

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)
Кохичко Андрей Николаевич (д.п.н., профессор)
Куликовская Ирина Эдуардовна (д.п.н., профессор)
Ломазов Вадим Александрович (д.ф.-м.н., доцент)
Леонтьев Лев Борисович (д.т.н., профессор)
Марков Константин Константинович (д.п.н., профессор)
Мишин Владимир Михайлович (д.т.н., к.ф.-м.н., профессор)
Моисева Людмила Владимировна (д.п.н., к.б.н., профессор)
Мурашкина Татьяна Ивановна (д.т.н., профессор)
Никонов Эдуард Германович (д.ф.-м.н., профессор)
Осипов Юрий Романович (д.т.н., профессор)
Пшеничкина Валерия Александровна (д.т.н., профессор)
Рогачев Алексей Фруминович (д.т.н., профессор)
Скрыпник Олег Николаевич (д.т.н., профессор)
Снежко Вера Леонидовна (д.т.н., профессор)
Хода Людмила Дмитриевна (д.п.н., доцент)
Яблокова Марина Александровна (д.т.н., профессор)

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

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Импакт-фактор РИНЦ = 0,641.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

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

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

Подписано в печать – 24.10.2017
Дата выхода номера – 24.11.2017

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

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

Способ печати – оперативный
Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 13
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2017/10
Подписной индекс 70062

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В НАЛОГОВОЙ СЛУЖБЕ <i>Заболотникова В.С.</i>	7
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ В ИМПУЛЬСАХ ПУАССОНА СИСТЕМ ТВЕРДЫХ ТЕЛ СО СТРУКТУРОЙ ДЕРЕВА <i>Иванов В.Н., Шимановский В.А.</i>	13
ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДИКИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ <i>Курепин М.П., Сербиновский М.Ю.</i>	19
НЕЧЕТКИЙ АНАЛИЗ УГРОЗ И ВЫБОР ВАРИАНТОВ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА <i>Ломазов В.А., Гостищева Т.В., Климова Н.А.</i>	26
АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕХАНИЗМА ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ <i>Надеждин Е.Н., Щипцова Е.И., Шершакова Т.Л.</i>	32
ПОВЕРХНОСТЬ КОРУНДА ПОСЛЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С МОЛИБДЕНОМ В УСЛОВИЯХ МИКРОЦАРАПАНИЯ НА СКОРОСТИ 60 М/С <i>Носенко В.А., Авилон А.В., Ладыгина О.М., Кузнецов С.П.</i>	39
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЛЮСА, БРОМИДА ДИЭТИЛДИБЕНЗИЛАММОНИЯ, ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПАЯЛЬНЫХ ПАСТ <i>Полежаева Н.И., Ромулов А.В.</i>	45
РАСЧЕТ И МОДЕРНИЗАЦИЯ КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА УСТАНОВКИ ПРОКАЛКИ НЕФТЯНОГО КОКСА <i>Пономаренко Е.А., Яблокова М.А., Ермолаев А.В.</i>	50
РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ <i>Прахов И.В., Самородов А.В., Баширов М.Г.</i>	58
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ <i>Ромашкова О.Н., Чискидов С.В., Фролов П.А.</i>	63
ФОРМИРОВАНИЕ ОПИСАНИЙ ВЕТВЕЙ НА СХЕМЕ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА СЛЕДСТВИЙ <i>Симонов А.И., Страбыкин Д.А.</i>	68

Педагогические науки (13.00.00)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ПОДГОТОВКИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ <i>Аушева И.У.</i>	73
ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В ВУЗЕ <i>Байгушева И.А., Ермилов Н.О.</i>	79
ВЫЯВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОДАРЕННЫХ УЧАЩИХСЯ СЕЛЬСКИХ ШКОЛ: ПРОБЛЕМЫ И ПОДХОДЫ К ИХ РЕШЕНИЮ <i>Безрукова Н.П., Барканова О.В., Безруков А.А., Селезова Е.В., Тазьмина А.В.</i>	84

КОНСТРУКТИВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ <i>Богданова Е.П., Несговорова Н.П., Савельев В.Г.</i>	90
ПРОГРАММА ФОРМИРОВАНИЯ МОТИВАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ КОНКУРСА «ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ДЕБЮТ» <i>Долгова В.И., Нуртдинова А.А.</i>	95
ЗАДАЧИ КАК СРЕДСТВО ДУХОВНО-НРАВСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ УЧАЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ (НА МАТЕРИАЛЕ АЛГЕБРЫ 7 КЛАССА) <i>Иванова А.В., Иванова Н.А.</i>	100

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

DEVELOPMENT OF A CONCEPTUAL MODEL OF THE MANAGEMENT SYSTEM IN THE TAX SERVICE <i>Zabolotnikova V.S.</i>	7
NUMERICAL METHODS FOR GENERATING AND SOLVING EQUATIONS OF MOTION FOR CONSTRAINED MULTIBODY SYSTEMS THROUGH THE USE OF POISSON IMPULSES <i>Ivanov V.N., Shimanovskiy V.A.</i>	13
EFFICIENT METHODS OF FINITE-ELEMENT ANALYSIS OF ENERGETIC MACHINERY COMPLEX STRUCTURES <i>Kurepin M.P., Serbinovskiy M.Yu.</i>	19
FUZZIY ANALYSIS OF THREATS AND SELECTION OF VARIANTS OF THE INFORMATION SECURITY SYSTEM OF THE INNOVATIVE PROJECT <i>Lomazov V.A., Gostischeva T.V., Klimova N.A.</i>	26
ANALYSIS OF SOFTWARE VULNERABILITY IN THE DESIGN OF THE INTEGRATED MECHANISM OF PROTECTION OF ENTERPRISE INFORMATION SYSTEM <i>Nadezhdin E.N., Schiptsova E.I., Shershakova T.L.</i>	32
CORUND SURFACE AFTER INTERACTION WITH MOLYBDEN IN CONDITIONS OF MICROSCARRING ON SPEED 60 M/S <i>Nosenko V.A., Avilov A.V., Ladygina O.M., Kuznetsov S.P.</i>	39
PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF FLUX, DIETHYLDIBENZYLAMMONIUM BROMIDE, FOR LOW-TEMPERATURE SOLDER PASTES <i>Polezhaeva N.I., Romulov A.V.</i>	45
CALCULATION AND MODERNIZATION OF THE RECOVERY BOILER FOR PETROLEUM COKE CALCINATION UNIT <i>Ponomarenko E.A., Yablokova M.A., Ermolaev A.V.</i>	50
DEVELOPMENT OF INTELLIGENT SYSTEM OF DIAGNOSTICS OF PUMPING UNITS WITH ELECTRIC DRIVE <i>Prakhov I.V., Samorodov A.V., Bashirov M.G.</i>	58
ENHANCEMENT OF INFORMATION TECHNOLOGY OF MANAGEMENT PROBLEMS SOLVING IN ECONOMIC SYSTEMS <i>Romashkova O.N., Chiskidov S.V., Frolov P.A.</i>	63
FORMATION THE DESCRIPTIONS OF BRANCHES ON THE INFERENCE SCHEME OF CONSEQUENCES <i>Simonov A.I., Strabykin D.A.</i>	68

Pedagogical sciences (13.00.00)

INTERNATIONAL TRAINING EXPERIENCE PEDAGOGICAL PERSONNEL <i>Ausheva I.U.</i>	73
ORGANIZATION OF PROJECT ACTIVITY OF STUDENTS AS A FACTOR OF INCREASING THE QUALITY OF MATHEMATICAL TRAINING IN HIGHER EDUCATION INSTITUTION <i>Baygusheva I.A., Ermilov N.O.</i>	79
IDENTIFICATION AND DEVELOPMENT OF POTENTIALLY GIFTED STUDENTS IN RURAL SCHOOLS: PROBLEMS AND APPROACHES TO THEIR SOLUTION <i>Bezrukova N.P., Barkanova O.V., Bezrukova A.A., Selezova E.V., Tazmina A.V.</i>	84

CONSTRUCTIVE ACTIVITY OF STUDENTS AT ENERGY SECURITY SESSIONS <i>Bogdanova E.P., Nesgovorova N.P., Savelev V.G.</i>	90
PROGRAM FOR FORMING THE MOTIVATION OF PROFESSIONAL ACTIVITY OF STUDENTS IN THE CONDITIONS OF THE COMPETITION «PEDAGOGICAL DEBUT» <i>Dolgova V.I., Nurtdinova A.A.</i>	95
TASKS AS A WAY OF SPIRITUAL AND MORAL DEVELOPMENT OF STUDENTS DURING MATHEMATICAL EDUCATION (BASED ON THE 7 TH GRADE ALGEBRA PROGRAM) <i>Ivanova A.V., Ivanova N.A.</i>	100

УДК 004.94:336.2

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В НАЛОГОВОЙ СЛУЖБЕ

Заболотникова В.С.

ГАОУ ВО города Москвы «Московский городской педагогический университет», Москва, e-mail: zabolotnikovavs@ya.ru

В статье рассматривается вопрос необходимости создания концептуальной модели информационной управленческой системы в налоговой службе, основанной на методологии объектного анализа и проектирования систем с использованием графической нотации UML, решающей большинство задач в сфере проектирования информационных систем и технологий. Обосновано использование объектно-ориентированного подхода, а также выбрано CASE средство автоматизированной среды реализации концептуальной модели – Rational Rose. Построены основные диаграммы: вариантов использования, классов, состояний объекта, компонентов. Совокупность перечисленных диаграмм разносторонне характеризует анализируемую систему. Разъяснена графическая и экономическая интерпретация диаграмм. Определена статическая структура системы и выявлены абстракции классов и отношения между ними. Установлена возможная последовательность состояний и переходов, в совокупности характеризующих поведение элемента модели в течение его жизненного цикла.

Ключевые слова: концептуальная модель, вариант использования, класс, состояние объекта, компонент, налогоплательщик, налоговая служба

DEVELOPMENT OF A CONCEPTUAL MODEL OF THE MANAGEMENT SYSTEM IN THE TAX SERVICE

Zabolotnikova V.S.

The State Educational Government-Financed Institution of Higher Professional Education of the City of Moscow «Moscow City Teacher Training University», Moscow, e-mail: zabolotnikovavs@ya.ru

The article discusses the necessity of creating a conceptual model of information management system in the tax service based on the methodology of object analysis and design systems using graphical UML notation, the most crucial task in the design of information systems and technologies. It justifies the use of the object-oriented approach and the CASE tool automated environment the implementation of the conceptual model – Rational Rose. Built basic diagrams: use case, class, object state, components. The totality of the versatile chart describes the analyzed system. Explained graphic and economic interpretation of the charts. Defined the static structure of the system and the identified abstraction of classes and the relationships between them. A possible sequence of States and transitions that collectively characterize the behavior of a model element during its life cycle.

Keywords: conceptual model, use case, class, state, component, the taxpayer, the tax office

Одним из важнейших рычагов в современных условиях, который регулирует взаимоотношения налогоплательщиков с государством, как физических, так и юридических лиц, в условиях перехода к рыночному хозяйству, становится налоговая система, призванная обеспечить государство финансовыми ресурсами, необходимыми для решения важнейших социальных и экономических задач. В ходе модернизации Федеральной налоговой службы остаются актуальными вопросы, связанные с управленческими процессами в налогообложении [1–3]. Для рационального использования интеллектуальных, материальных и информационных ресурсов налоговой службы существует необходимость в создании информационной управленческой системы (ИУС) [4, 5]. Для проектирования данной системы необходимо создание концептуальной модели, в основу которой положено использование объектно-ориентированной технологии. Основ-

ными исследованиями являются научные труды зарубежных и отечественных авторов, занимающихся вопросами налогового администрирования, технологиями объектного моделирования и проектирования: Г. Буча [6], Э. Йордана [7], А.В. Леоненко-ва [8], А.А. Казанского [9], в которых установлено, что пока не выработаны комплексные подходы, адекватные происходящим в экономике изменениям, а сложившийся к настоящему времени налоговый механизм не обеспечивает необходимого повышения эффективности деятельности налоговых органов.

Целью работы является построение концептуальной модели информационной управленческой системы, способствующей принятию эффективных управленческих решений в налоговой службе.

Моделирование ИУС в налоговой службе включает разработку концептуальной модели и формализацию концептуальных представлений о предметной области. Для

построения концептуальной модели необходимо выделить наиболее существенные стороны объекта с точки зрения проводимого анализа для упрощенного представления объекта в соответствии с решаемой задачей, причем рассматриваться могут различные концептуальные подходы к ее решению. В зависимости от средств анализа и построения зависит формализация концептуальной модели. Поэтому для построения концептуальной модели ИУС в налоговой службе наиболее приемлемым является применение объектно-ориентированного подхода, в основу которого положена объектная модель, описывающая предметную область на более «естественном» языке, так как ориентирована на человеческое восприятие мира.

Объектно-ориентированный подход к проектированию программных изделий включает:

- проведение объектно-ориентированного анализа предметной области;
- проведение объектно-ориентированного проектирования;
- разработку программного изделия с использованием объектно-ориентированного языка программирования.

Структурная схема программного проекта разрабатывается по результатам анализа, отображает основные объекты и сообщения, передаваемые между ними, а также выполняет описание абстракций.

Для распространенного круга программного применения наиболее приемлемым считается объектно-ориентированный стиль, в котором объектная декомпозиция имеет ряд преимуществ перед алгоритмической. При объектной декомпозиции происходит уменьшение размера программных систем за счет повторного использования общих механизмов, что, в свою очередь, приводит к существенной экономии выразительных средств. Схемы объектно-ориентированных систем базируются на устойчивых промежуточных формах, поэтому более гибкие и проще эволюционируют со временем. Объектная декомпозиция предлагает разумные решения относительно выбора подпространства большого пространства состояний и тем самым помогает разобраться в сложной программной системе.

На следующем этапе выполняется объектно-ориентированное проектирование, соединяющее в себе процесс объектной декомпозиции и приемы представления логической и физической, а также статической и динамической моделей проектируемой системы. Логическое проектирование включает в себя разработку структуры классов: определяются поля для сохранения состав-

ляющих состояния объектов и алгоритмы методов, которые реализуют аспекты поведения объектов. Результатом проектирования является иерархия или диаграмма классов, которая выражает взаимозависимость классов, и описание классов. Физическое проектирование заключается в объединении описаний классов в модуле, выборе схемы их подключения, определении способов взаимодействия с оборудованием, операционной системой и другим программным обеспечением, обеспечении синхронизации процессов и т.п.

Далее выполняется этап построения программной модели, являющийся эволюцией системы и представляющий собой процесс поэтапной реализации и подключения классов к проекту. Последним этапом построения программной модели является модификация системы, добавляющий новые функциональные возможности и изменения существующих свойств системы.

Rational Rose – CASE средство фирмы Rational Software Corporation (США) является одним из ярких представителей семейства объектно-ориентированных систем разработки – предназначено для автоматизации этапов анализа и проектирования программного обеспечения, выпуска проектной документации и генерации кодов на различных языках. Универсальная нотация для моделирования объектов UML (Unified Modeling Language), разработанная тремя ведущими специалистами в данной области, Бучем, Рамбо и Джекобсоном, и лежащая в основе Rational Rose, претендует на роль стандарта в области объектно-ориентированного анализа и проектирования. В связи с этим именно этот продукт, работающий на основе универсального языка моделирования UML и решающий большинство задач в сфере проектирования информационных систем и технологий, предложен в работе. Построение ИУС в налоговой службе предполагает построение следующих основных диаграмм:

- вариантов использования;
- классов;
- состояний объекта;
- компонентов.

Диаграмма вариантов использования применяется в качестве исходного концептуального представления функционирования проектируемой системы и ее взаимодействия с внешними пользователями. Ее предназначение состоит в представлении системы как взаимодействия множества сущностей и актеров между собой с помощью так называемых вариантов использования. При проведении объектного анализа исследуемой системы был выявлен актер –

налогоплательщик. Вариантами использования выступают: Федеральная налоговая служба (ФНС) – инспекции службы по районам, районам в городах, городам без районного деления, которая включает регистрацию и учет налогоплательщиков, камеральные и выездные налоговые проверки, учет платежей и ведение лицевых счетов, урегулирование задолженности и другие контрольные мероприятия. Все перечисленные варианты использования являются основой системы управления в налоговой службе, графически представлены на рис. 1.

Экономическая интерпретация диаграммы заключается в следующем: ФНС проводит управление деятельностью налогоплательщиков, включающее вышеперечисленные варианты использования. К налогоплательщику будут применены определенные действия в соответствии с полученными результатами.

Определение статической структуры, реализуемой путем создания диаграммы классов, является дальнейшим развитием концептуальной модели проектируемой системы. Данная диаграмма предназначена для отображения различных взаимосвязей между отдельными сущностями предметной области, описания типов их отношений и внутренней структуры. В процессе анализа управленческой системы в налоговой службе были выделены классы и отношения между ними, представленные на рис. 2.

Абстракции классов, такие как налогоплательщик, отдел работы с налогоплательщиками, начальник отдела работы с налогоплательщиками, отдел учета и регистрации

налогоплательщиков, информационная управленческая система, были выделены в структуре данной диаграммы. У каждого представленного на диаграмме класса выделены свойства и методы. Отношения между классами налогоплательщик, отдел работы с налогоплательщиками и отдел учета и регистрации налогоплательщиков представлены в виде отношений ассоциации. Налогоплательщик, регистрируя свою трудовую деятельность, обращается в отдел учета и регистрации налогоплательщиков, впоследствии налогоплательщик взаимодействует с отделом по работе с налогоплательщиками.

Класс начальник отдела работы с налогоплательщиками объединен отношением композиции с классами отдел работы с налогоплательщиками и ИУС в налоговой службе. Это отношение служит для выделения специальной формы отношения «часть – целое», т.е. части не могут выступать в отрыве от целого. Класс ИУС в налоговой службе позволяет выработать эффективные управленческие решения, что существенно упрощает работу с налогоплательщиками. Диаграмма состояний является дальнейшим развитием концептуальной модели, предназначенной для описания возможной последовательности состояний и переходов, в совокупности характеризующих поведение элемента модели в течение его жизненного цикла. Диаграмма состояний по существу является графом специального вида, описывающим процесс изменения состояний одного экземпляра определенного класса (рис. 3).



Рис. 1. Диаграмма вариантов использования ИУС в налоговой службе



Рис. 2. Диаграмма классов ИУС в налоговой службе

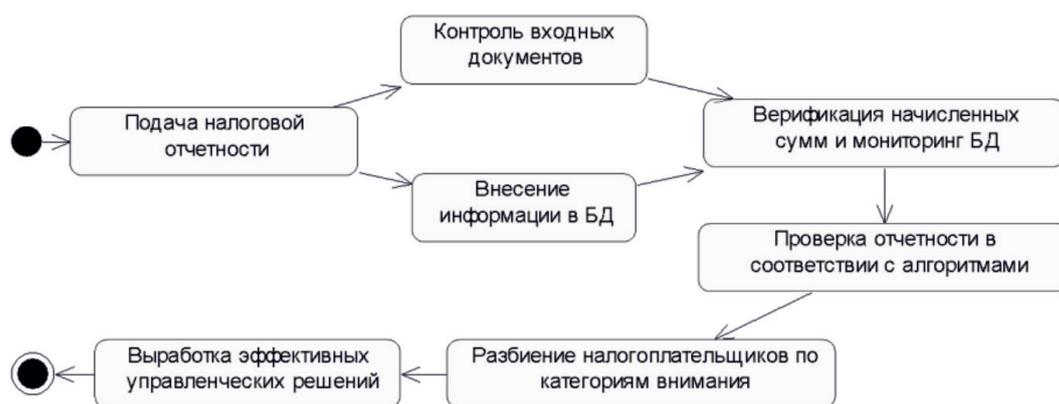


Рис. 3. Диаграмма состояний объекта

Начальное и конечное состояния есть частный случай состояния:

– в начальный момент времени объект находится по умолчанию в начальном состоянии. Это графическая область, служащая началом процесса изменения состояний системы. Для проектируемой системы таковым является подача налоговой отчетности;

– в конечный момент времени объект будет находиться по умолчанию после завершения работы системы в конечном состоянии. Для проектируемой системы таковым является выработка эффективных управленческих решений.

Приведенные на рис. 3 состояния соединены между собой стрелками или простыми переходами, представляющими собой от-

ношение между двумя последовательными состояниями и указывающее на факт смены одного состояния другим. При нахождении объекта в первом состоянии происходит выполнение определенных действий, а после завершения этих действий происходит переход во второе состояние. У объекта «Налоговая отчетность» на диаграмме состояний начальным состоянием является подача налоговой отчетности, после которого происходит переход к автомату «Обработка налоговой информации», состоящему из состояний «Контроль входных документов» и «Внесение информации в БД». После завершения работы автомата последовательно происходит выполнение следующих состояний: «Верификация начисленных сумм и мониторинг БД», «Проверка отчет-

ности в соответствии с алгоритмами», «Разбиение налогоплательщиков по категориям внимания» и конечным состоянием является «Выработка эффективных управленческих решений». Диаграммой, позволяющей определить архитектуру разрабатываемой системы и установить зависимости между программными компонентами, является диаграмма компонентов, которая обеспечивает согласованный переход от логического представления к конкретной реализации проекта в форме программного кода. Возможно существование одних компонентов только на этапе компиляции программного кода, а других – на этапе его выполнения. Представленная на рис. 4 диаграмма компонентов и отображающая общие зависимости между компонентами рассматри-

вает последние как классификаторы. На диаграмме компонентов рассматриваемой системы представлен управляющий компонент «Main», включающий в себя следующие компоненты:

- налогоплательщик (Taxpayer);
- отдел работы с налогоплательщиками (DepWorkTaxpayers);
- начальник отдела работы с налогоплательщиками (HDepWorkTaxpayers);
- отдел учета и регистрации налогоплательщиков (DepAccountRegistrationTaxpayers);
- информационная управленческая система (IUS).

Ниже приведен фрагмент программного кода класса Налогоплательщик, сгенерированного в Rational Rose с отображением его свойств и методов.

```

#ifndef
НАЛОГОПЛАТЕЛЬЩИК_H_HEADER_INCLUDED_AE
FE99B4 #define
НАЛОГОПЛАТЕЛЬЩИК_H_HEADER_INCLUDED_AE
FE99B4 ///ModelId=50FE5D920196 class
НАЛОГОПЛАТЕЛЬЩИК { public:
///ModelId=50FE5E5F02EE Подача налоговой
отчетности(); ///ModelId=50FE5E70030D Погашение
задолженности по налогам(); private:
///ModelId=50FE5E48009C ФИО;
///ModelId=50FE5E930109 Код; };
///ModelId=50FE5D920196 class
НАЛОГОПЛАТЕЛЬЩИК { public:
///ModelId=50FE5E5F02EE Подача налоговой
отчетности();

```

```

///ModelId=50FE5E70030D Погашение
задолженности по налогам(); private:
///ModelId=50FE5E48009C ФИО;
///ModelId=50FE5E930109 Код; };
///ModelId=50FE5D920196 class
НАЛОГОПЛАТЕЛЬЩИК { public:
///ModelId=50FE5E5F02EE Подача налоговой
отчетности(); ///ModelId=50FE5E70030D Погашение
задолженности по налогам(); private:
///ModelId=50FE5E48009C ФИО;
///ModelId=50FE5E930109 Код; }; #endif /*
НАЛОГОПЛАТЕЛЬЩИК_H_HEADER_INCLUDED_AE
FE99B4 */

```

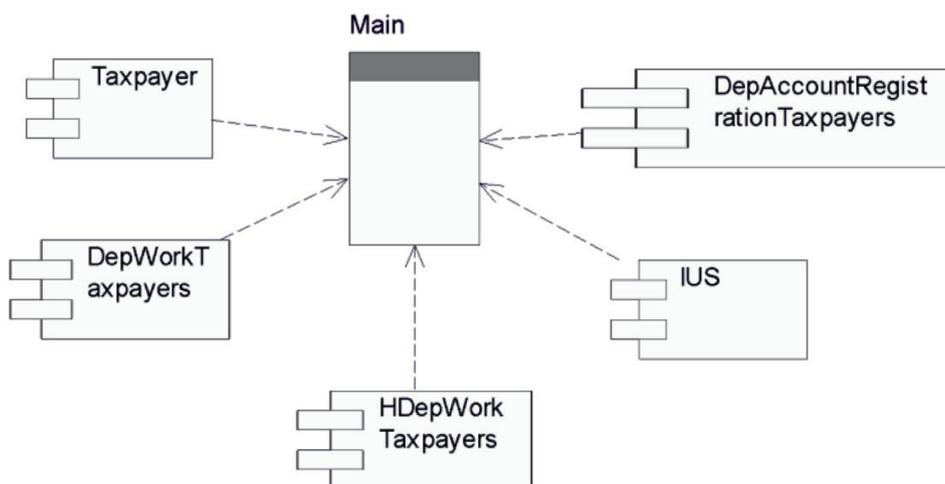


Рис. 4. Диаграмма компонентов

Выводы

Таким образом, результатом проделанной работы является разработанная концептуальная модель информационной управленческой системы в налоговой службе, выполненная с использованием нотаций унифицированного языка моделирования UML в среде Rational Rose. Объектная модель системы управления в налоговой службе содержит в себе следующие диаграммы: вариантов использования, классов, состояний объекта, компонентов. Совокупность перечисленных диаграмм разносторонне характеризует анализируемую систему: определяет структуру системы, взаимосвязь между ее элементами, возможные варианты использования системы, состояния, в которых может находиться тот или другой объект, и действия, которые он может выполнять. Для принятия эффективных управленческих решений в налоговой службе необходимо выполнение полного комплекса мероприятий обработки данных и создание информационной управленческой системы, в основу которой положена данная концептуальная модель, что является перспективным направлением для дальнейшего исследования.

Список литературы

1. Кибанова А.Я. Налоги и налогообложение / А.Я. Кибанова. – М.: КноРус, 2012. – 488 с.
2. Налоги и налогообложение. Палитра современных проблем: Монография / Под ред. И.А. Майбурова, Ю.Б. Иванова. – М.: ЮНИТИ, 2016. – 375 с.
3. Кирина Л.С. Налоговый менеджмент в организациях: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Л.С. Кирина, Н.А. Назарова. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 279 с.
4. Ромашкова О.Н. Анализ методов кластеризации для эффективного управления процессами в налоговой службе / О.Н. Ромашкова, В.С. Заболотникова // *Фундаментальные исследования*. – 2017. – № 9–2. – С. 303–307.
5. Заболотникова В.С. Информационная управленческая система для налоговой службы / В.С. Заболотникова, О.Н. Ромашкова // *Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»*. Серия: Естественные и технические науки. – 2017. – № 6. – С. 27–32.
6. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++ / Г. Буч; пер. с англ. И. Романовский, Ф. Андреев. – М.: Бином, 2012. – 560 с.
7. Йордан Э. Объектно-ориентированный анализ и проектирование систем / Э. Йордан. – М.: Лори, 2014. – 264 с.
8. Леоненков А.В. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с использованием UML и IBM Rational Rose / А.В. Леоненков. – М.: Интернет-Университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 319 с.
9. Казанский А.А. Объектно-ориентированный анализ и программирование на Visual Basic 2013: учебник для прикладного бакалавриата / А.А. Казанский. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 290 с.

УДК 531.01:004.94

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ В ИМПУЛЬСАХ ПУАССОНА СИСТЕМ ТВЕРДЫХ ТЕЛ СО СТРУКТУРОЙ ДЕРЕВА

Иванов В.Н., Шимановский В.А.

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

В работе представлена новая матричная форма уравнений движения механических систем, состоящих из абсолютно твердых тел и имеющих структуру дерева, выписанная относительно обобщенных координат, квазискоростей и обобщенных импульсов Пуассона. Предложены два алгоритма разрешения полученных уравнений относительно производных независимых координат, ориентированные на численное моделирование. Первый алгоритм является методом прогонки решения систем линейных алгебраических уравнений. Он аналогичен методу отдельных тел А.Ф. Верещагина, разработанного для разрешения уравнений движения цепочки тел относительно старших производных. Второй алгоритм основан на применении схемы Холецкого. Получены рекуррентные формулы, позволяющие алгоритмизировать все этапы формирования математической модели. Показано, что вычислительная трудоемкость решения уравнений динамики с использованием данных алгоритмов линейно зависит от числа тел в механической системе, что говорит об их эффективности. Выполнено сравнение алгоритмов между собой. Приведены результаты моделирования конкретных механических систем с большим числом степеней свободы, которые показывают преимущество алгоритма, основанного на схеме Холецкого перед методом прогонки.

Ключевые слова: система абсолютно твердых тел, уравнения движения, динамика, математическое моделирование, обобщенные координаты, импульсы Пуассона, матрично-геометрический метод, разложение Холецкого

NUMERICAL METHODS FOR GENERATING AND SOLVING EQUATIONS OF MOTION FOR CONSTRAINED MULTIBODY SYSTEMS THROUGH THE USE OF POISSON IMPULSES

Ivanov V.N., Shimanovskiy V.A.

Perm State University, Perm, e-mail: precol@psu.ru

The article presents a new matrix form of equations of motion for rigid body systems with a tree structure, which uses generalized coordinates, quasi-coordinates and generalized Poisson impulses. Two algorithms for solution of these equations for senior derivatives with the usage of computers are offered. The first algorithm is a method of Chaser for solving systems of linear algebraic equations. It is similar to the A.F. Vereschagin method proposed for resolution of equations of motion for chains of bodies with respect to higher derivatives. The second algorithm uses a Cholesky decomposition schema. Recurrent formulas were obtained, allowing to computerizing all the stages of the formation of mathematical model. The time complexity of solution of equations by these algorithms grows linearly with respect to the number of bodies in a mechanical system. This fact says about an effectiveness of these algorithms. The proposed algorithms are compared among themselves. For examples of integrating the equations of motion of systems of bodies with a large number of degrees of freedom shows the advantage of algorithm based on Cholesky factorization schema.

Keywords: multibody system, equations of motion, dynamic, numerical methods, generalized coordinates, Poisson impulses, matrix-geometric decomposition method, Cholesky decomposition

Компьютерное моделирование динамического поведения механических систем широко используется при проектировании новых изделий машиностроения. При этом в качестве расчетной схемы часто выступает система абсолютно твердых тел, шарнирно связанных друг с другом. Повышения точности компьютерного моделирования можно добиться за счет увеличения числа тел в системе. При этом увеличивается трудоемкость моделирования. Поэтому сохраняется потребность в совершенствовании методов, ускоряющих процесс математического моделирования [1–4].

В настоящей работе представлены алгоритмы формирования и разрешения уравнений движения систем твердых тел (СТТ),

имеющих структуру дерева. Уравнения выписаны относительно расширенного множества переменных: обобщенных координат, обобщенных импульсов (переменных Гамильтона), квазискоростей и множителей Лагранжа. Статья является продолжением работ [5, 6]. В работе [5] из уравнений Эйлера – Лагранжа были выведены в явном матричном виде уравнения движения СТТ со структурой дерева в переменных Гамильтона (обобщенных координатах и импульсах), а в работе [6] были рассмотрены различные алгоритмы разрешения системы дифференциально-алгебраических уравнений движения СТТ в переменных Лагранжа (обобщенных координатах и скоростях) относительно групп независимых переменных. В настоя-

щем исследовании численные алгоритмы, разработанные в работе [6], адаптируются к уравнениям движения в переменных Гамильтона. Выполнено сравнение алгоритмов по их вычислительной эффективности.

Описание механической системы

Рассмотрим СТТ со структурой дерева. Будем считать, что связи в шарнирах являются голономными и идеальными.

Пусть число тел и шарниров в системе равно N . При этом в качестве первого шарнира выбирается шарнир между одним из тел системы и «нулевым» телом. Будем считать, что закон движения «нулевого» тела в абсолютной системе координат $Oxyz$ задан.

Введем нумерацию тел так, чтобы номер тела, являющегося носителем i -го тела ($i = \overline{1, N}$) в графе системы был меньше i . В этом случае шарнир между i -м телом и его носителем будет иметь номер i . Тогда структуру взаимосвязей в механической системе можно описать одним целочисленным массивом $k = \{k_1, \dots, k_N\}$, i -м элементом которого является номер тела, предшествующего i -му. Введем в рассмотрение следующие множества: P_i – упорядоченные множества номеров шарниров, входящих в пути между нулевым и i -ми телами; K_i – множества номеров тел, являющихся дочерними для каждого i -го тела.

Положение и ориентацию i -го тела в пространстве будем задавать с помощью радиуса-вектора $\overline{OO_i}$ некоторой точки O_i тела и трех ортонормированных векторов $\vec{e}_1^{(i)}$, $\vec{e}_2^{(i)}$, $\vec{e}_3^{(i)}$, определяющих базис связанной с i -м телом системы координат (СК) $O_i x_i y_i z_i$.

Введем обозначения: $r_i = \overline{OO_i}$ – матрица-столбец координат вектора $\overline{OO_i}$; $\rho_i = O_{k_i} O_i$ – матрица-столбец координат вектора $O_{k_i} O_i$ в СК k_i -го тела; G_i^i – матрица преобразования координат из СК, связанной с j -м телом, в СК i -го тела (матрица направляющих косинусов).

Предположим, что в i -м шарнире на систему накладывается $l_i \leq 6$ интегрируемых, линейно-независимых связей. В этом случае множество возможных относительных положений i -го тела будет являться n_i -мерным конфигурационным многообразием [5], где $n_i = 6 - l_i$. Введем матрицу-столбец $q_i = (q_i^1, \dots, q_i^{n_i})^T$ обобщенных координат (параметров), определяющих положение любой точки этого многообразия. Тогда матрицы ρ_i и $G_i \equiv G_{k_i}^i$, задающие относительное положение i -го тела, будут являться функциями этих параметров:

$$\rho_i = \rho_i(q_i, t), \quad G_i = G_i(q_i, t).$$

Параметризация возможных перемещений в каждом шарнире позволяет однозначно определить положение всех тел системы в абсолютной СК в любой момент времени t с помощью следующих рекуррентных формул:

$$r_i = r_{k_i} + G_0^{iT} \rho_i, \quad G_0^i = G_i G_0^{k_i}.$$

Тогда проекции линейной скорости v_i и угловой скорости ω_i i -го тела механической системы на оси СК, связанной с i -м телом, можно вычислить по следующим рекуррентным формулам:

$$v_i = C_i v_{k_i} + A_i \dot{q}_i + v_i^*, \quad (1)$$

где

$$v_i = \begin{pmatrix} v_i \\ \omega_i \end{pmatrix}, \quad C_i = \begin{pmatrix} G_i & -G_i \tilde{\rho}_i \\ 0 & G_i \end{pmatrix}, \quad v_i^* = \begin{pmatrix} a_{i0}^v \\ a_{i0}^\omega \end{pmatrix},$$

$$A_i = \begin{pmatrix} a_{i1}^v & \dots & a_{i n_i}^v \\ a_{i1}^\omega & \dots & a_{i n_i}^\omega \end{pmatrix}, \quad a_{ij}^v = G_i \frac{\partial \rho_i}{\partial q_i^j},$$

$$a_{i0}^v = G_i \frac{\partial \rho_i}{\partial t}, \quad \tilde{a}_{ij}^\omega = G_i \frac{\partial G_i^T}{\partial q_i^j},$$

$$\tilde{a}_{i0}^\omega = G_i \frac{\partial G_i^T}{\partial t}, \quad j = \overline{1, n_i}.$$

Символом « \sim » обозначены кососимметричные матрицы векторного произведения.

Введём в рассмотрение матрицу $S = (S_{ij})_{6N \times 6N}$:

$$S_{ij} = \begin{cases} E_6, & j = i, \\ -C_i, & j = k_i, \quad i, j = \overline{1, N}, \\ 0_{6 \times 6}, & j \neq i \vee k_i, \end{cases} \quad (2)$$

Заметим, что для любой кинематической структуры механической системы в каждой строке этой блочной матрицы содержится только два блока E_6 и $-C_i$, не являющихся нулевыми. Матрица S содержит информацию о структуре системы и об относительных положениях всех тел. Используя матрицу S , кинематические уравнения (1) можно записать следующим образом:

$$Sv = A\dot{q} + v^*, \quad (3)$$

где

$$v = (v_1, \omega_1, \dots, v_N, \omega_N)^T,$$

$$A = \text{diag}(A_1, \dots, A_N), \quad q = (q_1, \dots, q_N)^T.$$

Формулы (3) так же можно представить в явном виде

$$v = T(A\dot{q} + v^*), \quad (4)$$

где блоки обратной к S матрице $T = S^{-1}$ можно вычислить по формулам

$$T_{ij} = \begin{cases} E_6, j = i, \\ C_i T_{k_{ij}}, j \in P_i, i, j = \overline{1, N}, \\ 0_{6 \times 6}, j \notin P_i, \end{cases} \quad (5)$$

Уравнения движения в импульсах Пуассона

Введем следующие обозначения:

$$M_i = \begin{pmatrix} m_i E & -m_i \tilde{r}_i^c \\ m_i \tilde{r}_i^c & J_i \end{pmatrix}, F_i = \begin{pmatrix} f_i^o \\ m_i^o \end{pmatrix}, \\ \Omega_i = \begin{pmatrix} \tilde{\omega}_i & 0 \\ \tilde{v}_i & \tilde{\omega}_i \end{pmatrix}$$

$$M = \text{diag}(M_1, \dots, M_N), \Omega = \text{diag}(\Omega_1, \dots, \Omega_N),$$

$$F = (F_1, \dots, F_N)^T, Q = A^T T^T F,$$

где m_i, J_i – массы и тензоры инерции тел системы; \tilde{r}_i^c – матрицы-столбцы проекций радиус-векторов центров масс тел на оси связанных с ними СК; f_i^o, m_i^o – проекции главных векторов и моментов активных сил в СК тел системы; Q – матрица-столбец обобщенных сил.

Тогда уравнения движения СТТ, имеющих структуру дерева, можно записать относительно расширенного множества переменных в виде

$$\begin{cases} Mv - S^T \mu = 0, \\ -Sv + A\dot{q} = -v^*, \\ A^T \mu = p, \end{cases} \quad (6)$$

$$\dot{p} = (\dot{A}^T - A^T \Omega) \mu + Q. \quad (7)$$

Уравнения (6), (7) образуют замкнутую систему уравнений относительно квазискоростей v , обобщенных скоростей \dot{q} , переменных μ (множителей Лагранжа) и производных \dot{p} от обобщенных импульсов Пуассона. При этом уравнения (7) разрешены относительно импульсов Пуассона, а три уравнения (6) являются системой линейных алгебраических уравнений с блочной, трёхдиагональной, симметричной, разреженной матрицей. Полный вывод уравнений движения СТТ (6), (7) можно найти в работе [5].

Заметим, что уравнения (6) по форме аналогичны системе уравнений движения СТТ, описанной в работах [1, 6]:

$$\begin{cases} Mw - S^T R = F^*, \\ -Sw + Aq = -w^*, \\ A^T R = 0, \end{cases} \quad (8)$$

где w – матрица-столбец проекций абсолютных декартовых ускорений (линейных и угловых) всех тел системы на оси СК, связанных с ними. Члены F^* и w^* в правых частях уравнений содержат внешние активные силы и все силы, порождаемые гироскопическими, центробежными, кориолисовыми и явно зависящими от времени ускорениями.

В отличие от уравнений (8), которые служат для определения обобщенных ускорений \ddot{q} , уравнения (6) используются для вычисления обобщенных скоростей \dot{q} .

Однако по структуре уравнения (6) и (8) совпадают. Это позволяет применить для системы уравнений (6) алгоритмы, разработанные ранее для решения системы уравнений (8). Например, метод отдельных тел А.Ф. Верещагина [7], методы редукции к уравнениям движения в форме Лагранжа 2 или 1 рода [8–10].

Преимущество формы уравнений (6), (7) состоит в том, что при наличии дополнительных геометрических или кинематических связей в механической системе уравнения (6), (7) могут быть замкнуты только уравнениями кинематических связей, а не продифференцированными дважды уравнениями связей, как в случае использования уравнений (8). При этом методы стабилизации связей (типа метода Баумгарта [9]), применяемые для уравнений (6), (7), обеспечивают экспоненциальный закон компенсации отклонений в случае нарушения связей и не приводят к появлению дополнительных «паразитных» малых высокочастотных колебаний в механической системе. Это означает, что при применении известных численных методов интегрирования дифференциально-алгебраических уравнений к уравнениям движения вида (6), (7) возможен больший шаг интегрирования, следовательно, меньшее время компьютерного моделирования.

В работе [6] получены алгоритмы метода прогонки и Холецкого разрешения системы уравнений (8) относительно старших производных. В настоящей статье аналогичные алгоритмы построены для уравнений (6), (7) в импульсах Пуассона.

Решение уравнений движения в импульсах Пуассона методом прогонки

Уравнения (6) являются системой линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) относительно обобщенных скоростей, квазискоростей, множителей Лагранжа и имеют ленточную структуру. Поэтому для их разрешения относительно этих групп переменных можно выписать метод прогонки

как модификацию метода Гаусса решения СЛАУ. На прямом ходе данного метода выполняется последовательное исключение множителей Лагранжа μ , начиная с конечных тел СТТ. На обратном ходе последовательно вычисляются обобщённые скорости \dot{q} , декартовы скорости v и множители Лагранжа μ для каждого тела системы, начиная с первого.

Вывод рекуррентных формул метода прогонки подробно изложен в статье [5]. Здесь же приведём только результирующий алгоритм метода.

Алгоритм метода прогонки

for $i = N : 1$

$$D_i = (A_i^T M_i^* A_i)^{-1}, \quad H_i = E - M_i^* A_i D_i A_i^T$$

$$F_i^* = F_i + \sum_{j \in K_i} C_j^T F_j^*$$

$$M_i^* = M_i + \sum_{j \in K_i} C_j^T H_j M_j^* C_j$$

$$\Phi_i^* = \sum_{j \in K_i} C_j^T [M_j^* A_j D_j p_j + H_j (M_j^* v_j^* + \Phi_j^*)]$$

end

for $i = 1 : N$

$$\dot{q}_i = D_i [p_i - A_i^T (\Phi_i^* + M_i^* (C_i v_{k_i} + v_i^*))]$$

$$v_i = C_i v_{k_i} + A_i \dot{q}_i + v_i^*$$

$$\mu_i = M_i^* v_i + \Phi_i^*$$

$$\dot{p}_i = (\dot{A}_i^T - A_i^T \dot{U}_i) \mu_i + A_i^T F_i^*$$

end

Число арифметических операций, которые необходимо выполнить в данном алгоритме для разрешения системы уравнений (6), (7), растёт линейно в зависимости от числа тел в СТТ. В этом алгоритме происходит обращение небольших положительно определённых симметричных матриц $A_i^T M_i^* A_i$, порядок которых равен числу обобщённых координат в i -м шарнире. Поэтому этот метод оказывается эффективным для численного моделирования СТТ с длинными кинематическими цепями.

Разрешение уравнений движения с использованием факторизации Холецкого

Метод прогонки в матричном виде реализует LU -разложение [11] матрицы системы уравнений (6) и не использует все свойства этой матрицы. Заметим, что она симметрична, блочно трехдиагональна, но не является положительно определенной. Поэтому для разрешения системы уравнений (6) можно применить L^TDL -разложение Холецкого [11], модифицируя его на случай

неопределенности матрицы системы. Заметим, что при L^TDL -разложении разреженных систем линейных уравнений, имеющих ленточную структуру, треугольные множители L остаются ленточными матрицами.

Введем обозначения:

$$V_i = L_{U_i}^{-T} A_i^T M_i^* C_i,$$

где L_{U_i} – факторы Холецкого положительно определенных симметричных матриц $U_i = A_i^T M_i^* A_i = L_{U_i}^T L_{U_i}$. Тогда $D_i = (A_i^T M_i^* A_i)^{-1} = L_{U_i}^{-1} L_{U_i}^{-T}$.

Подставляя выписанные разложения в формулы алгоритма метода прогонки, можно после несложных преобразований получить следующий алгоритм разрешения системы уравнений (6), (7).

Алгоритм метода Холецкого

for $i = N : 1$

$$F_i^* = F_i + \sum_{j \in K_i} C_j^T F_j^*$$

$$M_i^* = M_i + \sum_{j \in K_i} (C_j^T M_j^* C_j - V_j^T V_j)$$

$$\Phi_i^* = \sum_{j \in K_i} (C_j^T (M_j^* v_j^* + \Phi_j^*) + V_j^T x_j)$$

Найти фактор Холецкого L_{U_i} матрицы

$$U_i : L_{U_i}^T L_{U_i} = U_i = A_i^T M_i^* A_i$$

Решить $L_{U_i}^T x_i = p_i - A_i^T (\Phi_i^* + M_i^* v_i^*)$ относительно x_i

Решить $L_{U_i}^T V_i = A_i^T M_i^* C_i$ относительно V_i

end

for $i = 1 : N$

Решить $L_{U_i} \dot{q}_i = x_i - V_i v_{k_i}$ относительно \dot{q}_i

$$v_i = C_i v_{k_i} + A_i \dot{q}_i + v_i^*$$

$$\mu_i = M_i^* v_i + \Phi_i^*$$

$$\dot{p}_i = (\dot{A}_i^T - A_i^T \dot{\Omega}_i) \mu_i + A_i^T F_i^*$$

end

В данном алгоритме, как и в предыдущем, число арифметических операций связано линейной зависимостью с числом тел в СТТ. Но вместо вычисления обратных матриц $(A_i^T M_i^* A_i)^{-1}$ находятся их факторы Холецкого и решаются системы линейных уравнений с треугольными матрицами. Поэтому вычислительная эффективность разрешения уравнений движения (6), (7) полученным алгоритмом оказывается выше, чем методом прогонки. Полный вывод аналогичных формул для системы уравнений (8), использующий L^TDL -разложение матрицы системы и факторизацию Холецкого для блоков этой матрицы, приведен в работе [6].

