовательной среды в школах с повышенной интеллектуальной нагрузкой. Основные положения формирования здорового образа жизни у подростков исследуются с позиции личностно-деятельностного подхода, который предусматривает целенаправленное организуемое взаимодействие субъектов педагогического процесса, в результате чего воспитывается ценностное отношение подростков к своему здоровью. Представлено обоснование педагогических условий поэтапного формирования субъектной позиции обучающихся в образовательном процессе школ с повышенной интеллектуальной нагрузкой.

Ключевые слова: здоровый образ жизни, обучающиеся, школы с повышенной интеллектуальной нагрузкой

PECULIARITIES OF FORMING A HEALTHY LIFESTYLE IN TEENAGERS IN SCHOOLS WITH IMPROVED INTELLIGENT LOAD

Sheina L.P., Nurseitov D.F.

Bashkir State Pedagogical University M. Akmulla, Ufa,
e-mail: lyuba.sheina2010@yandex.ru, nurseitov@mail.ru

The article considers the set of social and pedagogical conditions for the formation of a healthy lifestyle in students in schools with increased intellectual load. The urgency of the problem is justified by the need to form the need for the students to conduct a healthy lifestyle in the conditions of an schools with increased intellectual load, on the one hand, and the insufficient development of such a system in pedagogical theory and practice. The authors disclose the age-specific features of the formation of a healthy lifestyle and the specifics of the organization of the educational environment in schools with increased intellectual load. The main provisions for the formation of a healthy lifestyle in adolescents are examined from the position of the personality-activity approach, which provides for a purposeful organized interaction between the subjects of the pedagogical process, as a result of which the value attitude of adolescents to their health is cultivated. The substantiation of pedagogical conditions of stage-by-stage formation of the subject position of students in the educational process of schools with increased intellectual load is presented.

Keywords: healthy way of life, teaching, schools with increased intellectual load

Проблема сохранения и развития здоровья подрастающего поколения актуальна. Современный этап отмечен ускорением темпов жизнедеятельности людей, что влечет за собой высокий уровень стресса. Отмеченные тенденции характерны и для школы. Когда мы рассматриваем проблему формирования здорового образа жизни (далее – ЗОЖ) у обучающихся, мы всегда учитываем условия, в которых осуществляется образовательный процесс. Важным посылом в нашем исследовании является выявление здоровьесберегающего потенциала школ с повышенной интеллектуальной нагрузкой как средового фактора формирования здорового образа жизни обучающихся. Школы с повышенной интеллектуальной нагрузкой – это дидактически ориентированные образовательные учреждения, в которых школьники, как правило, испыты-

вают интеллектуальное и эмоциональное напряжение. Организация учебного процесса зачастую осуществляется с нарушениями дозволённых пределов учебной нагрузки. Значительную часть времени школьники вынуждены проводить за партами, выполняя учебные задания, а затем домашнюю работу. Все это убеждает в своевременности научного исследования проблемы.

Осознание того факта, что обучающиеся школ с повышенной интеллектуальной нагрузкой – это потенциал для развития человеческих ресурсов страны, заставляет обратиться к проблемам сохранения здоровья подростков. Целью нашего исследования является научное обоснование и экспериментальная апробация организационно-педагогических условий формирования здорового образа жизни у подростков школ с повышенной интеллектуальной нагруз-

кой. В нашем исследовании выдвигается гипотеза, в соответствии с которой процесс формирования ЗОЖ у обучающихся школ с повышенной интеллектуальной нагрузкой будет эффективным, если:

- будет осуществляться комплексное организационно-педагогическое, психологическое, медико-биологическое сопровождение педагогического процесса;

- будет разработана и внедрена структурно-функциональная модель формирования ЗОЖ у подростков школ с повышенной интеллектуальной нагрузкой;

- будет обеспечен по содержанию и технологиям обучения такой педагогический процесс, который предполагает разработку и внедрение в практику программ факультативного курса «Крепкое здоровье – ключ к успеху», спецкурса «Если хочешь быть здоров», учебной программы «Как определить свой путь к здоровью?»; использование здоровьесберегающих технологий;

- будет разработана и реализована система мониторинга сформированности ЗОЖ у обучающихся школ с повышенной интеллектуальной нагрузкой.