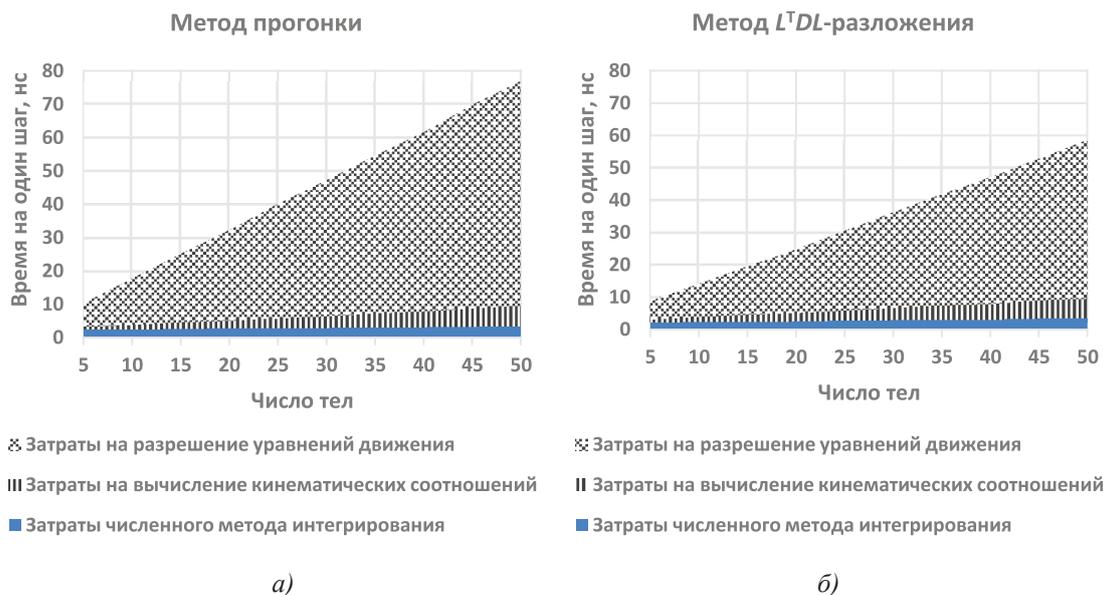


Рис. 1. Зависимость времени, затраченного на выполнение одного шага интегрирования, от числа тел в механической системе для двух рассмотренных методов разрешения уравнений движения

Результаты численных экспериментов по сравнению эффективности методов

Перед тем как приводить результаты численных экспериментов по сравнению рассмотренных выше методов разрешения системы уравнений (6), (7), заметим, что теоретические оценки показывают [11], что в методе Холецкого, учитывающего симметрию матрицы системы, число арифметических операций в два раза меньше, чем в методе прогонки. Однако практические результаты сравнения эффективности методов отличаются от теоретических.

Например, при численном моделировании динамики СТТ кроме временных затрат на разрешение уравнений (6) относительно обобщенных скоростей существуют общие затраты, связанные с вычислением кинематических характеристик и сил, действующих на механическую систему, а также затраты самого метода интегрирования дифференциальных уравнений (6), (7) после их разрешения.

Описанные выше алгоритмы применялись для численного моделирования динамики СТТ, представляющих собой цепочки тел, соединённых двухстепенными кардановыми шарнирами. Дифференциальные уравнения интегрировались методом Штёрмера [12] шестого порядка. Сравнялось время выполнения одного шага. При этом варьировалось число тел в системе.

На рис. 1 для двух рассмотренных алгоритмов разрешения уравнений (6), (7) приведены графики зависимостей затрат

времени на выполнение одного шага интегрирования от количества тел в системе.

Графики подтверждают теоретические выводы о том, что время, затрачиваемое на численное моделирование, линейно зависит от числа тел в системе. Причём, львиную долю составляют затраты времени на разрешение уравнений движения.

Для сравнения эффективности рассмотренных методов приведем график отношения временных затрат T_1/T_2 на разрешение уравнений движения (рис. 2), где T_1 и T_2 – время, затрачиваемое на разрешение уравнений методом прогонки и методом L^TDL -разложения соответственно.

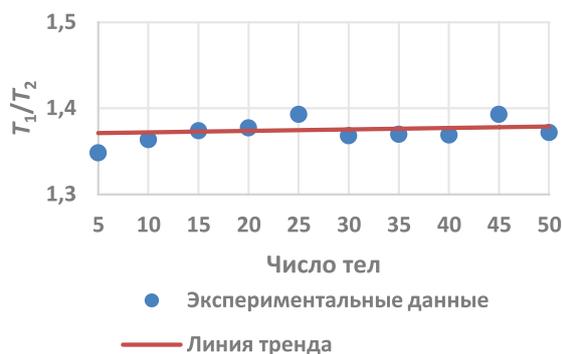


Рис. 2. График отношения T_1/T_2

Из приведенного графика видно, что метод, использующий факторизацию Холецкого и учитывающий симметричность матрицы системы уравнений движения (6), (7), эффективнее метода прогонки.

Рис. 2 показывает, что алгоритм L^TDL -разложения позволяет в 1,35–1,4 раза сократить время, затрачиваемое на разрешение уравнений движения по сравнению с методом прогонки.

Заключение

В статье приведена новая компактная матричная форма записи уравнений движения СТТ, имеющих структуру дерева, выписанная относительно обобщенных координат, квазискоростей и обобщенных импульсов Пуассона.

Предложены два рекуррентных алгоритма разрешения этих дифференциальных уравнений относительно старших производных: метод прогонки и метод, использующий L^TDL -разложение и факторизацию Холецкого. Выполнено сравнение алгоритмов по их вычислительной эффективности. Приведенные примеры моделирования СТТ с различным числом тел показывают, что алгоритм, использующий факторизацию Холецкого, позволяет ускорить расчеты по сравнению с методом прогонки на 35–40%.

Список литературы

1. Классификация моделей систем твердых тел, используемых в численных расчетах динамического поведения машиностроительных конструкций / В.Н. Иванов [и др.] // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. – 2012. – № 2. – С. 139–155.
2. Компьютерные методы построения и исследования математических моделей динамики конструкций автомобилей / А.С. Горобцов, С.К. Карцов, А.Е. Плетнёв, Ю.А. Поляков. – М.: Машиностроение, 2011. – 463 с.
3. Погорелов Д.Ю. Алгоритмы моделирования динамики систем тел с большим числом степеней свободы // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – № 4–2. – С. 278–279.
4. Бойков В.Г., Юдаков А.А. Моделирование динамики систем твердых и упругих тел в программном комплексе EULER // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2011. – № 1. – С. 42–52.
5. Иванов В.Н., Полосков И.Е., Шимановский В.А. Математические модели систем связанных твердых тел в импульсах Пуассона // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 10–3. – С. 493–499.
6. Шимановский В.А. Метод компьютерного моделирования динамики систем связанных твердых тел // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 8–1. – С. 104–109.
7. Верещагин А.Ф. Метод моделирования на ЦВМ динамики сложных механизмов роботов-манипуляторов // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1974. – № 6. – С. 89–94.
8. Решение систем дифференциально-алгебраических уравнений последовательным исключением множителей Лагранжа / О.В. Шаповалов [и др.] // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2011. – Т. 10, № 3 (76). – С. 31–33.
9. Wittenburg J. Dynamics of multibody systems. – Berlin: Springer-Verlag, 2008. – 223 p.
10. Shabana A.A. Computational dynamics. – New York: Wiley, 2009. – 542 p.
11. Golub G.H., Van Loan C.F. Matrix Computations. – The Johns Hopkins University Press, 2012. – 790 p.
12. Hairer E., Norsett S.P., Wanner G. Solving ordinary differential equations I. Nonstiff Problems. – Springer-Verlag, 2011. – 528 p.

УДК 51-74:62-225:621.181

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДИКИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Курепин М.П., Сербиновский М.Ю.

ОАО Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик», Таганрог,
e-mail: Kurepin_MP@tkz.power-m.ru, Serbinovskiy_MY@tkz.power-m.ru

Настоящая статья посвящена совершенствованию методик моделирования методом конечных элементов конструкций энергетических котлов. Изложена авторская методика построения оптимальных геометрических моделей сложных котельных конструкций, содержащих мембранные экраны с их опорными системами, позволяющая переходить от твердотельного моделирования экранов к моделированию их ортотропными пластинами со специально рассчитанными характеристиками. Описана техника моделирования различных элементов конструкции, в том числе упруго-пластичных энергопоглощающих элементов. Показано, что для уточнения напряженно-деформированного состояния зон повышенных напряжений вслед за первым этапом моделирования необходимо проводить на втором этапе субмоделирование частей конструкции, соответствующих зонам повышенных напряжений, с помощью твердотельного моделирования. Последовательное проведение первого и второго этапа моделирования позволяет получить поля распределения напряжений и наибольшие напряжения в опасных точках конструкций, содержащих пластины с ортотропными механическими свойствами. Изложена трёхэтапная методика субструктурирования элементов конструкции котла. Рекомендовано проводить субструктурирование «сверху вниз» с полным созданием сложной конструкции с последующей заменой отдельных частей суперэлементами. Методики апробированы в ходе реального проектирования при моделировании напряженно-деформированного состояния энергетических котлов с производительностью от 100 до 1710 тонн пара в час. Эффект применения методик заключается в снижении трудоёмкости моделирования, сокращении длительности вычислений и возможности выполнения цикла моделирования на персональном компьютере без использования вычислительных кластеров или станций большой мощности. Так, моделирование холодной воронки пылеугольного котла с габаритами 22×16×22 м с использованием методики построения оптимальной геометрии с последующим субмоделированием проблемных зон позволило сократить размерность модели на 2 порядка, обеспечив высокую точность результатов.

Ключевые слова: методика конечно-элементного моделирования, моделирование напряженно-деформированного состояния, энергетический котёл, холодная воронка котла, мембранный экран, газоплотный экран, оптимальная геометрическая модель, субмоделирование, субструктурирование, суперэлементы, трудоёмкость моделирования, время вычислений

EFFICIENT METHODS OF FINITE-ELEMENT ANALYSIS OF ENERGETIC MACHINERY COMPLEX STRUCTURES

Kurepin M.P., Serbinovskiy M.Yu.

Public Joint Stock Company «The Taganrog Boiler-Making Works «Krasny Kotelshchik», Taganrog,
e-mail: Kurepin_MP@tkz.power-m.ru, Serbinovskiy_MY@tkz.power-m.ru

This article focuses on improvement of finite element modelling of power boilers structural members. Proprietary methodology is based on the generation of optimal geometric models of complicated boiler structures, such as membrane walls and their supporting systems, with further transfer from solid body modelling of water walls to modelling of beams and shells with calculated orthotropic mechanical properties. The article describes the modelling methods for different structural members including elasto-plastic energy-dissipaters. As demonstrated, a stress-strain state of high stressed areas can be defined more accurate when the first stage of modelling is followed by the second stage of solid body submodelling of the structural members in the high stressed areas. Consecutive modelling at the first and second stage brings up stress distribution fields and the maximum stresses at dangerous points of structures which include plates of orthotropic mechanical properties. Three-staged boiler sub-structuring method is explained. Top to bottom sub-structuring is recommended where the complete complicated structure is generated and afterwards individual parts are replaced with superelements. The described methods have been proved during practical modelling of stress-strain state of power boilers with steam capacity 100 to 1710 t/h. Application of these methods reduces labour input in modelling process, decreases calculation time and allows an engineer to perform a modelling cycle at personal computer within a reasonable time period without using computer cluster or powerful computer stations. For example, modelling of 22x16x22 m boiler dry-bottom ash hopper by generation of the optimal geometric model with further submodelling of difficult areas gives a double reduction in size of the model and provides the high accuracy of results.

Keywords: finite-element analysis, power boiler, water walls, load calculation methods, boiler dry-bottom ash hopper, boiler slag, simulation of stress-strain state, pulverized coal-fired power boiler, load calculation program, boiler dry-bottom ash hopper water walls

В настоящее время в отраслях тяжёлого, атомного и энергетического машиностроения в России получают всё большее распространение современные технологии

3D-проектирования и моделирования. Однако не все потенциальные возможности таких технологий реализуются, в частности, в сфере котлостроения. Несмотря на то,

что современные программные (вычислительные) комплексы позволяют проводить расчёты высокой сложности практически любых узлов и конструкций, такие расчёты не включены в нормативные документы, а анализ результатов оставлен в зоне ответственности проектных организаций. Регламент Таможенного союза [1] разрешает проектным организациям проводить использование численных методов наряду с отраслевыми нормами, но разработка комплексных методик анализа конструкций возлагается на исполнителя проекта. В данной статье представлен обзор методик и методов создания конечно-элементных моделей и достижения технических результатов в области анализа прочности конструкций применительно к энергетическим котлам.

Специалисты-расчётчики, работающие в области тяжёлого и энергетического машиностроения, сталкиваются с необходимостью проведения анализа сложных конструкций, состоящих из комплекса разнородных узлов. Такие системы включают тонкостенные и толстостенные сосуды, трубопроводы, газоходы, различные металлоконструкции и каркасные узлы, цельносварные трубные панели, трубные поверхности нагрева и другие конструкции. Разнородные узлы завязаны в единую конструкцию, поэтому совместно деформируются с передачей в связях различных наборов усилий. Нормативные методы часто не позволяют достаточно точно учесть все эти взаимодействия. Напротив, современные вычислительные системы обеспечивают возможность уточнённого анализа сложных систем с учётом связей и взаимные влияния элементов конструкций. Здесь надо отметить, что погрешность результата и трудоёмкость расчёта и моделирования конструкций численными методами определяются используемой методикой и эффективностью моделей. Поэтому одной из основных задач специалиста-расчётчика, занятого моделированием конструкций, является построение эффективных моделей. Критерием эффективности здесь служит отношение времени выполнения задачи и точности полученных результатов.

Рассмотрим на примере котельных конструкций ряд методик, позволяющих достигнуть достаточного по точности технического результата при относительно малой трудоёмкости моделирования и малом времени вычислений. Это следующие методики:

1) построение оптимальных геометрических моделей – позволяет существенно снизить трудоёмкость построения моделей и время вычислений;

2) методика субмоделирования (Submodeling) – позволяет повысить точность результатов расчёта для всех узлов сложных моделей;

3) методика субструктурирования (Substructuring) – позволяет снизить машинное время расчёта и уровень требований к расчётным станциям.

Построение оптимальных геометрических моделей

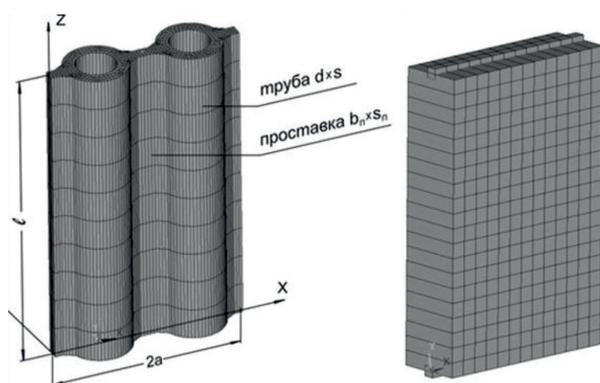
Оптимальная геометрическая модель здесь – модель, достаточно точно отражающая геометрию и особенности конструкции и позволяющая при возможно малом количестве конечных элементов обеспечить требуемую точность результатов моделирования при малых затратах времени на создание модели и дальнейших вычислений.

При моделировании таких сложных систем, как энергетический котёл, состоящий из цельносварных газоплотных трубных панелей, опорных металлоконструкций, поверхностей нагрева и трубопроводов, применение твердотельного моделирования приводит к большой трудоёмкости создания модели. Но главное – весьма большое число конечных элементов модели приводит к высоким требованиям по мощности компьютера (нужно использовать либо специальные вычислительные станции, либо вычислительные кластеры) и длительным вычислительным операциям.

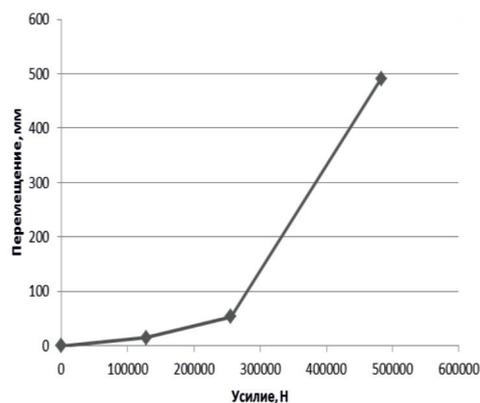
В общемировой практике принято моделировать сложные котельные конструкции при помощи балочных (BEAM), оболочечных (SHELL) и трубных (PIPE) конечных элементов [2]. Основные металлоконструкции моделировать балочными элементами «как есть», вспомогательные – балочными элементами эквивалентных сечений, а наиболее сложные для моделирования мембранные экраны описывать с помощью оболочечных элементов со специальным образом рассчитанными толщиной и механическими свойствами (см. рис. 1, а) [3–5]. Поверхности нагрева моделировать трёхмерными твердотельными элементами в случае, когда можно ограничиться рассмотрением отдельных узлов или элементов [6]. В остальных случаях поверхности нагрева моделируются трубными элементами «как есть» или заменяются элементами сосредоточенной массы, если поведение змеевиков можно пренебречь (см. рис. 1, в). Кроме того, такие сложные конструкции, как энергетический котёл, имеют специфические элементы, которые моделируются особым образом в каждом отдельном случае. Так, например, «антисейсмические

упоры» – энергопоглощающие упруго-пластичные элементы, имеющие нелинейную характеристику жесткости, моделируются с помощью комбинированных (COMBINE) элементов (см. рис. 1, б). Узлы крепления моделируются с помощью задания уравнений связи (CP, CE) (см. рис. 1, г). Построение геометрии объекта ведётся с исполь-

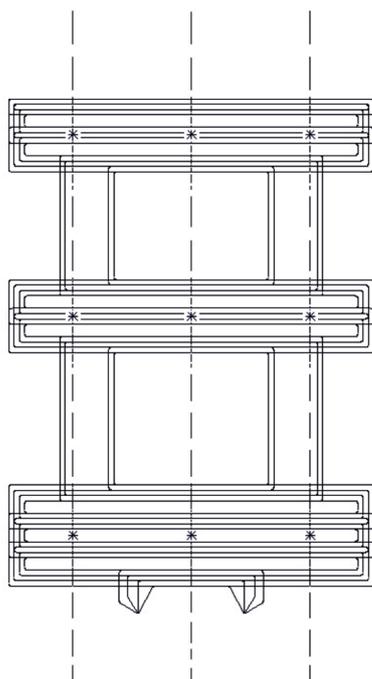
зованием специализированных пакетов 3D-проектирования и программных модулей. Последние конструируют балочно-оболочечную геометрию по твердотельным моделям при помощи специальных инструментов. При этом пользователь задаёт элементы, которые в результате упрощения станут оболочками или стержнями.



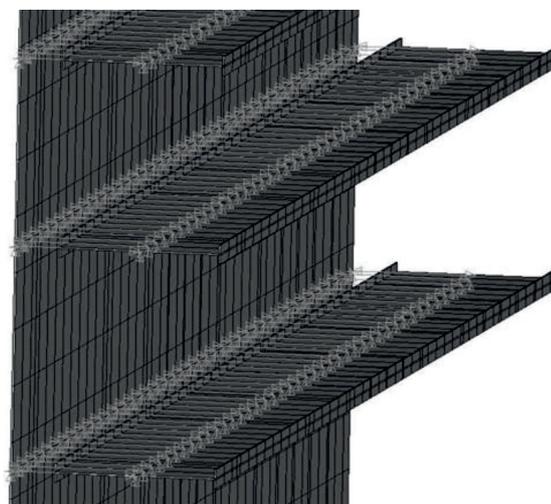
а



б



в



г

Рис. 1. Моделирование элементов энергетического парового котла: а – моделирование цельносварных газоплотных экранов с помощью перехода от твердотельных моделей к оболочечно-стержневым; б – диаграмма сила – перемещение при моделировании упруго-пластических элементов с помощью элементов типа COMBINE; в – моделирование конвективного пароперегревателя с помощью элементов типа PIPE и элементами сосредоточенной массы (изображены в виде звёздочек); г – моделирование узлов крепления поясов жесткости с помощью уравнений связи

В случае если большая часть модели состоит из заменяющих структур с характеристиками, эквивалентными реальным элементам конструкций, то описанные выше инструменты упрощения оказываются непригодными, так как не существует соответствующих алгоритмов преобразования твердотельных реальных элементов в заменяющие структуры. В этом случае наиболее эффективным способом построения моделей становится создание геометрии «с нуля» в специализированных пакетах 3D-моделирования (CAD-пакетах) и экспорт модели в расчётные программы (пакеты CAE). Тогда создаются трёхмерные ассамблеи поверхностей нулевой толщины с необходимым количеством биений, моделирующих балки, стержни и т.д.

Методика субмоделирования (Submodeling)

Методика субмоделирования применяется для уточнения результатов моделирования в определённых локальных местах модели. В этом случае моделирование сложных конструкций и анализ результатов проводится в два этапа: на первом выполняется обобщённая модель всей конструкции (структуры) и выявляются наиболее проблемные локальные зоны, например, с высокими механическими напряжениями, на втором этапе проводится субмоделирование и детальный анализ локальных зон.

Необходимо отметить, что детализация напряженно-деформированного состояния некоторых узлов невозможна без применения такой методики. Это касается в первую очередь узлов, геометрия которых подвергалась значительным упрощениям.

Примерами могут служить мембранные экраны топок энергетических котлов и опорные металлоконструкции. Модели мембранных экранов на первом – ортотропные пластины, а модели опорных металлоконструкций – стержни эквивалентных сечений.

Субмоделирование выполняется следующим образом:

1) в исходной модели выделяют область интереса, включающую конечные элементы и их узлы;

2) далее переходят к границам выделенной области, в которых происходит сопряжение с остальными частями модели;

3) далее производят сохранение координат и степеней свободы граничных узлов; в ПК ANSYS эти операции выполняются с помощью команд: NWRITE, CBDOF;

4) кроме того, если производится субмоделирование температурной задачи, необходимо произвести интерполяцию распре-

ления температур для уточнённой модели. В ПК ANSYS для этого служат команды NWRITE (предварительно в области интереса должны быть выбраны все элементы и их узлы), BFINT;

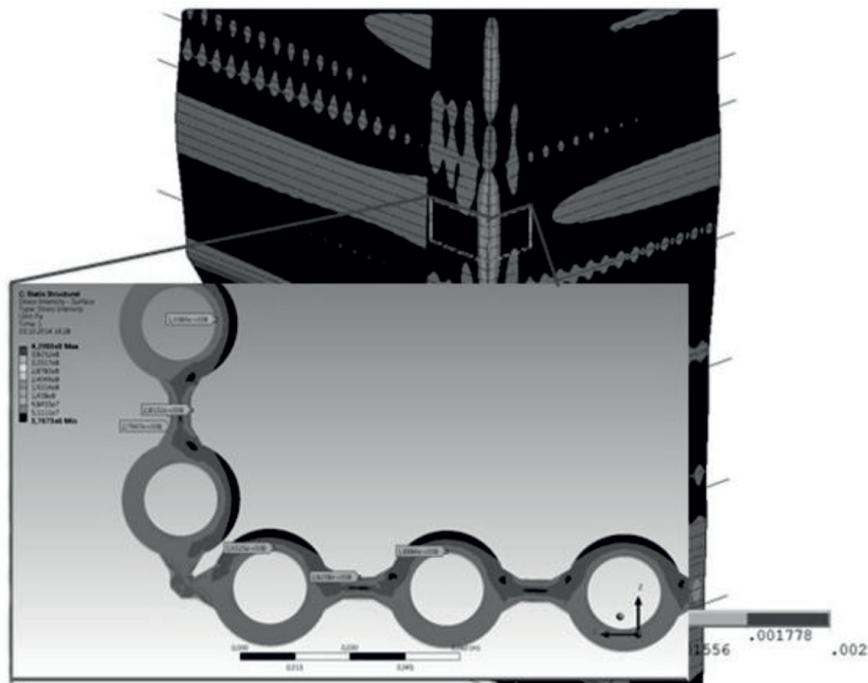
5) далее выполняют уточнённую модель и в местах сопряжения прикладывают сохранённые ранее граничные условия. При этом существует правило: если в исходной модели существовали какие-либо граничные условия и нагрузки, захватывающие область субмоделирования, эти граничные условия должны быть заданы и в уточнённой модели.

Применение субмоделирования позволяет выполнять весьма точный анализ напряженно-деформированного состояния локальных зон сложных конструкций. Рекомендуем применять субмоделирование только для уточнения напряженно-деформированного состояния с наибольшими напряжениями, там, где были применены эквивалентные элементы и для получения напряженно-деформированного состояния особых точек, анализ которых требуется отраслевым нормативом. Применять субмоделирование для сложных конструкций в целом нецелесообразно – это на порядок повышает трудоёмкость моделирования и длительность вычислительных операций, тем более, что прочность конструкции лимитируют зоны высоких напряжений, а остальные области конструкции не представляют интереса для подробного анализа. Для них не рекомендуется производить субмоделирование.

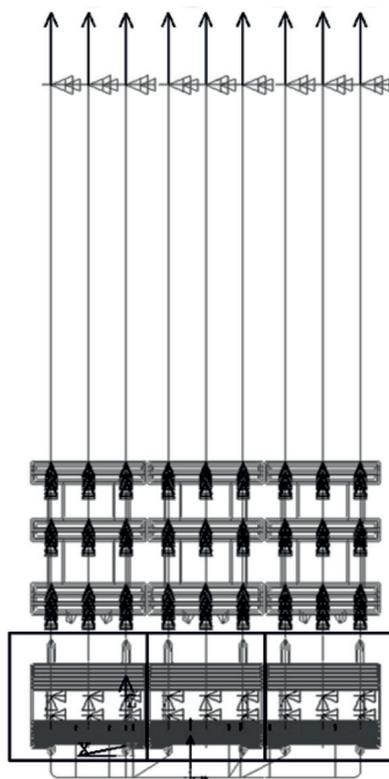
Совместное и последовательное использование построения оптимальных геометрических моделей с эквивалентными элементами и субмоделирования позволяет добиваться кратного снижения машинного времени [4]. Для примера на рис. 2, а, представлены результаты субмоделирования локальной области модели котлоагрегата.

Методика субструктурирования (Substructuring)

Методика субструктурирования применяется для анализа особо крупных структур, традиционный анализ которых требует слишком большого времени расчёта и высоких требований к вычислительным станциям. Суть метода заключается в замене некоторых блоков элементов единичными матричными элементами. Такие элементы называют суперэлементами. Работа с суперэлементами производится так же, как и с любыми другими элементами. Единственное отличие состоит в том, что предварительно производится вычисление матриц для суперэлемента.



а



б

Рис. 2. Примеры моделирования: а – использование методики субмоделирования для определения напряженного состояния цельносварных газоплотных экранов топки котла; б – использование методики субструктурирования при расчётах элементов котлов (рамкой выделены элементы, которые заменяли суперэлементами)

Субструктурирование выполняется в три этапа:

1. Этап генерации (GENERATION PASS). На этом этапе производят выделение блока элементов и их узлов для создания суперэлемента. При этом предполагается, что геометрия всей конструкции определена, построена сетка как минимум для области субструктурирования. В программном комплексе ANSYS для этапа генерации отведён специальный расчёт (ANTYPE, SUBSTR). Предварительно в местах соединения суперэлемента и других элементов модели задают мастер-узлы (команда M). Перед расчётом указывают, какие матрицы должны быть рассчитаны (матрицы жесткости, масс, демпфирования).

2. Этап использования (USE PASS). На этом этапе производят расчёты с использованием ранее сгенерированных суперэлементов. В ПК ANSYS существует специальный тип элементов, позволяющий выполнять субструктурирование – MATRIX50. Матрицы для этого элемента заполняются командами SE, SEOPT. Необходимо отметить, что на этапах генерации и использования должны быть заданы различные имена задачи (команда /FILENAME).

3. Этап расширения (EXPANSION PASS). На этом этапе производятся расчёты для степеней свободы элементов, входящих в суперэлемент. В ПК ANSYS для этого используются команды EXPASS, EXPSOL, SEEXP.

Следует отметить, что выделяют два метода выполнения субструктурирования: снизу вверх и сверху вниз. В первом случае отдельно моделируются и рассчитываются группы элементов для каждого суперэлемента, а результаты собираются вместе на этапе использования. Во втором – сразу создаётся модель всей конструкции, потом выполняется замена некоторых частей модели суперэлементами.

Метод снизу вверх более трудоёмок и применяется для расчёта особо сложных конструкций. В энергомашиностроении метод субструктурирования мы рекомендуем применять при моделировании поверхностей нагрева (блоков конвективных пароперегревателей, экономайзера). Это блоки трубчатых змеевиков, выходящих и входящих в коллекторы – трубы большего диаметра. Поверхности нагрева состоят из десятков змеевиков, поэтому прямое моделирование PIPE – элементами таких узлов приводит к кратному возрастанию времени расчёта. Количество частот и форм собственных колебаний такого узла измеряется тысячами. Соответственно, анализ динамики таких элементов требует мощных рас-

чётных станций и длительного времени вычислений. Поэтому рекомендуем заменять поверхности нагрева суперэлементами. На рис. 2, б приведён пример замены блоков экономайзера матричными элементами.

Практика использования вышеизложенных методик позволяет сократить число конечных элементов моделей конструкций с экранами на несколько порядков, снизить трудоёмкость формирования моделей конструкций с экранами в 10–15 раз и более, а время вычислительных операций при расчете напряженно-деформированного состояния таких конструкций, как топка или конвективная шахта котла с её опорной системой, сокращается на несколько порядков. Так, число твердотельных конечных элементов, использованных в модели локального участка мембранного трубного экрана при определении перемещений, составило ~5500. Число оболочечных и стержневых элементов, использованных в модели на основе ортотропной пластины, составило 286. Таким образом, число элементов сократилось до 20 раз, а размерность модели сократилась до 100 раз в зависимости от используемых типов элементов – линейных или квадратичных.

При выполнении моделирования напряженно-деформированного состояния холодной воронки парового котла с её опорными элементами и входными размерами сечения воронки 22×16 м и высотой 21,8 м число конечных элементов экранов – наклонных фронтальных и боковых при моделировании по предложенному способу составило 285000, из которых элементов, моделирующих экраны – 190000. При этом моделирование холодной воронки с её опорной системой по предлагаемому способу проводилось на персональном компьютере с параметрами Intel Core i7-2600K CPU @ 3.4GHz, 12 ГБ ОЗУ, время расчета по одному варианту при вариантном проектировании, в том числе элементов опорных конструкций, их расположения, поперечных сечений и так далее, составляло около 10 мин. При этом выполнение субмоделирования отдельных элементов конструкций проводилось на тех же рабочих станциях. Следует отметить, что при переходе к оболочечным моделям погрешность по деформациям для сложного нагруженного состояния составляет менее 7%. Напряжения, которые рассчитываются для эквивалентных структур, в методике не используются. Для определения напряжений используют либо аналитические выражения, либо дополнительный математический аппарат. В качестве такового, на наш взгляд, идеально подходит применение субмоделирования. В случае выполнения рас-

четов при твердотельном моделировании всей холодной воронки потребовалось бы использование суперкомпьютера и время вычислительных операций измерялось бы часами и десятками часов.

При выполнении моделирования напряженно-деформированного состояния перепускных труб ВЭК, ВЭК и КПП НД с коллекторами, подвесной системы, цельносварных газоплотных экранов конвективной шахты, укрепленных поясами жесткости и др. металлоконструкциями котла средней мощности число конечных элементов составило 322500, из которых элементов, моделирующих экраны – 9713, элементов, объединенных в суперэлемент – $3 \times 62820 = 188460$, элементов, заменявшихся элементами точечной массы на этапе динамического расчёта – $3 \times 29100 = 87300$. При этом время статического расчёта полной модели при включении опции учёта больших деформаций (команда NLGEOM,ON) составило 2 часа 30 минут на компьютере конфигурации, указанной выше.

Количество при замене элементов трех блоков водяного экономайзера суперэлементами составило $322500 - 188460 = 134040$ плюс 3 суперэлемента с рассчитанными матрицами жесткости, масс и демпфирования, при этом время расчёта водяного экономайзера составило менее 50 минут, т.е. сократилось в 3 раза. Погрешность при сравнении перемещений контрольных точек составила меньше 1%. Динамический расчёт на сейсмическое воздействие был выполнен лишь после замены блоков конвективных пароперегревателей низкого давления на элементы с сосредоточенной массой.

Выводы

1. Комплексное применение рассмотренных методик позволяет получать эффективные модели сложных конструкций при высокой точности расчёта, снижении трудозатрат на формирование моделей

и длительности вычислительных операций, практически снимает ограничения по мощности используемых компьютеров.

2. Совместное и последовательное использование методик построения оптимальных геометрических моделей и субмоделирования повышает точность расчёта, более чем в 10 раз снижает трудоёмкость формирования моделей и на порядок уменьшает длительность вычислений.

3. Использование суперэлементов при моделировании котельных конструкций в несколько раз уменьшает длительность вычислительных операций и существенно расширяет круг задач, моделирование которых может быть проведено на компьютерах со средними по мощности характеристиками.

Список литературы

1. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением (ТР ТС 032/2013). URL: <http://docs.cntd.ru/document/499031170> (дата обращения: 28.03.2017).
2. Milosevic-Mitic V., Gacesa B., Andjelic N., Maneski T. Numerical calculation of the water tube boiler using finite element of the orthotropic plate // Structural Integrity and Life. – 2012. – № 3. – P. 185–190.
3. Nagiar H.M., Maneski T.D., Milosevic-Mitic V.O., Gacesa B.M., Andjelic N.M. Modeling of the buckstay system of membrane walls in watertube boiler construction // Thermal science. – 2014. – № 1. – P. 59–72.
4. Патент 2568783 РФ МПК G06N7/06 Способ анализа и оптимизации конструкции котлов с плавниковыми экранами / Курепин М.П., Сербиновский М.Ю., Иваненко В.В. – Заявл. 24.10.2014 г., Заявка №2014143062, Оpubл. 20.11.2015. Бюл. № 32.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2014662846 РФ Ortek. / Курепин М.П., Сербиновский М.Ю. – Заявл. 21.10.2014; Заявка № 2014660761, Зарег. 10.12.2014.
6. Zaili Zhao, Jinsheng Xiao, Ying Wu, Xiaojun Zhang, Zhiming Wang. Structural Analysis and Optimal Design for Water Tube Panel in an Alkali Recovery Boiler // Engineering. – 2010. – № 2. – P. 353–359.
7. Каплун А.Б. ANSYS в руках инженера. Практическое руководство / А.Б. Каплун, Е.М. Морозов, М.А. Олферьева. – М.: Либроком, 2013. – 272 с.
8. ANSYS: Справочник пользователя. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 640 с.

УДК 004.9:65.012.8

НЕЧЕТКИЙ АНАЛИЗ УГРОЗ И ВЫБОР ВАРИАНТОВ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА

¹Ломазов В.А., ²Гостищева Т.В., ²Климова Н.А.

¹Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, Белгород, e-mail: vlomazov@yandex.ru;

²Белгородский университет кооперации, экономики и права, Белгород

Статья посвящена проблеме выбора вариантов системы информационной безопасности инновационного проекта. Рассмотрены теоретические аспекты применения методологического аппарата нечеткого теоретико-множественного анализа для поддержки принятия организационных решений. Предложено нечеткое описание ситуаций с точки зрения возможных угроз информационной безопасности. На основе понятий точных граней (применяемых к упорядоченным множествам нечетким множествам ситуаций) построены нечеткие теоретико-множественные операции над ситуациями. Это позволило сформулировать задачу выбора системы защиты не для отдельной угрозы, а для совокупности возможных ситуаций. Задача обобщена на случай возможной смены вариантов защиты информации на различных этапах периода реализации инновационного проекта. Предложены стратегии сокращения области выбора вариантов системы защиты информации и приведены примеры их использования. Предварительные результаты применения основанной на предложенном подходе процедуры поддержки принятия решений по составлению плана развития системы информационной безопасности показали ее эффективность.

Ключевые слова: информационная безопасность, нечеткий теоретико-множественный анализ, проблема выбора

FUZZY ANALYSIS OF THREATS AND SELECTION OF VARIANTS OF THE INFORMATION SECURITY SYSTEM OF THE INNOVATIVE PROJECT

¹Lomazov V.A., ²Gostischeva T.V., ²Klimova N.A.

¹Belgorod State Agricultural University named after V.Ya. Gorin, Belgorod, e-mail: vlomazov@yandex.ru;

²Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod

The article deals with the problem of choice of information security for innovation project. Theoretical aspects of application of the methodologies of fuzzy set-theoretic analysis for decision making support. The fuzzy description of situations from the point of view of possible threats to information security is suggested. Based on the concepts the precise edges (applied to an ordered set of fuzzy sets of situations) a fuzzy set-theoretic operations on situations are constructed. This allowed to formulate the problem of selecting the protection systems not for specific threats, but for a set of possible situations. The problem is generalized to the case of a possible change of variants of information protection at different stages of the implementation period of the innovation project. The strategies of reducing the field of choice of variants are proposed and examples of their use are constructed. Preliminary results of the use the procedure, based the on the proposed approach, showed its effectiveness.

Keywords: information security, fuzzy set-theoretic analysis, the problem of choice

Одним из обязательных условий успешности реализации инновационного производственно-экономического проекта является надежное обеспечение его информационной безопасности [1]. Специфика инновационной и венчурной деятельности, как правило, предполагает широкое использование современных информационных технологий управления организационными и производственно-технологическими процессами, что (при несовершенстве системы защиты информации) может быть связано с определенными рисками. Это делает актуальным развитие методологического аппарата анализа угроз и поддержки принятия управленческих решений по обеспечению информационной безопасности инновационных проектов. Однако появившиеся в последнее время научные работы в этой области ограничиваются в основном ис-

следованиями теоретико-методологических экономических (с точки зрения обеспечения безопасности интеллектуального капитала [2] и защиты информации в условиях недобросовестной конкуренции [3], а также применительно к отдельным сферам экономической деятельности: например, инновациям в промышленном производстве [4] и коммерции [5]), организационно-правовых ([6]) и информационно-аналитических ([7]) аспектов проблемы, тогда как не меньшее значение имеют разработки, ориентированные на непосредственное использование в практической деятельности предприятий и организаций, осуществляющих инновационную деятельность.

Целью настоящей работы является разработка инструментария анализа ситуаций (совокупностей внешних условий), возникающих при реализации инновационного

проекта и рассматриваемых с точки зрения возможных угроз информационной безопасности. Применяемый подход основан на использовании аппарата нечетких множеств и отношений [8] и методологии теории принятия решений [9], что дает новые возможности для выбора вариантов системы информационной безопасности проекта. Прикладное значение работы связано с необходимостью минимизации затрат негосударственных предприятий и организаций (в том числе малых предприятий [10]), для которых система мер защиты информации не является строго регламентированной и может быть выбрана из соображений разумной достаточности.

Нечеткий теоретико-множественный анализ угроз информационной безопасности

Под угрозой информационной безопасности инновационного проекта в соответствии с [1] будем понимать событие, процесс или явление, которое посредством воздействия на информацию или другие компоненты информационной системы может привести к нанесению ущерба субъектам, занимающимся инновационной деятельностью.

Пусть $Threat = \{Threat_1, Threat_2, \dots, Threat_I\}$ – конечное множество предполагаемых независимых угроз информационной безопасности рассматриваемого инновационного проекта. Текущая (рассматриваемая с точки зрения угроз информационной безопасности проекта) ситуация $Sit(t_k)$, в которой реализуется проект, может быть представлена в виде определенного на универсуме нечеткого множества

$$\tilde{T} hreatSit(t_k) = \{(Threat_p, \mu_i(t_k)) \mid i = 1, 2, \dots, I\},$$

где определенная на отрезке [0, 1] функция принадлежности $\mu_i(t_k)$ характеризует уровень угрозы $Threat_i$ ($i = 1, 2, \dots, I$) в ситуации Sit на этапе t_k ($k = 1, 2, \dots, K$) реализации проекта. Для определения $\mu_i(t_k)$ может быть использован предложенный в [11] подход, в рамках которого уровень риска угрозы находится на основе определяемых экспертами значений вероятности угрозы и последствий при реализации этой угрозы (в соответствии с ITU-T Recommendation E.408. Telecommunication Network Security Requirement, 2004.). Возможен также подход (например, [12]), когда уровень угрозы непосредственно оценивается экспертами в вербальной шкале, после чего определяется относительное числовое значение показателя с использованием неравномерной шкалы соответствия, пример которой приведен в табл. 1.

Таблица 1

Пример шкалы соответствия между вербальными и относительными числовыми значениями уровня угрозы

№ п/п	Вербальное значение	Относительное числовое значение
1	Угроза отсутствует	0
2	Очень низкий уровень угрозы	0,1
3	Низкий уровень угрозы	0,3
4	Средний уровень угрозы	0,6
5	Высокий уровень угрозы	0,8
6	Очень высокий уровень угрозы	1,0

При этом возможны промежуточные значения показателя. Если в экспертизе участвует несколько специалистов, то общее относительное значение уровня угрозы может быть получено как взвешенное среднее индивидуальных значений (весовые коэффициенты отражают соотношения квалификаций экспертов). В случаях, когда эксперты затрудняются в непосредственной оценке угрозы, может быть применен метод парных сравнений Саати [13].

Носителем нечеткого множества $\tilde{T} hreatSit(t_k)$ является совокупность угроз, присутствующих в ситуации $Sit(t_k)$:

$$Supp(\tilde{T} hreatSit(t_k)) = \{Threat_p, \mu_i(t_k) \mid \mu_i(t_k) > 0, i = 1, 2, \dots, I\}$$

Ядро нечеткого множества нечеткого множества $\tilde{T} hreatSit(t_k)$ представляет собой совокупность угроз высокого уровня в ситуации $Sit(t_k)$:

$$Kern(\tilde{T} hreatSit(t_k)) = \{Threat_p, \mu_i(t_k) \mid \mu_i(t_k) = 1, i = 1, 2, \dots, I\}$$

Рассмотрим множество всех возможных ситуаций

$$ST = \{Sit(t_k) \mid \tilde{T} hreatSit(t_k) = \{(Threat_p, \mu_i(t_k)), i = 1, 2, \dots, I, 0 \leq \mu_i(t_k) \leq 1\}, k = 1, 2, \dots, K\}$$

Определенная на ST операция нестрогого включения нечетких множеств порождает отношение нестрогого доминирования ситуаций \angle в соответствии с правилом:

для любых $Sit^*, Sit^* \angle S$ выполняется $Sit^* \angle Sit^{**}$, если

$$\mu_i^*(t_k) \leq \mu_i^{**}(t_k) \text{ при всех } i = 1, 2, \dots, I, k = 1, 2, \dots, K.$$

Введенное отношение нестрогого доминирования ситуаций будет отношением частичного порядка на множестве ситуаций ST , поскольку (как нетрудно видеть) для него выполняются требуемые условия:

– рефлексивность: $Sit^* \angle Sit^*$;

– антисимметричность:

$$Sit^* \angle Sit^{**}, Sit^{**} \angle Sit^* \Rightarrow Sit^* = Sit^{**};$$

– транзитивность:

$$Sit^* \angle Sit^{**}, Sit^{**} \angle Sit^{***} \Rightarrow Sit^* \angle Sit^{***}.$$

При решении практических задач, связанных с обеспечением информационной безопасности инновационных проектов, целесообразно рассматривать конечное (состоящее из N элементов) множество возможных ситуаций ST^* : $ST^* \subseteq ST$, $|ST^*| = N$.

Применительно к введенному отношению частичного порядка множество верхних граней для ST^* будет состоять из ситуаций $Sit^{**} \in ST$, нестрого доминирующих все ситуации из множества ST^* , т.е.

$$ST^{**} = \{Sit^{**} \mid Sit \angle Sit^{**}, \forall Sit \in ST^*\}.$$

Точная верхняя грань (supremum) представляет собой минимальную верхнюю грань, которая (в силу конечности множества ST^*) всегда существует

$$\sup ST^* = Sit^* : Sit^* \angle Sit, \forall Sit \in ST^{**}.$$

Если ситуация Sit^* , представляющая собой точную верхнюю грань множества ST^* , является элементом этого множества, то она является также максимальным элементом множества ST^* , т.е.

$$\max ST^* = \sup ST^* \text{ при } \sup ST^* \in ST^*.$$

Понятия точной нижней грани (*inf*) и минимума (*min*) применительно к множеству ситуаций (с учетом введенного отношения частичного порядка \angle) определяются аналогичным образом. Основываясь на введенных понятиях точных граней, естественно ввести операции над ситуациями угроз информационной безопасности проектов.

Объединением ситуаций Sit^* и Sit^{**} назовем точную верхнюю грань множества, состоящего из двух этих ситуаций:

$$Sit^* \cup Sit^{**} = \sup \{Sit^*, Sit^{**}\}.$$

Пересечением ситуаций Sit^* и Sit^{**} назовем точную нижнюю грань множества, состоящего из двух этих ситуаций:

$$Sit^* \cap Sit^{**} = \inf \{Sit^*, Sit^{**}\}.$$

Упорядочение ситуаций в соответствии с уровнями угроз информационной безопасности проектов и введение операций над ситуациями позволяют формулировать и решать задачи выбора вариантов системы информационной безопасности.

Выбор вариантов системы информационной безопасности инновационного проекта

Будем полагать, что для совокупности ситуаций $\langle Sit_1, Sit_2, \dots, Sit_M \rangle$ известны ре-

шения по обеспечению информационной безопасности (в виде вариантов системы организационных мероприятий, технологий, технических средств и т.д.) $Variants = \langle Var_1, Var_2, \dots, Var_M \rangle : Var_m \sim Sit_m$ ($m = 1, 2, \dots, M$), из которых нужно выбрать вариант, подходящий для множества возможных (при реализации рассматриваемого инновационного проекта) ситуаций $ST^* = \{Sit_1^*, Sit_2^*, \dots, Sit_j^*\}$, исходя из желательной минимальности различного рода издержек и затрат при создании и эксплуатации системы информационной безопасности $f(Var)$:

$$f(Var) \rightarrow \min, Var \in Variants^*.$$

Для сокращения области выбора $Variants^*$ до совокупности подходящих для ST^* вариантов $Variants^* \subseteq Variants$ предлагается использовать следующие стратегии:

1. Гарантированная стратегия:

$$Variants^* = \{Var \mid Var \in Variants, Var \sim Sit : \sup Sit^* \angle Sit\}.$$

2. Байесовская стратегия:

$$Variants^* = \{Var \mid Var \in Variants, Var \sim Sit : Sit^B \angle Sit\}.$$

где Sit^B – байесовская ситуация, характеризующаяся нечетким множеством угроз

$$\tilde{T} \text{ hreat} Sit^B(t_k) = \{(Threat_p, \sum_{j=1}^J \mu_{ij}(t_k) p_j \mid i = 1, 2, \dots, I)\},$$

p_j – вероятность возникновения ситуации Sit_j^* ($j = 1, 2, \dots, J$). Если вероятности p_j неизвестны, то (в соответствии с принципом неопределенности Лапласа можно предположить что все ситуации равновероятны, и положить $p_j = 1/J$ ($j = 1, 2, \dots, J$)).

3. Взвешенная стратегия (аналог подхода Гурвица в теории игр с природой [10]):

$$Variants^* = \{Var \mid Var \in Variants, Var \sim Sit : Sit^G \angle Sit\},$$

где Sit^G – взвешенная ситуация, характеризующаяся нечетким множеством угроз

$$\tilde{T} \text{ hreat} Sit^G(t_k) = \{(Threat_p, (\lambda \mu_i(t_k)^{Inf} + (1 - \lambda) \mu_i(t_k)^{Sup}) \mid i = 1, 2, \dots, I)\},$$

λ – коэффициент оптимизма/пессимизма при оценке угроз ($0 \leq \lambda \leq 1$),

$$\tilde{T} \text{ hreat} Sit^{Inf}(t_k) = \{(Threat_p, \mu_i(t_k)^{Inf} \mid i = 1, 2, \dots, I) \sim \sup Sit^*\},$$

$$\tilde{T} \text{ hreat} Sit^{Sup}(t_k) = \{(Threat_p, \mu_i(t_k)^{Sup} \mid i = 1, 2, \dots, I) \sim \inf Sit^*\}.$$

Общим для всех предлагаемых стратегий является построение на основе множества возможных ситуаций ST^* некоторой базовой ситуации (характеризуемой своим нечетким множеством угроз), после чего из множества $Variants^*$ выделяется подмножество $Variants^*$, включающее в себя варианты, соответствующие ситуациям, нестрого доминирующим базовую ситуацию.

Рассмотрим пример выбора варианта системы информационной безопасности на основе применения предложенных стратегий. Пусть имеющийся набор вариантов системы информационной безопасности, соответствующих определенным ситуациям, и набор ситуаций, для которых необхо-

димо выбрать соответствующий вариант, характеризуются данными, приведенными в табл. 2, 3.

В рамках рассматриваемого примера определяемые в соответствии с предложенными стратегиями базовые ситуации приведены в табл. 4.

Используя данные табл. 2–4, нетрудно видеть, что:

- при использовании гарантированной стратегии: $Variants^* = \{Var_3, Var_5\}$,
- при использовании Байесовской стратегии ($p_j = 0,2, j = 1,2,\dots,5$): $Variants^* = \{Var_3, Var_5, Var_7\}$,
- при использовании взвешенной стратегии ($\lambda = 0,5$): $Variants^* = \{Var_3, Var_5, Var_6\}$.

Таблица 2

Значения функции принадлежности угроз, учитываемых имеющимися вариантами системы информационной безопасности

	$Threat_1$	$Threat_2$	$Threat_3$	$Threat_4$	$Threat_5$
Var_1	0,5	0,0	0,8	0,5	0,7
Var_2	0,2	0,1	0,8	0,0	0,4
Var_3	0,6	0,4	0,8	0,5	0,7
Var_4	0,3	0,7	0,8	0,2	0,9
Var_5	0,5	0,5	0,8	0,6	0,75
Var_6	0,4	0,25	0,7	0,3	0,6
Var_7	0,5	0,2	0,75	0,4	0,65
Var_8	0,2	0,5	0,3	0,1	0,5
Var_9	0,45	0,1	0,2	0,9	0,5
Var_{10}	0,6	0,2	0,1	0,7	0,4

Таблица 3

Значения функции принадлежности угроз, присущих ситуациям, для которых необходимо выбрать вариант системы информационной безопасности

	$Threat_1$	$Threat_2$	$Threat_3$	$Threat_4$	$Threat_5$
Sit_1	0,5	0,1	0,8	0,4	0,7
Sit_2	0,3	0,1	0,6	0,5	0,3
Sit_3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4
Sit_4	0,3	0,1	0,2	0,3	0,3
Sit_5	0,3	0,4	0,4	0,1	0,5

Таблица 4

Значения функции принадлежности угроз для базовых ситуаций

	$Threat_1$	$Threat_2$	$Threat_3$	$Threat_4$	$Threat_5$
Inf Sit	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3
Sup Sit	0,5	0,4	0,8	0,5	0,7
Sit ^B	0,45	0,2	0,55	0,4	0,55
Sit ^G	0,35	0,25	0,5	0,3	0,5

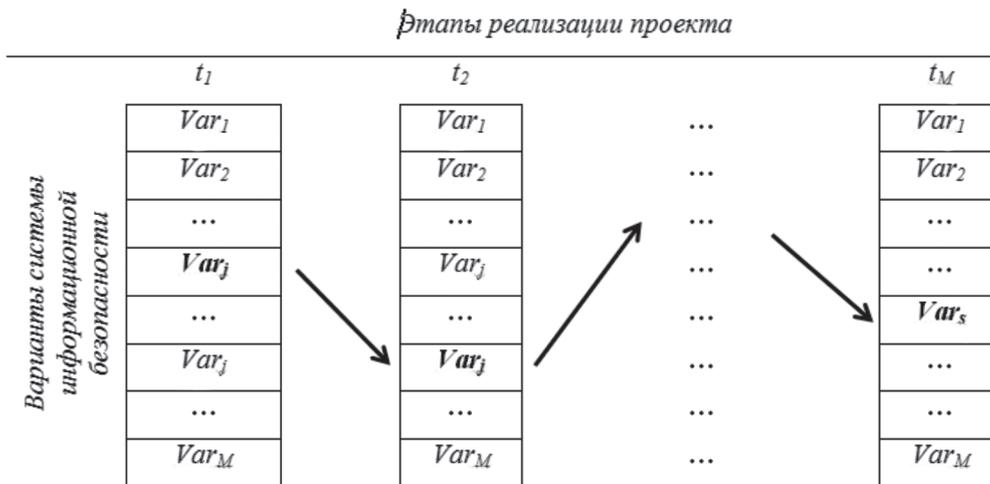


Схема переходов между реализованными в разные периоды проекта вариантами системы информационной безопасности в рамках составного варианта

Окончательный выбор варианта системы информационной безопасности проекта производится лицом, принимающим решение (ЛПР), с учетом принципа минимальности затрат на основе собственных (зачастую неформализуемых) представлений или путем проведения опытной эксплуатации системы.

В качестве обобщения задачи выбора одного варианта системы информационной безопасности, постоянно используемого в течение всего периода реализации проекта, рассмотрим возможность перехода от одного варианта системы информационной безопасности к другому. При этом будем полагать, что ранее рассмотренная задача решается K раз для каждого этапа реализации проекта t_k ($k = 1, 2, \dots, K$). Это увеличивает общее количество возможных составных вариантов системы информационной безопасности с M до M^K (рисунок).

Таким образом, составной вариант (план развития) системы информационной безопасности $Plan$ можно представить в виде кортежа вариантов

$$Plan = (Var_1, Var_2, \dots, Var_K), \\ Plan \in Plans = (Variants)^K,$$

после чего множество выбора $Plans$ может быть (с использованием одной из приведенных стратегий) сокращено до $Plans^* = (Variants^*)^K$, где $(Variants^*)^K$, $(Variants^*)^K$ – декартовы степени соответствующих множеств.

Обобщенная задача выбора состоит в определении минимального по затратам плана развития системы информационной безопасности

$$F(Plan) \rightarrow \min, Plan \in Plans^*,$$

где общие затраты составного варианта определяются не только затратами простых вариантов, но и «ценой перехода» от одного варианта к другому:

$$F(Plan) = \sum_{Var_k \in Variants^*} f_k(Var_k) + \sum_{(k,r) \in L} g_{kr},$$

где g_{kr} – затраты, связанные с переходом от варианта системы информационной безопасности Var_k к варианту Var_r , а L – список планируемых переходов.

В обобщенном случае (хотя возможность сокращения области выбора здесь имеет еще большее значение) задача сводится к синтезу больших дискретных систем с заданным конечным набором возможных состояний и переходов, и для ее решения (чтобы уйти от полного перебора вариантов) целесообразно использовать эвристические процедуры на базе генетических алгоритмов [14].

Предлагаемая процедура поддержки принятия решений по составлению плана развития системы информационной безопасности включает в себя следующие этапы:

1. Формирование перечня ситуаций с указанием входящих в их состав угроз информационной безопасности проекта.

2. Экспертная оценка ситуаций и определение уровней угроз для разных ситуаций на каждом этапе реализации проекта.

3. Сокращение общего числа ситуаций за счет объединения (пересечения) отдельных ситуаций.

4. Построение базовых ситуаций с использованием выбранных стратегий для каждого этапа реализации проекта.

5. Формирование перечня имеющихся вариантов системы информационной безопасности и соответствующих им ситуаций.

6. Сокращение перечня вариантов с использованием построенных базовых ситуаций.

7. Определение минимального по затратам (возможно, составного) варианта на основе сокращенного перечня вариантов системы информационной безопасности.

Заключение

Предложенный подход к проблеме выбора вариантов системы информационной безопасности проектов, основанный на применении нечеткого теоретико-множественного аппарата и методов теории принятия решений, позволил структурировать совокупность возможных ситуаций (рассматриваемых с точки зрения угроз информационной безопасности) и сформулировать постановку задачи выбора минимального по затратам варианта, обеспечивающего достаточную (в соответствии с выбранными стратегиями) информационную безопасность инновационного проекта. Предварительные результаты применения основанной на этом подходе процедуры поддержки принятия решений по составлению плана развития системы информационной безопасности показали ее эффективность.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-07-01711.

Список литературы

1. Паринов А.В. Анализ проблем системы защиты инновационных проектов и основных направлений их решения / А.В. Паринов, А.С. Паринова // Вестник Воронежского института ФСИИ России. – 2013. – № 2. – С. 80–83.

2. Ершов А.С. Безопасность интеллектуального капитала малых инновационных предприятий / А.С. Ершов // Наука и бизнес: пути развития. – 2012. – № 4. – С. 69–73.

3. Лапсарь А.П. Обеспечение безопасности инновационных разработок в условиях конкурентного противостояния / А.П. Лапсарь, С.А. Лапсарь // Финансы и кредит. – 2017. – Т. 23, № 1 (721). – С. 49–62.

4. Мирских И.Ю. Информационные аспекты реализации и защиты инноваций на промышленных предприятиях / И.Ю. Мирских, Ж.А. Мингалев // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 5 (70). – С. 374–376.

5. Северин В.А. Теоретико-методологические основы обеспечения безопасности коммерческих структур в информационной сфере / В.А. Северин // Информационное право. – 2016. – № 4. – С. 13–19.

6. Любченков А.В. Проблемы организационно-правовой защиты конфиденциальной информации в инновационных процессах / А.В. Любченков // Информация и безопасность. – 2012. – Т. 15, № 3. – С. 337–344.

7. Стерхов А.П. Проблемы информационно-аналитического обеспечения безопасности инновационного бизнеса / А.П. Стерхов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 8 (103). – С. 213–220.

8. Zadeh L.A. Fuzzy Sets / L.A. Zadeh // Information and Control. – 1965. – Vol. 8. – P. 338–353.

9. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений / О.И. Ларичев. – М.: Логос. – 392 с.

10. Ляпина И.Р. Информационная безопасность малых инновационных предприятий / И.Р. Ляпина, Е.В. Сибирская, Е.В. Петрухина, О.А. Стрובה // Теоретические и прикладные вопросы экономики и сферы услуг. – 2013. – № 9. – С. 84–89.

11. Бельфер Р.А. Анализ зависимости уровня риска информационной безопасности сетей связи от экспертных данных при расчетах с использованием модели нечетких множеств / Р.А. Бельфер, Д.А. Калужный, Д.В. Тарасова // Вопросы кибербезопасности. – 2014. – № 1(2) – С. 33–39.

12. Ломазов А.В. Формирование иерархии оценочных показателей сложных динамических систем на основе экспертных технологий / А.В. Ломазов, В.А. Ломазов, Д.А. Петросов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 7–4. – С. 760–764.

13. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т.Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.

14. Petrosov D.A. Large discrete systems evolutionary synthesis procedure / D.A. Petrosov, V.A. Lomazov, A.I. Dobrunova, S.I. Matorin, V.I. Lomazova // Biosciences Biotechnology Research Asia. – 2015. – Т. 12, № 2. – P. 1767–1775.

УДК 004.056.57

АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕХАНИЗМА ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

¹Надеждин Е.Н., ²Щипцова Е.И., ³Шершакова Т.Л.

¹Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций, Москва, e-mail: e.nadezhdin@informika.ru;

²Шуйский филиал Ивановского государственного университета, Шуя, e-mail: elena_shipcova@mail.ru;

³Филиал НОУ ВПО «Московский институт государственного управления и права», Смоленск, e-mail: tshershakova@mail.ru

Статья посвящена проблеме анализа корреляции событий безопасности в корпоративной информационной системе. Проанализированы сущность, особенности проявления и количественной оценки корреляционных связей уязвимостей программного обеспечения на этапе проектирования подсистемы интегрированной защиты сетевых ресурсов. Для определения взаимосвязи уязвимостей программного обеспечения на практике используют методы математической статистики и метод экспертных оценок. Указанные методы критичны к объёму и достоверности исходных данных. В статье предложен нечёткий когнитивный подход к определению корреляции уязвимостей, обладающий универсальностью и высокой устойчивостью к вариации исходных данных. Разработана формальная модель механизма обеспечения защиты программного обеспечения на основе использования нечётких когнитивных карт. Для иллюстрации предложенного подхода представлен пример экстрагирования концептов и цепочек концептов, которые характеризуют состояние защищённости компонентов программного обеспечения.

Ключевые слова: информационная система, программное обеспечение, уязвимость, корреляция уязвимостей, нечёткая когнитивная карта

ANALYSIS OF SOFTWARE VULNERABILITY IN THE DESIGN OF THE INTEGRATED MECHANISM OF PROTECTION OF ENTERPRISE INFORMATION SYSTEM

¹Nadezhdin E.N., ²Schiptsova E.I., ³Shershakova T.L.

¹State Institute of Information Technologies and Telecommunications, Moscow, e-mail: e.nadezhdin@informika.ru;

²Shuya branch of Ivanovo state University, Shuya, e-mail: elena_shipcova@mail.ru;

³Moscow Institute of State management and law, Smolensk branch, Smolensk, e-mail: tshershakova@mail.ru

The article is devoted to the problem of analyzing the correlation of security events in a corporate information system. The essence, peculiarities of manifestation and quantitative estimation of correlations of software vulnerabilities at the design stage of the subsystem of integrated protection of network resources are analyzed. To determine the relationship between software vulnerabilities in practice use the methods of mathematical statistics and the method of expert assessments. These methods are critical to the scope and validity of source data. The article offers a fuzzy cognitive approach to the determination of the correlation of vulnerabilities, which has the versatility and high resistance to the variation of the initial data. Developed a formal model of the protection mechanism of software based on the use of fuzzy cognitive maps. To illustrate the proposed approach, an example is presented of extracting concepts and chains of concepts that characterize the state of protection of software components.

Keywords: information system, software, vulnerability, correlation of vulnerability, fuzzy cognitive map

Высокие темпы информатизации социально-экономических процессов неизбежно сопровождаются ростом напряжённости в области информационной безопасности (ИБ). Сегодня злоумышленники перешли на новый технологический уровень подготовки и реализации кибернетических атак. Их инструменты максимально удобны и эффективны, а прибыль, получаемая в результате «освоения» активов жертвы, постоянно растёт. Внедрение новейших сетевых технологий в сферу управления бизнесом увеличило число потенциальных уязви-

мостей, которыми могут воспользоваться злоумышленники. При этом действия киберпреступников становятся все более организованными, целенаправленными и изощрёнными, создавая реальную угрозу для бизнеса [1–3]. Последствиями таких атак могут быть: нарушения доступности сетевых сервисов, остановка бизнес-процессов, потеря репутации, понижение лояльности вир-клиентов, недополучение (или полная потеря) прибыли компании. Реалии современного информационного общества настоятельно требуют создания в каждой орга-

низации интегрированной системы защиты информации (СЗИ) [4–6].

На сегодняшний день наиболее востребованы СЗИ, позволяющие увеличить степень интеллектуальности уже существующих механизмов защиты: межсетевых экранов, сканеров безопасности, систем обнаружения вторжений, средств контроля доступа к операционным системам и приложениям. В области управления событиями ИБ получила развитие новая категория защитных систем, реализующих *концепцию безопасного управления событиями* (*Security Event Management – SEM*) [2, 3]. Эти системы автоматически соединяют и согласуют между собой регистрационные данные по корпоративной безопасности, получаемые от различных защитных устройств, оценивают их корреляцию, позволяя аналитикам информационной безопасности сосредоточиться на нетривиальных критических задачах.

Применительно к защите информации можно сказать, что *корреляция – это процесс интерпретации, комбинации, сравнения и анализа данных, которые поступают от различных механизмов защиты информации, производимый с целью определения попыток несанкционированного доступа к защищаемым информационным ресурсам либо нападения на них*. В своей основе корреляция событий базируется на следующей теоретической предпосылке: *одно событие, происходящее в течение определенного временного промежутка, является причиной другого события*. В технологическом процессе корреляции событий безопасности выделим следующие задачи:

- а) транспортировку данных;
- б) нормализацию данных;
- в) сжатие (сокращение) данных;
- г) построение цепочки прохождения событий;
- д) обнаружение шаблонов в событиях;
- ж) установление взаимосвязи событий ИБ.

В общем случае все системы корреляции событий осуществляют преобразование потока событий ИБ в полезную информацию, которая содержит данные о состоянии информационной инфраструктуры и выявленных в её среде уязвимостях. Эта информация предъявляется администратору безопасности для принятия решения.

В существующих механизмах корреляции событий безопасности нашли применение следующие подходы [1, 3, 5]: корреляция на основе правил (*rule-based reasoning – RBR*), корреляция на основе моделирования (*model-based reasoning – MBR*), корреляция на основе метода кодовых книг (*codebook*), корреляция с использованием интеллектуальных методов

(*artificial intelligence*). Каждый из этих методов обладает рядом недостатков, лимитирующих его применение в режиме реального или регламентного времени.

По мнению экспертов ИБ, этап корреляции является сегодня самой критической частью сложного процесса анализа угроз [2]. Это обусловлено тем, что в рамках классического подхода, базирующегося на инсталляции большого количества не связанных друг с другом средств защиты, уже невозможно обеспечивать аналитиков службы ИБ полной информацией об атаке, которую они должны изучить и ранжировать по степени важности. В то же время как технология корреляция представляет собой развитие целостного подхода к управлению угрозами в гетерогенной среде и требует расхода значительных ресурсов КИС.

Основу постановки и решения задач определения корреляции событий ИБ составляют теория и методы моделирования, математической статистики и экспертных оценок [3, 6, 7].

В открытых научных публикациях используемые алгоритмы и процедуры корреляции, как правило, не конкретизируются. С большой долей вероятности можно предположить, что строго формализованных универсальных методов анализа, систематизации и установления корреляции событий ИБ пока не существует. Обобщая доступные материалы в области управления событиями ИБ, отметим, что основные трудности здесь обусловлены высоким уровнем неопределённости возможных угроз, большим количеством уязвимостей программного обеспечения (ПО) и сложностью мониторинга функциональности объектов автоматизации. В этих условиях закономерным шагом в решении проблемы корреляции является попытка применить апробированный метод нечёткого когнитивного моделирования и анализа, основанный на использовании нечётких когнитивных карт (НКК) [8].

Целью статьи является обоснование нечёткого когнитивного подхода к оцениванию корреляции событий ИБ, обусловленных реализацией информационных атак через уязвимости программного обеспечения корпоративной информационной системы (КИС), на основе применения технологии нечётких когнитивных карт В.Б. Силова.

Уязвимости программного обеспечения будем понимать как критические ошибки, не выявленные в ходе тестирования и не декларированные спецификацией разработчика или заложенные преднамеренно, предоставляющие злоумышленникам исключительные возможности по разглашению информации, её модификации, блокированию использова-

ния и безостаточному уничтожению без возможности восстановления [7, с. 20].

НKK обеспечивают корректность формального отображения слабо структурированной предметной области и приемлемую для практики точность моделирования процессов по сравнению с классическими, знаковыми когнитивными картами. Понятие нечеткой когнитивной карты В.Б. Силова представляет собой расширение классического понятия когнитивной карты, основанное на предположении, что взаимовлияния между концептами могут различаться по интенсивности, и их интенсивность может изменяться с течением времени [8]. Для этого в НKK вводят показатель интенсивности влияния и от классического отношения переходят к нечеткому отношению W , элементы w_{ij} которого характеризуют направление и степень интенсивности (вес) влияния между концептами e_i и e_j :

$$w_{i,j} = w(e_i, e_j),$$

где w – нормированный показатель интенсивности влияния (характеристическая функция отношения W), обладающий рядом специальных свойств.

НKK отображает исследуемый объект в виде взвешенного ориентированного графа, вершины которого соответствуют элементам множества E (концептам), а дуги – ненулевым элементам отношения W , т.е. причинно-следственным свя-

зям. Каждая дуга имеет вес, задаваемый соответствующим значением w_{ij} . Отношение W представимо в виде когнитивной матрицы $W = \{w_{i,j}, i, j = 1, n\}$ размерности $(n \times n)$ (n – число концептов в системе), которая будет интерпретироваться как матрица смежности данного графа. *Состояние системы* в текущий момент времени определяется набором значений всех концептов НKK. Целевое состояние системы задается вектором значений множества целевых концептов.

Процесс когнитивного анализа событий ИБ при этом включает несколько этапов.

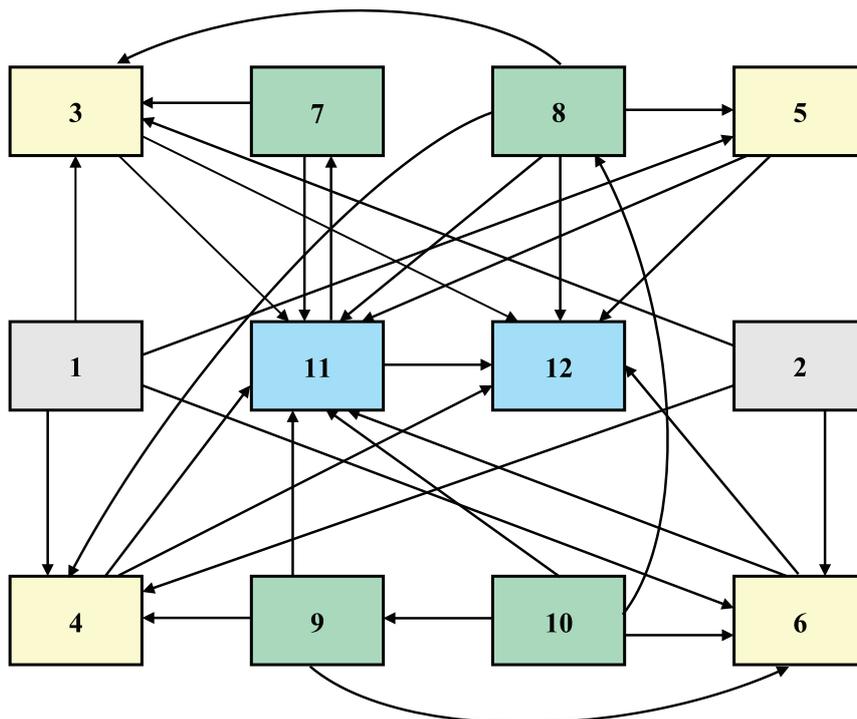
В результате опроса группы экспертов выделяют n существенных факторов (далее – *концептов*), влияющих на защищенность ПО. Эти концепты разделим на четыре группы (табл. 1). Для определенности задачи исследования воспользуемся списком наиболее распространенных дефектов (уязвимостей и неточностей) ПО [7, с. 22].

На следующем этапе на основе экспертных оценок определяют причинно-следственные связи между концептами с выделением их направленности. Результатом таких действий является построение когнитивной карты модели формирования риска информационной безопасности (МФР ИБ) в виде ориентированного графа (рис. 1), формально отражающего причинно-следственные связи без учёта интенсивности взаимовлияний концептов.

Таблица 1

Сводная матрица концептов когнитивной модели

№ п/п	Наименование концепта	Наименование концепта
А. Угрозы		
1	Внешние атаки	e_1
2	Внутренние (инсайдерские) атаки	e_2
Б. Дефекты программного обеспечения		
3	Переполнение буфера [9, с. 50]	e_3
4	Ошибки при работе с динамической памятью [7, с. 21]	e_4
5	Программные закладки	e_5
6	Утечки данных; нарушение целостности информационных ресурсов [7, с. 21]	e_6
В. Технологии защиты от реализации уязвимостей программного обеспечения		
7	Защита на уровне компилятора [7, с. 26]	e_7
8	Специальные инструменты для защиты системных и прикладных ресурсов [7, с. 26]	e_8
9	Система обфускации (запутывания) [7, с. 27]	e_9
10	Контроль целостности исполняемых программ на основе анализа их активности и их обновление [9, с. 52]	e_{10}
Г. Ожидаемые эффекты		
11	Качество функционирования программного обеспечения	e_{11}
12	Риски информационной безопасности, обусловленные нарушением работоспособности программного обеспечения	e_{12}



Когнитивная карта модели формирования риска ИБ

Для количественной оценки силы влияния концептов друг на друга привлекаются эвристические методы, использующие статистику киберпреступлений и обобщающий опыт борьбы с ними. Итогом таких исследований является когнитивная матрица $W = \{w_{i,j}, i, j = \overline{1, n}\}$ (табл. 2), дополняющая НКК (рисунок). Элементы когнитивной матрицы определяются как усреднённые (по числу экспертов) оценки интенсивностей влияния концептов друг на друга. В полученной НКК представлены наиболее существенные, непосредственные связи между концептами. Для реализации методики когнитивного анализа причинно-следственной структуры и характеристик МФР ИБ необходима информация о неявных проявлениях влияния концептов друг на друга и на результат работы ПО.

В интересах количественной оценки опосредованного взаимовлияния концептов требуется выполнить операцию транзитивного замыкания когнитивной матрицы.

Из множества известных способов транзитивного замыкания матрицы смежности воспользуемся алгоритмом, рекомендуемым в работе [8, с. 99]. Известный алгоритм заключается в следующем.

1. От исходной когнитивной матрицы (см. табл. 2) переходят к когнитивной матрице положительных связей R размер-

ностью $(2 \cdot n \times 2 \cdot n)$ на основе процедуры замены:

$$\begin{aligned} \text{если } w_{i,j} > 0, \text{ то } r_{2i-1, 2j-1} &= w_{i,j}, \quad r_{2i, 2j} = w_{i,j}; \\ \text{если } -w_{i,j} > 0, \text{ то } r_{2i-1, 2j} &= -w_{i,j}, \\ r_{2i, 2j-1} &= -w_{i,j}. \end{aligned}$$

Остальные элементы матрицы R принимают нулевое значение.

2. Определяют транзитивное замыкание нечёткого отношения R в соответствии с выражением [8, с. 29]:

$$\tilde{R} = \bigcup_{i=1}^n R^i = R \cup R^2 \cup \dots \cup R^n, \text{ где } R^2 = R \times R.$$

Произведение нечётких отношений вычисляются согласно процедуре:

$$\begin{aligned} \text{если } D = A \times B, \\ \text{то } d_{i,j} &= \max_{k=1, \dots, n} a_{i,k} \cdot b_{k,j}, \quad i, j = 1, \dots, n. \end{aligned}$$

3. От вспомогательной матрицы \tilde{R} переходят к транзитивно замкнутой когнитивной матрице V , элементами которой будут пары $(v_{i,j}, \tilde{v}_{i,j})$, где $v_{i,j}$ и $\tilde{v}_{i,j}$ характеризуют соответственно силу положительного и отрицательного влияния i -го концепта на j -й концепт:

$$v_{i,j} = \max (r_{2i-1, 2j-1}, r_{2i, 2j});$$

$$\tilde{v}_{i,j} = -\max (r_{2i-1, 2j}, r_{2i, 2j-1}).$$

Таблица 2

Когнитивная матрица $W = \{w_{i,j}, i, j = \overline{1, 12}\}$ модели формирования риска ИБ

Номер концепта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0,85	0,25	0,81	0,35	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0,92	0,87	0	0,96	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,83	0,95
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,50	0,81
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,65	0,96
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,18	0,88
7	0	0	-0,45	0	0	0	0	0	0	0	0,64	0
8	0	0	-0,92	-0,48	-0,35	0	0	0	0	0	0,47	-0,91
9	0	0	0	-0,41	0	-0,63	0	0	0	0	-0,05	0
10	0	0	0	0	0	-0,69	0	0,30	0,15	0	0,18	0
11	0	0	0	0	0	0	0,15	0	0	0	0	-0,75
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 3

Результаты расчёта системных показателей нечёткой когнитивной карты

№ п/п	Показатели консонанса		Показатели диссонанса		Показатели влияния		Показатель централизации влияния
	\vec{H}_i	\vec{H}_j	\vec{D}_i	\vec{D}_j	\vec{P}_i	\vec{P}_j	
1	0,583	0	0,417	1	0,188	0	0,188
2	0,500	0	0,500	1	0,229	0	0,229
3	0,333	0,884	0,667	0,116	0,004	0,016	-0,011
4	0,333	0,417	0,667	0,583	0,022	0,007	0,015
5	0,333	0,250	0,667	0,750	0,021	0,030	-0,008
6	0,333	0,333	0,667	0,667	0,057	-0,0008	0,058
7	0,333	0,879	0,667	0,121	-0,016	-0,001	-0,015
8	0,500	0,083	0,500	0,917	-0,148	0,025	-0,173
9	0,391	0,083	0,609	0,917	-0,114	0,013	-0,127
10	0,738	0	0,262	1	-0,092	0	-0,092
11	0,333	0,879	0,667	0,121	-0,048	-0,141	0,094
12	0	0,905	1	0,095	0	0,165	-0,165

4. Вычисляют два базовых показателя НКК:

а) воздействие i -го концепта на j -й концепт

$$h_{i,j} = \text{sgn}(v_{i,j} + \tilde{v}_{i,j}) \cdot \max(|v_{i,j}|, |\tilde{v}_{i,j}|), |v_{i,j}| \neq |\tilde{v}_{i,j}|; \quad (1)$$

б) консонанс влияния i -го концепта на j -й концепт

$$c_{i,j} = \frac{|v_{i,j} + \tilde{v}_{i,j}|}{|v_{i,j}| + |\tilde{v}_{i,j}|}, \quad (2)$$

который выражает меру доверия к знаку воздействия.

С использованием полученных данных вычисляют системные показатели консонанса и воздействия. Формулы для их определения представлены в работе [8, с. 102].

5. Анализ результатов расчётов и обоснование рекомендаций.

В соответствии с приведёнными выше расчётными соотношениями на основании полученной транзитивно замкнутой когнитивной матрицы $V = [(v_{i,j}, \tilde{v}_{i,j}), i, j = \overline{1, n}]$ вычисляют частные (1) и (2), а также системные показатели нечёткой когнитивной модели.

Учитывая, что методология формально-го представления и анализа проблемной ситуации с применением НКК представлена в монографии В.Б. Силова [8], а некоторые примеры её приложений описаны в авторских статьях [10, 11], акцентируем внимание на вопросах идентификации МФР ИБ. Примем условие, что в результате изучения предметной области экспертами ранее был выделен набор базовых факторов (концептов), оказывающих существенное влияние на защищённость программного ресурса КИС (табл. 1).

В табл. 3 представлены значения системных показателей нечёткой когнитивной модели МФР ИБ (далее – системы).

Анализ результатов когнитивного анализа свидетельствует о доминирующем положительном влиянии **концептов** e_4 , e_5 и e_6 и отрицательном влиянии **концептов** e_8 и e_9 на составляющую риска ИБ, обусловленную уязвимостями программного и, частично, информационного обеспечения КИС. Представим краткие комментарии к результатам вычислительного эксперимента (см. табл. 3). **Концепты 1 и 2**, характеризующие внешний и внутренний источники информационных атак, в рамках предложенной модели не испытывают целенаправленного воздействия со стороны СЗИ. Поэтому показатели влияния системы соответственно равны нулю: $\bar{P}_1 = 0$ и $\bar{P}_2 = 0$. Аналогично можно указать на **концепт 10**, который в нашем случае представляет собой автономное средство мониторинга и контроля качества функционирования программного обеспечения. По данным когнитивного анализа на величину риска ИБ оказывает относительно сильное влияние **концепт 6** – «Утечки данных» ($\bar{P}_6 = 0,057$), а влияние же системы на концепт практически отсутствует ($\bar{P}_6 = -0,0008$). Отметим также, что нарушение целостности информационных ресурсов может быть следствием хорошо подготовленных внешних и внутренних атак (**концепты 1 и 2**), осуществляемых согласованно или независимо.

Значительным потенциалом ($\bar{P}_8 = -0,148$) для нейтрализации выделенных уязвимостей (**концепты 3, 4 и 5**) обладает **концепт 8** «Специальные инструменты защиты системных и прикладных ресурсов». В контексте предложенной модели к таким ресурсам относятся общие и прикладные ПО. Практическая реализация функционала концепта 8 потребует отбора части вычислительных ресурсов. Поскольку данное обстоятельство уменьшит информационную производительность КИС и замедлит скорость выполнения прикладных процессов, влияние концепта

8 на систему будем интерпретировать как снижение качества функционирования программ. При этом относительно высокий консонанс концепта 8 ($\bar{H}_8 = 0,5$) подчёркивает стабильность указанной закономерности.

Ослабленное влияние **концепта 3** «Переполнение буфера» ($\bar{P}_3 = 0,004$) на систему – модель формирования риска ИБ – можно объяснить компенсацией данной уязвимости совокупностью механизмов защиты, представленных **концептами 7 и 8**.

Выводы

1. Опираясь на результаты проведённого когнитивного анализа, можно предположить, что наибольший положительный эффект следует ожидать от согласованного изменения группы управляемых концептов НКК, которые находятся в цепочке причинно-следственной связи и в совокупности обеспечивают устойчивое воздействие на систему – МФР ИБ.

2. Модель формирования риска ИБ, обусловленного осуществлением информационных атак через характерные уязвимости ПО КИС, позволяет решить ряд прикладных задач, которые характерны для корреляции событий ИБ. Несмотря на укрупнённый характер модели и упрощённое когнитивное отображение связей между концептами, в рамках предложенного подхода можно идентифицировать существенные связи между уязвимостями и видовыми механизмами защиты ПО.

3. Формальное представление модели МФР ИБ в виде НКК позволило систематизировать знания предметной области, статистические данные об инцидентах ИБ и опыт экспертов в интересах выявления закономерностей и количественной оценки степени корреляции разнородных уязвимостей и мер защиты на риски ИБ.

4. Полученные результаты исследования могут стать методической основой для выбора направления модернизации существующей системы управления событиями безопасности с целью полного удовлетворения требований политики корпоративной безопасности в условиях изменяющихся характеристик внешних и внутренних угроз.

Список литературы

1. Мухин В.Е., Волокита А.Н. Анализ событий информационной безопасности для проведения корректирующих действий по управлению безопасностью // Информатика, управление и вычислительная техника. – 2009. – № 50. – С. 1–7.
2. Гарусев М. Системы корреляции событий: революция или эволюция? // Сетевой журнал. – 2003. – № 7 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.setevoi.ru/cgi-bin/text/pl/magazines/2003/7/30> (дата обращения: 08.09.2017).
3. Федорченко А.В. Анализ методов корреляции событий безопасности в SIEN-системах. Часть 2 / А.В. Федорченко

ко, Д.С. Левшун, А.А. Чечулин, И.В. Котенко // Труды СПИИ РАН. – 2016. – № 6(49). – С. 208–225.

4. Барабанов А.В., Марков А.С., Цирлов В.Л. 28 Магических мер разработки безопасного программного обеспечения // Вопросы кибербезопасности. Специальный выпуск. – 2015. – № 5(13). – С. 2–10.

5. Козлова Е.А. Оценка рисков информационной безопасности с помощью метода нечёткой кластеризации и вычисления взаимной информации // Молодой учёный. – 2013. – № 5. – С. 154–161.

6. Надеждин Е.Н., Новикова Т.Л. Оптимизация поиска уязвимостей в системе защиты ресурсов информационно-вычислительной сети университета // Современные наукоемкие технологии. – 2017. – № 4. – С. 38–43.

7. Аветисян А. И., Белеванцев А.А., Чуляев И.И. Технологии статического и динамического анализа уязвимостей программного обеспечения // Вопросы кибербезопасности. – 2014. – № 3(4). – С. 20–28.

8. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке: монография. – М.: ИНПРО-РЕС, 1995. – 228 с.

9. Уланов А.В. Уязвимости программного обеспечения – одна из основных угроз информационной безопасности современных информационно-телекоммуникационных систем // Бизнес и безопасность в России. – 2010. – № 56. – С. 49–53.

10. Надеждин Е.Н. Нечёткая когнитивная модель механизма обеспечения конкурентоспособности программного продукта // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. Scientific journal. – 2016. – № 1–2. – P. 13–19.

11. Надеждин Е.Н., Смирнова Е.Е. Когнитивный анализ механизма формирования экономической компетентности выпускника университета // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=24174> (дата обращения: 10.08.2017).

УДК 621.922.3

ПОВЕРХНОСТЬ КОРУНДА ПОСЛЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С МОЛИБДЕНОМ В УСЛОВИЯХ МИКРОЦАРАПАНИЯ НА СКОРОСТИ 60 М/С

¹Носенко В.А., ¹Авилов А.В., ¹Ладыгина О.М., ²Кузнецов С.П.

¹Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волжский, e-mail: nosenko@volpi.ru;

²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, e-mail: cemen1894@yandex.ru

Приведены результаты исследования поверхностей контакта при микроцарапании корундом молибдена. Условия царапания соответствуют процессу плоского шлифования с поперечной подачей и скоростью резания 60 м/с. Морфологию и химический состав поверхностей контактов исследовали на электронном микроскопе Versa 3D. Содержание химических элементов определяли методом рентгеноспектрального анализа при сканировании по площади и линии. Показаны особенности формирования площадки износа на кристалле корунда и поверхности царапины на металле. Корунд при микроцарапании молибдена изнашивается в результате истирания и микроскалывания. Повышенное содержание алюминия и кислорода в поверхности царапин и морфология инородных включений свидетельствуют о внедрении продуктов износа корунда в поверхность молибдена. Молибден переносится на поверхность площадки износа корунда и концентрируется вблизи трещин и других дефектов, образующихся на поверхности корунда. В связи с невысокой адгезионной активностью пары молибден – корунд в условиях микроцарапания профиль царапины соответствует профилю площадки износа корунда.

Ключевые слова: корунд, молибден, микроцарапание, площадка износа, морфология поверхности, химический состав, электронный микроскоп, рентгеноспектральный микроанализ

CORUND SURFACE AFTER INTERACTION WITH MOLYBDEN IN CONDITIONS OF MICROSCARRING ON SPEED 60 M/S

¹Nosenko V.A., ¹Avilov A.V., ¹Ladygina O.M., ²Kuznetsov S.P.

¹Volzhsky Polytechnic Institute (branch) FGBOU VO «Volgograd State Technical University», Volzhsky, e-mail: nosenko@volpi.ru;

²Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: cemen1894@yandex.ru

The results of the investigation of contact surfaces in the case of micro corrupting with molybdenum corundum are presented. The scratching conditions correspond to the process of flat grinding with a transverse feed and a cutting speed of 60 m/s. The photographs of the contact surfaces made on the Versa 3D electron microscope are given. Corundum wears out with the formation of a regular profile – a combination of risks. Molybdenum due to the low adhesion activity of molybdenum with respect to corundum basically fills the chips and cracks on its surface. The combination of scratches on the surface of corundum and the low adhesion activity of molybdenum lead to the copying of the grain surface onto the surface of the scratch. Chemical analysis of the surface layer was carried out by the method of local micro-X-ray spectral analysis. The increased content of aluminum and oxygen in the surface of scratches indicate the possibility of introducing particles of corundum into the surface of molybdenum. Molybdenum transfers wear resistance to the surface of the site and are concentrated near the cracks and other defects that form on the corundum surface. Due to the low adhesion activity of the molybdenum-corundum pair under microarray conditions, the scratch profile corresponds to the profile of the corundum wear pad.

Keywords: corundum, molybdenum, microarray, wear pad, surface morphology, chemical composition, electron microscope, X-ray spectral microanalysis

Молибден и его сплавы относятся к тугоплавким металлам, из которых изготавливают ответственные детали самолетов, ракет, космических аппаратов и атомных реакторов. По прочностным свойствам молибден и его сплавы занимают второе место после вольфрама и первое – по удельной прочности при температурах менее 1400 °С [1, 2].

Для обработки молибдена и его сплавов шлифованием в качестве абразивных материалов используют в основном карбид кремния, алмаз и электрокорунд. По износостойкости корунд и карбид кремния при

микроцарапании технического молибдена имеют практически одинаковые свойства.

Исследована интенсивность адгезионного взаимодействия молибдена с абразивными материалами. В качестве критерия использовали взаимоперенос материалов [3]. При шлифовании кругом из карбида кремния перенос абразивного материала на обработанную поверхность определяли по содержанию кремния. Из двенадцати *d*-переходных металлов (титан, цирконий, гафний, ванадий, ниобий, тантал, хром, молибден, вольфрам, железо, кобальт, никель) по интенсивности адгезионного взаимодей-

ствия молибден находится на предпоследнем месте. Минимальный перенос кремния наблюдается при шлифовании вольфрама [4]. Морфология и химический состав площадок износа кристаллов из карбида кремния при микроцарапании *d*-переходных металлов исследованы в работах [5].

На основании полученных результатов по интенсивности адгезионного взаимодействия с карбидом кремния молибден, а также вольфрам и хром, расположенные в VIB подгруппе Периодической системы химических элементов, считаются относительно инертными, металлы IVB и VB подгрупп – адгезионно активными. При шлифовании адгезионно-активных металлов интенсивность контактного взаимодействия пары абразив – металл является определяющим фактором в износе абразивного инструмента, при шлифовании относительно инертных – их механические свойства, в частности прочность и микротвердость [4].

В меньшей степени исследованы контактные процессы при шлифовании и микроцарапании абразивным инструментом и инденторами из корунда.

Исходя из этого, цель данной работы заключалась в исследовании морфологии и химического состава площадки износа кристалла корунда после микроцарапания молибдена.

Материалы и методы исследования

Подготовку поверхности металлов и микроцарапание осуществляли на прецизионном профилешлифовальном станке CHEVALIER с числовым программным управлением мод. Smart-B1224III. В качестве обрабатываемого материала выбран молибденовый сплав МШЧ-2, содержание основного металла – не менее 99,97% мас. Микроцарапание осуществляли корундовыми иглами, заточенными на конус с углом 110°. Иглы закрепляли в специальные цанговые оправки. Скорость микроцарапания составляла 60 м/с, глубина – до 15 мкм.

Состояние рельефа и химический состав в нанослоях поверхности исследовали с использованием последних мировых достижений в области физических методов контроля качества поверхности на растровом двухлучевом электронном микроскопе FEI Versa 3D LoVac. Прибор осуществляет всестороннее исследование объекта, что достигается вращением предметного столика вокруг вертикальной оси на 360° и поворотом его относительно горизонтали на угол от -15° до +90° при увеличении от 100 до 1000000×. На выбранном участке, линии или точке поверхности объекта воз-

можно исследование химического состава. Предварительный анализ состояния поверхности индентора и обрабатываемого металла выполняли на микроскопе Альтами SM0870-T [6, 7].

Результаты исследования и их обсуждение

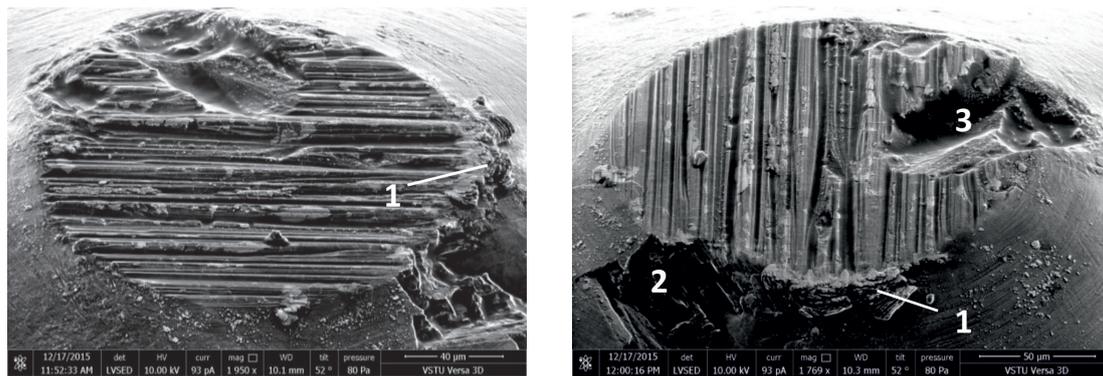
После микроцарапания молибдена на поверхности кристалла корунда образовалась площадка износа диаметром около 180 мкм. Для получения объемного изображения на рис. 1, а электронная фотография получена при наклоне площадки на угол 52° вокруг горизонтальной оси. Направление движения индентора в главном движении резания слева направо. Об этом свидетельствуют налипы металла 1 с правого края площадки и горизонтальное положение риска, образовавшихся на поверхности кристалла. На рис. 1, б, площадка износа повернута по часовой стрелке на 90°. Налипы 1 имеют сегментное строение и представляют собой фрагменты стружки, приваренные к главной режущей кромке лезвия. Обращенная к нам коническая поверхность кристалла является передней поверхностью лезвия, сформированная площадка износа – задней поверхностью. С левой стороны передней конической поверхности в результате хрупкого разрушения образовался скол 2. Следы хрупкого разрушения 3 имеются и на правой стороне площадки износа (задняя поверхность).