Главная цель данной статьи заключается в обосновании особенностей организации процесса формирования ЗОЖ подростков в условиях специализированной школы. В рассмотрении вышеизложенных аспектов мы исходим из следующих положений:

1. Формирование ЗОЖ у обучающихся в школах с повышенной интеллектуальной нагрузкой представляет собой специально организованный процесс, направленный на сохранение, укрепление здоровья, а также развитие здоровьесберегающего компонента в образовательной среде школы. Специализированная школа обладает ресурсами привития культуры ЗОЖ, формирования у учащихся глубоких и устойчивых системных знаний о здоровье, воспитания ценностного отношения, мотивационных установок, модели здоровьесберегающего поведения. Это поможет выпускнику социально адаптироваться в жизни, решать задачи на самых разных уровнях: от семейно-бытовых до государственных. Один из важнейших аспектов стратегии и тактики формирования ЗОЖ школьников состоит в обеспечении взаимодействия всех субъектов (обучающихся, учителей, школьного врача, родителей и др.) образовательного пространства [1].

2. Рассматривая здоровье как многомерную характеристику личности, включающую физический, психический, духовный, интеллектуальный, социальный аспекты, внутренний мир индивида и его взаимоотношения с внешней средой, мы исходим из

целесообразности установления динамического равновесия между адаптационными возможностями человека и изменяющимися условиями внешней среды. В решении проблемы формирования ЗОЖ у подростков необходимо применять индивидуальный подход. Учитывать их субъектный опыт, национальные особенности жизнедеятельности, семейные традиции в организации здорового образа жизни и сочетать их с современными достижениями науки в области физкультуры, физиологии, диетологии, медицины и психологии. Необходимо научить подростков осуществлять самодиагностику своего организма и выстраивать собственную траекторию здоровьесбережения, так как главная роль в обеспечении здоровья принадлежит самому человеку, его образу мысли, привычкам, выбранной стратегии безопасного поведения [2]. Для формирования ЗОЖ важен учет не только физиологических показателей, социально-психологических (адаптация), но и ценностного отношения к здоровью.

3. Учет возрастных и индивидуальных особенностей подростков. В разные периоды жизни человек может изменять приоритетность выбора личностных ценностей. Происходит их деперсонификация. Система ценностей является ядром сознания личности и находит свое выражение в мотивационно-потребностной сфере подростка. Основным механизмом ЗОЖ является развитие устойчивой мотивации. В условиях специализированной школы этот процесс обусловлен особенностями поступления в учебное заведение, которое чаще всего происходит в классах среднего звена, когда проблемы подросткового периода обостряются, переоцениваются образцы поведения, подвергается анализу поведение других людей, поэтому происходит отрыв от прежних референтных групп.

Опишем методику исследования. На основании вышеизложенного нами были рассмотрены необходимые педагогические условия формирования ЗОЖ у обучающихся школ с повышенной интеллектуальной нагрузкой. Под педагогическими условиями формирования ЗОЖ у обучающихся специализированных школ в контексте исследования мы понимаем спроектированную образовательную среду (аспекты мотивации и рефлексии, содержания и технологий обучения, материальная база и другие основания), главной целью которой является формирование здорового образа жизни у подростков.

Такие педагогические условия реализовывались поэтапно через систематическую работу по следующим направлениям.

1. Осуществлялась деятельность обучающихся совместно с наставниками (учителями, медицинскими работниками, физиологами, психологами) по созданию индивидуального образовательного маршрута по формированию ЗОЖ. По документальным и эмпирическим, включая тесты, данным оценки индивидуальных, субъективно-объективных особенностей подростков были определены 3 группы школьников.