В результате взаимодействия с молибденом на поверхности площадки износа сформировались продольные риски, направление которых совпадает с направлением главного движения. Риски не всегда параллельны. Среднее расстояние между рисками 2,8 мкм.

Площадка износа покрыта трещинами, располагающимися перпендикулярно траектории движения зерна (рис. 2, а). Более отчетливо трещины видны на вершинах рисок. Некоторые трещины, например 4, пересекают несколько рисок.

При микроцарапании молибден налипает на площадку износа кристалла корунда. Средняя концентрация металла на площадке износа в атомных долях составляет около 5%. Достаточно большие налипы металла могут образовываться на вершинах (позиции 5, 6) и впадинах рисок (позиция 7). Молибден способен проникать в микротрещины на поверхности кристалла.

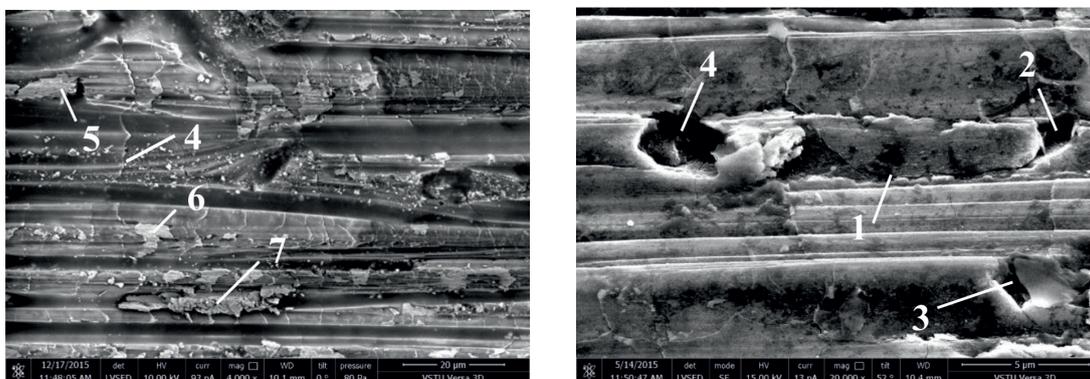
Трещина, возникающая на вершине риска (рис. 2, б), может развиваться вдоль её основания (позиция 1), что в последующем приводит к выкрашиванию микрообъемов на поверхности кристалла (позиции 2–4).



а

б

Рис. 1. Общий вид площадки износа корунда после микроцарапания молибдена



а

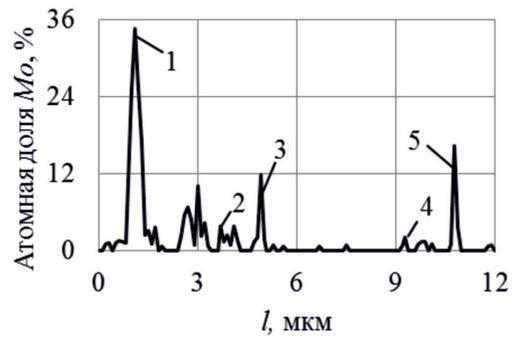
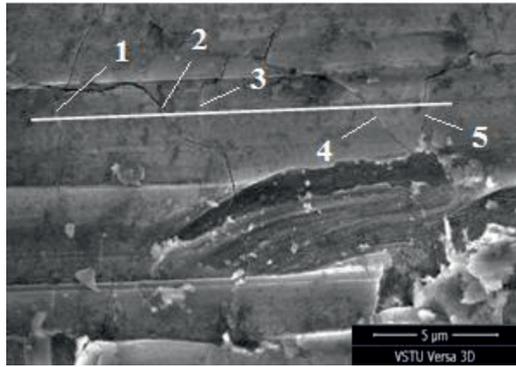
б

Рис. 2. Состояние поверхности кристалла при увеличении 4000 крат, $\alpha = 0^\circ$ (а) и 20000 крат, $\alpha = 52^\circ$ (б)

Для подтверждения скопления молибдена в трещинах, образующихся на площадке износа кристалла, концентрацию металла измеряли методом сканирования по линии. Линию определяли таким образом, чтобы она пересекала несколько трещин. На рис. 3, а цифрами от 1 до 5 обозначены трещины, которые пересекает линия сканирования в направлении слева направо. Пики концентраций, также обозначенные цифрами на рис. 3, б, определяют содержание молибдена в точках пересечения линии сканирования с соответствующими трещинами. В промежутках между трещинами по траектории сканирования встречаются отдельные мелкие налипсы молибдена. Один из фрагментов такого участка показан на рис. 3, в, при увеличении 500000 крат. Размер трех наиболее крупных налипсов не превышает 400–500 нм. Толщина трещин, изображенных на рисунке, составляет около 40–50 нм.

В сравнении, например, с титаном, адгезионная активность молибдена к корунду существенно меньше. Средняя концентрация металла на поверхности корунда после микроцарапания титана больше почти в 2 раза.

О невысокой адгезионной активности пары молибден – корунд свидетельствует и состояние поверхности царапин, полученных при микроцарапании молибдена индентором из корунда (рис. 4, а). Рельеф царапины, особенно в центральной и левой части, сформированной, в соответствии с рис. 1, неразрушенной частью кристалла корунда, относительно чистый. Имеются достаточно четкие продольные риски, соответствующие рельефу площадки износа кристалла корунда. Среднее расстояние между рисками около 3 мкм, что соответствует среднему расстоянию между рисками на площадке износа кристалла корунда.



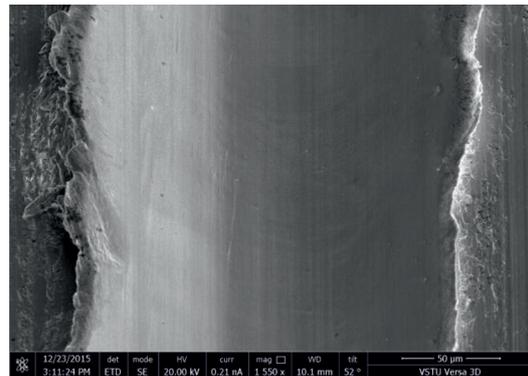
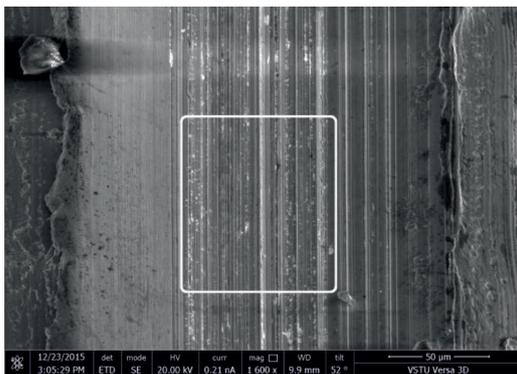
а

б



в

Рис. 3. Фрагмент площадки износа с линией сканирования (а), диаграмма изменения концентрации молибдена по линии сканирования (б) и фрагмент поверхности между трещинами 2 и 3 (в)



а б

Рис. 4. Морфология царапины на молибдене после взаимодействия с корундом (а) и карбидом кремния (б)

На краях царапин образовались навалы из металла, вытесненного из-под кристалла. При этом контакт происходит с конусной частью индентора, что отражается на рельефе поверхности: левый

отвал (рис. 4, а) гладкий, а правый, как сформированный после схода металла по поверхности имеющей скол (см. рис. 1, б), содержит риски копирующие рельеф кристалла.

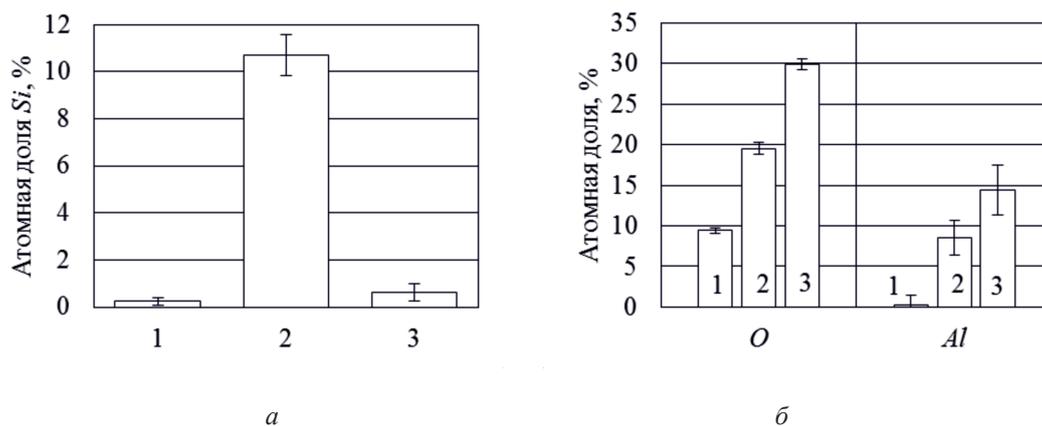


Рис. 5. Концентрация химических элементов в поверхности царпин (энергия возбуждения 5 кВ) после взаимодействия с карбидом кремния (а) и корундом (б): 1 – подготовленная поверхность; 2 – 1-я царпина; 3 – 58-я царпина

На поверхности царпин иногда встречаются инородные включения. Микрорентгеноспектральный анализ, выполненный методом сканирования по площади, выделенной на рис. 4, а, показал наличие следующих химических элементов: *Mo*, *O*, *Al* и *N*.

С ростом числа касаний корунда с поверхностью металла возрастает интенсивность микровыкрашивания (образование рисок на корунде), в отличие от карбида кремния [4], что увеличивает объем продуктов износа и перенос их на поверхность царпины. В результате морфология царпин на молибдене после взаимодействия с корундом и карбидом кремния существенно отличается. Так, после взаимодействием с карбидом кремния она практически не имеет рисок (рис. 4, б), а после взаимодействия с корундом риски покрывают всю центральную часть поверхности, где происходило взаимодействие с площадкой износа кристалла (рис. 4, а). Микрорентгеноспектральный анализ показал, что концентрация кремния в поверхности царпин вначале существенно возрастает, а потом снижается до уровня в подготовленной поверхности (рис. 5, а). Концентрация алюминия в поверхности царпин многократно превышает содержание алюминия в исходном металле (рис. 5, б). Концентрации кислорода и алюминия изменяются пропорционально. Поэтому можно предположить, что частички на поверхности царпин являются продуктами износа кристалла и представляют собой корунд.

Меньшее содержание модифицирующих элементов (кремния) в поверхности царпин после взаимодействия с карбидом кремния по сравнению с поверхностью царпин после взаимодействия с корундом (алюминия и кислорода) согласуется со ско-

ростью износа кристаллов. Наблюдается большая износостойкость карбида кремния, чем корунда, при взаимодействии с молибденом. Увеличение продолжительности контакта корунда с молибденом приводит к интенсификации его износа по косвенному показателю – количеству модифицирующих элементов в поверхности царпин на молибдене.

Выводы

Корунд при микроцарапании молибдена изнашивается в результате истирания и микроскалывания.

Молибден переносится на поверхность площадки износа корунда, как и на поверхность карбида кремния, и концентрируется вблизи трещин и других дефектов, образующихся на поверхности корунда.

В связи с невысокой адгезионной активностью пары молибден – корунд, как и молибден – карбид кремния, в условиях микроцарапания профиль царпины соответствует профилю площадки износа корунда и карбида кремния соответственно.

Корунд после взаимодействия с молибденом подвергается большей модификации по сравнению с карбидом кремния, что отражается в развитости поверхности площадки износа (сочетание рисок и элементов микровыкрашивания). Интенсивность изменения поверхности подтверждается косвенным показателем – количеством модифицирующих элементов в поверхности царпин на молибдене.

Повышенное содержание алюминия и кислорода в поверхности царпин и морфология инородных включений свидетельствуют о внедрении продуктов износа корунда в поверхность молибдена.

Список литературы

1. Лыкасов А.А. Металлургия вольфрама и молибдена: учебное пособие / А.А. Лыкасов, Г.М. Рысс, В.М. Жихарев // Мин-во образования и науки РФ, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский гос. ун-т. – Челябинск, 2007. – 78 с.
2. Методы исследования микроструктуры и механических свойств металлов и сплавов / Л.М. Полторацкий, А.Б. Юрьев, О.Д. Сидорова, В.Е. Громов. – Новокузнецк: СибГИУ, 2008. – 162 с.
3. А.С. 852501 СССР, МКИ В 24В 1/00. Способ определения оптимальных условий шлифования / Г.И. Саютин, В.А. Носенко, А.П. Татаринов, Н.Ф. Ларионов // Открытия, изобретения. – 1981. – № 29.
4. Носенко В.А. Критерий интенсивности взаимодействия абразивного и обрабатываемого материалов при шлифовании / В.А. Носенко // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2001. – № 5. – С. 85–91.
5. Электронно-микроскопические и микрорентгеноспектральные исследования площадки износа карбида кремния после микроцарапания кобальта / В.А. Носенко, А.В. Авилов, А.В. Морозов, В.И. Бахмат // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15418>.
6. Абдуллаев О.Р., Габельченко А.И., Иванников П.В., Якунин А.С. Исследование кубического нитрида бора методами ЦКЛ и ЦКЛВСП в растровом электронном микроскопе // Научные технологии. – 2013. – Т. 14, № 11. – С. 084–088.
7. С. Дж. Б. Рид. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии. пер. с англ. Д.Б. Петрова, И.М. Романенко, В.А. Ревенко. – М.: Техносфера РИЦ ЗАО, 2008. – 229 с.

УДК [666.364 + 661.185.232]:544.778.3

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЛЮСА, БРОМИДА ДИЭТИЛДИБЕНЗИЛАММОНИЯ, ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПАЯЛЬНЫХ ПАСТ

¹Полежаева Н.И., ²Ромулов А.В.

¹ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева», Красноярск, e-mail: piv-80@mail.ru;

²АО «КБ Искра», Красноярск, e-mail: info@iskrabb.ru

Настоящая статья посвящена исследованию физико-химических свойств флюса, бромида диэтилдобензиламмония, для низкотемпературных паяльных паст, используемых в технологии поверхностного монтажа. Дифференциальной сканирующей калориметрией и термогравиметрией установлено, что при нагревании бромида диэтилдобензиламмония в инертной атмосфере аргона в интервале температур 140–250 °С происходит полное разложение четвертичной аммониевой соли с потерей 99% исходной массы. Результаты масс-спектрометрического анализа показали, что в конечных продуктах термической деструкции флюса присутствуют этан, бутан, бутен, ацетилен, а также бромсодержащие осколочные ионы. Газообразные продукты термодеструкции бромида диэтилдобензиламмония не агрессивны и при конденсации на поверхностях компонентов печатных плат не вызывают коррозию электронной аппаратуры. Остатки флюса-связки, полиэфирной смолы, модифицированной канифолью, и бромида диэтилдобензиламмония, после оплавления некоррозионноактивны и непроводящи. Это позволяет исключить стадию отмывки печатных плат и их ремонт, уменьшить количество брака, что приводит к снижению трудоемкости при изготовлении электронных устройств и увеличению производительности труда.

Ключевые слова: флюс, бромид диэтилдобензиламмония, органическое связующее, полиэфирная смола, модифицированная канифолью, флюс-связка, паяльная паста, поверхностный монтаж

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF FLUX, DIETHYLDIBENZYLAMMONIUM BROMIDE, FOR LOW-TEMPERATURE SOLDER PASTES

¹Polezhaeva N.I., ²Romulov A.V.

¹Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, e-mail: piv-80@mail.ru;

²JSC Design bureau «Iskra», Krasnoyarsk, e-mail: info@iskrabb.ru

This article is dedicated to the research of physico-chemical properties of low-temperature solder flux (diethylbenzylammonium bromide), used in surface-mount technology. Differential scanning calorimetry and thermogravimetric analysis indicates that this substance is chemically active within the temperature range of 140–210 °C while heated in atmospheric air. Thermal analysis, performed in inert argon atmosphere during heating, shows that quaternary ammonium salt completely decomposes within the temperature range of 140–250 °C, losing 99% of its initial mass. Mass spectrometric analysis revealed that residue from thermal decomposition of flux consists of ethane, butane, butene, acetylene and bromine-containing fragmentary ions. Gaseous products of diethylbenzylammonium bromide thermal destruction aren't capable of causing corrosion of electronic apparatus when condensed on the surface of the circuit board. After-fusion residues of the flux binder – rosin-modified polyester resin and diethylbenzylammonium bromide – are non-corrosive and non-conductive. This allows to exclude plate cleaning and repair and decrease amount of defects, and therefore allows to reduce labor input and expenses of electronic devices production.

Keywords: flux, diethylbenzylammonium bromide, organic binder, polyester resin, rosin-modified, flux-binder, solder paste, surface-mount technology

Поверхностный монтаж – технология изготовления электронных устройств, а также связанные с данной технологией методы конструирования печатных узлов [1].

Целью технологии является качественный результат пайки с максимальной повторяемостью. Это основные требования при крупносерийном и мелкосерийном производстве [1].

Выбор материалов для пайки является самым сложным, так как необходимо подобрать паяльную пасту, соответствующую требованиям технологии поверхностного монтажа [2].

Флюс, являясь компонентом паяльной пасты, обеспечивает прохождение процесса пайки.

Целью данной работы является исследование физико-химических свойств флюса, бромида диэтилдобензиламмония, для низкотемпературных паяльных паст.

Материалы и методы исследования

В качестве флюса для низкотемпературной паяльной пасты использовали бромид диэтилдобензиламмония $[N(C_2H_5)_2(C_6H_5CH_2)_2]Br$ [3].

Комплексный термический анализ бромида диэтилдобензиламмония проведен с помощью синхронного термоанализатора STA 449 *Jupiter* (фирмы NETZSCH), сочетающего одновременное измерение измене-

ний массы (термогравиметрия) и тепловых потоков (дифференциальная сканирующая калориметрия) и совмещенного с квадрупольным масс-спектрометром QMS 403 *Aeolos* (фирмы NETZSCH) для анализа газов, выделяющихся при нагревании образцов. Использовался платина/платино-родиевый держатель (TG-DSC сенсор типа S) в сочетании с корундовыми (Al_2O_3) тиглями с проколотыми крышками [4–6]. Флюс, бромид диэтилдибензиламмония, подвергался нагреванию от температуры $40^\circ C$ до $600^\circ C$ по температурной программе со скоростью 5 град/мин, в динамической атмосфере аргона (скорость потока газа: 30 мл/мин.) [5].

Квадрупольный масс-спектрометр (ионизация электронным ударом) подключен к STA с помощью линии подачи газов с постоянной температурой $230^\circ C$. Масс-спектрометр QMS 403 позволяет определить массовые числа от 1 до 300 а.е.м. Данные, полученные с масс-спектрометра, программно объединены с данными STA системы [4–6].

Результаты исследования и их обсуждение

Паяльная паста представляет собой суспензию порошка припоя в флюсующей связующей [7].

Без флюса пайка становится невозможной [8]. Даже незначительное окисление предотвращает нормальное смачивание места пайки.

Флюс – компонент паяльных паст должен хорошо растворяться в органической связке; не взаимодействовать с порошком припоя при хранении пасты; проявлять химическую активность при температуре пайки; обладать возможно меньшими коррозионным воздействием и токсичностью [1].

Механизм действия флюса заключается в том, что окисные пленки металла и припоя растворяются или разрыхляются и всплывают на поверхности флюса. На поверхности очищенного (активированного) металла образуется защитный слой флюса, препятствующий возникновению новых окисных пленок и загрязнений (если сам флюс не разлагается при перегреве). Жидкий припой должен замещать флюс и взаимодействовать с основным металлом. Поэтому смачиваемость припоем спаиваемых поверхностей должна быть больше, чем у флюса [9].

Химическая активность флюса, используемого в технологии поверхностного монтажа, должна проявляться только при температуре пайки. При температурах эксплуатации аппаратуры флюс должен быть нейтральным и некоррозионноактивным [9].

Термический анализ показал, что бромид диэтилдибензиламмония химически активен при рабочих температурах оплавления низкотемпературных паяльных паст 140 – $250^\circ C$ (рис. 1).

Дополнительное требование к флюсу состоит в том, что он не должен образовывать агрессивных паров, которые, конденсируясь на компонентах печатных плат, вызывают коррозию металлических поверхностей и влияют на работу электронной аппаратуры [9].

Для определения продуктов термодеструкции бромида диэтилдибензиламмония был проведен его термический масс-спектрометрический анализ в инертной атмосфере.

При нагревании бромида диэтилдибензиламмония в интервале 140 – $250^\circ C$ происходит полное разложение четвертичной аммониевой соли с потерей 99% исходной массы (рис. 1).

Этот процесс описывается на кривой DSC сдвоенным эндотермическим эффектом с максимумами при температурах $174,4^\circ C$ и $185,1^\circ C$. Энтальпия разложения бромида диэтилдибензиламмония составила $\Delta H = 555,50 \pm 0,01$ Дж/г.

Результаты масс-спектрометрического анализа (рис. 2) показали, что разложение бромида диэтилдибензиламмония начинается с отщепления от молекулярного иона бензильных заместителей $C_6H_5CH_2^+$ (m/z 91) с образованием третичного (m/z 163) или вторичного (m/z 73) аминов, с последующим отщеплением этильного заместителя $C_2H_5^+$ (m/z 29) и элиминированием молекулы этилена (m/z 28) по схеме 1.

Кроме того, в масс-спектре разложения бромида диэтилдибензиламмония зафиксированы различные углеводороды: этан (m/z 30), бутан (m/z 58), бутен (m/z 56) – продукты рекомбинации отщепляющихся этильных заместителей, ацетилен (m/z 26) – продукт перегруппировки бензильного катиона, который, в свою очередь, распадается с отщеплением ацетилен:

В масс-спектре продуктов разложения бромида диэтилдибензиламмония присутствуют также бромсодержащие осколочные ионы с m/z 81, 82, 96, 110.

Остатки флюсующего связующего после пайки должны быть нейтральными и не вызывать коррозию электронной аппаратуры.

В процессе оплавления паяльной пасты основная часть флюсующего связующего испаряется и выгорает, оставшаяся же часть должна быть некоррозионной и непроводящей. На коррозионную активность флюс-связка после оплавления была проверена на медных пластинках в камере влаги: темпе-

ратура $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$, время 21 день, влажность $(93 \pm 3)\%$ [10]. Полученные результаты показали, что оставшаяся часть после оплавления флюса-связки некоррозионноактив-

на [11]. Удельное объемное сопротивление оставшейся части после оплавления и выдержки ее в камере влаги составило в среднем $1,7 \times 10^{13}$ Ом \times м [3].

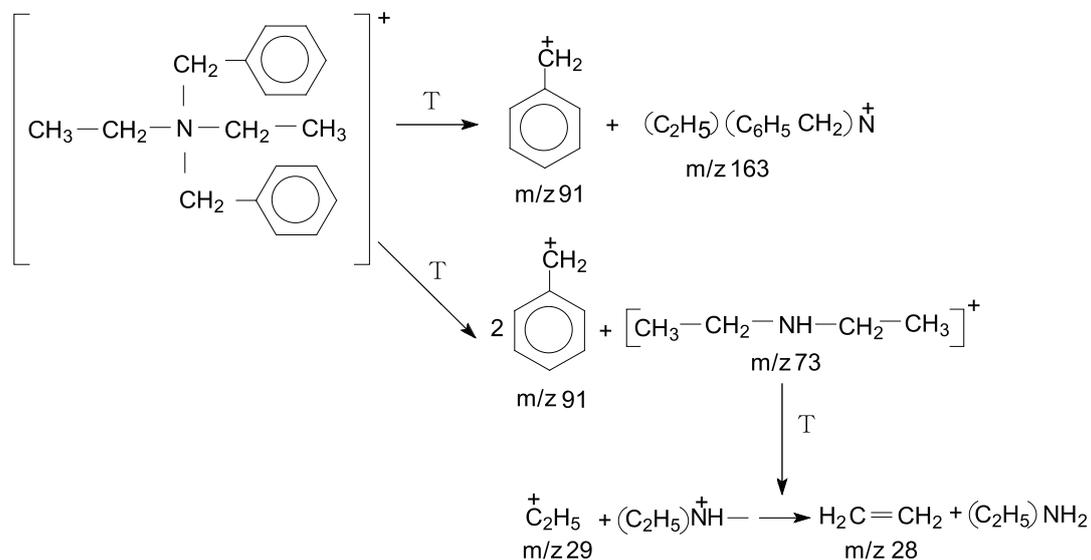


Схема 1. Разложение катиона диэтилдобензиламмония при нагревании в инертной атмосфере

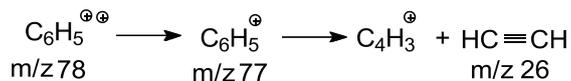


Схема 2. Распад бензильного катиона

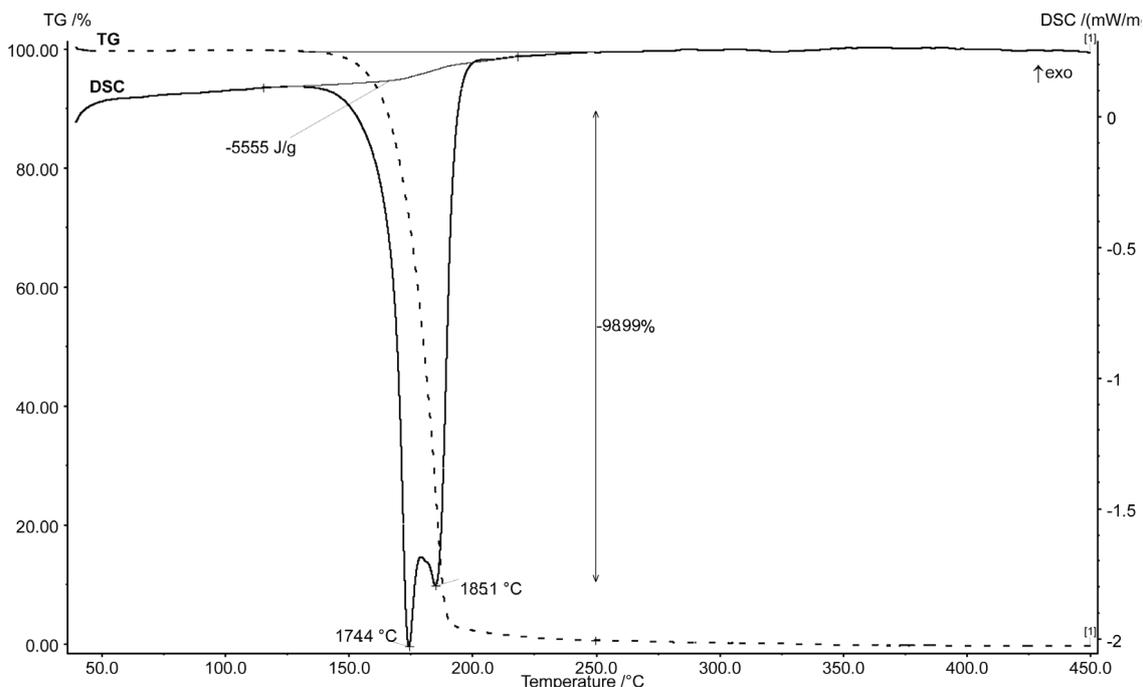


Рис. 1. Кривые TG и DSC для бромид диэтилдобензиламмония при нагревании в инертной атмосфере

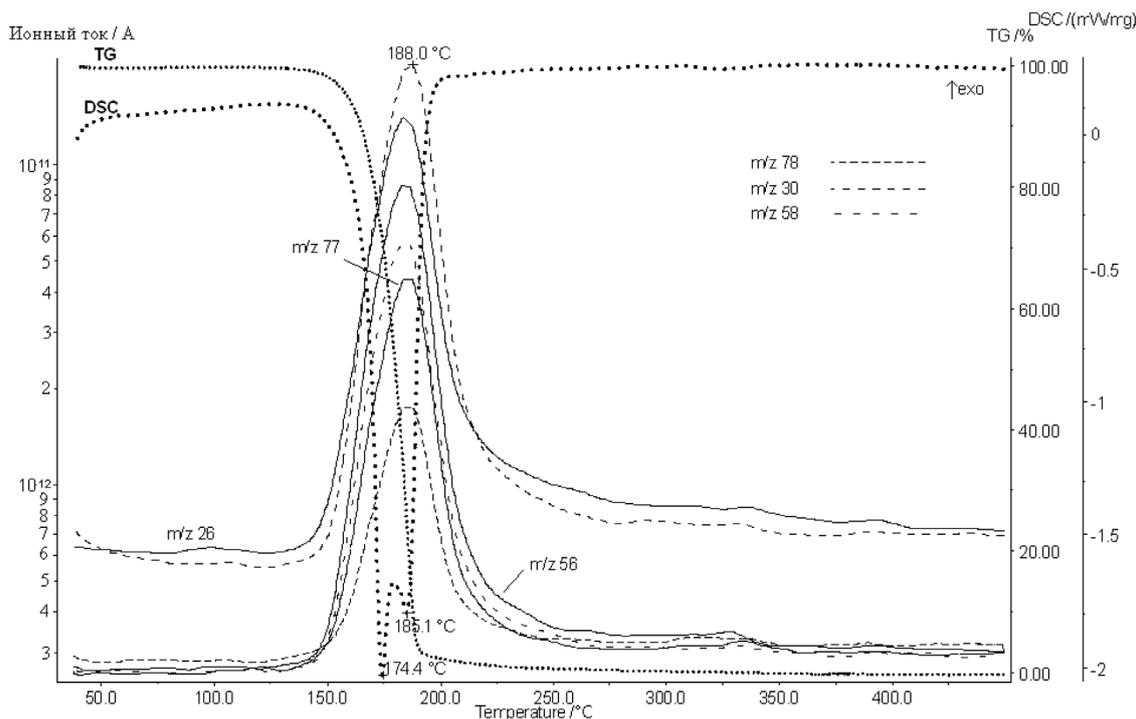


Рис. 2. Фрагмент масс-спектра бромида диэтилдибензиламмония при нагревании в инертной атмосфере

После пайки остатки флюсующего связующего, полиэфирной смолы, защищают металлические поверхности от контакта с окружающей средой. Полиэфирная смола является хорошим диэлектриком, но при этом она чувствительна к внешним воздействиям и разрушается при температурных колебаниях. Разрушение полиэфирной смолы приводит к попаданию на поверхность печатных плат продуктов термодеструкции, которые обладают проводимостью и вызывают коррозию при соприкосновении с влагой.

Считается, что безотмывочные пасты не должны содержать галогенов. Однако в процессах без отмывки после пайки можно использовать и галогенсодержащие пасты, ибо вопрос «мыть или не мыть?» следует решать только исходя из требований надежности готового продукта [7].

Заключение

Комплексным термическим анализом установлено, что флюс бромид диэтилдибензиламмония в интервале температур 50–140 °С химически активен и не изменяет состав при нагревании. С повышением температуры от 140 до 250 °С происходит полное разложение бромида диэтилдибензиламмония с потерей 99% исходной массы.

Масс-спектрометрическим анализом показано, что при разложении бромида диэтилдибензиламмония не образуется агрессивных паров, обладающих коррозионным воздействием на электронную аппаратуру.

Оставшаяся часть флюса-связки после пайки является некоррозионноактивной и непроводящей, что позволяет исключить стадию отмывки печатных плат и их ремонт, что снижает трудоемкость при изготовлении электронных устройств.

Список литературы

1. Материалы для пайки и ремонта печатных плат [Электронный ресурс] // Группа компаний Остек. – 2013. – № 14. – 92 с. URL: https://ostec-materials.ru/upload/iblock/f60/f60_b6471a_7a2705150e35f4304955b10.pdf (дата обращения: 10.09.2017).
2. Кантер А, Вахрушев О. Качественная паяльная паста – залог успешного производства // Технологии в электронной промышленности. – 2009. – № 7. – С. 16–18.
3. Полежаева Н.И., Полежаева И.В., Левданский В.А., Кузнецов Б.Н. Получение и исследование свойств низкотемпературных припойных паст на основе полиэфирной смолы и бромида диэтилдибензиламмония // Журнал прикладной химии. – 2002. – Т. 75. – Вып. 4. – С. 689–690.
4. Федорчук М.А., Тарасова Л.С., Кузнецов П.Н. Исследование процесса термоокислительной деструкции бурых углей на воздухе методом дифференциальной сканирующей микрокалориметрии // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: статьи Всерос. науч.-практ. конф. (Красноярск, 3–4 декаб. 2009 г.). – Красноярск: СибГТУ, 2010. – Т. 1. – С. 240–245.

5. Полежаева Н.И., Тарасова Л.С. Термическая деструкция полиэфирной смолы, модифицированной какифолью // Химия растительного сырья. – 2010. – № 4. – С. 161–166.
6. Реакционная способность бурых углей в условиях термоокислительной деструкции / П.Н. Кузнецов [и др.] // Химия твердого топлива. – 2012. – № 1. – С. 12–16.
7. Нижник М. Паяльные пасты: все о главном // Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. – 2008. – № 5. – С. 27–32.
8. Сускин В.В. Основы технологии поверхностного монтажа [Текст] / В.В. Сускин // Рязань: Издательство Узорье, 2001. – 160 с.
9. Медведев А.М. Сборка и монтаж электронных устройств [Текст] / А.М. Медведев. – М.: Техносфера, 2007. – 256 с.
10. Полежаева Н.И., Полежаева И.В., Федоров В.А. Полиэфирная смола, модифицированная продуктом комплексной переработки коры лиственницы // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2007. – Т. 50. – Вып. 6. – С. 88–90.
11. ГОСТ Р МЭК 61191-1-2010. Национальный стандарт РФ. Печатные Узлы. Часть 1. Поверхностный монтаж и связанные с ним технологии. Общие технические требования. – Введ. 2011-07-01 [Электронный ресурс]. – М.: Стандартинформ, 2011. – 69 с. – <http://docs.cntd.ru/document/1200083562> (дата обращения: 10.01.2017).

УДК 665.777.4

РАСЧЕТ И МОДЕРНИЗАЦИЯ КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА УСТАНОВКИ ПРОКАЛКИ НЕФТЯНОГО КОКСА

Пономаренко Е.А., Яблокова М.А., Ермолаев А.В.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», Санкт-Петербург, e-mail: kip@technolog.edu.ru

Основной проблемой при эксплуатации котла-утилизатора (КУ) установки прокалки нефтяного кокса до реконструкции являлась сквозная коррозия теплообменных труб. Причина снижения паропроизводительности заключалась в вынужденном выводе теплообменных труб КУ из эксплуатации путем их заглушения. До модернизации конструкции КУ ремонт его элементов был невозможен из-за отсутствия доступа. Было предложено два варианта модернизации КУ, повышающих его производительность по пару и ремонтпригодность. Выбор варианта модернизации КУ был сделан на основании математического моделирования тепловых процессов в котле с помощью программного комплекса Flow Vision. Правильность выбранного технического решения подтверждена на практике: после реконструкции производительность КУ по пару увеличилась на 15 %, ремонтпригодность стала несравнимо выше.

Ключевые слова: замедленное коксование, установка прокалки нефтяного кокса, энергосбережение, котел-утилизатор, производительность и ремонтпригодность, модернизация, теплоперенос, математическое моделирование, программный комплекс Flow Vision

CALCULATION AND MODERNIZATION OF THE RECOVERY BOILER FOR PETROLEUM COKE CALCINATION UNIT

Ponomarenko E.A., Yablokova M.A., Ermolaev A.V.

Federal State Educational Institution of Higher Education St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University), St. Petersburg, e-mail: kip@technolog.edu.ru

The main problem in the operation of the recovery boiler (RB) installations for the calcination of petroleum coke before modernization was the through corrosion of heat exchanger tubes. The reason for the decline in steam production was the compelled withdrawal from exploitation of RB tubes by their silencing. Before the RB upgrade repair of its elements was not possible due to lack of access. Two options were suggested for RB upgrading, increasing steam production and maintainability. The choose of RB upgrading mode was made on the basis of mathematical modeling of thermal processes in the boiler by means of the software complex Flow Vision. The correctness of the chosen technical solutions is confirmed in practice: after the reconstruction steam performance of RB increased by 15 %, maintainability became incomparably higher.

Keywords: delayed coking, petroleum coke calcination unit, energy saving, recovery boiler, maintainability, modernization, heat transfer, mathematic modeling, simulation, Flow Vision

На Атырауском нефтеперерабатывающем заводе возникла задача увеличения производительности установки прокалки нефтяного кокса (УПНК) с 18,7 до 23,5 т/час [1]. При этом существенно возрастает нагрузка на котел-утилизатор теплоты дымовых газов.

Существующий на заводе котел-утилизатор конструкции фирмы «Бабкок» (Германия) представляет собой прямоугольную вертикальную шахту, боковые стенки которой выполнены из вертикальных теплообменных трубок, соединенных между собой сплошными перемычками из тонкой листовой стали. В шахте установлены горизонтальные теплообменные трубные пакеты. Схема котла (рис. 1) предусматривает два контура циркуляции – естественный и искусственный, а также нагрев воды и перегрев пара.

Основной проблемой при эксплуатации КУ является сквозная коррозия труб его элементов. За восьмилетний период эксплу-

атации производительность котла по пару упала на 65 % и к моменту реконструкции составляла 35 % от номинальной мощности. Основной причиной снижения производительности являлся вывод теплообменных труб КУ из эксплуатации путем их заглушения, поскольку ремонт их был невозможен из-за отсутствия доступа.

Расчет теплообмена в боковых стенках котла-утилизатора

Боковая охлаждающая стенка котла-утилизатора представляла собой сварную конструкцию, составленную из труб охлаждения $\varnothing 38 \times 4$ мм высотой 12 м и перемычек толщиной 6 мм между ними (см. рис. 2). Общая длина сварных швов при такой конструкции составляет 132 м на один метр ширины стенки. Очевидно, что при повторении подобной конструкции очень сложно обеспечить параллельность труб при сварке, а также соответствующую герметичность стенки и надежность сварных швов

в условиях эксплуатации. Была поставлена задача – предложить более простую в изготовлении конструкцию без снижения основных эксплуатационных характеристик – общего коэффициента теплоотдачи от дымовых газов к стенке.

Были рассмотрены два варианта изменения конструкции охлаждающей стенки.

Вариант 1. Стенка котла-утилизатора выполнена из простого плоского листа. Каждая труба охлаждения приварена по всей длине к кронштейну, изготовленному из стандартного проката, который крепится к стенке с помощью болтов (см. рис. 3).

Вариант 2. Стенка котла-утилизатора выполнена из профилированного листа. Каждая труба охлаждения укладывается по длине в полукруглые канавки, прокатанные

по всей длине листа и прижимается специальными болтами (см. рис. 4).

Каждый вариант имеет свои достоинства и недостатки. Так, в первом варианте увеличивается площадь поверхности теплообмена, поскольку кронштейн играет роль своеобразного радиатора, но остаются сложности со сварными швами. Во втором варианте в конструкции отсутствуют сварные соединения, но ухудшается тепловой контакт труб с боковым листом, поскольку, очевидно, невозможно добиться идеального совпадения радиусов прокатанных канавок с радиусом труб для идеального теплового сопряжения.

Была поставлена задача – провести тепловые расчеты КУ с целью выбора наилучшего варианта конструкции.

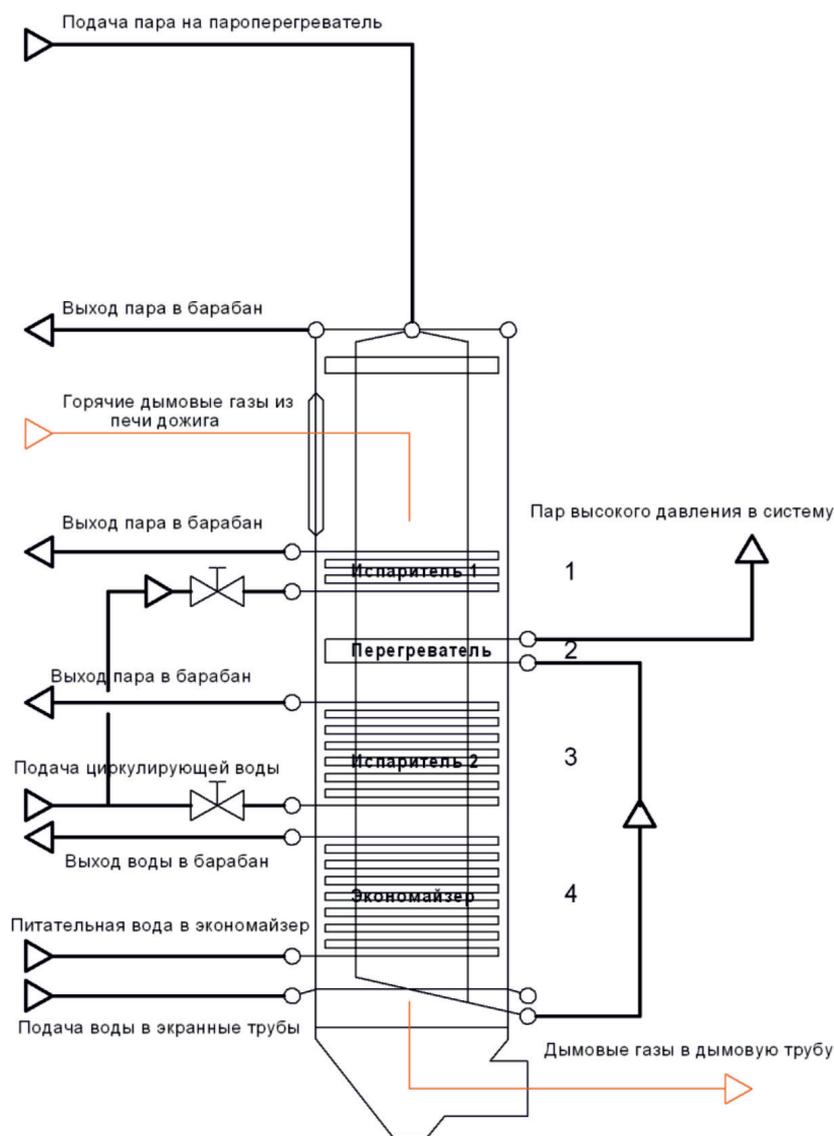


Рис. 1. Схема котла-утилизатора

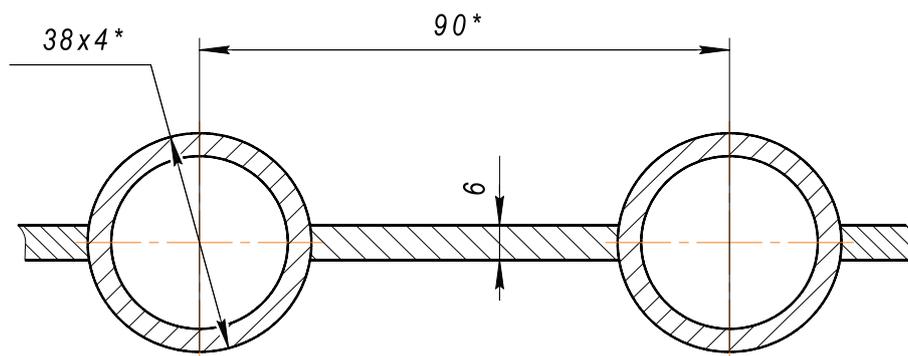


Рис. 2. Поперечное сечение боковой стенки КУ (первоначальный вариант)

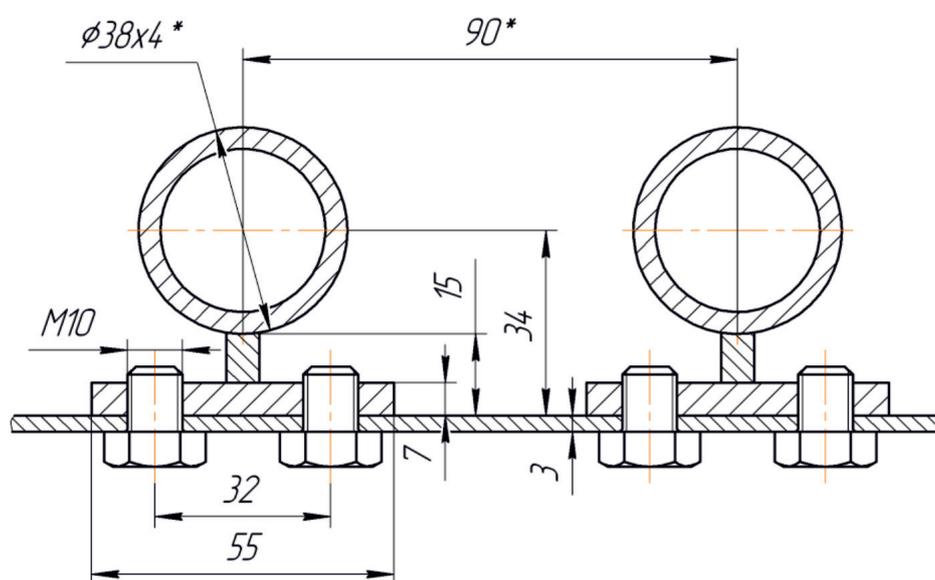


Рис. 3. Вариант 1 крепления труб охлаждения к стенке котла-утилизатора

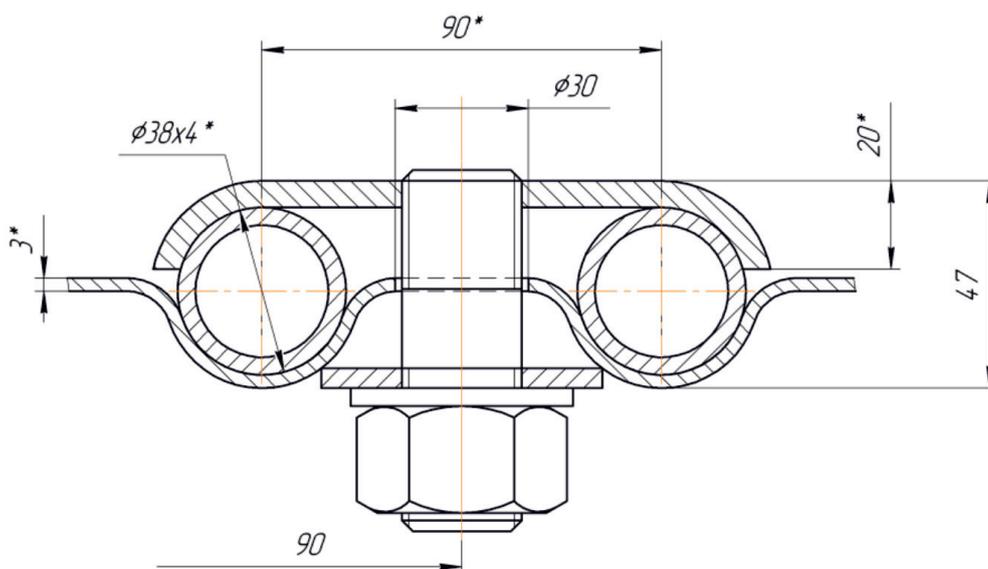


Рис. 4. Вариант 2 крепления труб охлаждения к стенке котла-утилизатора

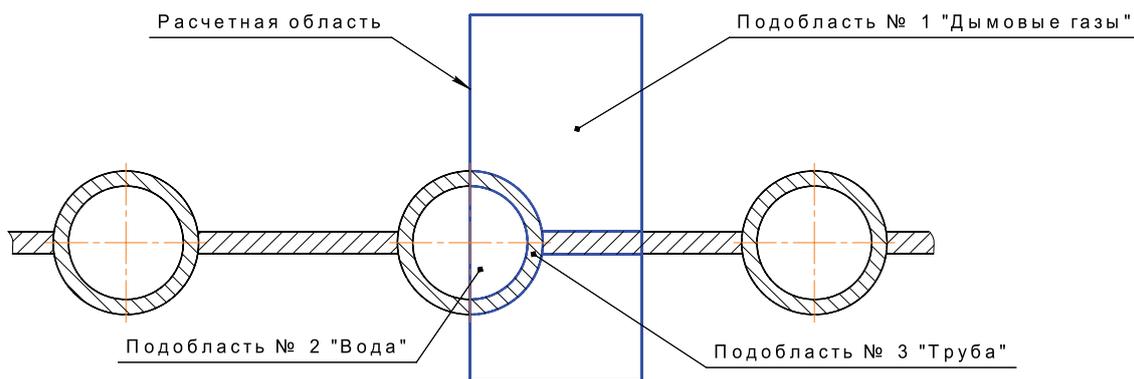


Рис. 5. Геометрия расчетной области (базовый вариант)

Требовалось провести численный эксперимент для определения распределения температур по сечению металлоконструкций для каждого из предлагаемых вариантов конструктивного исполнения боковой стенки котла-утилизатора. Целью численных экспериментов является определение:

- максимальных температур на наружной стороне стенки;
- неравномерности нагрева наружного листа (последнее влияет на величину температурных напряжений и, соответственно, на коробление стенки);
- приведенного коэффициента теплоотдачи от дымовых газов к стенке, который должен быть не менее, чем в базовом варианте.