В первую группу были определены школьники с недостаточным уровнем развития ЗОЖ. Вторая группа – обучающиеся с начальным уровнем ЗОЖ. Третью группу составили подростки с достаточным уровнем развития ЗОЖ. Группы выделялись по критериям:

1) состояние физического здоровья (хронические заболевания, динамика заболеваемости за последний год);

2) исходный уровень знаний и представлений о ЗОЖ, опыт его практической реализации в повседневной жизни (соблюдение режима дня, физическая активность, сбалансированное питание, отсутствие негативных зависимостей);

3) уровень психо-эмоциональной саморегуляции (темперамент, умение управлять своими психическими состояниями, позитивный настрой в различных, в том числе стрессовых, ситуациях). Также учитывались уровни социализации обучающихся (мезо- и микрофакторы, наличие и оценка референтных групп).

4) мотивированное положительное отношение к здоровью как к ценности (исследовалось посредством проективных методик расхождение между ранжированными ценностными предпочтениями обучающихся и их повседневным образом жизни, привычками).

Уточним методы и процесс исследования. Чтобы определить по первому критерию показатели физического состояния обучающихся, авторами были изучены их медицинские карты и проведен статистический анализ динамики заболеваемости за последний год обучения в специализированном учебном заведении. Полученные результаты позволили определить общую картину заболеваемости: было отмечено преобладание заболеваний органов дыхания (36%), что характерно для осенне-зимнего сезона. Многочисленными оказались также заболевания нервной системы, что, очевидно, связано с повышенным умственным напряжением, учебной нагрузкой (28,5%). Следующим видом по частотности явились заболевания желудочно-кишечного тракта (18,8%). Причины: стрессы, нарушение режима питания, употребление фаст-фуда,

чипсов, сладких газированных напитков, острой и жирной пищи. Вызвали тревогу заболевания опорно-двигательного аппарата, которые являются следствием малоподвижного образа жизни; далее – травмы, ушибы, которые случаются при быстрой ходьбе, беге (16,7%). По критерию заболеваемости в первую группу было отнесено 41,5% учеников, во вторую группу – 36,8%, в третью – 21%. Для изучения второго критерия были использованы тесты открытого типа, направленные на выявление сформированности системы знаний и представлений о ЗОЖ, к ним прилагались ситуации с выбором правильных вариантов ответов. Полученные результаты позволили отнести обучающихся к разным группам развития ЗОЖ: в первой группе оказались 44,6%, во второй – 40,4%, в третьей – 18,5%. При исследовании третьего критерия применялись методы наблюдения, беседы, анализ и решение ситуативных задач. По третьему критерию в первую группу были отнесены 43,3% учащихся, во вторую – 35,8%, в третью – 20,9%. Четвертый критерий диагностировался при использовании методики ранжирования ценностей М. Рокича. По результатам данной методики в первой группе оказалось 37,8% подростков, во второй – 37%, в третьей – 22,4%. Таким образом, по среднему арифметическому показателю нам удалось определить учащихся по трем группам: в первой группе оказалось – 41,8%, во второй – 37,5%, в третьей – 20,7% контингента обучающихся. Результаты исследования были обработаны в MS Excel.

Результаты исследования позволили определить 3 группы и выявить проблемное поле каждой из них, а также провести предварительную консультационную работу специалистов (медицинских работников, психологов, физиологов) с обучающимися. В целях осуществления деятельности по созданию индивидуальных траекторий развития ЗОЖ подростков была разработана учебная программа «Как определить свой путь к здоровью?». Основные разделы программы отражают ее целевую направленность – разработки индивидуальной траектории развития ЗОЖ. Реализация программы осуществлялась с позиции деятельностного и задачного подходов. Процесс формирования ЗОЖ представляет собой последовательную смену образовательных задач и всех компонентов педагогического процесса, направленных на формирование у школьников здорового образа жизни. Совокупность решаемых задач позволила обучающимся самостоятельно формулировать индивидуальные цели здоровьесбережения, выбирать адекватные способы реализации,