Исходные данные для расчета:

Примерный состав дымовых газов: CO_2 – 7% об.; H_2O – 14% об.; O_2 – 5% об.; N_2 – 72% об.

Начальная температура газов на входе в котел-утилизатор 900 °С.

Давление в паровых трубках – не более 1,5 МПа.

Температура пара на выходе из котла 237–243 °С.

Температура воды на входе в экономайзер 135–175 °С.

Расход котловой воды на входе в испаритель 415 т/час.

Определение полей температур в различных вариантах исполнения КУ

Численное исследование проводили с использованием программного комплекса FlowVision, который предназначен для моделирования процессов теплопереноса и трехмерных течений жидкости и газа в технических и природных объектах, а так-

же визуализации этих течений методами компьютерной графики. С использованием указанного программного комплекса в работе решалась задача моделирования взаимодействия потоков воды внутри охлаждающих труб, потоков горячих дымовых газов, омывающих охлаждающие трубы с наружной стороны, и распределения тепловых потоков по сечению металлических элементов конструкции.

Первоначально была создана твердотельная модель исследуемой области, файл которой далее импортирован в комплекс FlowVision. Геометрия расчетной области представляет собой объем, в котором определены уравнения математической модели. Поверхности расчетной области – это совокупность плоских многоугольников – фасеток, на которых определены граничные условия.

В целях минимизации требуемых вычислительных ресурсов с учетом симметричной картины течения расчетная область была выбрана так, как показано на рис. 5, от оси трубки до середины перемычки.

Расчетная область была разбита на три подобласти – № 1 – межтрубное пространство, заполненное дымовыми газами, № 2 – внутреннее трубное пространство, и № 3 – сплошное твердое тело – труба + перемычка.

Для каждой подобласти использовались различные математические модели процесса.

1. Для межтрубного пространства – модель «слабосжимаемой жидкости» (данная модель описывает движение вязкой жидкости/газа при дозвуковых числах Маха и любых изменениях плотности).

Модель состоит из следующих уравнений. Уравнение Навье – Стокса [2]

$$\frac{\partial V}{\partial t} + (\nabla V \times V) = -\frac{\nabla p}{\rho} + \frac{1}{\rho} \Delta [(\mu + \mu_t)(\nabla V + \nabla V_t)] + S, \quad (1)$$

$$\nabla V = 0, \quad (2)$$

где V – векторное поле скоростей; t – время; ∇ – оператор Гамильтона (набла); p – давление; ρ – плотность газовой фазы; Δ – векторный оператор Лапласа; μ – динамическая вязкость; μ_t – турбулентная вязкость; S – векторное поле массовых сил;

$$S = -g + \frac{R}{\rho}, \quad (3)$$

где g – ускорение свободного падения; R – удельная сила взаимодействия газового потока со стенкой трубы.

Уравнение энергии

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla(Vh) = \frac{1}{\rho} \nabla \left[\left(\frac{\lambda}{c_p} + \frac{\mu_t}{Pr_t} \right) \nabla h \right] + \frac{Q}{\rho}, \quad (4)$$

где h – содержание энергии в единице контрольного объема; λ – теплопроводность среды; c_p – теплоемкость среды при постоянном давлении; Pr_t – критерий Прандтля, рассчитанный по турбулентной вязкости; Q – мощность внутреннего источника, то есть производство теплоты в единице объема за единицу времени.

Уравнения [3] для кинетической энергии турбулентности k и диссипации энергии ε

$$\begin{aligned} \frac{\partial k}{\partial t} + \nabla(Vk) = \frac{1}{\rho} \nabla \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \nabla k \right] + \\ + \frac{G}{\rho} - (\varepsilon - \varepsilon_0) - F_k; \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \nabla(V\varepsilon) = \frac{1}{\rho} \nabla \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \nabla \varepsilon \right] + \\ + \frac{\varepsilon}{k} \left[c_1 \frac{G}{\rho} - c_2 f_1 (\varepsilon - \varepsilon_0) \right], \end{aligned} \quad (6)$$

где G – генерация турбулентности за счет естественной и вынужденной конвекции; $\sigma_k, \sigma_\varepsilon, C_1, C_2$ – числовые константы k – ε модели [3, 4]; ε_0 – диссипация энергии в турбулентном потоке; ε_0 – ее начальное значение; F_k – специальная функция [4, 5].

2. Для трубного пространства – модель «несжимаемой жидкости» (данная модель описывает течения вязкой жидкости/газа при малых числах Маха ($M < 0,3$), малых и больших (турбулентных) числах Рейнольдса. Допускаются малые изменения плотности, что позволяет естественным образом учесть подъемную силу. В модель входят те же уравнения Навье – Стокса, энергии и переноса турбулентности, что и в модель слабосжимаемой жидкости.

3. Для сплошных тел – модель «твердого тела» (данная модель предназначена для расчета теплопереноса в твердой фазе).

В модель входит уравнение энергии

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{\rho} \nabla \left(\frac{\lambda}{C_p} \nabla h \right) + \frac{Q}{\rho}. \quad (7)$$

Граничные условия для каждой подобласти показаны на рис. 6.

Подобласть № 1 – «Дымовые газы».

Слева и справа данная подобласть ограничена плоскостью симметрии. Соответственно, для всех величин в качестве граничного условия установлено условие симметрии, т.е. равенство нулю первых производных:

$$\left. \frac{\partial f}{\partial n} \right|_{\Gamma} = 0. \quad (8)$$

Сверху данной подобласти установлено граничное условие «нулевой поток». В рассматриваемом контексте данное граничное условие практически совпадает с условием симметрии.

Нижняя (криволинейная) граница данной подобласти сопрягается с поверхностью твердого тела. Соответственно, для нее установлено граничное условие типа «стенка».

Для скорости предполагается наличие вязкого подслоя с логарифмическим законом ее изменения; для температуры – условие сопряжения с температурой стенки типа «диффузионный поток», при котором тепловой поток от стенки к газу определяется коэффициентом теплоотдачи:

$$D_f \left. \frac{\partial f}{\partial n} \right|_{\Gamma} = \alpha (f_r - f). \quad (9)$$

Подобласть № 2 – «вода».

Для данной подобласти определены следующие граничные условия – с левой стороны по плоскости сечения условие симметрии и по криволинейной плоскости – условие сопряжения с твердой стенкой типа «диффузионный поток».

Подобласть № 3 – «труба».

Граничные условия – аналогично подобластям № 1 и № 2.

Приняты следующие значения коэффициентов теплоотдачи для сопряжения граничных условий: коэффициент теплоотдачи α_d от стенки трубы к дымовым газам в межтрубном пространстве $\alpha_d = 15$ Вт/(м² К); коэффициент теплоотдачи α_a от стенки трубы к внешнему воздуху $\alpha_a = 10$ Вт/(м² К); коэффициент теплоотдачи α_t от стенки трубы к кипящей воде в трубном пространстве $\alpha_t = 2000$ Вт/(м² К) [6].

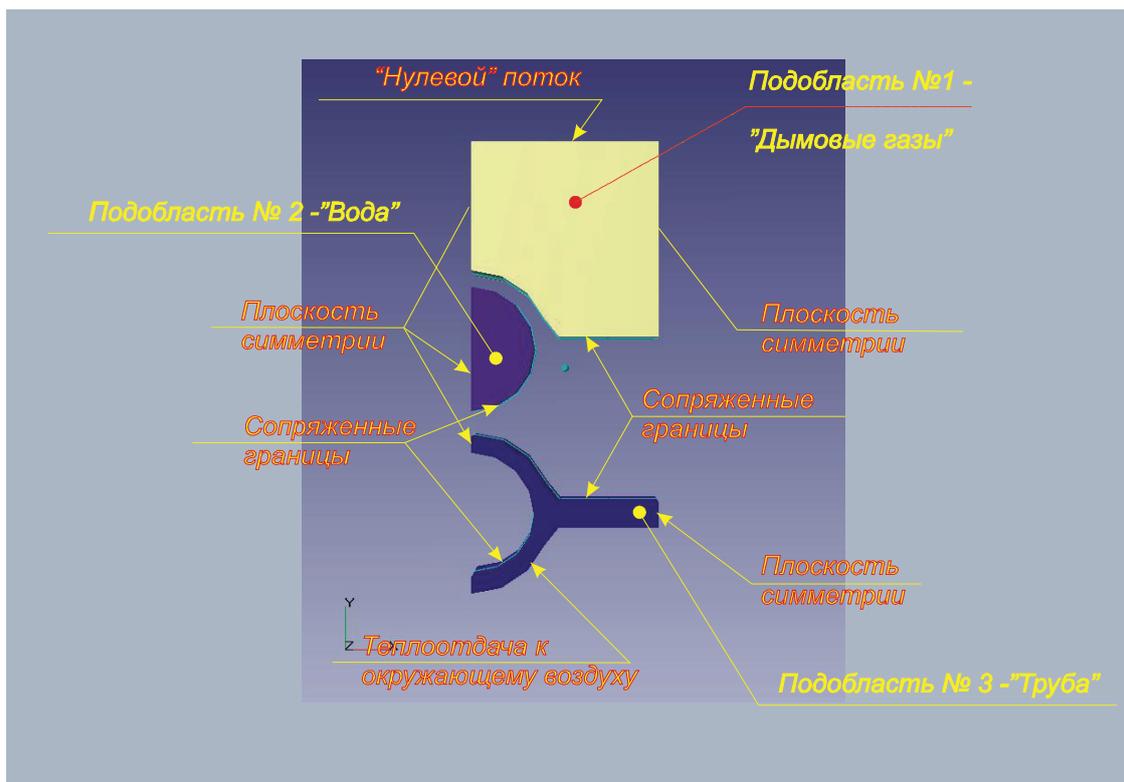


Рис. 6. Граничные условия для сопряженной задачи теплообмена в базовом варианте (расчетные подобласти условно раздвинуты по вертикали)

Для решения уравнений математической модели в работе использована прямоугольная, адаптивная, локально измельченная конечно-объемная сетка.

В процессе расчета после выхода температурного поля на стационарный режим рассчитывался приведенный тепловой поток от дымовых газов к стенке трубы и к узлам крепления. Величина теплового потока приводилась к одному погонному метру трубы охлаждения.

Результаты расчета

Результаты расчета различных вариантов показаны на рис. 7–9.

При расчете варианта 2 в условиях сопряжения температур на границе круглая труба – профилированный лист было учтено возможное ухудшение теплопередачи из-за несовпадения радиусов кривизны трубы и профиля листа. Это допущение было учтено в соответствующих граничных условиях, а именно введено дополнительное тепловое сопротивление между трубой и профилированным листом. Значение теплового сопротивления рассчитывалось как для воздушной прослойки толщиной 0,1 мм.

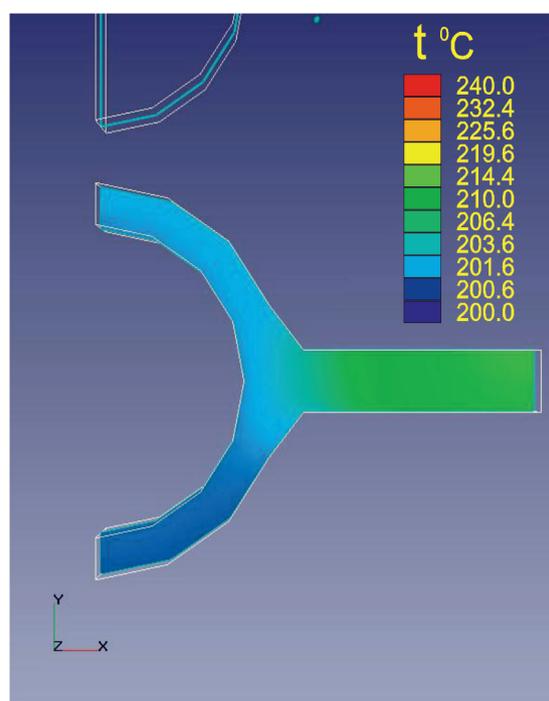


Рис. 7. Распределение температур по сечению твердого тела в базовом варианте. Максимальная температура $t = 214^{\circ}\text{C}$ – в середине перемычки, соединяющей трубы

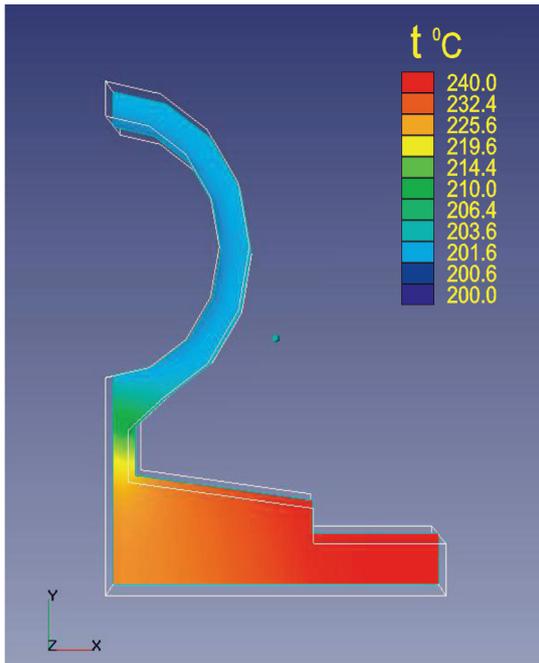


Рис. 8. Распределение температур по сечению трубы и крепления по варианту 1. Максимальная температура $t = 239^{\circ}\text{C}$ – в середине промежутка между трубами

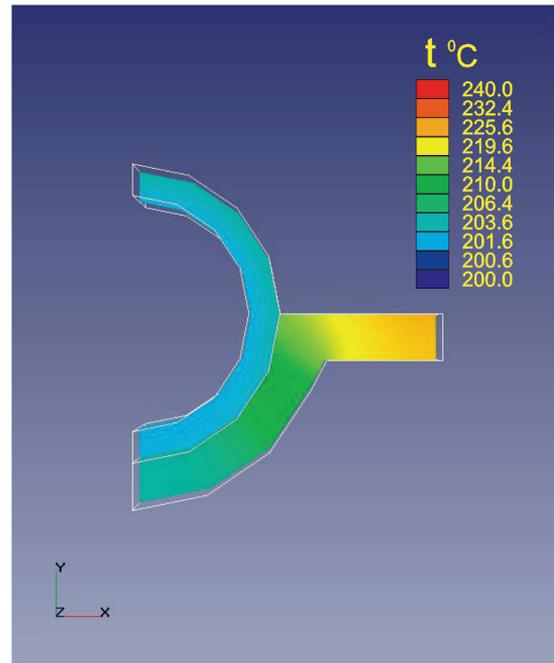


Рис. 9. Распределение температур по сечению трубы и крепления по варианту 2. Максимальная температура $t = 224^{\circ}\text{C}$ – в середине промежутка между трубами

Сравнительная таблица результатов расчета

Наименование параметра	Варианты расчета		
	Базовый	Вариант 1	Вариант 2
Максимальная температура стенки котла, $^{\circ}\text{C}$	213	239	224
Тепловой поток от дымовых газов к трубам охлаждения, приведенный к погонному метру трубы, Вт/м	586,4	768,7	564,2
Неравномерность нагрева наружной стенки (максимальная разница температур в различных точках на наружной поверхности), $^{\circ}\text{C}$	12,3	15,2	13,8

Как видно из таблицы, вариант 1 обеспечивает даже большую эффективность теплообмена – дополнительная деталь крепления выполняет роль ребрения, повышающего эффективный коэффициент теплоотдачи. В принципе возможно пропорционально уменьшить количество труб, поставив их с большим шагом. При этом, однако, следует учесть, что перегрев наружной стенки и неравномерность распределения температур (и, соответственно, температурные напряжения и вероятность коррозия стенки) также возрастут.

Вариант 2 наиболее близок к базовому, незначительное уменьшение теплового потока и увеличение температур стенки лежат в пределах погрешностей.

Окончательный вариант технического решения (вариант 2) был принят с учетом

технологических возможностей изготовления данной металлоконструкции.

Заключение

Как показали расчеты, эффективность котла-утилизатора при увеличении тепловой нагрузки заметно снижается. Это выражается в том, что при увеличении производительности участка прокалики кокса с 18,7 т/час до 23,5 т/час пропорционального увеличения паропроизводительности котла-утилизатора не наблюдается. Действительно, при увеличении производительности на 25% по коксу выработка пара увеличивается лишь на 12,3%. Кроме того, гораздо выше температура дымовых газов на выходе из котла-утилизатора – 526,9 $^{\circ}\text{C}$ против 476 $^{\circ}\text{C}$ в базовом варианте.

Было рекомендовано в рамках модернизации УПНК также провести модернизацию КУ – например, путем установки дополнительного испарителя над испарителем 1, а также увеличить производительность вентилятора, подающего воздух на разбавление дымовых газов перед сбросом в дымовую трубу.

Как показали расчеты, боковые экраны КУ могут быть выполнены по варианту 2, так как применение такой схемы позволяет сохранить теплопередачу, как и в базовом варианте, но при этом ремонтпригодность варианта 2 несопоставимо выше по сравнению с базовым вариантом.

Обоснованность применения комплекса предложенных технических решений, подкрепленных расчетами, была подтверждена при пуске модернизированного КУ в рабочую эксплуатацию. Паропроизводительность котла-утилизатора возросла на 15% по сравнению с базовым вариантом.

Список литературы

1. Технологический регламент установки прокалики нефтяного кокса ТР-2-015-006-08. – Атырау: ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод», 2014. – 104 с.
2. Новый справочник химика и технолога. Т. 6. Процессы и аппараты химических технологий. Часть I / Под ред. Островского Г.М. – СПб.: Проффессионал, 2004. – 841 с.
3. Смирнов Е.М. Течения вязкой жидкости и модели турбулентности: методы расчета турбулентных течений / Е.М. Смирнов, А.В. Гарбарук. – СПб.: СПбГПУ, 2010. – 127 с.
4. Гарбарук А.В. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений / А.В. Гарбарук, М.Х. Стрелец, М.Л. Шур. – СПб.: Издательство политехнического университета, 2012. – 88 с.
5. Кузьминов А.В. Метод расчета турбулентных течений несжимаемой жидкости на основе двухслойной (k-ε) модели / А.В. Кузьминов, В.Н. Лапин, С.Г. Черный // Вычислительные технологии. – 2001. – Т. 6, № 5. – С. 73–86.
6. Романков П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк. – 2-е изд., испр. – СПб.: Химиздат, 2009. – 543 с.

УДК 004.89:621.6.052

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

¹Прахов И.В., ¹Самородов А.В., ²Баширов М.Г.

¹ООО «Газпром нефтехим Салават», Салават, e-mail: priwan@yandex.ru;

²Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Салават, e-mail: priwan@yandex.ru

На безопасность технологических процессов предприятий нефтегазовой и нефтехимической отраслей существенное влияние оказывает техническое состояние насосных агрегатов. Использование насосного оборудования, работающего с взрывопожароопасными и токсичными средами при избыточном давлении и высоких температурах, срок эксплуатации которого значительно превышает нормативный, потенциально опасно и увеличивает вероятность возникновения аварийных ситуаций. При этом аварии могут привести к человеческим жертвам, отравлениям, загрязнению окружающей среды и большим экономическим потерям. Разработанная интеллектуальная система диагностики насосных агрегатов основана на анализе гармонического состава токов и напряжений, генерируемых двигателем электропривода. Интеллектуальная система диагностики позволяет определить техническое состояние насосного агрегата, производить диагностирование работающего оборудования, а также вести удаленный контроль и предоставляет рекомендации для дальнейшей безопасной эксплуатации насосного оборудования за пределами нормативного срока.

Ключевые слова: насосный агрегат, нейронная сеть, спектральный метод, обучение, повреждение, режим работы, планирование эксперимента, гармоники, электропривод, техническое состояние

DEVELOPMENT OF INTELLIGENT SYSTEM OF DIAGNOSTICS OF PUMPING UNITS WITH ELECTRIC DRIVE

¹Prakhov I.V., ¹Samorodov A.V., ²Bashirov M.G.

¹JSC «Gazprom Neftekhim Salavat», Salavat, e-mail: priwan@yandex.ru;

¹Salavat Branch of Ufa State Petroleum Technical University, Salavat, e-mail: priwan@yandex.ru

The safety of the technological processes of the oil and gas and petrochemical industries is significantly influenced by the technical condition of the pumping units. The use of pumping equipment operating with explosive and toxic environments at excess pressure and high temperatures, the operating life of which is much higher than the normative, potentially dangerous and increases the likelihood of emergencies. In this case, accidents can lead to human casualties, poisoning, environmental pollution and large economic losses. The developed intelligent system for diagnosing pumping units is based on an analysis of the harmonic composition of the currents and voltages generated by the motor of the electric drive. The intelligent diagnostic system allows you to determine the technical condition of the pump unit, allows you to diagnose operating equipment, as well as to conduct remote monitoring and provide recommendations for the further safe operation of pumping equipment beyond the regulatory deadline.

Keywords: the pump unit, a neural network, a spectral method, training, damage, an operating mode, planning of experiment, a harmonic, electric drive, technical condition

При длительной эксплуатации насосного оборудования нефтегазовых и нефтехимических производств неизбежно возникают повреждения его элементов. Это вызвано особенностями нефтегазовых и нефтехимических производств (высокое давление, высокая температура, высокая степень коррозии и т.д.). К вопросам решения проблем безопасной эксплуатации насосного оборудования, выработавшего свой срок службы, относится применение систем (методов), которые предназначены для определения остаточного ресурса [1]. Эксплуатация насосного оборудования сверх нормативного срока допустима при наличии положительной информации о техническом состоянии. Отсутствие информации о техническом состоянии насосного оборудования позволяет осуществить эксплуатацию по наработке на отказ или плановое обслуживание в соответствии с нормативами

планово-предупредительных ремонтов [2]. Практика показала, что такая эксплуатация насосного оборудования приводит к увеличению средств на их техническое обслуживание и ремонт [3].

Для решения поставленной задачи разработана интеллектуальная система диагностики насосных агрегатов с электрическим приводом, которая осуществляет идентификацию технического состояния и прогнозирование ресурса безаварийной работы насосного агрегата по совокупности параметров высших гармоник напряжений и токов, генерируемых электроприводом и на основе применения искусственной нейронной сети [4].

Программно-аппаратный комплекс интеллектуальной системы диагностики насосных агрегатов с электрическим приводом состоит из измерителя ПКЭ Ресурс-UF2(M), компьютера и специального про-

граммного обеспечения [5]. Предусмотрена возможность подключения разработанного программно-аппаратного комплекса к существующей SCADA-системе предприятия (Supervisory Control And Data Acquisition) через OPC-сервер (OLE for Process Control). Структурная схема аппаратной части интеллектуальной системы диагностики представлена на рис. 1. На рис. 2 показан внешний вид программно-аппаратного комплекса. На рис. 3 представлен алгоритм определения уровня поврежденности насосных агрегатов.

С помощью интеллектуальной системы диагностики насосных агрегатов с электрическим приводом можно определить следующие повреждения: неисправности подшипников, дисбаланс ротора электродвигателя и вала насосного агрегата, дефекты рабочего колеса насосного агрегата, эксцентриситет ротора, межфазные и межвитковые короткие замыкания обмоток статора электродвигателя, несоосность валов исполнительного органа и электродвигателя, ослабление элементов крепления на фундаменте, обрыв короткозамкнутых стержней обмотки ротора электродвигателя, обрывы фаз в питающем кабеле, ухуд-

шение состояния изоляции обмоток электродвигателя, однофазные замыкания фаз электродвигателя на корпус [6].

Основным достоинством интеллектуальной системы диагностики насосных агрегатов с электрическим приводом является то, что она позволяет осуществлять удаленный контроль и производить диагностирование на работающем оборудовании. Определение дефектов на работающем насосном агрегате в начальный период времени их развития не только предотвращает неожиданную остановку технологического процесса в результате аварии, но и существенно увеличивает срок его эксплуатации и уменьшает затраты на ремонт оборудования [7].

В программно-аппаратном комплексе интеллектуальной системы диагностики насосных агрегатов с электрическим приводом для прогнозирования ресурса и идентификации технического состояния применяются параметры первых десяти гармоник напряжений и токов: значения коэффициентов гармонических составляющих напряжений K_{Un} и токов K_{In} и значения углов сдвига по фазе $\varphi_{ui(n)}$ между напряжением и током рассматриваемыми гармониками [8].

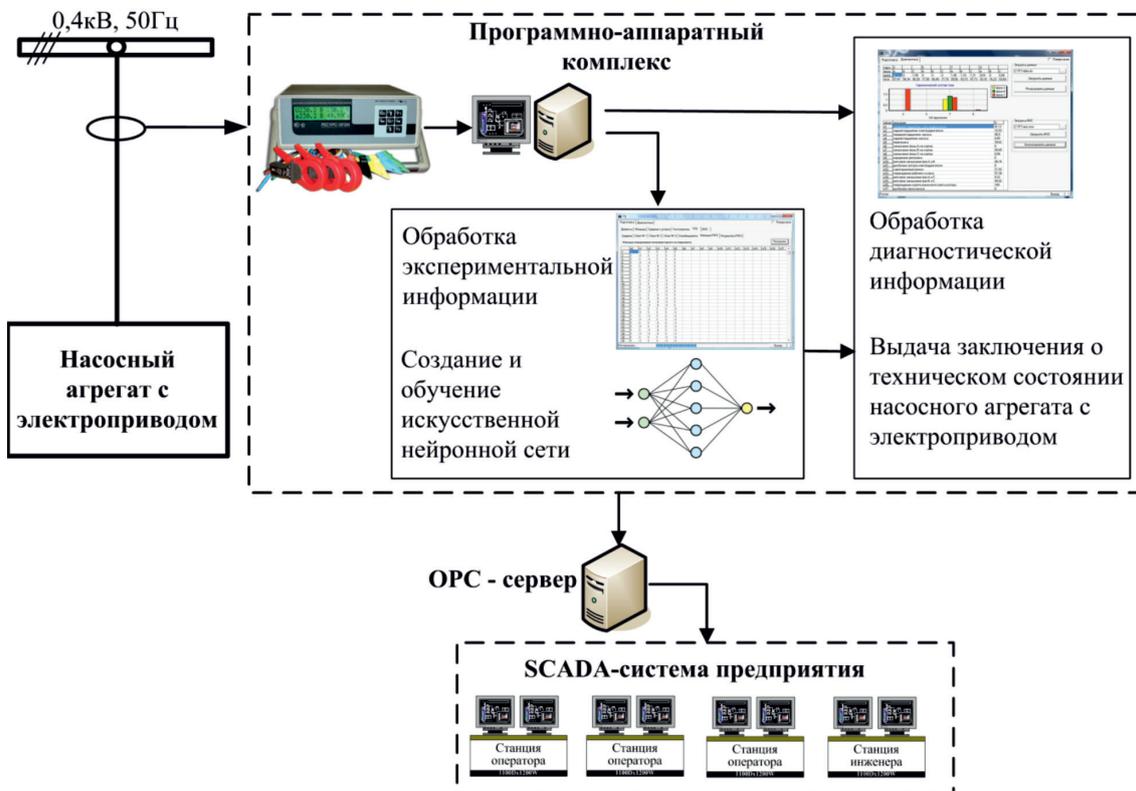


Рис. 1. Структурная схема программно-аппаратного комплекса интеллектуальной системы диагностики насосных агрегатов с электрическим приводом

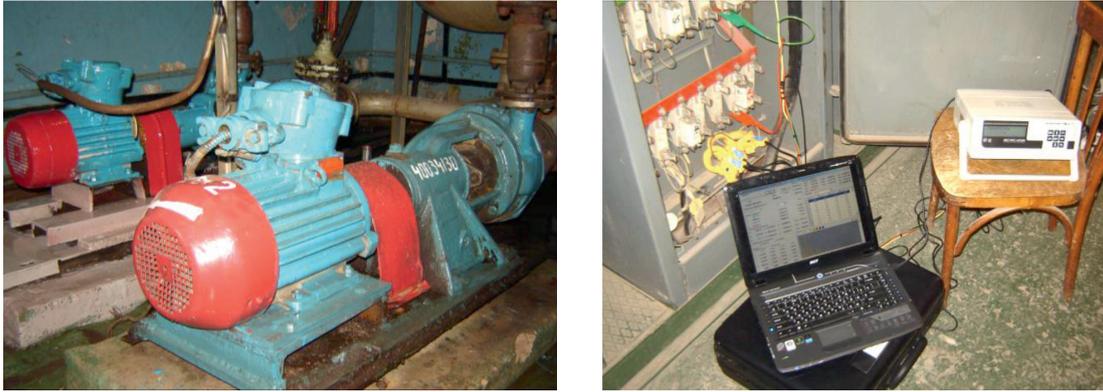


Рис. 2. Применение программно-аппаратного комплекса при диагностировании насоса K80-50-200

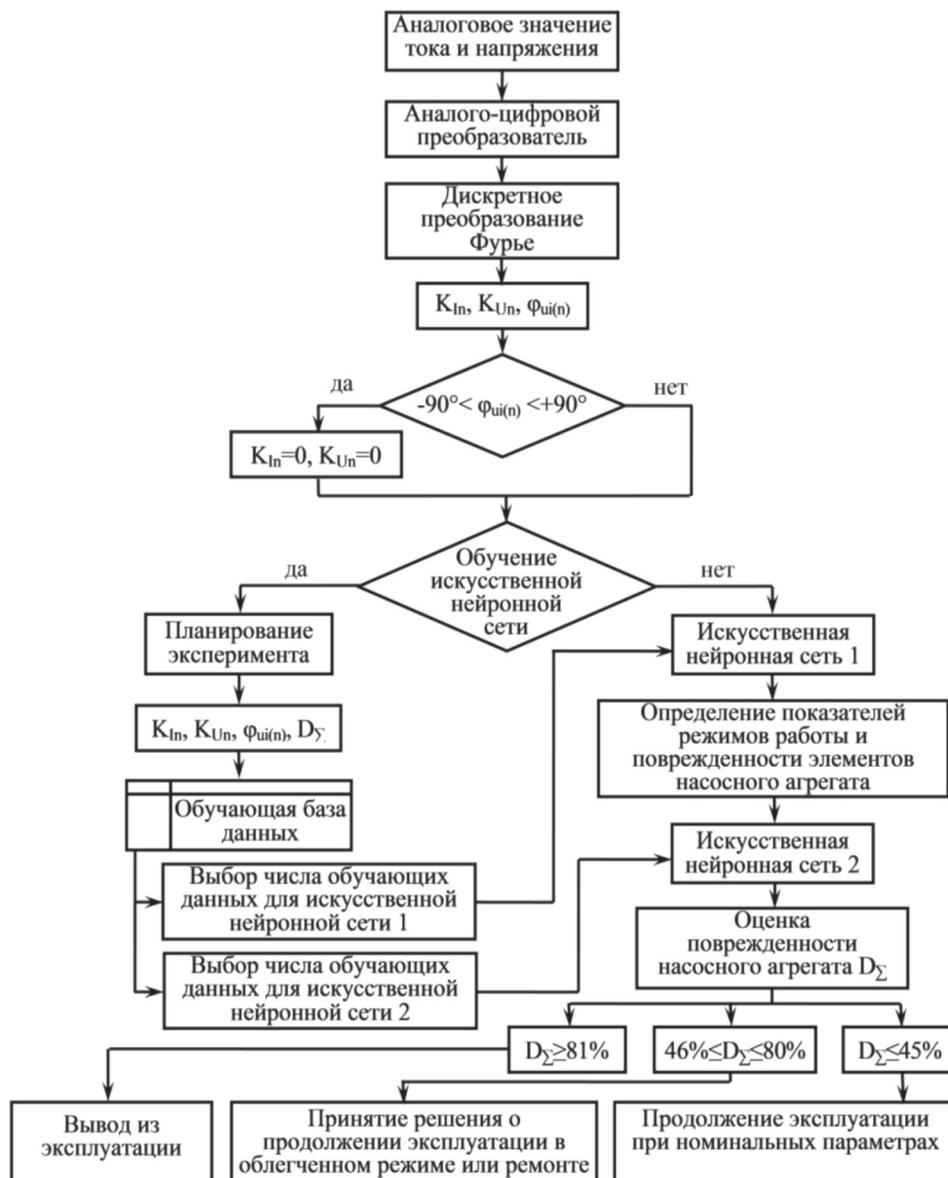


Рис. 3. Алгоритм определения уровня поврежденности насосных агрегатов

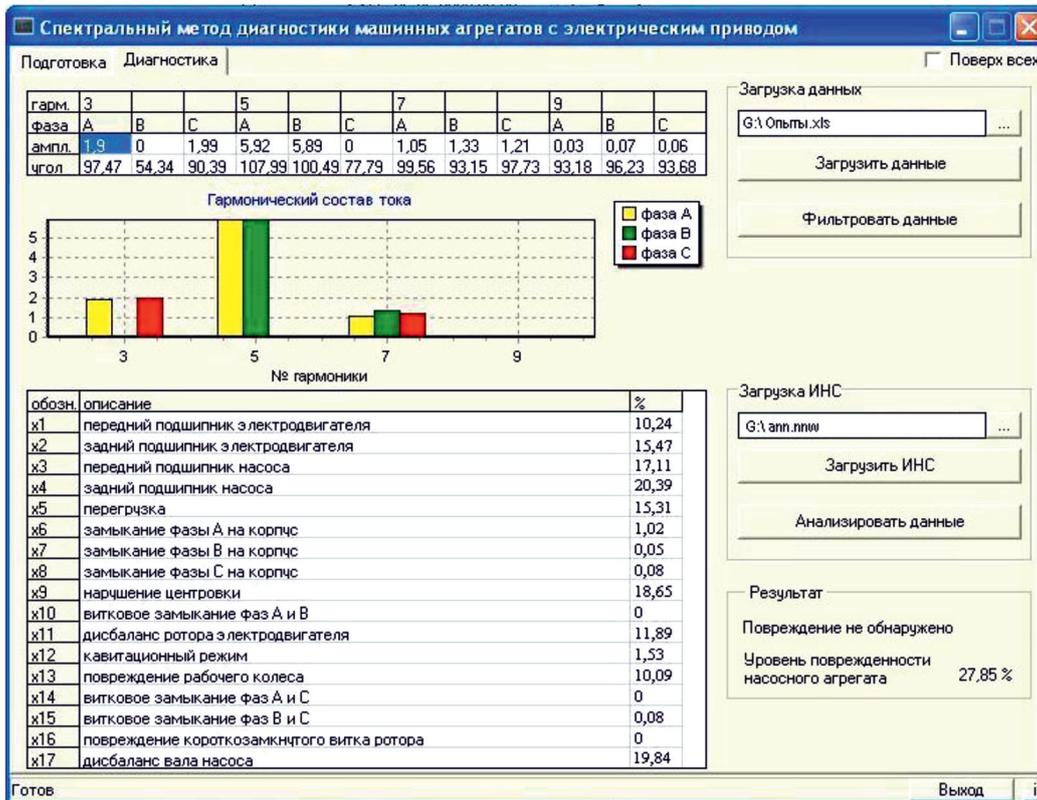


Рис. 4. Окно программы с результатом диагностирования интеллектуальной системой диагностики насосного агрегата с электрическим приводом К80-50-200

В интеллектуальной системе диагностики насосных агрегатов с электрическим приводом метод планирования эксперимента используется для обучения нейронной сети. Метод планирования эксперимента позволяет создать базу данных для обучения нейронной сети и значительно уменьшить количество обучающих опытов [9].

Нейронная сеть 1 анализирует совокупность диагностических параметров и на выходе выводит значение поврежденности элементов насосного агрегата D_m [10]:

$$D_m = f(K_{in}, K_{Un}, \varphi_{ui(n)}) = f(w_{11} K_{11} + w_{12} K_{12} + w_{13} K_{13} + \dots + w_{110} K_{110} + w_{U1} K_{U1} + w_{U2} K_{U2} + w_{U3} K_{U3} + \dots + w_{U10} K_{U10} + w_{\varphi 1} \varphi_{ui(1)} + w_{\varphi 2} \varphi_{ui(2)} + w_{\varphi 3} \varphi_{ui(3)} + \dots + w_{\varphi 10} \varphi_{ui(10)}), \quad (1)$$

где w – весовые коэффициенты диагностических параметров нейронной сети.

Нейронная сеть 2 анализирует значения поврежденности элементов насосного агрегата D_m и выдает результат – значение интегрального параметра поврежденности D_Σ , который показывает уровень поврежденности всего насосного агрегата [10]:

$$D_\Sigma = F\left(\sum_{m=1}^{17} w_m D_m\right), \quad (2)$$

где $m = 1, 2, 3, \dots, 17$ – количество входов нейронной сети 2.

Углы сдвига по фазе $\varphi_{ui(n)}$ между напряжением и током рассматриваемыми гармониками используются для фильтрации гармонических составляющих напряжений и токов, приходящих из сети [11].

Для определения параметров гармоник напряжений и токов применяют прямоугольное измерительное окно T_ω . Для точного анализа параметров гармоник напряжений и токов в программно-аппаратном комплексе интеллектуальной системы диагностики насосных агрегатов с электрическим приводом применяют измерительное окно T_ω от 0,02 с до 1 с на период частоты от 1 Гц до 500 Гц [12].

Для разложения напряжений и токов, потребляемых электроприводом на гармонические составляющие применяют методы быстрого и дискретного преобразования Фурье. Дискретное преобразование Фурье используют к действительному сигналу в пределах назначенного временного окна:

сигнал не обрабатывается, если он появился вне зоны этого временного окна. Таким образом, действительный сигнал заменяют искусственным сигналом, который является периодическим, с периодом, равным ширине назначенного временного окна [12].

Для исследования изменения малых значений гармонических составляющих напряжений и токов (например, при значениях токов близких к режиму холостого хода электродвигателей), для обнаружения зарождающихся дефектов необходимо использовать высокую разрядность аналого-цифрового преобразователя. Для того чтобы обеспечить необходимую чувствительность к изменениям параметров гармонических составляющих напряжений и токов, применяют аналого-цифровой преобразователь с разрядностью не ниже 16 [12].

Программно-аппаратный комплекс интеллектуальной системы диагностики насосных агрегатов с электрическим приводом был испытан в реальных производственных условиях. Использовались насосные агрегаты К80-50-200, предназначенные для циркуляции воды в реакторе. На рис. 4 изображено окно программы с результатом диагностирования интеллектуальной системой диагностики насосного агрегата с электрическим приводом К80-50-200.

В первом столбце окна программы показано обозначение переменной воздействующего повреждения. Во втором столбце показано текстовое описание фактора (повреждения). В третьем столбце показано значение поврежденности элементов насосного агрегата D_m в процентной шкале. В правой нижней части окна программы интеллектуальной системы диагностики насосного агрегата с электрическим приводом показан уровень поврежденности всего насосного агрегата в процентной шкале.

В разработанной интеллектуальной системе диагностики насосных агрегатов с электрическим приводом установлены три уровня поврежденности насосных агрегатов: «Повреждение не обнаружено», «Повреждение обнаружено», «Обнаружено критическое повреждение». «Повреждение не обнаружено» соответствует уровню интегрального диагностического параметра поврежденности в промежутке $0 \div 45\%$, «Повреждение обнаружено» – в промежутке $46 \div 80\%$, «Обнаружено критическое повреждение» – в промежутке $81 \div 100\%$ [12].

По результатам диагностирования с использованием разработанной интеллектуальной системы диагностики насосного агрегата с электрическим приводом К80-50-200 (см. рис. 4) интегральный параметр поврежденности D_{Σ} равен $27,85\%$ – «По-

вреждение не обнаружено», выдается рекомендация о продолжении эксплуатации. Результаты диагностирования исследуемых насосных агрегатов с использованием разработанной интеллектуальной системы диагностики совпали с результатами диагностирования этих агрегатов с применением прибора вибрационной диагностики.

Список литературы

1. Хисматуллин А.С. Мониторинг и ремонт промышленных силовых трансформаторов по техническому состоянию / А.С. Хисматуллин, А.Х. Вахитов, А.А. Феоктистов // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 4–2. – С. 271–274.
2. Хисматуллин А.С. Методика технического обслуживания и ремонта промышленных силовых трансформаторов по техническому состоянию / А.С. Хисматуллин, А.Х. Вахитов, А.А. Феоктистов // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 2–2. – С. 308–313.
3. Вахитов А.Х., Хисматуллин А.С. Применение диагностического контроля электрооборудования для электропитания // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля-2016: материалы междунар. науч.-метод. конф., посвященной 60-летию филиала Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате. – Уфа: Из-во УГНТУ, 2016. – С. 347–349.
4. Прахов И.В. Оценка поврежденности насосных агрегатов по значениям параметров гармоник токов и напряжений электропривода: дис. ... канд. техн. наук. – Уфа, 2011. – С. 165.
5. Миронова И.С. Разработка интегральных критериев и системы управления техническим состоянием и безопасностью эксплуатации машинных агрегатов: дис. ... канд. техн. наук. – Уфа, 2013. – С. 124.
6. Миронова И.С., Хуснудинова И.Г., Чурагулов Д.Г. Разработка программно-аппаратного комплекса для оценки энергоэффективности и ресурса безопасной эксплуатации машинных агрегатов с электрическим приводом // Федоровские чтения – 2014: материалы XLIV междунар. науч.-практ. конф. – М.: Из-во «Издательский дом МЭИ», 2014. – С. 129–131.
7. Баширова Э.М., Миронова И.С., Устинов А.Е., Юмагузин У.Ф. Оценка технического состояния и ресурса оборудования предприятий нефтегазовой отрасли с использованием интегральных критериев // Наука. Технология. Производство-2013: тезисы докладов междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Уфа: Из-во УГНТУ, 2013. – С. 97–99.
8. Привалова В.М., Юмагузин Ю.Ф., Миронова И.С. Разработка интегральных критериев и системы управления техническим состоянием машинных агрегатов // Наука. Технология. Производство-2015: тезисы докладов междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Уфа: Из-во УГНТУ, 2015. – С. 84–86.
9. Прахов И.В. Повышение эффективности использования искусственных нейронных сетей в задачах диагностики насосно-компрессорного оборудования применением теории планирования эксперимента / И.В. Прахов, М.Г. Баширов, А.В. Самородов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2011. – № 2. – С. 14–17.
10. Прахов И.В. Применение искусственных нейронных сетей в спектральном методе диагностики машинных агрегатов / И.В. Прахов, А.Г. Бикметов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9–3. – С. 502–506.
11. Баширова Э.М., Миронова И.С., Спиридонов А.О., Хакимов А.Р. Разработка системы управления техническим состоянием машинных агрегатов // Наука. Технология. Производство-2014: тезисы докладов междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Уфа: Из-во УГНТУ, 2014. – С. 86–88.
12. Кузеев И.Р., Баширов М.Г., Прахов И.В., Баширова Э.М., Самородов А.В. Способ диагностики механизмов и систем с электрическим приводом // Патент России № 2431152. 2011. Бюл. № 28.

УДК 004.02

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Ромашкова О.Н., Чискидов С.В., Фролов П.А.

*ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет», Москва,
e-mail: paul_frolov@rambler.ru*

Рассматриваются возможности совершенствования информационной технологии решения задач управления в экономических системах, связанные с внедрением автоматизированной системы расчета ключевых показателей эффективности в сетевой торговой компании. Актуальность работы обусловлена тем, что задача внедрения автоматизированной системы расчета ключевых показателей эффективности не решена. Целью работы является выявление способов совершенствования информационной технологии решения задач управления в экономических системах. С использованием инструментальных средств автоматизированного анализа и проектирования информационных систем создаются модели бизнес-процессов, позволяющие понять необходимую структуру информационной системы автоматизированного расчета ключевых показателей эффективности и реализовать ее внедрение в существующую информационную систему сетевой торговой компании. На основе моделей бизнес-процессов и по результатам их анализа предложен вариант реализации прототипа автоматизированной системы расчета ключевых показателей эффективности, отвечающего требованиям конкретной организации к расчету ключевых показателей эффективности и анализу полученных результатов. Предложенная технология позволяет снизить вероятность возникновения ошибок при расчете ключевых показателей эффективности и позволит широкому спектру сотрудников использовать полученные результаты расчета в своей деятельности, что повысит производительность структурных подразделений сетевой торговой компании.

Ключевые слова: управление сетевой торговой компанией, ключевые показатели эффективности, модель бизнес-процессов, модель базы данных, информационная система, автоматизированная система расчета, деятельность сетевой торговой компании, проектирование информационных систем, внедрение информационной системы

ENHANCEMENT OF INFORMATION TECHNOLOGY OF MANAGEMENT PROBLEMS SOLVING IN ECONOMIC SYSTEMS

Romashkova O.N., Chiskidov S.V., Frolov P.A.

The State Educational Government-Financed Institution of Higher Professional Education of the City of Moscow «Moscow City Teacher Training University», Moscow, e-mail: paul_frolov@rambler.ru

Opportunities of enhancement of information technology of management problems solving in economic systems, related to implementation of automated system of calculation of key performance indicators in net trading company are explored. With the use of CASE-tools in modeling and analysis of business processes process models of required information system of automated calculation of key performance indicators are constructed and their implementation in existing information system of net trading company is made. Based on process models a variant of prototype of information system of automated calculation of key performance indicators is created that meets the requirements of a particular net trading company. The enhanced technology decreases the possibility of mistakes in calculations being made, thus increasing the performance of subdivisions of net trading company.

Keywords: management of net trading company, key performance indicators, model business processes, database model, information system, implementation of information system, activities of net trading company, automated calculation, CASE-tools

В настоящее время идет активный поиск оптимального решения задачи комплексной автоматизации технологии решения задач управления в экономических системах на основе ключевых показателей эффективности (КПЭ). Причиной этому является следующее научное противоречие. С одной стороны, для расчета КПЭ используется большое количество отчетов о деятельности компании, которые отличаются как по содержанию и структуре данных, так и по форматам данных. С другой стороны, для более эффективного расчета КПЭ с целью снижения времени расчета и вероятности возникновения ошибок необходимо решить несколько ключевых задач: выполнение анализа предметной области – база данных, хранящая отчеты о де-

ятельности компании; разработка модели функционирования информационной системы (ИС), отвечающей за автоматизацию расчета КПЭ; проектирование модели данных ИС по расчету КПЭ; построение на основании спроектированных моделей данных ИС прототипа автоматизированной системы расчета ключевых показателей эффективности.

В результате исследования деятельности сетевой торговой компании была создана диаграмма вариантов использования процессов функционирования ИС для автоматизированного расчета КПЭ, созданы модели бизнес-процессов в рамках расчета КПЭ в нотации BPMN, а также прототип ИС автоматизированного расчета КПЭ на базе платформы 1С: Предприятие.

Цель исследования

Вышеуказанные модели и прототип ИС были созданы в соответствии с целью исследования – совершенствование информационной технологии решения задач в экономических системах.

Материалы и методы исследования

Экономическая система – это совокупность взаимозависимых экономических элементов, образующих определенную целостность, экономическую структуру общества, единство отношений, складывающихся по поводу производства, распределения, обмена и потребления экономических благ. Одной из составляющих экономической системы является коммерческая организация, основной целью которой является максимизация прибыли и минимизация издержек и которая участвует в производстве, обмене и потреблении экономических благ. Одним из подвидов коммерческой организации является сетевая торговая компания, которая может выступать поставщиком или продавцом товара, а также имеет удобные условия для мелкого, среднего и крупного опта. В связи с тем, что целью существования сетевой торговой компании как составной части экономической системы является максимизация прибыли и минимизация издержек, а также в связи с тем, что современные экономические системы имеют тенденции к гуманизации экономики (увеличению роли человеческого потенциала) и информатизации общества, т.е. увеличению численности производителей знаний, с целью совершенствования информационной технологии решения задач управления применяется автоматизация расчета ключевых показателей эффективности. Автоматизация позволит увеличить количество источников информации о состоянии сетевой торговой компании, вследствие чего станет возможно контролировать и регулировать деятельность как сетевой торговой компании в целом, так и ее структурных подразделений с одновременной минимизацией издержек, а также наиболее эффективно мотивировать сотрудников, тем самым увеличивая их человеческий потенциал.

Ключевые показатели эффективности являются одной из основных форм стимулирования сотрудников организации к достижению поставленных перед ними целей и выполнению задач [1]. КПЭ позволяют отслеживать, как сотрудник справляется со своими обязанностями, сопоставляя плановый показатель по КПЭ сотрудника с фактически достигнутым им результатом, и дают возможность руководству организации премировать сотрудников, выполняющих и перевыполня-

ющих плановые показатели, и депремировать сотрудников, фактическое значение которых за отчетный период находится ниже планового уровня. Система КПЭ позволяет тем самым эффективно управлять персоналом организации, и в сетевой торговой компании применение подобной системы является необходимым, поскольку сетевой торговой компании необходимо продавать свою продукцию, а система КПЭ дает возможность стимулировать сотрудников на выполнение планов, увеличивая им денежное вознаграждение за выполненную работу [2].

Поскольку в сетевой торговой компании продающие продукцию сотрудники являются главным, но не единственным звеном, стоит также отслеживать работу прочих подразделений, связанную с корректной работой организации, например, сотрудников службы информационной поддержки (ИТ-поддержки). Так как в современном мире нормальное функционирование систем связи с клиентом (телефон, электронная почта, мессенджеры, интернет) является необходимым условием для заключения сделок, сотрудники службы ИТ-поддержки также должны быть мотивированы на поддержание систем связи в рабочем состоянии [3].

В связи с вышесказанным для совершенствования информационной технологии решения задач управления с использованием КПЭ в сетевой торговой компании сложились следующие предпосылки:

1) наличие в компании различных подразделений, выполняющих различные функции, однако имеющих одинаковую необходимость в управлении и мотивации к выполнению поставленных перед ними задач в виде системы КПЭ;

2) наличие различных методик расчета КПЭ в связи с различным функционалом подразделений.

Для реализации данных предпосылок необходима автоматизированная система расчета КПЭ, которая позволила бы персоналу как производить автоматизированный расчет уже имеющихся в базе КПЭ, так и оперативно внести туда новые в том случае, если организация решит расширить свою деятельность в какой-либо смежной сфере либо выделить подразделение, которое параллельно основной сфере деятельности компании будет развивать опыт в других направлениях бизнеса [4].

Первым шагом к совершенствованию информационной технологии решения задач в экономических системах является создание диаграммы вариантов использования процессов функционирования информационной системы автоматизированного расчета КПЭ (рис. 1), позволяющей описать

систему на концептуальном уровне, а также выявить функциональность информационной системы, что позволит разработчику и конечному пользователю/заказчику обсуждать функциональные требования и пути развития информационной системы.

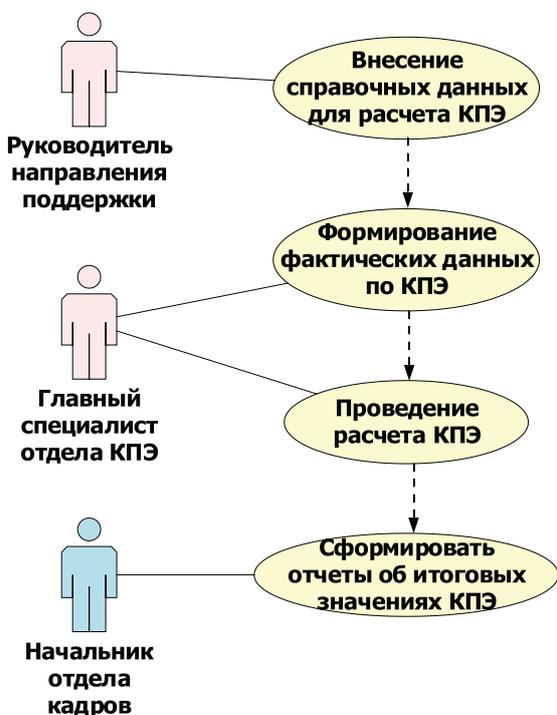


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования процессов функционирования информационной системы автоматизированного расчета КПЭ

На основании диаграммы вариантов использования создаются модели бизнес-процессов сетевой торговой компании с использованием инструментальных средств BizAgi Modeler.

Средство BizAgi Modeler является одним из ведущих программных продуктов на рынке систем BPMS (Business Process Management Suite – комплекты управления бизнес-процессами), ориентированным на моделирование, исполнение, автоматизацию и анализ бизнес-процессов компании. Продукт BizAgi Modeler дает возможность представить структуру компании либо определенный фрагмент ее деятельности в виде графической модели, что позволяет дать возможность оптимизации деятельности организации и, следовательно, повысить потенциальный доход компании [5].

На рис. 2 представлена диаграмма оркестровки в нотации BPMN, которая отражает ход решения задачи «Проведение расчета КПЭ», являющейся составной частью диаграммы вариантов использования процессов

функционирования информационной системы автоматизированного расчета КПЭ.

Диаграмма оркестровки – это схема, показывающая очередность выполнения операций процесса в нотации BPMN. По видам диаграммы оркестровки подразделяются:

- 1) на закрытые (схемы процессов, моделируемых внутри некоторого контейнера, называемого пулом (границей процесса));
- 2) открытые (схемы процессов, на которых пул не указывается явно, а только подразумевается);
- 3) приватные (внутренние);
- 4) публичные (внешние) [6].

На диаграмме оркестровки изображен процесс проведения расчета КПЭ в автоматизированной системе расчета КПЭ (АСР КПЭ). Для инициации начала процесса ответственному пользователю необходимо войти в АСР КПЭ, причем в случае ввода ошибочных данных система отказывает пользователю во входе в АСР КПЭ. Для выполнения расчета пользователю необходимо инициировать расчет КПЭ, после чего АРС должна провести проверку целостности данных для расчета КПЭ (в случае отсутствия необходимых данных выводится сообщение об ошибке) и произвести расчет итоговых значений КПЭ. По завершении расчета итоговых значений КПЭ полученные значения сохраняются в АСР КПЭ, а пользователь завершает в ней работу.

Следующим шагом при разработке ИС на основе диаграмм оркестровки процессов в сетевой торговой компании создаются FA- и T-модели баз данных информационной системы в нотации IDEF1X.

На основании сформированных FA- (рис. 3) и T-моделей базы данных ИС, а также применения модуля интеграции проектных решений [7] был разработан прототип информационной системы на базе платформы 1С Предприятие 8.3. Для чего сущности, используемые в моделях данных, были проассоциированы с объектами конфигурации платформы: справочниками, документами, табличными частями, регистрами, подсистемами и др. [4].

Разработанные объекты конфигурации позволяют выполнять широкий спектр задач по расчету КПЭ, таких как:

- 1) внесение и хранение данных о структуре организации (департаменты и входящие в них отделы), а также о сотрудниках и относящихся к их зоне ответственности КПЭ;
- 2) внесение и хранение плановых и фактических значений по КПЭ за определенный период;
- 3) расчет, хранение и передача в отдел кадров с целью премирования сотрудников структурных подразделений сетевой торговой компании итоговых значений КПЭ за определенный период.



Рис. 2. Диаграмма оркестровки процесса проведения расчета КПЭ

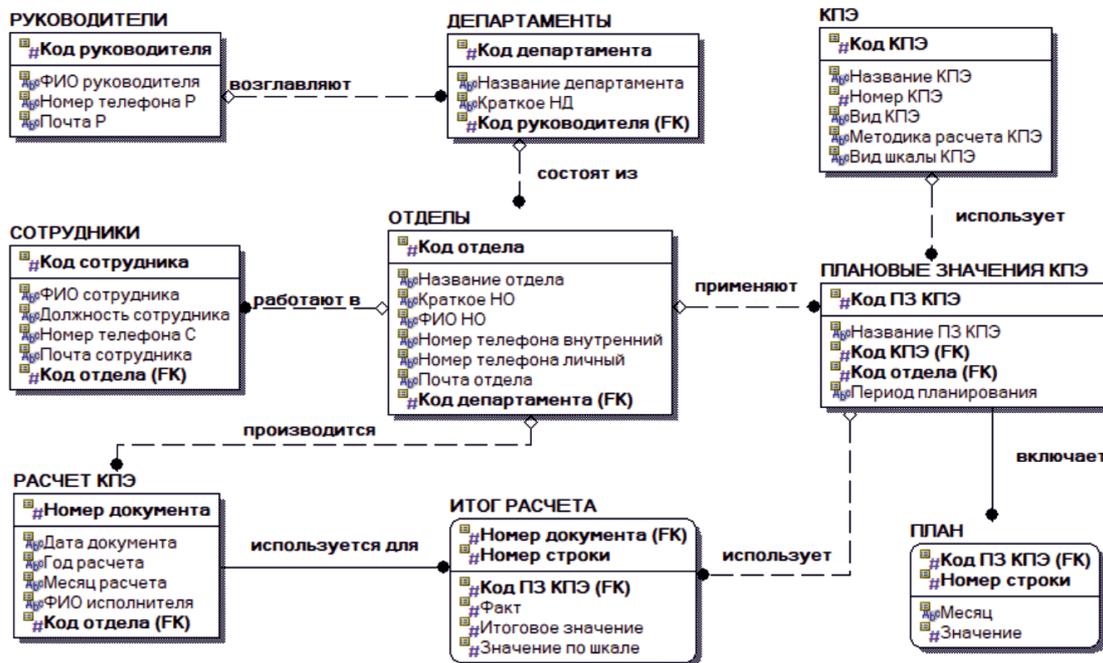


Рис. 3. FA-модель базы данных ИС

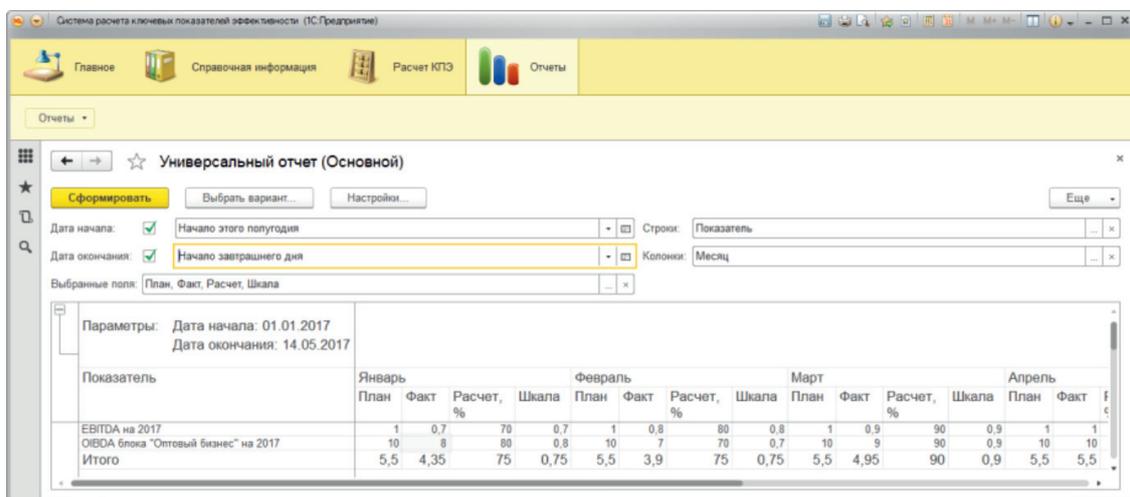


Рис. 4. Форма элемента отчета «Универсальный отчет»

На основе вносимых данных, накапливаемых в регистрах сведений о фактических и плановых значениях, а также на основании данных о методиках и формулах расчета отдельных КПЭ, были разработаны отчеты об итоговых значениях КПЭ за период. На рис. 4 представлен отчет, который позволяет сформировать сводную таблицу для вывода информации о ключевых показателях эффективности. Данный объект конфигурации также имеет возможности по настройке отображения результатов расчета КПЭ в табличном и графическом видах, что позволяет персоналу всесторонне анализировать полученные данные [8].

Результаты исследования и их обсуждение

На основе FA- и T-моделей баз данных ИС был разработан прототип информационной системы, позволяющий производить расчет ключевых показателей эффективности, позволивший совершенствовать информационную технологию решения задач управления в экономической системе на основе ключевых показателей эффективности. Применение подобной конфигурации позволит снизить риск возникновения ошибок и увеличить скорость расчета КПЭ благодаря автоматизации процесса расчета КПЭ и введению тонкой настройки визуализации отчетов, что позволяет сотрудникам сетевой торговой компании всесторонне проанализировать полученные данные и принять соответствующие решения быстрее, снизив издержки.

Заключение

Разработанный прототип информационной системы по автоматизации расчета ключевых показателей эффективности позволяет производить тонкую настройку визуализации отчетов, обеспечивает своевременный расчет ключевых показателей эффективности, снижает вероятность возникновения ошибок расчета КПЭ, связанных с человеческим фактором, позволяет

значительно снизить временные затраты на проведение расчета в связи с автоматизацией расчета КПЭ и проверки целостности данных, используемых для него. Благодаря разработанному прототипу, у сотрудников сетевой торговой компании появляется совершенная информационная технология, которая:

- 1) позволяет повысить прозрачность расчетов КПЭ;
- 2) предоставляет дополнительные ресурсы для анализа результатов деятельности сетевой торговой компании;
- 3) интегрирована в уже имеющуюся на предприятии платформу, что позволяет снизить затраты на поддержание и настройку информационной системы.

Список литературы

1. Чискидов С.В., Симаков А.И., Павличева Е.Н. Проблемы интеграции проектных решений инструментальных средств разработки информационных систем // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2016. – № 3 (37). – С. 98–103.
2. Ромашкова О.Н., Фролов П.А. Информационная система для автоматизации расчета и анализа показателей рентабельности и прибыли торговой компании // Технологии информационного общества. – X Международная отраслевая научно-техническая конференция: сборник трудов. – 2016. – С. 390.
3. Марр Б. Ключевые показатели эффективности. 75 показателей, которые должен знать каждый менеджер / Б. Марр. – М.: Изд-во БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 344 с.
4. Уолш К. Ключевые показатели менеджмента. Полное руководство по работе с критическими числами, управляющими вашим бизнесом / К. Уолш. – Киев: Consulting Group, 2012. – 416 с.
5. BPwin – инструмент системного анализа [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ci.ru/inform11_98/ast1.htm (дата обращения: 09.06.2017).
6. Моделирование баз данных при помощи ERwin [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ci.ru/inform12_98/ast1.htm (дата обращения: 09.06.2017).
7. Погорелова Т.В. Эффективность труда управленческого персонала и ее составляющие / Проблемы управления в условиях перехода к рыночной экономике: матер. всерос. канд. Секция 3, 4. – М., 2008. – С. 173.
8. Синк Д.С. Управление производительностью: планирование, измерение и оценка, контроль и повышение / Д.С. Синк. – М.: Прогресс, 1989. – 528 с.

УДК 004.83

ФОРМИРОВАНИЕ ОПИСАНИЙ ВЕТВЕЙ НА СХЕМЕ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА СЛЕДСТВИЙ

Симонов А.И., Страбыкин Д.А.

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров, e-mail: asimonov215@gmail.com

В работе предлагается метод, решающий задачу формирования описаний (выделения) ветвей на схеме логического вывода следствий. При этом описание схемы логического вывода может быть представлено в исчислении высказываний или в исчислении предикатов. Схема логического вывода следствий получается как дополнительный результат выполнения методов дедуктивного вывода следствий и вывода следствий при не полностью определенной базе знаний. Схема вывода представляет собой ориентированный граф, наглядно объясняющий пользователю ход вывода. Предложенный метод может быть использован при разработке интеллектуальных систем логического прогнозирования развития ситуаций для формирования описаний траекторий развития ситуации (долгосрочных прогнозов) из текущей фазы (состояния). В статье представлены: описания схем логического вывода следствий, полученных в результате выполнения дедуктивного вывода следствий и вывода следствий при не полностью определенной базе знаний (в исчислении высказываний и в исчислении предикатов первого порядка); определение ветви и процесса ветвления на схеме вывода; постановка задачи формирования описаний (выделения) ветвей на схеме вывода следствий; описания процедур выбора предшествующих литералов, расширения ветви, выбора последующих литералов, удлинения ветви; описание метода. Работа метода иллюстрируется на примерах в исчислении высказываний и в исчислении предикатов (подробное решение приводится в отдельной статье, указанной в списке литературы).

Ключевые слова: вывод следствий, описания ветвей, схема логического вывода, исчисление высказываний, исчисление предикатов, деление дизъюнктов

FORMATION THE DESCRIPTIONS OF BRANCHES ON THE INFERENCE SCHEME OF CONSEQUENCES

Simonov A.I., Strabykin D.A.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vyatka State University», Kirov, e-mail: asimonov215@gmail.com

In the article propose a method that solves the problem of forming descriptions of branches on the scheme of logical inference of consequences. The description of the scheme of logical inference can be presented in the propositional calculus or in the predicate calculus. The scheme of consequences inference obtained as an additional result of the execution of the deductive consequences inference method and the consequences inference method in case of an incomplete knowledge base. The scheme of inference is a directed graph that clearly explains inference process to the user. The proposed method can be used in the development of intelligent systems of logical prediction of the development of situations for the formation of descriptions of the paths of the development of the situation (long-term predictions) from the current phase (state). The article contains: descriptions of the schemes of consequences inference obtained as a result of the execution of the deductive consequences inference method and the consequences inference method in case of an incomplete knowledge base (in the propositional calculus and in the first-order predicate calculus); definition of the branch and the branching process on the scheme of inference; formulation of the problem of forming descriptions of branches on the scheme of consequences inference; descriptions of the procedures of selecting previous literals, expansion the branch, selecting following literals, extension the branch; description of the method. The work of the method is illustrated by examples in the propositional calculus and in the predicate calculus (detailed solution is given in a separate article in the references).

Keywords: consequences inference, descriptions of branches, scheme of logical inference, propositional calculus, predicate calculus, division of clauses

В настоящее время разработаны и используются методы, реализующие различные виды логического вывода, в числе которых дедуктивный вывод (проверка выводимости заключения из базы знаний (БЗ)), абдуктивный вывод (пополнение БЗ фактами, необходимыми для вывода заключений), индуктивный вывод (добавление в БЗ общих правил) [1–4]. Одним из особых видов вывода является вывод логических следствий [5], позволяющий получать дедуктивные или абдуктивные (обеспечиваемые дополнительными фактами) следствия из новых фактов при заданном наборе исходных посылок.

Успешный логический вывод следствий часто сопровождается дополнительным результатом в виде схемы логического вывода, наглядно объясняющей пользователю порядок следования утверждений из исходных посылок. Схема вывода представляет собой ориентированный граф, вершины которого соответствуют секвенциям (посылкам), использованным при выводе, а дуги помечаются литералами этих секвенций. Описание такой схемы может быть сформировано в процессе логического вывода в виде множества литералов с параметрами. Например, по описанию $O = \{A[15, 1], B[16, 1], M[17, 7], P[5, 7]\}, \{C[1, 3], D[2, 3], M[7, 11]\}, \{E[3, 4], I[11, 13]\},$

$\{L[4, 6]\}, \{R[6, 9], R[6, 10]\}, \{U[9, 12], S[8, 12], W[10, 13]\}, \{X[12, 14]\}, \{Y[13, +], Z[14, +]\}$ может быть построена схема логического вывода следствий, приведенная на рисунке.

Формальное описание схемы вывода следствий

Формальное описание схемы вывода записано от вида вывода следствий и используемого исчисления (высказываний (ИВ) или предикатов (ИП)) для представления знаний. Все исходные секвенции нумеруются, образуя множество номеров секвенций N . Обозначим через A множество различных имен литералов, используемых в секвенциях. В ИП вершинам графа сопоставляются секвенции, модифицированные унифицирующими подстановками $\lambda \in \Lambda$, где Λ – множество унифицирующих подстановок, использованных в процессе логического вывода. При этом вершина графа помечается идентификатором λ_j , состоящим из унифицирующей подстановки λ_j и номера модифицированной секвенции $j \in N$. Тогда описание схемы вывода можно представить в виде множества литералов для каждого варианта задачи:

- 1) дедуктивный вывод следствий:
 - а) $S_D = \{L[j, k], L[j, +]\}$ (ИВ);
 - б) $S'_D = \{L[\lambda_j, \lambda_k], L[\lambda_j, +]\}$ (ИП);
- 2) вывод следствий при не полностью определенной БЗ:
 - а) $S_A = \{L[j, k], L[j, +], L[+, k]\}$ (ИВ);
 - б) $S'_A = \{L[\lambda_j, \lambda_k], L[\lambda_j, +], L[+, \lambda_k]\}$ (ИП).

Здесь j – номер секвенции, из вершины которой на схеме выходит, а k – номер секвенции, в вершину которой входит дуга, помеченная литералом $L (L \in A, j, k \in N)$; «+» – символ вспомогательной переменной, определенной на множестве номеров секвенций N ; $L[j, +], L[\lambda_j, +]$ – конечные следствия; $L[+, k], L[+, \lambda_k]$ – дополнительные факты; $\lambda_j, \lambda_k \in \Lambda$. По номеру исходной секвенции однозначно определяются литералы, помечающие входящие и выходящие дуги вершины этой секвенции на схеме. В описании схемы используются только положительные (без инверсии) литералы, а пустые унифицирующие подстановки в идентификаторах вершин опускаются.

Ветвь на схеме логического вывода следствий

Основу ветви составляет последовательность литералов, которыми помечены дуги, соединяющие вершины схемы вывода. При этом правый номер каждого (за исключением последнего) литерала совпадает с левым номером следующего после него литерала, любой литерал может иметь дополнительные связи с другими литералами (не входящими в основу ветви), когда несколько литералов имеют одинаковые правые и различные левые номера. В общем случае ветвь можно представить в виде дерева, корнем которого является вершина с входящей дугой, помеченной последним литералом ветви.

Ветвление – это порождение двух и более ветвей, начинающихся с литералов, которые имеют одинаковые левые и различные правые номера (сами литералы могут быть одинаковыми). Две и более последовательности литералов, не имеющих друг с другом одинаковых номеров, представляют независимые ветви на схеме, которая делится на подсхемы, не имеющие общих вершин. Например, по приведенному выше описанию может быть сформировано две ветви: $b^1 = \{M[17, 7], N[7, 11], P[5, 7], I[11, 13], Y[13, +], W[10, 13], R[6, 10], L[4, 6], E[3, 4], C[1, 3], D[2, 3], A[15, 1], B[16, 1]\}$, $b^2 = \{A[15, 1], C[1, 3], B[16, 1], E[3, 4], D[2, 3], L[4, 6], R[6, 9], U[9, 12], X[12, 14], S[8, 12], Z[14, +]\}$.

Задача выделения ветвей

Из заданного нового набора фактов с помощью исходных посылок может выводиться не одно конечное следствие, причем некоторые конечные следствия могут выводиться не единственным образом. В таком случае схема логического вывода следствий содержит несколько ветвей, описывающих вывод. В связи с этим возникает задача выделения ветвей в схеме логического вывода следствий.

Задача может быть сформулирована следующим образом. Задано семейство множеств литералов, описывающих схему логического вывода следствий из множества новых фактов m^F : $O = \{g_1, \dots, g_h, \dots, g_H, s^+\}$, где g_h – множество литералов, полученное при формировании описания схемы на h -м шаге вывода; s^+ – множество конечных следствий, из которых не выводятся новые следствия. Определить семейство множеств литералов $B^k = \{b^1, \dots, b^k, \dots, b^K\}$, состоящее из множеств литералов b^k , описывающих K ветвей логического вывода следствий.

Представление описания схемы в виде семейства множеств O позволяет упростить процесс выделения ветвей. Схема вывода следствий также может быть описана множеством литералов $S = g_1 \cup \dots \cup g_H \cup s^+$.

Процедуры формирования описаний ветвей

Процесс формирования описаний ветвей строится на основе следующих процедур: выбора предшествующих литералов; расширения ветви; выбора последующих литералов; удлинения ветви. Рассмотрим выделенные процедуры более подробно.

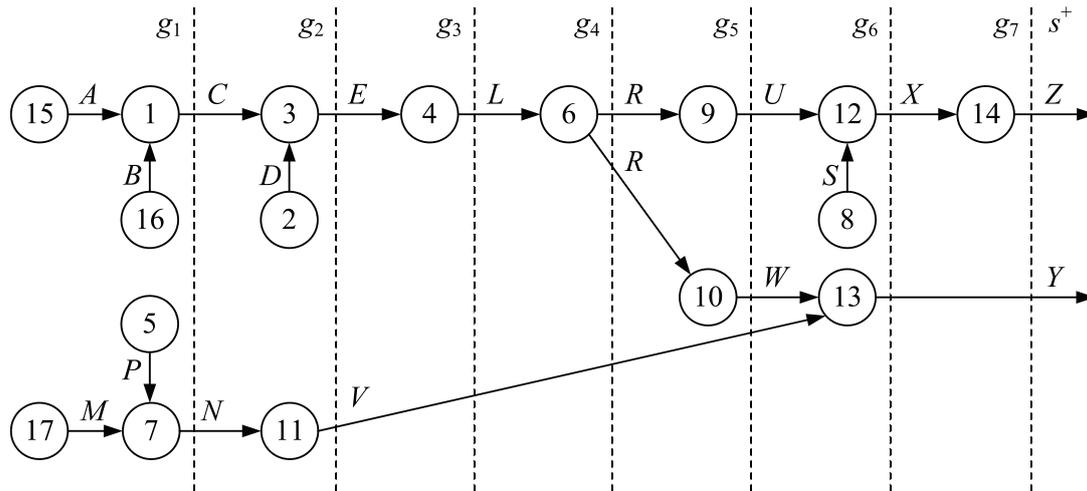


Схема логического вывода следствий: g_1, \dots, g_7 – множества литералов, полученные при формировании описания схемы вывода; s^+ – множество конечных следствий, из которых не выводятся новые следствия

Процедура выбора предшествующих литералов. Процедура выбора предшествующих литералов имеет следующий вид: $v = \langle L, S, q^v, m^v \rangle$, где L – текущий литерал с параметрами; S – описание схемы вывода; q^v – признак успешности процедуры («0» – нет предшествующих литералов, «1» – есть предшествующие литералы); m^v – новое множество текущих литералов.

В процедуре выполняются следующие действия. Проверяется левый параметр текущего литерала, если он является символом вспомогательной переменной «+», то принимается $m^v = \emptyset$, $q^v = 0$. Иначе из множества литералов схемы вывода S выбираются и включаются во множество литералов m^v литералы: а) $L^*[y, j]$ (для ИВ) такие, что правый параметр равен левому параметру текущего литерала $L[j, x]$; б) $L^*[y, \lambda_m j]$ (для ИП) такие, что $\lambda \subseteq \lambda_m$ левого параметра текущего литерала $L[\lambda_j, x]$ (здесь x, y – произвольные параметры, λ_r, λ_m – унифицирующие подстановки). В случае если таких литералов нет, то принимается $m^v = \emptyset$, $q^v = 0$, иначе $q^v = 1$.

Процедура расширения ветви. Процедура расширения ветви имеет следующий вид:

$$w = \langle m^v, S, b^*, b' \rangle,$$

где $m^v = \{L_1, \dots, L_r, \dots, L_T\}$ – множество текущих литералов с параметрами; S – описание схемы вывода; b^* – описание (множество литералов) расширяемой ветви; b' – описание ветви после расширения.

Расширение ветви вывода представляет собой серию шагов, на каждом из которых параллельно выполняются процедуры выбора предшествующих литералов. Выбираемые этими процедурами литералы пополня-

ют на каждом шаге формируемое описание ветви вывода. Процесс заканчивается, когда на очередном шаге все множества выбираемых литералов оказываются пустыми.

Введем следующие обозначения: h – номер шага по расширению ветви; b_h^w – описание ветви, полученное на h -м шаге; Q_h^w – общий признак окончания расширения ветви («0» – процесс завершается, «1» – продолжается). Тогда описание процедуры с использованием индексной функции $i(h)$ [6] может быть представлено в следующем виде.

1. *Определение начальных значений:*

$$h = 1, b_0^w = b^*, i(1) = t, t = 1, \dots, T,$$

где T – число текущих литералов.

2. *Выполнение процедур.*

А) На первом шаге ($h = 1$) для каждого текущего литерала L_t выполняется процедура выбора предшествующих литералов:

$$v_t = \langle L_t, S, q_t^v, m_t^v \rangle,$$

где $t = 1, \dots, T$.

В результате формируются множества новых текущих литералов m_t^v для следующего шага и осуществляется переход к п. 3 (пункту 3).

Б) На втором и последующих шагах ($h > 1$) для множеств текущих литералов $m_{i(h-1)}^v$, полученных в процедурах предыдущего шага (характеризуемых признаками $q_{i(h-1)}^v = 1$), выполняются следующие процедуры выбора предшествующих литералов:

$$v_{i(h)} = \langle L_{i(h)}, S, q_{i(h)}^v, m_{i(h)}^v \rangle,$$

где $i(h) = i(h-1).t_{i(h-1)}$, $t_{i(h-1)} = 1, \dots, T_{i(h-1)}$.

3. *Формирование ветви.* Производится пополнение описания ветви литералами, полученными в процедурах выбора литералов:

$$b_h^w = b_{h-1}^w \cup \bigcup_{a=1}^A m_{i(h)}^v,$$

где $i(h) = i(h-1).t_{i(h-1)}$, $a = t_{i(h-1)}$, $A = T_{i(h-1)}$.

4. *Проверка общего признака окончания расширения ветви.* Производится определение и проверка общего признака окончания расширения ветви.

$$Q_h^w = \bigvee_{a=1}^A q_{i(h)}^v,$$

где $i(h) = i(h-1).t_{i(h-1)}$, $a = t_{i(h-1)}$, $A = T_{i(h-1)}$.

Если $Q_h^w = 1$, то $h = h + 1$, выполняется п. 2.Б.

5. *Фиксация результата выполнения процедуры:* $b' = b_h^w$.

Процедура выбора последующих литералов. Процедура выбора последующих литералов имеет вид:

$$u = \langle L, S, q^u, m^u \rangle,$$

где L – текущий литерал с параметрами; S – описание схемы вывода; q^u – признак успешности процедуры («0» – нет последующих литералов, «1» – есть последующие литералы); m^u – новое множество текущих литералов.

В процедуре выполняются следующие действия. Проверяется правый параметр текущего литерала, если он является символом вспомогательной переменной «+», то принимается $m^u = \emptyset$, $q^u = 0$. Иначе из множества литералов схемы вывода S выбираются и включаются во множество литералов m^u литералы: а) $L[k, z]$ (для ИВ) такие, что левый параметр равен правому параметру текущего литерала $L[x, k]$; б) $L[\lambda_n k, z]$ (для ИП) такие, что $\lambda_n \supseteq \lambda$, правого параметра текущего литерала $L[x, \lambda k]$ (здесь x, z – произвольные параметры, λ_p, λ_n – унифицирующие подстановки). В случае если таких литералов нет, то принимается $m^u = \emptyset$, $q^u = 0$, иначе – $q^u = 1$.

Процедура удлинения ветви. Процедура удлинения ветви имеет следующий вид:

$$U = \langle L, b, S, p, N \rangle,$$

где L – текущий литерал с параметрами; b – описание исходной ветви вывода; S – описание схемы вывода; p – признак успешности процедуры («0» – удлинение ветви невозможно, «1» – ветвь успешно продлена); N – множество, содержащее тройки «новый текущий литерал – описание соответствующей ему ветви – описание соответствующей ему схемы вывода» (при $p = 1$), или – «описание сформированной ветви» (при $p = 0$).

Процедура включает в себя расширение ветви и добавляет в описание ветви лите-

рал, следующий после текущего. В общем случае вариантов удлинения ветви несколько, и они порождают множество новых ветвей. Описание процедуры может быть представлено в следующем виде.

1. *Выполняется процедура* $v = \langle L, S, q^v, m^v \rangle$. Если $q^v = 0$, то принимается $b' = b$ и выполняется п. 3, иначе – $b^* = b \cup m^v$.

2. *Выполняется процедура* $w = \langle m^v, S, b^*, b' \rangle$.

3. *Выполняется процедура* $u = \langle L, S, q^u, m^u \rangle$.

4. *Производится установка признака p и фиксация множества N .* Принимается $p = q^u$. Если $p = 1$, то $N = \{ \langle L_1, b_1, S_1 \rangle, \dots, \langle L_u, b_u, S_u \rangle, \dots, \langle L_U, b_U, S_U \rangle \}$, где $L \in m^u$, $b_u = b^u \cup \{L_u\}$, $S_u = S - b_u$, иначе $N = \{b^u\}$.

Рассмотренные процедуры позволяют построить метод формирования описаний ветвей.

Метод формирования описаний ветвей

Формирование описаний ветвей вывода представляет собой серию шагов, на каждом из которых параллельно выполняются процедуры U для каждого текущего литерала, соответствующих ему описаний исходной ветви и схемы вывода. Выбираемые этими процедурами литералы пополняют на каждом шаге формируемые описания ветвей вывода. При этом любая процедура U может породить несколько новых ветвей, для каждой из которых на следующем шаге будет выполняться своя процедура U . Процесс заканчивается, когда на очередном шаге все процедуры U завершаются неудачно (ни одна из ветвей не может быть продлена).

Введем следующие обозначения: h – номер шага по формированию ветвей; B^h – семейство множеств описаний ветвей, сформированных на h -м шаге; P_h – общий признак окончания формирования ветвей («0» – процесс завершается, «1» – продолжается). Тогда описание метода может быть представлено в следующем виде.

Из описания схемы логического вывода следствий, представленного семейством множеств O , выбирается множество литералов g_1 , полученное на первом шаге вывода. Из g_1 выбираются литералы $L_i[x, k_i]$ (для ИВ), $L_i[x, \lambda k_i]$ (для ИП) с различными правыми номерами параметров k_i (здесь x – произвольный параметр, λ – произвольная унифицирующая подстановка). Если g_1 содержит несколько литералов с одинаковыми k_i , то выбор одного из них может осуществляться по первому литералу с таким номером в порядке перечисления элементов множества.

1. *Определение начальных значений:*

$$h = 1, B^0 = \emptyset, m = \{L_1, \dots, L_p, \dots, L_T\},$$

$$N = \{ \langle L_1, b_1, S_1 \rangle, \dots, \langle L_p, b_p, S_p \rangle, \dots, \langle L_T, b_T, S_T \rangle \},$$

$$b_i = \{L_i\}, S_i = S - b_i, i(1) = t, t = 1, \dots, T,$$

где T – исходное число текущих литералов.

2. *Выполнение процедур удлинения ветвей.* Для каждой тройки множества N или множеств $N_{i(h)}$, полученных в процедурах предыдущего шага (характеризуемых признаками $p_{i(h)} = 1$), выполняется процедура удлинения ветви:

$$U_{i(h)} = \langle L_{i(h)}, b_{i(h)}, S_{i(h)}, P_{i(h)}, N_{i(h)} \rangle,$$

где $i(h) = i(h-1).t_{i(h-1)}, t_{i(h-1)} = 1, \dots, T_{i(h-1)}$.

3. *Фиксация сформированных ветвей.* Все описания сформированных ветвей $b'_{i(h)}$ добавляются в полученное на предыдущем шаге семейство множеств сформированных ветвей B^{h-1} . Если в B^{h-1} уже имеется идентичное по содержанию описание ветви, то новое описание не добавляется. В результате семейство множеств B^h содержит только уникальные описания сформированных ветвей.

$$B^h = B^{h-1} \cup \bigcup_F \{b'_{i(h)}\},$$

где $i(h) \in F$, F – множество индексов признаков $p_{i(h)} = 0$.

4. *Проверка общего признака окончания формирования ветвей.* Производится определение и проверка общего признака окончания формирования ветвей.

$$P_h = \bigvee_{a=1}^A p_{i(h)},$$

где $i(h) = i(h-1).t_{i(h-1)}, a = t_{i(h-1)}, A = T_{i(h-1)}$.

Если $P_h = 1$, то $h = h + 1$, выполняется п. 2.

5. *Фиксация результата выполнения метода.* Выделенные в схеме вывода ветви фиксируются в семействе множеств описаний ветвей $B' = \{b^1, \dots, b^k, \dots, b^K\}$.

Применение метода подробно рассмотрено на примерах (ИВ, ИП) в работе [6].

Заключение

Предложенный метод решает задачу формирования описаний (выделения) ветвей из описания схемы вывода следствий,

полученного с помощью методов дедуктивного вывода следствий и вывода следствий при не полностью определенной БЗ. При этом описание схемы вывода может быть представлено в исчислении высказываний или в исчислении предикатов. Метод отличается от известных использованием специальных процедур: выбора предшествующих литералов; расширения ветви; выбора последующих литералов; удлинения ветви. Метод обладает параллелизмом на уровне U процедур (удлинение каждой ветви) и v процедур (при расширении ветви), что позволяет более эффективно применять его при реализации интеллектуальных систем на современных параллельных вычислительных платформах.

Описания ветвей, сформированные в результате выполнения метода, могут быть использованы в качестве описаний траекторий в задаче логического прогнозирования развития ситуаций из заданной фазы.

Список литературы

1. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах / В.Н. Вагин, Е.Ю. Головина, А.А. Загорянская, М.В. Фомина; под ред. В.Н. Вагина, Д.А. Поспелова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 712 с.
2. Финн В.К. Индуктивные методы Д.С. Милля в системах искусственного интеллекта. Часть I / В.К. Финн // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2010. – № 3. – С. 3–21.
3. Вагин В.Н. Методы абдуктивного вывода в задачах планирования работы в сложных объектах / В.Н. Вагин, К.Ю. Хотимчук // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2010. – № 5. – С. 95–113.
4. Вагин В.Н. Методы индуктивного вывода и аргументации в современных интеллектуальных системах поддержки принятия решений / В.Н. Вагин, О.Л. Моросин, М.В. Фомина // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2016. – № 1. – С. 86–103.
5. Долженкова М.Л. Задача абдуктивного вывода следствий / М.Л. Долженкова, Д.А. Страбыкин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 1. – С. 74–77.
6. Simonov A.I. Formation the Descriptions of Branches on the Inference Scheme of Consequences (Examples). DOI: 10.5281/zenodo.843774.

УДК 378.225

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ПОДГОТОВКИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ

Аушева И.У.

*Центр педагогического мастерства АОО «Назарбаев Интеллектуальные школы»,
Астана, e-mail: ausheva-irina@mail.ru*

Настоящая статья посвящена актуальным вопросам подготовки педагогических кадров. Обзорный анализ ведущих современных научно-аналитических источников позволяет определить ряд универсальных стратегий, пригодных для национальных образовательных систем, независимо от специфики их культурного, социального и других контекстов. В поиске и определении путей обеспечения эффективности решения вопроса, автор придерживается принципов комплексного подхода, полагая, что качество подготовки педагогических кадров на уровне высшего педагогического образования зависит от ряда аспектов, в частности от системы отбора претендентов, содержания образования, организации профессиональных практик, трудоустройства, системы наставничества в первые годы работы в школе. В качестве подтверждения в статье анализируется опыт национальных образовательных систем стран, достигших устойчивых и признанных успехов по итогам участия в международных сравнительных исследованиях (TIMSS, PISA): Сингапур, Финляндия, Южная Корея.

Ключевые слова: национальная образовательная система, содержание образования, универсальные стратегии, педагогические кадры, международный опыт, ключевые педагогические компетенции

INTERNATIONAL TRAINING EXPERIENCE PEDAGOGICAL PERSONNEL

Ausheva I.U.

*PE «Center of Excellence» of AEO «Nazarbayev Intellectual schools», Astana,
e-mail: ausheva-irina@mail.ru*

This article is devoted to topical issues of teacher training. A survey analysis of the leading modern scientific and analytical sources makes it possible to determine a number of universal strategies suitable for national educational systems, regardless of the specifics of their cultural, social and other contexts. In the search for and ways to ensure the effectiveness of the solution of the issue, the author adheres to the principles of an integrated approach, believing that the quality of teacher training at the level of higher pedagogical education depends on a number of aspects, in particular, the system of selection of applicants, the content of education, the organization of professional practices, System of mentoring in the first years of work in school. As an acknowledgment, the article analyzes the experience of the national educational systems of countries that have achieved sustainable and recognized successes based on their participation in the International Comparative Studies (TIMSS, PISA): Singapore, Finland, South Korea.

Keywords: national educational system, content of education, universal strategies, pedagogical personnel, international experience, key pedagogical competencies

В настоящее время наиболее часто цитируемым аналитическим источником, представляющим результаты новейших научно-практических исследований по вопросам качества педагогического образования, является отчет международной консалтинговой компании Маккинзи (авторы Барбер и Муршед), посвященный анализу путей и способов достижения каждой национальной образовательной системой устойчивых результатов, получивших признание на уровне международных и национальных измерений. Аргументы, предоставленные авторами, свидетельствуют о том, что качество преподавания находится в прямой зависимости от эффективности системы подготовки учительских кадров и их непрерывного профессионального развития [1]. В данной работе авторы подчеркивают, что небольшая, но системная совокупность существенно значимых факторов может вызвать эффект, который исследователь Фуллан называет «реакцией масштабного улучшения» [2].