осуществлять рефлексивные действия, то есть самостоятельно двигаться от осознания дидактической или жизненной проблемы до нахождения стратегии и тактики ее решения. Подросток осознанно выполняет поиск необходимой информации по решению задачи, перерабатывает информацию и преобразует её в инструмент личной практической деятельности. В результате этого он приобретает необходимые навыки самодиагностики самочувствия, выявления причин отклонений (плохой сон, несоблюдение режима дня, несбалансированное питание и т.д.); составления своего режима дня, способы рационального использования времени, где предусматривается смена видов деятельности, занятия на свежем воздухе, отслеживание по таймеру необходимых норм физической нагрузки, самоопределение по отношению полезных и вредных привычек; построение жизненной стратегии ЗОЖ. Промежуточный контроль осуществлялся при использовании следующих форм: сдача норм ГТО, защита исследовательских проектов: «Моя генетическая родословная», «Стартап в ЗОЖ» и др. Для успешной жизнедеятельности в образовательной среде школы с повышенной интеллектуальной нагрузкой подростку нужно, помимо осознания необходимости соблюдать здоровьесберегающий режим, практическое освоение технологий оздоровления, стимулирующих мотивы к ведению здорового образа жизни.

II. Были разработаны содержательно-технологические аспекты обеспечения образовательного процесса в школах с повышенной интеллектуальной нагрузкой. Это предполагало создание и реализацию программ факультативного курса «Крепкое здоровье – ключ к успеху», спецкурса «Если хочешь быть здоров». Были организованы и проведены курсы повышения квалификации учителей по программе «Проблемы реализации здоровьесберегающей технологии в школах с повышенной интеллектуальной нагрузкой»; был проведен цикл тематических вебинаров с защитой проектов по данной проблематике, в том числе и онлайн-обучение при реализации модулей и образовательных программ.

Процесс формирования ЗОЖ и сознательного отношения к собственному здоровью существенно актуализировался при сочетании различных форм образовательной деятельности: физической, игровой, ритмической деятельности [3]. Личностный уровень освоения ценностей физической культуры определялся усвоением знаний в области физического совершенствования, двигательных умений и навыков, способно-

стью к самоорганизации здорового стиля жизни, социально-психологическими установками, ориентацией на занятия физкультурно-спортивной деятельностью.

III. В ходе исследования было проведено комплексное психолого-педагогическое, медицинское и информационное сопровождение процесса формирования ЗОЖ у подростков. Педагогическое взаимодействие способствовало осознанному выбору личности здоровьесобразного поведения. Если в детстве этот процесс происходит преимущественно неосознанно, то по мере взросления человек действует целенаправленно. Образовательная среда представляет собой главное условие для реализации педагогических целей. Разделяя мнение В.А. Ясвина [4, с. 58–59], мы рассматриваем понятие «образовательная среда» как систему влияний и условий формирования личности по заданному образцу, а также возможностей для ее развития, которые содержатся в социальном и пространственно-предметном окружении. При изменении средового фактора происходят качественные изменения личности. К числу структурных единиц образовательной («школьной») среды мы отнесли: организацию здоровьесберегающего пространства, организацию межличностного пространства (учитывающей индивидуальные, гендерные и др. признаки) и организацию дидактического процесса.

Организация здоровьесберегающего пространства предполагала целесообразное построение классных, спортивных и других помещений, обеспечивающих возможность свободы перемещений в них учащихся, использование трансформируемой мебели и проч. Вопрос организации межличностного пространства рассматривался с позиции скученности учащихся (краудинга) и ее влияния на социальное поведение, личностные особенности и успеваемость учащихся; изменение персонального и межличностного пространства в зависимости от условий конкретной школьной организации, определение статусов и ролей, учет половозрастных и национальных особенностей субъектов педагогического процесса.

Логика образовательного процесса была построена на основе системно-деятельностного подхода, направленного на развитие обучающихся как субъектов познания. Данный подход реализовывался при использовании интерактивных форм педагогического взаимодействия, уважение личностных факторов талантов, психосберегающие методы, преобладание самоконтроля и самооценки, кооперативных над конкурентными формами обучения. Отбор и построение содержания образовательных программ ос-

новывался на принципах фундаментализации, интеграции, гуманизации образования; выбор оптимальных в каждом конкретном случае, методов и форм обучения.

IV. Для сегмента обучающихся в школах с повышенной интеллектуальной нагрузкой документально осуществлялась оптимизация образовательного процесса, направленная на преодоление негативных влияний на психологическое и физическое состояние здоровья учащихся. При рассмотрении вопросов целесообразного распределения учебной нагрузки, использования педагогических технологий, организации режима работы школы учитывалось определение оптимальной учебной и внеучебной нагрузки, режима учебных занятий, указанных в «Законе об образовании РФ» [5]. Для анализа нами были определены следующие параметры:

- 1) количество усваиваемых элементов знаний по дисциплинам (понятия, термины, правила, факты, явления);
- 2) объём усваиваемой информации (учебные пособия, дополнительная литература, интернет-ресурсы, СМИ);
- 3) анализ заданий, выполняемых учащимися на уроках и дома, и их соотношение;
- 4) объём учебного времени, необходимого для выполнения заданий, рекомендуемых программой;
- 5) объём учебного времени для выполнения самостоятельной работы обучающихся.

Был осуществлён количественный и качественный анализ школьных программ, ряда учебников.

Экспериментальные исследования позволили выделить три группы психолого-педагогических факторов, влияющих на объём и содержание учебной нагрузки школьников в условиях интеллектуальной школы. Первая из них определяет организацию дидактического процесса по конкретным предметным модулям на основе принципа интеграции знаний, что позволяет высвободить учебное время для самостоятельных занятий обучающихся. Ко второй отнесли факторы, определяющие условия обучения в конкретной школе (расписание уроков, внеклассной работы). Третью группу составили факторы, характеризующие уровни владения обучающимися системы знаний и представлений, метапредметных знаний,

учебных умений и навыков по здоровьесбережению, а также уровни психического развития и физического состояния организма человека. В целях устранения превышения нагрузки при выполнении самостоятельной работы обучающихся совершались обоснованные расчёты времени, затрачиваемые на различные виды учебной деятельности (в ходе решения учебных задач домашнего задания по каждому предмету). Была проделана работа по выявлению степени утомляемости учеников в зависимости от вида выполняемой ими деятельности. Осуществлялся контроль за соблюдением следующих организационно-педагогических условий: гигиенических норм учебного процесса, психо-эмоциональных и психофизиологических условий. Активное использование программного обеспечения, интернет-ресурсов в образовательном процессе также способствовало созданию здоровьесберегающей среды и формированию ЗОЖ. Были освоены и внедрены современные технологии онлайн-обучения (мобильное обучение, виртуальная реальность), что позволило установить эффективное использование времени в соотношении урочной и внеурочной работы обучающихся.

В статье представлены отдельные результаты исследования, которые позволили в определенной мере снизить степень интеллектуальной перегруженности и оптимально использовать высвобожденное время на спортивно-оздоровительную деятельность.

Список литературы

1. Калачев Г.А., Мошкин В.Н. Интегративные свойства здоровьесберегающей педагогической системы общеобразовательной школы // Наука Алтайскому краю, 2006–2007 гг. Сборник научных статей по результатам НИР, выполненных за счет средств краевого бюджета. Выпуск 1. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2007. – С. 148–155.
2. Шеина Л.П., Нурсеитов Д.Ф. Формирование мотивации ведения здорового образа жизни у подростков в интеллектуальных школах // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 12–3. – С. 642–646.
3. Родионова Е.Б. Социально-культурные условия формирования основ здорового образа жизни дошкольников средствами игровых технологий: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Тамбов, 2015. – 30 с.
4. Ясвин В.А. Образовательная среда: от моделирования к проектированию / В.А. Ясвин. – М.: Смысл, 2001. – 365 с.
5. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ (действующая редакция, 2016). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174.