Несмотря на очевидную неопровержимость данных заключений, на практике, по-прежнему существует несоответствие, которое в докладе ЮНИСЕФ квалифицируется как «инновационная пропасть между базовой, дослужебной подготовкой и непрерывным профессиональным развитием в период практической работы в школе» и которое является актуальным для всех стран Центральной Азии, включая Казахстан [3].

Цель исследования: анализ и обобщение опыта стран, чьи образовательные системы достигли устойчивой успешности на международном уровне, и на их основе – формулировка конкретных практических действий, приемлемых в условиях казахстанского высшего педагогического образования.

Материалом и методами исследования служат научно-теоретические и научно-практические исследования в области сравнительной педагогики, анализ и систематизация которых послужила основой для формулировки выводов и рекомендаций.

Так, результаты исследования Международного бюро просвещения ЮНЕСКО [4] позволяют утверждать, что основная проблема, связанная с базовым педагогическим образованием учителей в Казахстане, заключается в слабой согласованности образовательных программ в вузах с реальной практикой в школе, что приводит к ситуации, когда молодые учителя не обладают достаточными знаниями, навыками и методическим инструментарием для успешной работы в своей профессии.

Отчет Всемирного банка в рамках SABER (Системный подход к улучшению результатов образования), на предмет соответствия национальных образовательных систем мировым стандартам, показывает, что по таким показателям, как «Вовлечение лучших в педагогическую профессию», «Подготовка учителей в условиях формального и неформального образования», «Мотивация к педагогическому труду» Казахстан показывает лишь формирующийся уровень, а по показателю «Руководство учителями в школе в соответствии с установленными принципами» – латентный уровень [5]. Это обусловлено тем, что, несмотря на то, что директора школ должны контролировать работу учителя и оказывать им поддержку в совершенствовании преподавательской практики, в настоящее время в Классификаторе специальностей высшего образования Республики Казахстан нет специальностей по подготовке руководителя школы и формированию у него необходимых навыков в качестве руководителя-методиста, школьного администратора.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ и систематизация опыта развития образовательных систем Финляндии, Сингапура и Южной Кореи [6–8] позволили определить направления и сформулировать ряд стратегий, приемлемых в условиях казахстанского высшего педагогического образования.

Первое направление: статус педагогической профессии в стране

Финляндия. Учительская профессия является одной из самых уважаемых и востребованных. Попастъ «в педагогику» сложно: из числа подавших документы для поступления на факультет образования поступают в среднем 8,0–10,0%. Предпринимаемые меры по повышению статуса учительской профессии:

1. Введение требования: все учителя должны иметь степень магистра.

2. Интегрирование практики в систему подготовки учителей.

У всех педагогических факультетов есть подопечные средние учебные заведения, работающие по полной программе школы, в которых студенты проходят начальную учительскую практику. Подобная организационная структура обеспечивает тесную связь между содержанием программы обучения студентов и реалиями школы и предоставляет факультетам дополнительные возможности адаптировать свои программы с учетом наблюдений, проведенных в школах.

3. Совместная работа учителей, что проявляется в создании атмосферы в школах, при которой совместное планирование, обмен мнениями о педагогических проблемах и взаимное наставничество становятся типичными чертами школьной жизни.

4. Сфокусированность образовательной системы на том, чтобы учителя были подготовлены к адаптации методики обучения к специфическому контексту, в котором им приходится работать.

5. Реализация системного мониторинга успеваемости с целью обобщения и распространения передового опыта, выявления слабых зон и повышения ответственности каждой школы за результаты своей работы.

Сингапур. Все учителя являются государственными служащими. В зависимости от внутренних возможностей школа сама выбирает свою нишу и обосновывает реальность ее развития перед Министерством образования. После одобрения программы школа получает дополнительные ресурсы и становится центром развития лучших практик по выбранному направлению.

Южная Корея. Существует значительная разница между статусом учителя начальной школы и учителя средней школы, и эта разница целиком и полностью обусловлена политикой правительства, взявшего под свой жесткий контроль наличие мест на курсах профессиональной подготовки учителей начальной школы, полагая, что именно на этом уровне образования чрезвычайно важно качество преподавания.

Второе направление: система отбора на педагогические специальности

Финляндия. Отбор происходит на основе ряда собеседований с претендентами:

Первое собеседование. Цель: выяснить причины, побудившие абитуриента выбрать именно этот факультет, установить, что он знает о будущей профессии.

Второе собеседование проходит с бакалаврами, которые решили продолжить об-

учение на последующей ступени для получения степени магистра, поскольку вновь необходимо выдержать конкурс из 4–5 человек на одно место.

Третье собеседование – с работодателем той школы, в которой молодой специалист желает работать по окончании вуза. В рамках данного этапа проверяется пригодность к профессиональной мотивации, коммуникативные навыки, эмоциональная отзывчивость, гибкость и т.д. В результате, лишь около 30% выпускников проходят удачно подобный отбор и трудоустраиваются с первой попытки.

Сингапур. Этапы отбора.

Первый этап – оценивание резюме кандидата. Минимальные квалификационные требования: расположение заявителя в верхних 30% рейтинга успеваемости в своей возрастной группе; наличие высшего образования по педагогической специальности, соответствующего желаемому предметному направлению; предъявление аргументов, доказывающих его интерес к детям, процессу преподавания и учительской профессии в целом. Предпочтение отдается кандидатам, имеющим высшее образование в сфере предполагаемой предметной специализации.

Второй этап – функциональный тест и оценка грамотности.

Третий этап – интервью по оценке психологической установки и личностных качеств претендента, тест и проверка преподавательской активности.

Четвертый этап – оценка соответствия стандартам во время начальных шагов в профессии. Все этапы отбора удается преодолеть в среднем одному из шести претендентов.

Южная Корея. Претендент, желающий работать в качестве учителя начальной школы, только после четырехгодичного вузовского обучения может получить степень по педагогике. Абитуриент должен соответствовать верхним пяти позициям по своим показателям.

Третье направление: содержание педагогического образования

Финляндия. Учебный план педагогических специальностей включает дисциплины, направленные на подготовку специалиста-предметника в соответствии с профилем и педагогическую практику в соотношении: 67% – теории и 33% – практики. Главная цель обучения в университете – научить студента самостоятельно заниматься исследованиями, чтобы он и в школе непрерывно искал эффективные методы и подходы в преподавании. В этой

связи наряду с лекциями и семинарскими занятиями в содержании обучения велика доля самостоятельной работы студентов, которые начинают заниматься научными исследованиями на ранних этапах обучения. Таким образом, обучение реализуется в тесной связи научной работы с практикой и отличается серьезной исследовательской направленностью (курс «*Преподаватель как исследователь*» является обязательным для всех студентов).

К преподаванию в школах допускаются только обладатели магистерской степени, получение которой предполагает обязательную сдачу следующих курсов:

- *коммуникативная компетентность (12 кредитов);*
- *технологии образования (75 кредитов);*
- *педагогика и психология (35 кредитов);*
- *основная предметная специализация (35 кредитов).*

Сингапур. Образование в Национальном институте образования основывается на модульной системе, сочетающей особенности британской (небольшие академические группы студентов при обучении) и американской (система кредитов) систем образования.

Студентам разрешено в течение первых двух семестров заниматься по выбору на разных факультетах либо по программе двухдипломного образования, к примеру: бакалавр искусства, социальных наук и техники; бакалавр искусства, социальных наук и права; бакалавр бизнеса и техники; бакалавр бизнеса и права и т. д.

Все программы подготовки учителей и учебный план, предполагают следующее соотношение: *общепедагогические дисциплины (20%); учебная программа исследования (50%); практикум (25%); коммуникативные навыки (5%).*

Учебный план предусматривает отработку у учителей педагогических навыков для преподавания конкретных дисциплин в школах. Практика-интернатура, где учителя стажировались в школах, продолжается 1–10 недель, в зависимости от программы. Во время практики стажеры работают под наставничеством двух педагогов: из школы и из университета. В процессе получения дополнительного образования учителя распределяют на три группы:

- *преподавание* – для тех, кто желает посвятить свою карьеру школе и принимать на себя дополнительные обязательства в рамках школы, проводя тренинги, реализуя наставничество для молодых педагогов;
- *специалитет* – для тех, кто стремится работать в Министерстве образования, участвовать в разработке и реализации образо-

вательной политики, создании общеобязательных стандартов;

- *лидерство* – для тех, кто планирует продолжать свою карьеру в качестве руководителя цикловых методических комиссий, завуча или директора школы.

Южная Корея. Учебный план подготовки педагогических кадров делится на 4 группы дисциплин: основной курс дисциплин – 22 кредита; общепрофессиональный курс дисциплин – 52 кредита; специальный курс дисциплин – 54 кредита; методический курс дисциплин – 22 кредита.

Выводы

Очевидно, что выбор и разработка стратегии развития каждой страной должны быть адаптированы к уникальным культурным и контекстным национальным особенностям, в данном случае – к особенностям Казахстана. В успешном передовом опыте национальных образовательных систем имеется ряд универсальных стратегий, использование которых может быть полезным и эффективным для Казахстана. В частности:

по повышению статуса педагогической профессии возможно использование следующих требований: обязательное наличие степени магистра у претендентов на работу в качестве школьного учителя; оптимальное сочетание теоретической и практической составляющей подготовки педагогических кадров; ориентирование профессиональной подготовки на ожидаемый уровень компетенций, согласованный с аутентичными требованиями школьной практики; модификация механизма распределения заработной платы (высокая стартовая ставка с последующим незначительным повышением; поощрения в зависимости от уровня эффективности преподавания и дополнительной профессиональной подготовки и пр.); кластерный принцип при определении направлений развития школ, их профиля в соответствии с региональной спецификой.

Требует принципиального обновления Классификатор специальностей высшего педагогического образования в Казахстане, в частности в аспекте интегрирования специальностей. В этой связи эффективным может стать структурирование групп дополнительных специальностей по опыту Сингапура: *преподавание, специализитет, лидерство*, тем более что в казахстанском классификаторе отсутствует квалификация «руководитель школы, менеджер в образовании» и, соответственно, не осуществляется подготовка кадров на педагогических специальностях вузов.

По отбору абитуриентов возможно использование единой системы этапов:

1) оценка знания языков на предмет соответствия уровням: казахский язык по шкале КАЗТЕСТ не ниже уровня В2 (выше среднего); русский язык по шкале РКИ – не ниже третьего уровня; английский язык – по IELTS не ниже уровня 5,5;

2) стажировка не менее пяти недель в школе для ознакомления с её деятельностью;

3) собеседование комиссией в составе: преподаватель из университета; школьный учитель; представитель областного управления/городского, районного отдела образования оценка комиссией психологических установок и личностных качеств претендента;

4) функциональный тест, оценка грамотности и способности к критическому мышлению;

5) оценка эссе, написанного абитуриентом и доказывающего его интерес к детям, процессу преподавания и учительской профессии в целом;

6) формативное оценивание динамики развития будущих учителей на протяжении первого семестра обучения, в случае отсутствия которой претендент исключается из образовательной программы. Основные критерии оценивания: мотивация к педагогическому труду, способность к самообразованию и профессиональному развитию.

По критериям оценивания вузов, осуществляющих подготовку педагогических кадров:

1) обязательный уровень языковой компетентности для представителей профессорско-преподавательского состава вузов (казахский, русский, английский языки);

2) обязательное наличие степени PhD;

3) система научно-педагогических стажировок по обобщению лучшего мирового опыта в контексте специально разработанной траектории собственного научно-педагогического развития;

4) внедрение системы рейтингования профессорско-преподавательского состава: соответствие первым десяти позициям в системе критериев;

5) создание Центра исследований в области педагогической теории и практики для осуществления экспертной оценки и мониторинга качества подготовки педагогических кадров, по результатам которой принимаются решения о продолжении или прекращении конкретным вузом подготовки педагогических кадров.

По содержанию педагогического образования:

1) структурирование учебного плана педагогических специальностей с содер-

жательной наполненностью блоков дисциплин, направленных на формирование ключевых компетенций:

первый блок. Общая культура, методологическая компетентность (личностное развитие, навыки рефлексии, осмысленное понимание и интеграционное видение общих тенденций в политических и религиозных направлениях; понимание общественных предпосылок внедрения новых образовательных технологий и т.д.) – 12 кредитов;

второй блок. Языковая, коммуникативная компетентность (навыки выступлений, презентаций; ежегодное повышение уровней владения языками в соответствии с требованиями КАЗТЕСТ (казахский), РКИ (русский) IELTS (английский) – 12 кредитов;

третий блок. Психолого-педагогическая компетентность (теория педагогики и психологии, физиологии; основы дидактики, школоведения и т.д.) – 35 кредитов;

четвертый блок. Предметная компетентность (знание методологии преподаваемого предмета) – 35 кредитов;

пятый блок. Методическая, технологическая, ИКТ компетентность (знание современных методов и подходов, владение ими для инклюзивного обучения и достижения ожидаемых результатов) – 75 кредитов;

шестой блок. Исследовательская, оценочная компетентность (Исследование собственной практики преподавания; навыки разработки критериев оценивания) – 10 кредитов;

непрерывная практика, начиная с первых дней обучения в вузе не менее четырех дней в неделю. **Общее число кредитов по учебному плану – 179;**

2) утверждение формата обучения, действующего формированию образовательной среды, поощряющей независимое обучение, самообучение, исследование собственной практики;

3) вариативность и предметная интеграция в преподавании;

4) замена методологии преподавания, основанного на прямой передаче знаний, конструктивистским подходом, направленным на развитие навыков самостоятельного обучения;

5) разумный прагматизм и экономическая рациональность, предполагающие комплексное освоение предметов не только в привычном сочетании (физика и астрономия, химия и биология, история и обществознание), но и в таком, как физика и искусство, история и физическая культура. Подобный подход особенно актуален и значим для учителей сельских малокомплект-

ных школ, число которых в Казахстане составляет 46,1 %;

6) разработка и внедрение системы оценки качества преподавания молодого специалиста, предполагающей: введение практики «пробного года» (адаптация выпускника университета или колледжа к условиям школы), в период которого молодые специалисты получают *развивающую поддержку*. Молодой специалист в этот период имеет официальный статус «*стажер*», и за ним закреплен ментор. В этот период ему значительно снижается объем преподавательской нагрузки с целью предоставления достаточного времени на планирование учебной работы, профессиональное развитие и самообучение. В данный период молодой специалист регулярно проходит аттестацию, по результатам которой ментор разрабатывает ему рекомендации по профессиональным направлениям деятельности, нуждающимся в усовершенствовании;

7) разработка системы требований, повышающей ответственность вузов за качество подготовки кадров;

8) разработка и внедрение программы поддержки молодого специалиста, включающей менторинг, административную поддержку, оценку на завершающем этапе.

Особого внимания требует содержание профессиональной практики, которая должна быть, на наш взгляд, непрерывной и содержать этапы, способствующие последовательной адаптации к условиям школы:

– наблюдение уроков, рефлексия, анализ, обсуждение с ментором;

– наблюдение уроков и помощь ментору в организационных вопросах (участие в планировании уроков и в работе с родителями, в воспитательных мероприятиях, в разработке ресурсов и т.д.);

– наблюдение уроков и совместное с ментором планирование уроков, выбор методик, подготовка воспитательных мероприятий, работа с родителями учеников и т.д.;

– ассистирование ментора при проведении уроков, воспитательных мероприятий;

– самостоятельное проведение уроков, взаимодействие с родителями учеников и пр. в присутствии ментора;

– самостоятельное проведение уроков при непрерывном консультировании с ментором;

– выбор совместно с ментором собственного методического стиля преподавания, разработка траектории своего профессионального развития.

Названные преобразования при комплексном их использовании, на наш взгляд, будут способствовать последовательной и успешной адаптации студентов и выпуск-

ников педагогических специальностей к учительской профессии и к реалиям школы.

Список литературы

1. Барбер М., Муршед М. Как добиться стабильно высокого качества обучения в школах. Уроки анализа лучших систем школьного образования мира / М. Барбер, М. Муршед // Вопросы образования. – 2008. – № 3. – С. 7–11.

2. Fullan M. Leadership from the Middle. A system strategy Education Canada // Canadian Education Association. – 2005. – vol. 11, № 4. – P. 22–26.

3. Учителя: региональное исследование по найму, развитию учителей и заработной плате в регионе ЦВЕ,СНГ: аналитический обзор, 2011/Региональное отделение ЮНИСЕФ для стран ЦВЕ/СНГ. – Женева, 2011. – 99 с.

4. Карпенко О.М., Бершадская М.Д., Вознесенская Ю.Д. Показатели уровня образования населения в стра-

нах мира: анализ данных международной статистики / О.М. Карпенко, М.Д. Бершадская, Ю.Д. Вознесенская // Социология образования. – 2008. – № 6. – С. 4–20.

5. Обзор ОЭСР школьных ресурсов. Казахстан: аналитический обзор, 2015/Всемирный банк. – Астана: ИАЦ, 2015. – 112 с.

6. Лиферов А.П. Основные тенденции интеграционных процессов в мировом образовании: автореф. дис. ... докт. пед. наук. – Москва, 1977. – 45 с.

7. Седов В.А. Стратегии отбора будущих учителей в зарубежной практике // Человек и образование. – 2010. – № 3. – С. 117–122.

8. Ширшова И.А. Подготовка современного учителя: опыт Финляндии в сфере педагогического образования // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского Серия «Проблемы педагогики средней и высшей школы». – 2014. – № 4. – С. 26–35.

УДК 378.147:37.031.4

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В ВУЗЕ

Байгушева И.А., Ермилов Н.О.

*ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», Астрахань,
e-mail: iabai@mail.ru, nermilov@mail.ru*

Статья посвящена проблеме организации проектной деятельности студентов в процессе математической подготовки в вузе. Предложена методика организации проектной деятельности студентов, способствующая повышению качества математической подготовки в соответствии с современными запросами общества. На основе анализа характерных особенностей и задач проектной деятельности выделены педагогические требования к использованию метода проектов на профессиональном этапе математической подготовки в вузе. Определены этапы и раскрыто содержание деятельности преподавателя и студентов по реализации проекта. Предложены критерии для оценки результатов проектной деятельности студентов. Представлен опыт организации проектной деятельности студентов в научно-образовательном центре «Прикладная геометрия» Астраханского государственного университета. Приведены примеры реализованных с использованием математических знаний практико-ориентированных проектов междисциплинарного и наддисциплинарного характера.

Ключевые слова: метод проектов, проектная деятельность студентов, математическая подготовка в вузе

ORGANIZATION OF PROJECT ACTIVITY OF STUDENTS AS A FACTOR OF INCREASING THE QUALITY OF MATHEMATICAL TRAINING IN HIGHER EDUCATION INSTITUTION

Baygusheva I.A., Ermilov N.O.

Astrakhan State University, Astrakhan, e-mail: iabai@mail.ru, nermilov@mail.ru

Article is devoted to a problem of the organization of project activity of students in the course of mathematical training in higher education institution. The technique of the organization of project activity of students promoting upgrading of mathematical preparation according to the modern inquiries of society is offered. On the basis of the analysis of idiosyncrasies and problems of design activity pedagogical requirements to use of a method of projects at a professional stage of mathematical preparation in higher education institution are selected. Stages are defined and the content of activity of the teacher and students on implementation of the project is disclosed. Criteria for assessment of results of project activity of students are offered. Experience of the organization of project activity of students in the scientific and educational center «Applied Geometry» of the Astrakhan state university is presented. Examples of the realized projects with use of mathematical knowledge which have cross-disciplinary and extra disciplinary character are given.

Keywords: project method, project activity of students, mathematical training in higher education institution

В «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» в качестве актуального направления повышения качества российского образования отмечено «обеспечение инновационного характера базового образования, реализация компетентностного подхода, взаимосвязи академических знаний и практических умений» [1].

Связующим звеном между теоретической и практической математической подготовкой студентов к профессиональной деятельности является технология проектного обучения. Специфика данной технологии заключается в организации совместной творческой деятельности студентов по реализации профессионально-ориентированных проектов, требующих поиска и применения математических методов и знаний. Применение метода проектов соответству-

ет целям математической подготовки, поскольку, как отмечал известный отечественный математик Л.Д. Кудрявцев, «обучение математике, обучение владению математическими методами должно быть направлено на две цели: на обучение определенным алгоритмам и на обучение поиску» [2, с. 146].

Метод проектов в мировой практике обучения применяется с начала XX века. Однако он не теряет своей актуальности и в настоящее время, получив распространение в системе высшего технического образования университетов, входящих во Всемирную инициативу CDIO («Задумай – Спроектируй – Реализуй – Управляй») [3]. Вопросы организации проектной деятельности студентов в вузе вызывают интерес у отечественных исследователей [4–8], что обусловлено, прежде всего, модернизацией системы высшего образования на основе деятельностного и компетентностного подхо-

дов. Изменилась основная образовательная цель, которая заключается не в приобретении готовой суммы знаний, а в создании условий для саморазвития и самореализации личности, способной к инновационной профессиональной деятельности. В результате анализа ФГОС ВО по разным направлениям подготовки бакалавров и магистров приходим к выводу, что проектная деятельность закреплена государством в качестве обязательного вида профессиональной деятельности современных специалистов.

Организация проектной деятельности студентов, требующей использования математических знаний, способствует реализации мировоззренческого, прикладного и интеллектуального потенциала математики в учебном процессе и позволяет создать такую образовательную среду, в которой студенты мотивированы на самостоятельный поиск и приобретение математических знаний; применяют эти знания для решения профессионально-практических задач; учатся сотрудничать друг с другом; приобретают исследовательские умения (постановка проблемы, сбор и анализ информации, выдвижение гипотез, обобщение, прогнозирование). Вовлечение студентов в проектную деятельность, по мнению исследователей в области профессионального образования, позволяет сформировать у них основные общекультурные и профессиональные компетенции специалиста.

Понятие «проект» имеет несколько толкований. Будем придерживаться следующего определения: «Проект – это совокупность действий, ограниченная во времени и имеющая целью создание некоторого уникального продукта» [9]. Таким образом, характерной чертой проектной деятельности является новизна её конечного продукта.

Согласимся с Е.С. Полат, которая рассматривает метод проектов в обучении как совокупность учебно-познавательных приемов и действий, позволяющих обучаемым самостоятельно решить определенную проблему и предполагающих презентацию результатов в виде конкретного продукта деятельности [10].

Анализ основных требований к использованию метода проектов в школе [11, с. 247] позволил нам сформулировать требования к использованию метода проектов при обучении математике в вузе:

- наличие проблемы практики, требующей использования математических знаний;
- математическая готовность студентов к решению проблемы проекта;
- новизна (субъективная или объективная) конечного продукта проекта;

- самостоятельная деятельность студентов по созданию конечного продукта проекта;

- защита конечного продукта проекта (презентация, обоснование);

- формулировка практических рекомендаций.

Учебные проекты в зависимости от предметной области используемых математических знаний могут носить дисциплинарный, междисциплинарный и наддисциплинарный характер [5]. Основные этапы и содержание деятельности преподавателей и студентов по реализации проекта представлены в таблице.

В большинстве случаев проблема проекта может быть представлена в виде комплекса взаимосвязанных задач, что позволяет структурировать деятельность по реализации проекта. Наибольшее затруднение у студентов вызывает этап планирования выполнения проектов с указанием промежуточных конечных продуктов. Это объясняется отсутствием опыта решения комплексных практических задач. Преподаватель – руководитель проекта – должен оказать помощь студентам на данном этапе проектной деятельности.

Для успешной организации проектной деятельности студентов в процессе математической подготовки в вузе необходимо наличие площадки для поиска и постановки проектных задач (источниками могут служить научно-исследовательская деятельность преподавателей и студентов, практическая деятельность предприятий-заказчиков), интеграции проектной деятельности студентов и преподавателей, презентации, обсуждения и оценки конечных продуктов проектной деятельности. В Астраханском государственном университете такой площадкой является научно-образовательный центр «Прикладная геометрия» (руководитель – Н.О. Ермилов), организующий еженедельные открытые семинары.

Рассмотрим примеры реализованных в научно-образовательном центре АГУ проектов, в основе которых лежит практически или теоретически значимая проблема.

Проект 1. «Расчёт параметров арочной конструкции». Заказчиком выступила фирма, изготавливающая арочные конструкции из поликарбоната.

Цель проекта – разработать программу – мобильное приложение для расчёта недостающих параметров арочной конструкции по известным параметрам. Конечный продукт – программа – мобильное приложение для расчёта параметров арочных конструкций. Задачи проекта:

Этапы деятельности по реализации проекта

Этапы реализации проекта	Деятельность преподавателя	Деятельность студента
1. Организационно-подготовительный этап		
1.1. Определение проблемы, цели и конечного продукта проектной деятельности	Предлагает студентам темы проектов, обосновывая их профессиональную значимость и примерный план реализации	Участвуют в обсуждении предложенных тем, задают уточняющие вопросы
1.2. Выбор источников информации	Помогает студентам определить возможные источники информации, необходимой для реализации проекта	Определяют источники информации, необходимой для реализации проекта
1.3. Планирование этапов выполнения проектов (промежуточных задач) с указанием промежуточных конечных продуктов	Предварительно выделяет этапы выполнения проекта, соответствующие им ТПЗ экономиста, промежуточные и конечные продукты деятельности на каждом этапе. Затем помогает студентам выполнить эту деятельность в процессе обсуждения	Выделяют этапы выполнения проекта, соответствующие им ТПЗ экономиста, промежуточные и конечные продукты деятельности на каждом этапе в процессе обсуждения с преподавателем
1.4. Распределение задач (обязанностей) между исполнителями	Распределяет задачи между участниками проекта, принимая во внимание их предпочтения и возможности	Участвуют в распределении задач (обязанностей) между участниками проекта
2. Этап реализации проекта		
2.1. Сбор информации	Контролирует процесс поиска необходимой информации, оказывает консультационную помощь	Осуществляют поиск информации, необходимой для реализации проекта
2.2. Последовательное решение промежуточных задач	Контролирует и координирует процесс решения промежуточных задач, при необходимости оказывает консультационную помощь	Решают поставленные задачи, готовят презентации и обоснование конечных продуктов решения
2.3. Анализ полученных результатов, их корректировка	Организует совместное заседание участников проекта, на котором руководит процессом анализа и согласования результатов их деятельности. Обоснованно оценивает результаты деятельности участников проекта, при необходимости указывает направление их корректировки	Презентуют результаты своей деятельности, анализируют и согласовывают их со всеми участниками проекта; при необходимости корректируют решения задач
2.4. Формулирование выводов	Помогает сформулировать выводы по итогам реализации проекта	При совместном обсуждении формулируют выводы по итогам реализации проекта
3. Заключительный этап		
3.1. Оформление конечного продукта и разработка рекомендаций по его использованию	Знакомит участников с требованиями оформления проекта, помогает разработать рекомендации по практическому использованию конечного продукта проекта (при необходимости привлекая специалистов-практиков)	Оформляют результаты проекта в соответствии с требованиями преподавателя, разрабатывают рекомендации по их практическому использованию
3.2. Защита проекта: презентация выполненной проектной деятельности и её конечного продукта с обоснованием его новизны и профессиональной значимости	Организует процедуру защиты проекта, привлекая специалистов по тематике проекта. По результатам защиты проекта помогает участникам оформить результаты их проектной деятельности (научные статьи, патенты и др.)	Защищают проект, презентуют конечный продукт проектной деятельности с обоснованием его новизны и профессиональной значимости. По итогам защиты оформляют результаты своей проектной деятельности

1. Построение геометрических моделей арочных конструкций основных типов.

2. Выведение формул связи между количественными параметрами арочных конструкций основных типов (длина дуги, высота, ширина, боковая поверхность, радиус).

3. Разработка программы – мобильного приложения для расчета неизвестных параметров арочных конструкций.

4. Определение стоимости конечного продукта на основе маркетинговых исследований рынка аналогичных IT-продуктов.

Тип проекта: междисциплинарный.
Участники: студенты математических, информационных и экономических направлений подготовки.

Проект 2. «Разработка выкроек для пошива обуви». Заказчиком выступила фирма, специализирующаяся на изготовлении обуви по индивидуальным меркам клиента.

Цель проекта – разработать программу, создающую выкройку обуви с учетом индивидуальных мерок клиента. Конечный продукт – программа по созданию выкройки обуви с учетом индивидуальных мерок клиента. Задачи проекта:

1. Создание базы данных характеристик (выделено 5 мерок) типовых колодок обуви.
2. Написание программы поиска наиболее оптимальной колодки по меркам клиента.
3. Нахождение формулы метрики поискового пространства.
4. Разработка программ по созданию выкройки обуви, конвертирующих различные форматы данных.
5. Экономическая оценка объема выполненных работ.

Тип проекта: междисциплинарный.
Участники: студенты математических, информационных и экономических направлений подготовки.

Проект 3. «Разработка моделей строительных сооружений на основе правильных многогранников». Правильногранник – многогранник, у которого все грани являются правильными многоугольниками или составлены из них.

Цель проекта – разработать модели строительных сооружений на основе выпуклых правильных многогранников – возникла в процессе участия преподавателей АГУ в работе вебинара «Группы и правильные многогранники» (ИВМ СО РАН, г. Красноярск). Конечный продукт – модели строительных сооружений на основе выпуклых правильных многогранников. Задачи проекта:

1. Классификация правильных многогранников по заданным свойствам, в том числе при помощи реализации переборных алгоритмов.
2. Реализация найденных решений в 3D моделях.
3. Создание файлов в различных форматах для 3D печати и анимации.
4. Разработка дизайна строительных сооружений с помощью найденных решений.
5. Экономическая оценка объема выполненных работ.

Тип проекта: наддисциплинарный.
Участники: преподаватели и студенты математических, информационных, экономических и архитектурно-строительных направлений подготовки.

Проект 4. «Моделирование замощения плоскости».

Цель проекта – разработка моделей замощения плоскости (покрытия всей плоскости неперекрывающимися равными фигурами). Конечный продукт – модели замощения плоскости. Задачи проекта:

1. Создание и классификация математических моделей замощения плоскости с заданными свойствами на основе положений теории групп.
2. Разработка программы, позволяющей в среде GeoGebra строить модели замощения плоскости, меняя параметры математической модели элементарной ячейки.
3. Создание случайной и равномерной анимации паркетов.
4. Материализация моделей замощения плоскости в виде узоров на ткани и деревянных пазлов.

Тип проекта: наддисциплинарный.
Участники: школьники, учитель информатики, преподаватели и студенты математических и информационных направлений подготовки.

Проекты 3–4 выполнены в рамках научного проекта «Алгебраическое и геометрическое моделирование процессов формообразования» (при финансовой поддержке РФФИ, проект № 16-41-240670).

В качестве основных критериев оценки результатов проектной деятельности студентов по применению математических знаний мы предлагаем следующие:

- адекватность созданным математическим моделям исследуемым объектам;
- уровень усвоения используемых математических знаний;
- обоснованность выбора математических методов решения проектных задач;
- качество математического обоснования продуктов проектной деятельности;
- уровень самостоятельности на всех этапах реализации проекта;
- признание научной и/или профессиональной значимости результатов проекта (публикации в научных и/или профессиональных изданиях, акты о внедрении конечного продукта, гранты, дипломы, победы в конкурсах, получение прибыли от реализации и т.п.).

Несмотря на очевидные преимущества использования метода проектов в процессе математической подготовки в вузе существуют факторы, ограничивающие реализацию технологии в учебном процессе. Среди таких факторов отметим, прежде всего, существенную затратность времени и неготовность преподавателей к реализации метода проектов.

Мы рассматриваем метод проектов как эффективную педагогическую технологию

математической подготовки в вузе, которая позволяет создать для студентов особую образовательную среду – максимально приближенную к среде будущей профессиональной деятельности, способствующую развитию творческого потенциала и обеспечивающую глубокое усвоение математических знаний.

Список литературы

1. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г. (утверждена распоряжением Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. № 1662-р). URL: www.mon.gov.ru.
2. Кудрявцев Л.Д. Современная математика и её преподавание: учеб. пособие. – 2-е изд., доп. – М.: Наука, 1985. – 176 с.
3. Стефанова Г.П., Крутова И.А., Валишева А.Г. Организация инновационной образовательной среды в университете на основе инициативы CDIO // Инновационное образование: практико-ориентированный подход в обучении: материалы IV Междунар. научно-практ. конф. (г. Астрахань, апрель 2012 г.). – Астрахань: Изд-во АГУ, 2012. – С. 99–104.
4. Антихов А.В. Проектное обучение в высшей школе: проблемы и перспективы // Высшее образование в России. – 2010. – №10. – С. 26–29.
5. Байгушева И.А. Реализация проектной технологии при обучении математике будущих экономистов // Математическое образование в школе и вузе: теория и практика (MATHEDU-2014): материалы IV междунар. научно-практ. конф. (г. Казань, ноябрь 2014 г.). – Казань: КФУ, 2014. – С. 39–46.
6. Дворецкий С., Пучков Н., Муратова Е. Формирование проектной культуры // Высшее образование в России. – 2009. – № 4. – С. 238–244.
7. Зерщикова Т.А. О способах реализации метода проектов в вузе // Проблемы и перспективы развития образования: материалы междунар. науч. конф. (г. Пермь, апрель 2011 г.). Т. II. – Пермь: Меркурий, 2011. – С. 79–82.
8. Совертков П.И. Исследовательские проекты по математике и информатике: методическое пособие. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013. – 336 с.
9. Архангельский Г.А. Глоссарий терминов тайм-менеджмента. URL: <http://improvement.ru/glossary/>.
10. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: учеб. пособие / Под ред. Е.С. Полат. – М.: Академия, 2002. – 272 с.
11. Педагогические технологии: учеб. пособие для студ. пед. специальностей / Под общ. ред. В.С. Кукушина. – М.: ИКЦ «МарТ», 2004. – 336 с.

УДК 37.032:376.5

ВЫЯВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОДАРЕННЫХ УЧАЩИХСЯ СЕЛЬСКИХ ШКОЛ: ПРОБЛЕМЫ И ПОДХОДЫ К ИХ РЕШЕНИЮ

¹Безрукова Н.П., ¹Барканова О.В., ¹Безруков А.А., ²Селезова Е.В., ³Тазьмина А.В.

¹ФГБОУ ВО «Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева»,
Красноярск, e-mail: bezrukova@kspu.ru;

²КГАОУ «Школа космонавтики», Железногорск, e-mail: selezova@shk26.ru;

³МКОУ Тагарская СОШ, д. Тагара, Красноярский край, e-mail: tasnas@mail.ru

По оценкам специалистов значительное количество потенциально одаренных учащихся сельских школ остается невыявленным, потому что соответствующие диагностические исследования либо не проводятся, либо используемые методы не дают возможности обнаруживать потенциальную одаренность. Цель выполняемого нами исследования заключается в обосновании теоретических основ и разработке системы выявления и сопровождения учащихся с потенциальной интеллектуальной одаренностью, проживающих в сельской местности. В статье приведено обоснование применения системного, личностно-ориентированного и информационно-деятельностного подходов в качестве методологического основания разрабатываемой системы, обозначены методические задачи. В качестве образовательной среды для развития потенциальной одаренности предлагается сетевое исследовательское сообщество, объединяющее преподавателей и студентов педагогического университета, учителей и учащихся сельских школ. Приведены результаты пилотажного исследования, основная задача которого заключается в оценке эффективности диагностического инструментария для выявления учащихся с потенциальной интеллектуальной одаренностью.

Ключевые слова: потенциальная одаренность, учащиеся сельской школы, методы диагностики потенциальной интеллектуальной одаренности, сетевое исследовательское сообщество взрослых и детей

IDENTIFICATION AND DEVELOPMENT OF POTENTIALLY GIFTED STUDENTS IN RURAL SCHOOLS: PROBLEMS AND APPROACHES TO THEIR SOLUTION

¹Bezrukova N.P., ¹Barkanova O.V., ¹Bezrukova A.A., ²Selezova E.V., ³Tazmina A.V.

¹Krasnoyarsk State Pedagogical University n.a. V.P. Astafiev, Krasnoyarsk, e-mail: bezrukova@kspu.ru;

²RGAOU «School of Astronautics», Zheleznogorsk, e-mail: selezova@shk26.ru;

³MKOU «Tagar school», Tagara, Krasnoyarsk region, e-mail: tasnas@mail.ru

The most number of the potentially gifted children of Russian rural schools remains unrevealed because either the necessary diagnostic research is not conducted or the used methods are not capable of revealing the potential (hidden) giftedness. The aim of performed research is to study the theoretical foundations and the development of a system for identification and support of students with potential intellectual endowments, who live in rural areas. The paper presents the feasibility of application of systematic, personality-oriented and information-and active-based approaches as a methodological basis of the developed system, as well as methodological objectives have identified. As for developing the potentially gifted students the idea is to involve them in the work of the network research community bringing together academic researchers, students of pedagogical university, teachers and students of rural schools. The results of the pilot study, the purpose of which is to evaluate the effectiveness of diagnostic tools to identify potential intellectual giftedness are discussed.

Keywords: potential giftedness, students of rural schools, methods for diagnosing potential intellectual endowments, network research community of adults and children

В современных условиях, когда темпы развития человеческого сообщества в значительной мере зависят от творческого усилия конкретной личности, ее возможностей и способностей, наблюдается возрастающий интерес мировой науки и практики к различным видам работы с одаренными детьми и молодежью. Как отмечается в работе [1, с. 265], в настоящее время принятые в мире программы для одаренных охватывают от 2 до 10% населения. Вместе с тем суммарное число выпускников школ для одаренных в России вместе с победителями олимпиад высокого уровня чуть больше 1000 человек в год, т.е. составляет около

0,1% выпускников по стране, что на один-два порядка ниже существующей потребности. При этом значительное количество потенциально одаренных учащихся остается невыявленным, потому что соответствующие диагностические исследования либо не проводятся, либо используемые методы не дают возможности обнаруживать потенциальную (скрытую) одаренность. И это особенно характерно для учащихся сельских школ российской «глубинки».

Вместе с тем одаренные дети рождаются и в городах, и в малых и больших населенных пунктах. Существует точка зрения, что распределение их равномерно

как в пространстве, так и в социальном плане [2]. Однако из анализа биографий политических деятелей, выдающихся инженеров и ученых, крупных бизнесменов, а также из опыта привлечения талантливой молодежи в бизнес и в производство в современных условиях следует, что в мегаполисах, несмотря на большие возможности получить хорошее образование, удельный процент одаренных детей заметно ниже, чем в сельской «глубинке». Любопытно, что процент успешных руководителей, получивших престижное образование, также не столь высок.

Цель нашего исследования заключается в обосновании теоретических основ и разработке системы выявления и сопровождения учащихся с потенциальной интеллектуальной одаренностью, проживающих в сельской местности.

На данный момент признано, что одаренность по сути явление системное. Это означает, что одаренность обладает структурой, то есть определенным строением, организованным отношением между элементами системы, и есть не что иное, как целое, не сводимое к сумме частей, его составляющих. Согласно разработанной российскими психологами «Рабочей концепции одаренности», одаренность – это системное, развивающееся в течение жизни качество личности, которое определяет возможность достижения человеком более высоких, незаурядных результатов в одном или нескольких видах деятельности по сравнению с другими людьми [3]. Качественное своеобразие и характер развития одаренности – это результат сложного взаимодействия наследственности (природных задатков) и социокультурной среды, опосредованного деятельностью субъекта (игровой, учебной, трудовой). При этом особое значение имеют собственная активность и психологические механизмы саморазвития личности, лежащие в основе формирования и реализации индивидуального дарования (Д.Б. Богоявленская, И.И. Ильясов, Н.С. Лейтес, А.М. Матюшкин, А.А. Мелик-Пашаев, А.И. Савенков, Д.В. Ушаков, М.А. Холодная, В.С. Юркевич и др.).

Наряду с теоретическими концепциями общей одаренности существуют классификации различных видов одаренности: по видам деятельности, по форме и широте проявлений, по степени сформированности и др. В сфере образования большое внимание уделяется вопросам интеллектуальной одаренности (В.Н. Дружинин, И.С. Кострикина, Е.В. Полякова, Е.Ю. Савина, М.А. Холодная, Е.А. Папкова и др.), которую принято исследовать во взаимосвязи

с такими конструктами, как креативность и мотивация. На данном этапе имеются различные интерпретации интеллектуальной одаренности: как форма ментального опыта (М.А. Холодная); как интегральное проявление способностей (В.Д. Шадриков); как триадическая модель интеллекта (Р. Стернберг) и др.

Сегодня существуют два пути выявления и сопровождения интеллектуальной одаренности: экстенсивный и интенсивный. В первом случае для выявления одаренности используются методы, направленные на поиск учащихся, которые достигли высоких результатов. Самый известный вариант такого метода – проведение предметных олимпиад, а также различные варианты конкурсов и просто выделение учащихся с высокой успеваемостью. В этом случае, как правило, предлагаются новые образовательные маршруты с преподаванием различных дисциплин на более высоком уровне. Как отмечает один из ведущих российских специалистов в области психологии одаренности Д.В. Ушаков, экстенсивный подход на уровне государства эффективен, когда задачами общества и экономики востребован относительно небольшой процент одаренных людей. Этого было достаточно в середине XX века, достаточно и сегодня для таких стран, как Китай или Индия, обладающих огромными человеческими ресурсами. Однако в странах с высокотехнологичными экономиками ресурсы высокого интеллекта практически исчерпаны, в результате они переходят от экстенсивной системы к интенсивной, которая предполагает два условия: выявление одаренности не по достижениям, а по потенциалу и работу с мотивационно-потребностной сферой одаренных учащихся и молодежи [1, с. 257–258].

В науке и педагогической практике существуют две противоположные точки зрения относительно количественного соотношения одаренных и обычных детей. В соответствии с одной точкой зрения, одаренность – это крайне редкое явление (одаренных детей всего 2–3%), в соответствии с другой, возникшей в рамках гуманистической педагогики, – одаренными являются практически все дети, однако необходимо создать условия для проявления таланта каждого ребенка. В связи с этим появилось понятие «потенциальная одаренность», под которой понимаются возможности ребенка в будущем достичь значительных успехов в том или ином виде деятельности при создании соответствующих условий его развития. Потенциальная одаренность – это еще не сформировавшееся качество личности,

в отличие актуальной одаренности. Она присутствует в психике в виде определенных дезинтегрированных возможностей, определяющих неординарные результаты деятельности ребенка, и поэтому требует специфических средств выявления, актуализации и развития [3].

Таким образом, решение проблемы выявления и развития потенциальной одаренности учащихся детерминирует применение системного подхода. В частности, нами планируется использовать инструмент системного подхода – концептуальное моделирование [4].

В случаях потенциальной (скрытой) одаренности, не проявляющейся до определенного времени в успешной деятельности, особенно важно понимание личностных особенностей ребенка, его общих, специальных и творческих способностей. Как следствие, особую значимость при проектировании системы выявления и развития учащихся с потенциальной одаренностью имеет личностно-ориентированный подход, в контексте которого выявление детей с потенциальной одаренностью – это длительный процесс, основанный на использовании многоуровневого комплекса психодиагностических методов. В нашем исследовании мы работаем с основными факторами, выделенными в структуре одаренности ведущими учеными Дж. Фельдхьюсенем, Дж. Рензулли, К. Хеллером, Д.Б. Богоявленской, А.И. Савенковым, А.М. Матюшкиным, А.А. Лосевой и др. Это в первую очередь, общие способности (интеллект), креативность и мотивация (жажда знаний, надежда на успех, приобщенность к задаче). На втором плане – специальные способности и достижения в конкретной области, социальная компетентность, Я-концепция (самоуважение, самооценка). Факторы второго плана выделяются не всеми исследователями, а присутствуют лишь в некоторых теориях (К. Хеллер, Дж. Фельдхьюсен) [5, 6].

Развитие потенциальной одаренности предполагает включение детей в различные виды реальной деятельности, организацию их общения с одаренными взрослыми, обогащение их индивидуальной жизненной среды, вовлечение в инновационные формы обучения и т.д. [3]. Основной проблемой здесь является территориальная отдаленность сельских школ от научных и культурных центров. Эта проблема стоит особенно остро для учащихся, проживающих в Сибири и на Дальнем Востоке, учитывая их огромные территории. У нас имеется опыт решения данной проблемы применительно к развитию исследовательской компе-

тенции учащихся сельских школ на основе информационно-деятельностного подхода – создание сетевого исследовательского сообщества, объединяющего педагогов-исследователей, студентов педагогического университета, учителей и учащихся сельских школ [4, 7]. В частности, результаты выполненных нами психологических исследований позволяют сделать заключение, что участие учащихся сельских школ в работе сетевого исследовательского сообщества позитивно сказывается на развитии их личности [4]. Таким образом, в качестве третьего методологического основания проектирования системы выявления и развития учащихся с потенциальной интеллектуальной одаренностью нами рассматривается информационно-деятельностный подход.

В контексте изложенных выше методологических подходов, в исследовании потенциальной интеллектуальной одаренности учащихся необходимо решить следующие задачи:

- подборка и апробация диагностического инструментария для выявления учащихся с потенциальной одаренностью;
- разработка методики развития потенциальной одаренности в сетевом исследовательском сообществе;
- обеспечение экспериментальной базы исследования на основе сельских общеобразовательных школ Красноярского края и апробация разработанных материалов.

В соответствии с этим мы определили для начала исследовать такие факторы одаренности, как общие способности, креативность и мотивацию [5, 6]. Мы предположили, что к потенциально одаренным детям можно отнести детей, у которых по результатам психодиагностического исследования выявлен уровень интеллекта выше среднего ($IQ > 110$), уровень креативности выше среднего, а также выражена мотивация достижения успеха и внутренняя учебная мотивация. Для этой цели мы определили использовать следующие диагностические методики: Продвинутые прогрессивные матрицы Равена (Raven's Advanced Progressive Matrices), Тестовая батарея Ф. Вильямса (тест дивергентного мышления, тест личностных творческих характеристик), Методика диагностики направленности учебной мотивации (по Т.Д. Дубовицкой), Опросник «Мотивация успеха и боязнь неудачи» (МУН) А.А. Реана [6].

Далее планируется углубленное диагностическое исследование выборки детей, отнесенных по результатам первичной диагностики к группе потенциально одаренных. Здесь будет использован метод анализа документации (классного журнала успева-

емости, школьных дневников для оценки академической успеваемости обучающихся), а также метод экспертных оценок. В качестве инструментария получения экспертных оценок от учителей и родителей мы намерены использовать: анкеты В.С. Юркевич для определения интенсивности познавательной потребности и А.Н. Сизанова для определения уровня проявления способностей ребенка, методику экспертных оценок по определению одаренных детей А.А. Лосевой, шкалу рейтинга поведенческих характеристик Дж. Рензулли, Опросник для родителей и учителей из Тестовой батареи Ф. Вильямса.

Наряду с этим, мы считаем целесообразным провести на этой выборке дополнительное исследование креативности (с использованием тестовой батареи П. Торренса), поскольку в тестовых батареях Ф. Вильямса и П. Торренса интерпретация основных для оценки креативности показателей оригинальности и разработанности существенно различается [8]. Сопоставление результатов двух тестовых батарей представляется интересным как с научной, так и практической точки зрения. Дополнительно планируется диагностическое исследование Я-концепции, социально-психологической адаптации и коммуникативной компетентности подростков.

Что касается развивающего этапа, как известно, методика развития интеллектуально-творческого потенциала личности в образовательной среде в значительной мере зависит от стратегии, лежащей в основе концепции содержания образования. Одним из продуктивных направлений качественной перестройки содержания образования является концепция обогащения содержания образования, которая разрабатывается в современной педагогике, ориентированной на развитие детской одаренности в образовательной среде (Дж. Рензулли, С.М. Рис – США; А.И. Савенков, Н.Б. Шумакова – Россия; К. Хеллер – Германия).

Наибольшую популярность получила модель американских ученых Дж. Рензулли и С.М. Рис, названная ими «три вида обогащения учебных программ» [9]. Первый вид обогащения предполагает знакомство обучающегося с разными областями и предметами изучения с целью расширения круга его интересов и выбора определенной сферы деятельности, которую он хотел бы изучать более глубоко. Второй вид предполагает ориентацию на специальное развитие мышления ребенка. С этой целью проводятся занятия по тренировке наблюдательности, способности оценивать, сравнивать, стро-

ить гипотезы, анализировать, синтезировать, классифицировать, выполнять другие мыслительные операции. Приобретаемые в результате умения и навыки необходимы для решения широкого круга проблем и призваны служить основой для перехода к более сложным познавательным процессам. Третий вид обогащения – проведение самостоятельных исследований и решение творческих задач. Ребенок принимает участие в постановке проблемы, в выборе методов ее решения.

Мы полагаем, что взаимодействие учащихся с потенциальной одаренностью с педагогами-исследователями и студентами высшей школы в сетевом исследовательском сообществе, спроектированное на основе модели Дж. Рензулли, будет способствовать развитию их потенциальной одаренности.

На данный момент выполнены пилотажные исследования на относительно небольшой выборке (400 учащихся). При этом основная задача, которую мы ставили перед собой, – оценить диагностическое значение выбранных методов и определить специфику диагностической работы. В эксперименте принимали участие подростки в возрасте 13–16 лет из сельских школ Красноярского края, из одной школы г. Красноярска и специализированной школы для одаренных детей из сельской местности, расположенной г. Железногорске.

Анализ результатов позволяет заключить, что имеются существенные различия между учащимися общеобразовательных школ и специализированной школы в плане интеллекта и креативности. Например, по результатам исследования уровня невербального интеллекта учащихся с использованием теста «Продвинутые прогрессивные матрицы Равена» среди городских школьников треть продемонстрировала уровень ниже среднего, две трети – на среднем уровне; учащихся с высоким невербальным интеллектом не выявлено. Между тем, среди учащихся специализированной школы только 19% имеют средний уровень невербального интеллекта, половина испытуемых – выше среднего, а одна треть – высокий уровень (рис. 1).

Что касается мотивации, не более чем для 12% всех испытуемых характерна мотивация избегания неудач, 30–40% имеют выраженную мотивацию на успех, и у 50% респондентов выявлена амбивалентная мотивация (полюс мотивации не выражен). Только 7–11% респондентов имели выраженную внешнюю учебную мотивацию, тогда как остальные – выраженную внутреннюю учебную мотивацию.

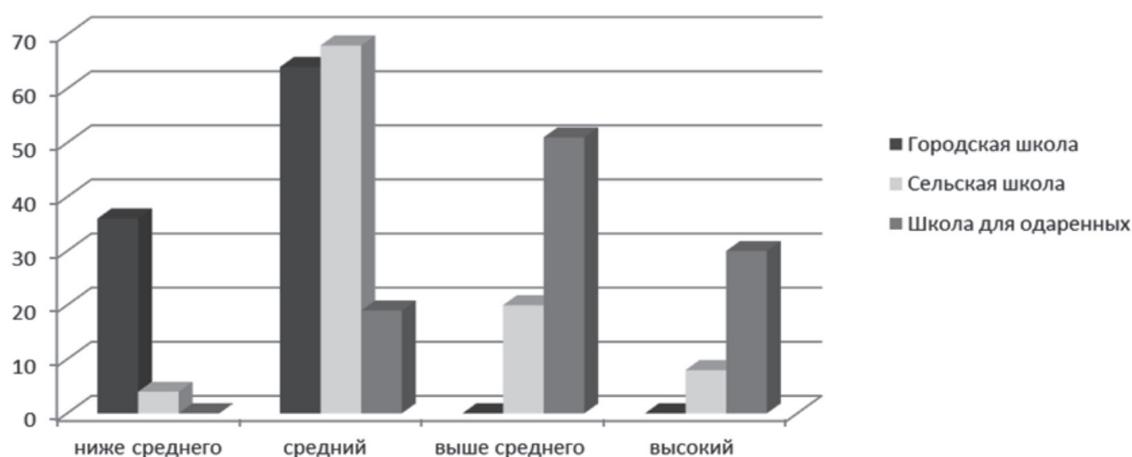


Рис. 1. Уровень невербального интеллекта испытуемых (в процентах по каждой выборке)

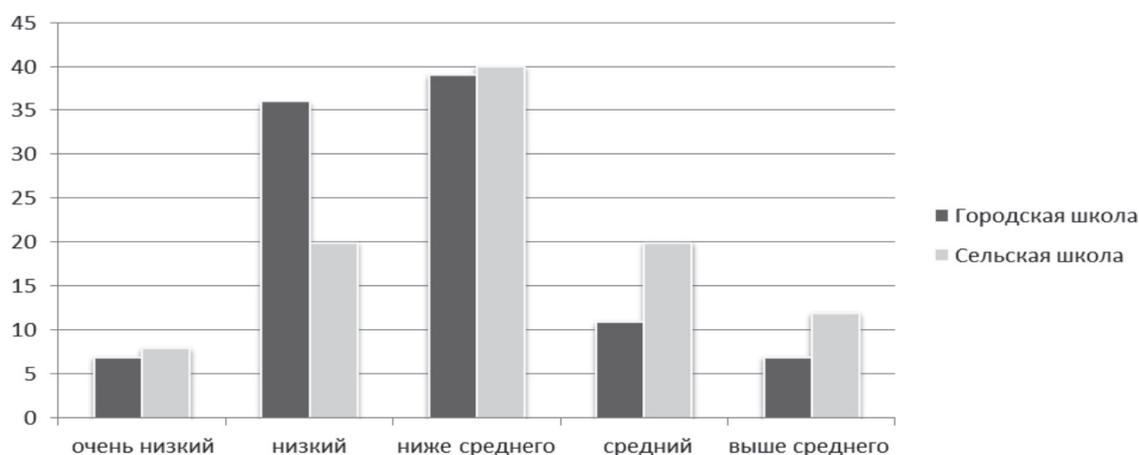


Рис. 2. Уровень интегрального показателя креативности по Тесту дивергентного мышления

Существенно более высокие показатели учащихся из специализированной школы ожидаемы и вполне объяснимы: набор в данную школу проводится на достаточно жесткой конкурсной основе. Более интересным является то, что не выявлены существенные различия в показателях респондентов из городской школы и участвующих в эксперименте сельских школ. Так, на рис. 2 представлены результаты выявления уровня интегрального показателя креативности по Тесту дивергентного мышления (Тестовая батарея Вильямса) учащихся общеобразовательной школы г. Красноярска и сельской школы, находящейся в одном из таежных районов Красноярского края. Применение критерия согласия Пирсона позволяет заключить, что расхождения между представленными на рис. 2 распределениями статистически не достоверны. Аналогичные результаты на этих двух выборках получены

при использовании Опросника «Мотивация успеха и боязнь неудачи» А.А. Реана.

Таким образом, используемый в пилотажном исследовании диагностический инструментарий позволяет сделать вывод, что учащиеся специализированной школы обладают более высоким уровнем IQ и уровнем креативности, чем учащиеся общеобразовательной городской школы и учащиеся сельских школ, хотя все они достаточно мотивированы на учебу и на достижение успеха. Но означает ли это, что одаренные дети концентрируются в специализированной школе, а в обычных школах их практически нет? Мы полагаем, что это не столь очевидно, и для того чтобы делать выводы, необходимы дальнейшие исследования.

Исследования ведутся при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края, Красноярского краево-

го фонда поддержки научной и научно-технической деятельности в рамках научного проекта № 17-16-24024.

Список литературы

1. Ушаков Д.В. Психология интеллекта и одаренности / Д.В. Ушаков. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2011. – 464 с.
2. Яворский Н. И. Современные проблемы развития системы образования одаренных детей / Н. И. Яворский // Вестник НГУ. Серия: Педагогика. – 2009. – Т. 10. – вып. 2. – С. 2–14.
3. Богоявленская Д.Б., Шадриков В.Д., Бабаева Ю.Д., Холодная М.А. и др. Рабочая концепция одаренности. – 2-е изд., расш. и перераб. – М., 2003. – 95 с.
4. Безрукова Н.П. О развитии исследовательской компетенции учащихся и магистрантов по направлению подготовки «Педагогическое образование» в сетевом исследовательском сообществе / Н.П. Безрукова, А.А. Безруков // Высшее образование сегодня. – 2015. – № 11. – С. 22–27.
5. Лосева А.А. Психологическая диагностика одаренности: учеб. пособие для вузов. – М.: Академический проект, 2004. – 176 с.
6. Барканова О.В. Методики диагностики одаренности и креативности: психологический практикум. – Красноярск: Изд-во Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева, 2011. – 196 с.
7. Безрукова Н.П., Безруков А.А., Тимиргалиева Т.К. Информационно-деятельностный подход в системе непрерывного образования // Образование через всю жизнь. Непрерывное образование в интересах устойчивого развития: материалы 12-й междунар. науч. конф. – СПб.: Изд-во ЛГУ им. А.С. Пушкина, 2014. – Ч. 1. – С. 338–341.
8. Савенков А.И. Основные подходы к диагностике креативности / А.И. Савенков // Наука и школа. – 2014. – № 11. – С. 117–127.
9. Renzulli J.S., Reis S.M. The Schoolwide Enrichment Model: New directions for developing high-end learning. In N. Colangelo & G. Davis (Eds.), Handbook of gifted education (2nd ed., P. 136–154). Mansfield Center, CT: Creative Learning Press, 1997.

УДК 372.8

КОНСТРУКТИВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**Богданова Е.П., Несговорова Н.П., Савельев В.Г.***ФГБОУ ВПО «Курганский государственный университет», Курган, e-mail: ecology@kgsu.ru*

Рост негативных последствий природных и техногенных катастроф, увеличение их жертв как среди взрослого, так и детского населения вызывает необходимость подготовки населения к грамотной встрече с экологическими опасностями. Цель исследования – теоретическое обоснование, разработка и реализация конструктивного подхода в методике подготовки бакалавров наук о Земле к формированию основ экологической безопасности школьников. Авторами раскрыто содержание понятия «основы экологической безопасности» и обосновано ее значение в подготовке бакалавров направления «Науки о Земле» к экологическому образованию школьников, рассмотрено понятие «конструктивная деятельность» с двух позиций: содержательной и процессуальной, понятие готовности к эколого-педагогической конструктивной деятельности. Разработаны учебные конструкции, позволяющие учитывать возможности и способности каждого обучающегося на занятиях по формированию основ экологической безопасности. Решена важная задача в методике – обоснована подготовка бакалавров к формированию основ экологической безопасности у школьников.

Ключевые слова: экологическая безопасность, культура экологической безопасности, социо-природная среда

CONSTRUCTIVE ACTIVITY OF STUDENTS AT ENERGY SECURITY SESSIONS**Bogdanova E.P., Nesgovorova N.P., Savelev V.G.***Kurgan State University, Kurgan, e-mail: ecology@kgsu.ru*

The growth of the negative consequences of natural and man-made disasters, the increase in their victims, both among adults and children, causes the need to prepare the population for a competent meeting with environmental hazards. The purpose of the research is the theoretical substantiation, development and implementation of a constructive approach in the methodology of preparing bachelors of «Earth Sciences» for the formation of the foundations for the ecological safety of schoolchildren. The authors disclose the content of the concept of «the foundations of environmental safety» and substantiates its importance in the preparation of bachelors in the direction of «Earth Sciences» for the environmental education of schoolchildren, the concept of «constructive activity» is considered from 2 positions: substantive and procedural, the concept of readiness for ecological and pedagogical constructive activity. Educational structures have been developed, allowing to take into account the abilities and abilities of each student in classes on the formation of the foundations of environmental safety. An important task in the methodology was solved – the training of bachelors for the formation of the foundations of ecological safety for schoolchildren was grounded.

Keywords: ecological safety, culture of ecological safety, socio-natural environment

Актуальность исследования определена ФГОСом начального общего образования, в содержание образовательной программы которого включено формирование культуры здорового и безопасного образа жизни, во ФГОСе основного общего образования (2010 г.) и ФГОСе среднего общего образования (2012 г.) в содержание предметных компетенций естественнонаучного цикла включены вопросы безопасности, экологических рисков. Это обусловлено ростом негативных последствий природных и техногенных катастроф, увеличением их жертв среди взрослого и детского населения [1–3].

Комплексная оценка и рациональное использование ресурсов Земли позволяют рассмотреть все разнообразие опасностей и рисков взаимодействия с природой. Экологические опасности включают в себя природные, техногенные, природно-техногенные и социальные опасности, следовательно, уместно говорить о комплексной группе опасностей – социально-техногенно-природных. Последствия от

них будут направлены на природную среду и человека как биологического объекта (части природы).

Поэтому с раннего возраста у населения необходимо формировать не только знания и умения в области охраны окружающей среды, а и организации собственной безопасности в социоприродной среде, умения избегать и преодолевать ее опасности.

Подготовка специалистов к формированию экологической безопасности у школьников, методика формирования готовности к данной деятельности недостаточно проработаны в методической науке и практике. Несмотря на значительное количество работ в области экологического образования (Д.С. Дерябо, А.А. Захлебного, И.Д. Зверева), работ, посвященных проблеме методики формирования основ безопасности в окружающей природно-социальной среде у школьников, немного. В них предлагается конкретный материал и рекомендации по отдельным видам опасностей, в большей степени техногенного характера [4].

Следовательно, **цель исследования** – теоретическое обоснование, разработка и реализация конструктивного подхода в методике подготовки бакалавров наук о Земле к формированию основ экологической безопасности школьников является актуальной.

Методы исследования: педагогический эксперимент с использованием технологии критического мышления, педагогических мастерских, практико-ориентированные методы, экскурсии, практические работы, семинары-диспуты, занятия на экологической тропе, проектная деятельность и другие.

Методы диагностики: опросник «Натурфил» В.П. Ясвина, Д.С. Дерябо, разработаны диагностические карты, анализ продуктов деятельности.

Под конструктивизмом понимают общее обозначение направлений и подходов в науке, искусстве и философии, в которых понятие конструкции играет главную роль в изображении процессов порождения предметов [5]. В философии конструктивизм (от лат. constructio – построение) понимается как направление, в основе которого лежит представление об активности познающего субъекта, который использует специальные *рефлексивные* процедуры при построении (конструировании) образов, понятий и рассуждений [6]. В этом подходе всякая познавательная деятельность является конструированием. В психологии любой предмет *восприятия* рассматривается как продукт перцептивной конструкции и интерпретации, в который входят как логические, так и эстетические компоненты. На другом уровне могут быть мышление и теоретическое конструирование, специфика которых определяется сенсорным дефицитом. Исходя из основной концепции Г. Абеля, на одном уровне можно расположить конструктивные действия в области восприятия и ощущения. Это процессы ограничения, ассоциации, различения, предпочтения, анализа, синтеза и проектирования.

В трудах Н.И. Мартишиной указывается на три понятия: *целеполагание, обоснование и творчество*, которые она считает ключевыми для конструктивизма, если под ним понимать все противоречивое многообразие его программ. По ее мнению, позиция конструктивизма создается в процессе *наблюдения или познания*. Она считает, что... самоосуществление организма, психики и коммуникации можно полагать совпадающим с когнитивными процессами [5].

С различных сторон конструктивно-диалектический подход реализован Л.С. Выготским, Б.Г. Ананьевым, С.С. Батениным, С.И. Гессеном, В.В. Давыдовым, А.Н. Ле-

онтьевым, А.Р. Лурией, В.Н. Мясищевым, С.Л. Рубинштейном, в применении его в познании психологии развивающейся личности.

На основе изложенных идей конструктивизма обоснован конструктивный подход к обучению и воспитанию подрастающего поколения. Основы конструктивного подхода в приложении к педагогике разработаны Л.С. Выготским, Ж. Пиаже в качестве основополагающего методологического подхода.

Конструктивный подход – это совокупность приемов (способов), позволяющих проникнуть и изучить суть явлений окружающего мира [7, 8].

Результаты констатирующего эксперимента со школьниками 1–4, 5–11 классов и студентами Курганского госуниверситета показали, что у школьников начальных классов не сформированы знания азов и элементарные умения экологической безопасности. У старших школьников и студентов не систематизированы, разрозненные знания и слабо сформированы умения безопасного поведения в окружающей социоприродной среде, у студентов отсутствует методическая готовность к их формированию у школьников. На основе вышеизложенного создается противоречие, сформированное на базе недостаточного теоретико-методологического обоснования и отсутствии методической системы подготовки специалистов, способных осуществлять формирование основ экологической безопасности у школьников.

Результаты исследования и их обсуждение

Нами раскрыто содержание понятия «*основы экологической безопасности*» и обосновано ее значение в подготовке бакалавров направления «Науки о Земле» к экологическому образованию школьников. Под *основами экологической безопасности* принято понимать знания экологических рисков, опасностей и угроз возникающих в различных социальных ситуациях, умение их избегать и предвидеть, знания и умения основ безопасности жизнедеятельности стремление к созданию условий, при которых и общество и природа являются защищенными и им не угрожают опасности, а также ценностные установки безопасности жизни и здоровья личности [4, 7].

В процессе исследования рассмотрено понятие «*конструктивная деятельность*». В нашем исследовании данное понятие уточнено, расширено, ему придан смысл комплексной образовательной деятельности бакалавра, участвующего в формиро-

вании основ экологической безопасности у школьников. При этом предлагается рассматривать *конструктивную деятельность* с двух позиций: *содержательной и процессуальной*.

В *содержательном плане* конструктивную деятельность можно представить в виде метапредметной системы, содержащей формирование основ экологической безопасности и методики ее формирования, ценностей экологически безопасного поведения, потребностно-мотивационной сферы, умений экологически безопасной деятельности, в целом экологической компетентности.

В *процессуальном плане* конструктивная деятельность – комплексная деятельность, включающая экологическую и методическую деятельность бакалавра, обусловлено это тем, что деятельность специалиста необходимо рассматривать с двух сторон: как члена общества, живущего в окружающем пространстве природной, природно-социальной сред (экодеятельность), и как педагога, осуществляющего экологическое образование (педагогическая деятельность).

Целью данной деятельности является подготовка бакалавров к жизни в природной, социальной, социоприродной среде и активному соучастию в экологически обоснованной деятельности в адрес среды жизни и здоровья человека по его сохранению.

В процессе исследования обосновано и раскрыто понятие *готовности к эколого-педагогической конструктивной деятельности*, под которой понимаем открытую, сложную систему личности обучающихся, направленную на выполнение функций педагога и бакалавра направления «Науки о Земле», включающую экологическую безопасность, гармонично сочетающуюся с компонентами методической готовности к формированию основ экологической безопасности у школьников. О сформированности готовности, структурно представленной в показателях аксиологического, когнитивного, деятельностного и рефлексивного компонентов мы судим в том числе и по уровню усвоения содержания подготовки [7].

Содержание подготовки построено на интегрированном освоении профессиональных модулей, в которых рассматриваются вопросы экологической безопасности, а также в дисциплинах по выбору.

Организация интерактивных занятий в профессиональной подготовке позволяет развить личность студентов и сформировать навыки самостоятельной конструктивной деятельности у студентов [9].

Конструктивный подход базируется на системе методов, ориентированных на всестороннее развитие личности обучающихся, как педагогическое условие он обеспечивает разностороннее развитие личности средствами занятий-конструкций. На основе конструктивного подхода разработаны учебные конструкции, которые позволяют учитывать возможности и способности каждого обучающегося на занятиях по формированию основ экологической безопасности.

Учебная конструкция 1 «Ступени» предназначена для первого этапа обучения.

С опорой на личностно-ориентированный и деятельностный подход учебные конструкции позволяют уделять внимание каждому обучающемуся, способствовать усвоению ЗУН, развитию личности, мотивации и интереса каждого обучающегося. Конструкция состоит из нескольких ступеней:

– *Базовая ступень* – выявление имеющегося багажа знаний и умений, на основе которых будет осуществляться «приращивание» новых знаний. Опирается на личностно-ориентированный и деятельностный подходы. На основе данных подходов строятся занятия, на которых педагог ориентируется на каждого обучающегося, выясняет их возможности, способности и интересы. Например, *задание на выявление интересов обучающихся*: 1. Продолжите фразу: *мне интересно знать...; я увлекаюсь...; я умею....* 2. Игра «Деловые люди». Суть игры – узнать и рассказать о своем друге, однокласснике, любит ли он природу, интересно ли ему заниматься экодеятельностью и какой, что хотел бы узнать об опасностях в природе и чем хотел бы поделиться [7].

– *Ступень взаимодействия* – ее задача состоит в создании паритетного соучастия обучающихся и обучающихся в организации и осуществлении совместной деятельности. Это ступень создания отношений между педагогом и учеником, обучения взаимодействию. Педагог в данной конструкции выступает в роли наставника и консультанта. *Задание на взаимодействие*: игра «Помоги другу». Суть игры: обучающиеся разбиваются на пары и выполняют задания педагога, помогая друг другу.

– *Высшая ступень* – представляет собой деятельность по освоению методов приобретения новых знаний с постепенным введением усложнения, которые полезны для каждого обучающегося. На этом этапе постепенно вводятся элементы исследовательской, проектной деятельности обучающихся. Проектная деятельность позволит обучающимся разбираться в вопросах охраны и защиты окружающей среды, будет

способствовать развитию экологического мировоззрения, сознания, экологически сознательного поведения и деятельности.

Учебная конструкция 2 «Этажи» предназначена для организации занятий на следующих этапах обучения, после освоения ступеней первого этапа. «Этажи» – это временные периоды обучения (курсы у бакалавров, классы – в школе). Каждый этаж выстраивается из трех ступеней, сходных по смыслу со ступенями первого этапа).

Главным и характерным признаком конструктивного обучения является организация системы конструктивной учебной деятельности, направленная на развитие конструктивного мышления и конструктивных учебных навыков [6].

В образовательном процессе у бакалавров проводятся следующие интерактивные формы занятий: мозговой штурм; круглый стол; экологические дебаты; деловая игра; экологическая тропа, используются различные «стимулирующие задания». Например, задание для студентов эколого-педагогической направленности: Разработайте занятие с элементами проектной деятельности для обучающихся младших классов по теме «Природные явления». Составьте технологическую карту занятия, отразив основные направления деятельности учителя и обучающихся. Разработайте презентацию занятия. Разработайте проект занятия экологического кружка для детей младшего школьного возраста по опасностям в природе.

В эколого-педагогической конструктивной деятельности выделяется несколько последовательных шагов (этапов) [7]:

Этап 1 – выдвижение проблемы. Основным методическим приемом является проведение со студентами дискуссии, «мозгового штурма», основной целью которого является вычленение актуальных экологических проблем современности на основе имеющегося багажа знания. Например, экологические опасности парков отдыха (все их разнообразие можно разделить на биологические, абиотические и техногенные).

Этап 2 – определение темы. На данном этапе используется несколько методических приемов. *Первый прием* – уточнение темы путем постановки вопросов. Например, какие опасности окружают человека в парках отдыха?

Второй прием – проведение блитурнира по формулировке вопросов, визуальному изображению объектов с последующим их ранжированием по областям знания.

Этап 3 – разложение темы на части с использованием трех методических приемов: *Прием 1* – применение системно-струк-

турного анализа для выделения элементов в сложной системе на основе соотношения целого и части. Данный прием способствует уточнению рамок системы. *Прием 2* – применение структурно-функционального анализа, который позволит выявить связи между элементами в сложной системе.

Этап 4 – выдвижение тезиса. На данном этапе применяется методический прием «обсуждение». На основе обсуждения элементов системы, их связей и внешнесредового воздействия формулируется основная сущность рассматриваемого. Например, опасности сквера: механические, биологические.

Этап 5 – приведение аргументов к доказательству тезиса. На данном этапе группа студентов может быть поделена на две подгруппы. Первая подгруппа формулирует положения негативного влияния внешней среды на элементы системы. Вторая группа формулирует положения положительного влияния внешней среды на элементы системы.

Этап 6 – сбор фактов в пользу выдвинутых аргументов из литературы, путем поиска информации в другой научной области, например в химии, биологии, географии, для доказательства междисциплинарности проблемы. Например: «Среди грибов выделяют ядовитые и съедобные» (из биологии). «Грибы накапливают тяжелые металлы в плодном теле» (химия).

Этап 7 – проведение эксперимента для доказательства или опровержения фактов. Формулировка утверждения, на которое нет точного и однозначного ответа в литературных источниках. Например, какие грибы больше способны к накоплению веществ: трубчатые или пластинчатые? Для доказательства или опровержения фактов необходимо проведение эксперимента.

Этап 8 – демонстрация доказательств, подтверждающих выдвинутый тезис или опровергающих его. Демонстрация результатов эксперимента.

Этап 9 – формулирование окончательного тезиса. Например, с целью безопасного посещения парка необходимо знать и соблюдать правила экологической безопасности в парке [7, 10].

В эксперименте приняло участие: 100 студентов, 350 школьников. Среди них: студенты – 75 человек направления «Экология и природопользование», направления «География» 1–4 курсы, 25 человек направления «Физика».

Среди школьников 192 ученика гимназии № 32, МБОУ СОШ № 42, МБОУ СОШ № 11 города Кургана, учреждения дополнительного образования «Детский (подрост-

ковый) центр «Луч-П», 90 человек – из лагеря «ЭКОС» санатория «Сосновая роща» и 68 человек – жители села Звериноголовское (от 8 до 18 лет).

Поэтапное формирование готовности бакалавров к формированию основ экологической безопасности способствует закреплению теоретических знаний в области экологии и методики экологического образования и овладению инструментальными и экспериментальными методами изучения природных геосистем и мониторинга их изменений, начиная со второго этапа подготовки.

На начальном этапе подготовки уровень готовности бакалавров к собственной экологически безопасной деятельности и формированию ее основ у школьников низкий.

К окончанию второго этапа подготовки выявлен низкий уровень по навыку самостоятельной конструктивной деятельности.

На этапе *предвыпускной готовности* достигнут высокий уровень знаний, профессиональных умений и навыков в области экологической безопасности. Студенты выполняют научно-исследовательские проекты в области экологической безопасности, владеют умениями рефлексии. Интерес бакалавров к профессиональной и экологически безопасной жизнедеятельности высокий. В целом выявлен рост уровня готовности у студентов направления подготовки бакалавров наук о Земле к экологически безопасной жизнедеятельности и формированию ее у школьников.

Заключение

1. На основе анализа философской, психолого-педагогической литературы обосновано интегрированное содержание подготовки бакалавров наук о Земле, ориентированной на формирование экологической безопасности, определено понятие «конструктивная деятельность» в приложении к освоению экологической безопасности и методики ее формирования у школьников.

2. Создана модель методической системы подготовки бакалавров, отражающая содержательно-целевой; организационно-деятельностный компонент (опирающийся на обоснованный и внедренный конструктивный подход подготовки бакалавров, апробированные формы организации их самостоятельной конструктивной и проектной деятельности); диагностико-результативный компонент.

3. Разработана система учебных занятий, направленных на развитие готовности бакалавров наук о Земле к формированию экологической безопасности школьников, обоснованы и разработаны интерактивные методы (мозгового штурма, мастер-классы, занятия на экологической тропе по правилам экологической безопасности), методы диагностики уровней развития у бакалавров готовности к формированию экологической безопасности школьников.

Список литературы

1. Приказ Министерства образования и науки РФ от 6 октября 2009 г. № 373 «Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта начального общего образования» (с изменениями и дополнениями). – URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/97127/> (дата обращения: 02.08.2017).
2. Приказ Министерства образования и науки РФ от 17 декабря 2010 г. № 1897 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования». – URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/55070507/> (дата обращения: 02.08.2017).
3. Приказ Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 г. № 413 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования» (с изменениями и дополнениями). – URL: <http://www.garant.ru/hotlaw/federal/402596/> (дата обращения: 02.08.2017).
4. Несговорова Н.П. Экологические риски как показатель взаимоотношений с природной и сформированности культуры экологической безопасности людей / Н.П. Несговорова, В.Г. Савельев, Е.П. Богданова, Г.В. Иванцова // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 4. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24927> (дата обращения: 09.06.2017).
5. Мартишина Н.И. Категория конструирования в науковедении. – Ульяновск, 2012. – С. 11–12.
6. Шаталова Н.П. Азбука конструктивного обучения: монография. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2011. – 204 с.
7. Богданова Е.П. Конструктивный подход в подготовке бакалавров «Науки о Земле» к формированию основ экологической безопасности школьников: автореф. дис. ... канд. пед. наук (13.00.02) / Богданова Елена Павловна; Московский педагогический государственный университет. – М., 2017. – 26 с.
8. Щелчкова Н.Н., Тюмасева З.И., Орехова И.Л. Использование интерактивных форм обучения студентов при изучении курса «Возрастная анатомия, физиология и гигиена» // Вестник Челябинского гос. пед. университета. – 2015. – № 6. – С. 125–134.
9. Артеменко Б.А., Валева Г.В., Тюмасева З.И. Модель психологической готовности студентов педагогического вуза к здоровьесберегающей деятельности в общеобразовательных организациях // Вестник ТвГУ. Серия «Педагогика и психология». – 2016. – № 1. – С. 80–89.
10. Несговорова Н.П. Реализация технологии эколого-профессиональной подготовки педагогов к проектной деятельности и ее результаты // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3. URL: <http://science-education.ru/103-6025> (дата обращения: 08.06.2017).

УДК 37.013:378

**ПРОГРАММА ФОРМИРОВАНИЯ МОТИВАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ В УСЛОВИЯХ КОНКУРСА
«ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ДЕБЮТ»**

Долгова В.И., Нуртдинова А.А.

*ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет»,
Челябинск, e-mail: 23a12@list.ru*

В статье поставлена цель – раскрыть программу формирования мотивации профессиональной деятельности студентов в условиях конкурса «Педагогический дебют». Неконкурсная часть программы представлена организационными собраниями участников и наставников, индивидуальными и групповыми консультациями, мастер-классами. В конкурсную часть входят шесть мероприятий, которые реализуются очно ежегодно в феврале – апреле на базе университета и образовательных партнеров сетевого взаимодействия с регламентом 5–40 минут. Конкурс проходит в два тура, первый тур – факультетский; второй – университетский. Первый тур конкурса бакалавров включает открытый урок (занятие) в реальных условиях образовательной организации и его самоанализ, психологический анализ педагогической ситуации из видеосюжета, Портфолио. Второй тур – «Моя педагогическая лаборатория» по результатам квалификационного исследования; разработка «Лучшего электронного ресурса»; публичная самопрезентация «Моя профессиональная траектория». Первый тур конкурса студентов магистратуры – открытое занятие в реальных условиях и его самоанализ, «Научная продукция», Портфолио; второй тур – защита педагогического проекта, педагогическая дискуссия и публичная самопрезентация «Моя профессиональная траектория». Конкурс предполагает личное первенство, но в процессе его подготовки предусмотрено участие преподавателей-наставников и обучающихся. Изменение структуры мотивации профессионально-педагогической деятельности изучено по методике К. Замфир в модификации А. Реана «Изучение мотивации профессиональной деятельности»; установлено, что положительный мотивационный комплекс проявился у абсолютного большинства студентов. «Педагогический дебют» обеспечивает мониторинг качества образования и возможность распространения лучших практик подготовки будущих педагогов и педагогов-психологов внутри вуза и за его пределами, что способствует формированию у студентов мотивации профессионально-педагогической деятельности.

Ключевые слова: студенты, мотивация, педагогический дебют, открытый урок, самоанализ, психологический анализ педагогической ситуации

**PROGRAM FOR FORMING THE MOTIVATION OF PROFESSIONAL
ACTIVITY OF STUDENTS IN THE CONDITIONS OF THE COMPETITION
«PEDAGOGICAL DEBUT»**

Dolgova V.I., Nurtdinova A.A.

South Ural State Humanitarian-Pedagogical University, Chelyabinsk, e-mail: 23a12@list.ru

The goal of the article is to reveal the program of motivation formation of professional activity of students in the conditions of the «Pedagogical Debut» contest. The non-competitive part of the program is represented by organizational meetings of participants and mentors, individual and group consultations, master classes. The contest part includes six events that are implemented internally every year in February-April on the basis of the university and educational partners of network interaction with the regulations of 5–40 minutes. The competition is held in two rounds, the first round – faculty; the second – university. The first round of the bachelor's competition includes an open lesson (occupation) in the real conditions of the educational organization and its self-analysis, psychological analysis of the pedagogical situation from the video, Portfolio. The second round is «My Pedagogical Laboratory» based on the results of a qualification study; development of the «Best electronic resource»; public self-presentation «My professional trajectory». The first round of the competition for students of the magistracy – an open class in real life and its self-analysis, «Scientific Products», Portfolio; the second round – the protection of the pedagogical project, the pedagogical discussion and the public self-presentation «My Professional Trajectory». The competition assumes a personal primacy, but in the process of its preparation it is envisaged the participation of instructors-instructors and students. The change in the structure of the motivation of professional and pedagogical activity was studied according to the methodology of K. Zamfir in the modification of A. Rean «Study of motivation of professional activity»; It was established that the absolute majority of students showed a positive motivational complex. «Pedagogical debut» provides monitoring of the quality of education and the opportunity to disseminate the best practices of training future educators and educators-psychologists within the university and beyond, which helps to motivate students in professional and pedagogical activity.

Keywords: students, motivation, pedagogical debut, open lesson, self-analysis, psychological analysis of the pedagogical situation

Анализ материалов заседания оргкомитета XI всероссийского конкурса «Педагогический дебют – 2016» [1, 2]; итогов областных конкурсов молодых учителей «Педагогический дебют – 2015» [3]; опыта

участия студентов Московского педагогического государственного университета [4] в организации и проведении конкурсов педагогического мастерства; содержания и результативности ежегодных профессиональ-

ных конкурсов «Педагогический дебют» среди наиболее талантливых студентов Челябинского государственного педагогического университета [5, 6] приводит к выводу о высоких воспитательных возможностях этого профессионального конкурса. Участие в конкурсе влияет на повышение качества обучения, о чём свидетельствуют результаты мониторинга качества образования. Конкурсы сопровождаются презентацией новейшего технологического оснащения образования для их активного изучения и последующего внедрения в практику; развивается сотрудничество с другими факультетами, вузами, образовательными организациями; в ходе обмена опытом повышается квалификация профессорско-преподавательского состава и эффективность учебно-воспитательной и профориентационной работы в целом [7].

В процессе анализа структуры мотивации профессионально-педагогической деятельности, выявленной по методике К. Замфир в модификации А. Реана «Изучение мотивации профессиональной деятельности», установлено, что у студентов дневной формы образования преобладают признаки внешней положительной мотивации, а у студентов заочной формы – внутренней. Для студентов дневной формы образования характерны средний и низкий уровни проявления мотивации по шкалам профессиональной потребности, функционального интереса, развивающейся любознательности, средние и высокие уровни мотивации проявились по шкалам равнодушного отношения, показной заинтересованности, эпизодического любопытства [8, 9]. Поэтому цель нашего исследования – составить такую программу конкурса «Педагогический дебют», которая бы способствовала формированию мотивации профессиональной деятельности студентов.

Материалы и методы исследования

Университетский конкурс профессионального мастерства «Педагогический дебют» (далее – конкурс) ежегодно организуется ректоратом и Департаментом развития образовательных программ ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет» (ЮУрГГПУ) с 2007 г. С 2016 г. этот конкурс является моделью профессионального экзамена обучающихся ЮУрГГПУ и проходит в два тура.

Для подготовки и проведения конкурса распорядительным актом ректора создается оргкомитет и определяется состав экспертной комиссии. Экспертная комиссия состоит преимущественно из числа внешних

представителей (муниципальных органов управления образования, администрации и педагогов образовательных организаций, победителей конкурсов профессионального мастерства различного уровня). «Внешние» эксперты (работодатели) обеспечивают независимость оценки готовности выпускников к профессиональной деятельности. С целью самоанализа и дальнейшего совершенствования подготовки будущих педагогов (педагогов-психологов) в состав экспертной комиссии также включены представители ректората, преподаватели общеуниверситетских кафедр и сотрудники вуза. Взаимодействие внешних и внутренних членов экспертной комиссии при подведении итогов конкурса позволяет осуществлять всесторонний анализ результатов профессиональной подготовки педагогов. В ходе конструктивного диалога работодателя (потребителя, «заказчика» будущего педагога) и образовательной организации, осуществляющей подготовку выпускника (в соответствии с запросами работодателя), формируются предложения о совершенствовании конкурса «Педагогический дебют».

Генеральная цель программы конкурса «Педагогический дебют» – формирование мотивации профессионально-педагогической деятельности.

Декомпозируем генеральную цель на пять задач:

1. Создание условий для формирования потребности в непрерывном образовании, в повышении профессиональной мобильности за счет развития творческого потенциала и профессионального мастерства будущих педагогов (педагогов-психологов); стимулирование целенаправленного профессионального и личностного роста.

2. Оценка уровня сформированности компетенций будущего педагога (педагога-психолога) и повышение качества профессионального образования за счет обеспечения внешнего и внутреннего аудита.

3. Актуализация индивидуального стиля профессионально-педагогической деятельности, стимулирование инициативы и новаторства в процессе организации презентаций педагогического опыта между студентами и преподавателями-наставниками; предоставление возможности построения персонализированной траектории профессионального роста.

4. Формирование позитивного саморазношения и отношения к выбранной профессии.

5. Повышение роли работодателей в развитии профессиональной компетентности будущих педагогов во время мастер-клас-

сов, консультаций; в процессе экспертной оценки конкурсных мероприятий; в ходе обсуждения предложений о трудоустройстве и т.п.

Факультетский и университетский этапы конкурса согласованы по структуре и содержанию, что позволяет обеспечить преемственность в подготовке конкурсантов и накоплению опыта конкурсного участия обучающегося. По предложению руководителя основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) на факультетском этапе возможно расширить перечень конкурсных мероприятий (решение принимается на совете факультета/института). Факультетский этап конкурса, как правило, организуется по итогам производственной (педагогической) практики. Победитель факультетского этапа конкурса демонстрирует уровень компетенций, сформированных в процессе реализации методической системы подготовки бакалавра/магистранта своего структурного подразделения, на университетском этапе конкурса.

Каждое учебное структурное подразделение университета – факультеты, институты, Высшая школа физической культуры и спорта – представляют не более одного победителя факультетского этапа конкурса по каждой ОПОП к участию его в университетском этапе. Разработаны единые формы документов (представление и анкета участника). В конкурсе предусмотрено участие двух групп студентов. Участники первой группы осваивают ОПОП бакалавриата, это студенты выпускных курсов очных форм обучения, которые уже прошли производственные практики в образовательных и других профессиональных городских и областных учреждениях. Участники второй группы осваивают в очной форме ОПОП магистратур на первом-втором курсах. Те конкурсанты обеих групп, которые наберут в первом туре больше баллов, проходят во второй тур. Количество участников второго тура в каждой группе определяется экспертной комиссией. Анализ изменения структуры мотивации профессионально-педагогической деятельности проведен по методике К. Замфир в модификации А. Реана «Изучение мотивации профессиональной деятельности».

Результаты исследования и их обсуждение

Уровень образования (бакалавриат, магистратура) определяет специфику содержания каждого из двух туров конкурса «Педагогический дебют».

Первый тур конкурса бакалавров представлен тремя испытаниями: открытый

урок (занятие) в реальных условиях образовательной организации и его самоанализ; психологический анализ педагогической ситуации из видеосюжета; Портфолио.

Во второй тур конкурса бакалавров включены четыре испытания: «Моя педагогическая лаборатория» по результатам квалификационного исследования; разработка «Лучшего электронного ресурса»; публичное выступление «Моя профессиональная траектория».

Несколько иные испытания предлагаются магистрантам. В первом туре: открытое занятие в реальных условиях и его самоанализ, «Научная продукция», Портфолио. Во втором туре: защита педагогического проекта, педагогическая дискуссия и публичное выступление «Моя профессиональная траектория».

Опишем содержание и организационные характеристики каждого конкурсного испытания.

1.1. Первый тур (бакалавриат).

1.1.1. Первое испытание – проведение открытого урока (занятия) и его самоанализа. Целью этого испытания является презентация эффективных педагогических находок реализации образовательной деятельности будущих педагогов (педагогов-психологов). Открытые уроки (занятия) организуются в реальном образовательном пространстве конкретной организации. По содержанию уроки (занятия) должны соответствовать требованиям ФГОС, быть построены с учетом метапредметного подхода и междисциплинарных связей к формированию универсальных учебных действий. Площадки для конкурсных мероприятий определяются оргкомитетом и утверждаются приказом ректора. Предметные темы учебных занятий каждому участнику определяются в соответствии с тематическим планированием, реализуемым в образовательной организации и доводятся до их сведения на организационной встрече в соответствующих образовательных организациях не позже двух дней до начала конкурса открытых учебных занятий. Возраст учеников определяется конкурсантами. Перед началом открытых уроков (занятий) все участники представляют в экспертную комиссию печатный экземпляр технологической карты своих уроков (занятий).

1.1.2. Второе испытание – психологический анализ педагогических ситуаций. Целью этого испытания является анализ умений будущих педагогов (педагогов-психологов) применять в своей практической деятельности освоенную базу теоретических знаний по педагогическим дисциплинам, нормативным документам и совокуп-

ности сведений, которые предоставляет педагогическая, возрастная и практическая психология; оценку способностей к проведению психолого-педагогического наблюдения. Конкурсантам демонстрируется видеоматериал педагогической ситуации с воспитательной проблемой. Видеоматериал представляет собой фрагмент из документальных или художественных фильмов, озвученных русским языком и максимально отражающих реальные ситуации образовательного процесса (продолжительность общих просмотров видеороликов до 10–12 минут). Затем участники должны провести структурированный анализ, построить модель возможных решений неординарных (практических) педагогических ситуаций, представленных в видеосюжетах, составить своё представление о воспитательном значении и потенциале ситуаций, об оптимальном использовании каждого педагогического средства в их общей системе, о психологическом статусе взаимодействующих субъектов (продолжительность – до 40 минут). Не разрешено использовать в процессе этого испытания никакие иные ресурсы, в том числе электронные.

1.1.3. Третье испытание – портфолио. Цель – оценить уровень компетенций общекультурного, общепрофессионального и профессионального блоков, а также умений проводить самопрезентацию. Портфолио представляет собой индивидуальную папку с документами, подтверждающими самостоятельную профессиональную готовность конкурсанта к педагогической деятельности. Конкурсантам предлагается включить в портфолио автобиографию с представлением собственного профессионального развития; зачетную книжку с результатами по трем последним сессиям (скан-копию); информацию о своих учебных, общественных, научных и других достижениях, каждое из них должно быть подтверждено копией диплома, сертификата и т.д.; характеристику о прохождении педагогической практики (скан-копию).

1.2. Второй тур (бакалавриат).

1.2.1. Первое испытание включает в себя задание «Моя педагогическая лаборатория». Цель – продемонстрировать аналитические способности, осмысление и представление своей педагогической деятельности на примере научного исследования, проведенного в рамках квалификационной работы; определение уровня готовности участников эффективно внедрять свои педагогические находки в современные образовательные модели. Конкурсное задание предполагает устное представление собственного профессионального опыта. Конкурсанты пред-

лагают педагогические проекты как систему и структуру действий педагога для реализации конкретной педагогической задачи, поставленной в рамках квалификационного исследования. Конкурсанты определяют роль, место и время запланированных действий, всех субъектов и условий, необходимых для эффективной реализации проекта в условиях конкретной образовательной организации, а также результаты апробации проекта.

1.2.2. Второе испытание посвящено презентации авторского продукта «Лучший электронный образовательный ресурс» (ЭОР). Цель – выявить уровни сформированности информационно-коммуникационных компетенций; способности к методическому осмыслению материала и представлению возможностей разработанного ЭОР в работе педагогов (педагогов-психологов) на примере одной темы (раздела, модуля и др.). На конкурсное мероприятие представляется ЭОР для проведения уроков (занятий). Темы для ЭОР могут быть любыми, но не выходящими за пределы требований ФГОС. Не разрешается представление ЭОР, взятого из сети Интернет. Конкурсант публично презентует свою работу. ЭОР может быть представлен в виде видеоролика, анимационного ролика, web-сайта, компьютерной программы, презентации Power Point, электронной таблицы Excel и т.п.

Итоги подводятся по трем номинациям: лучшему демонстрационному средству; лучшему контролирующему средству; лучшему тренажеру.

1.2.3. Заключительное испытание посвящено публичному выступлению по теме «Моя профессиональная траектория». Цель – раскрыть личностную позицию конкурсанта как участника образовательного процесса, продемонстрировать свою активную профессиональную и гражданскую позицию, соотнести свою деятельность с перспективами профессионального роста. Участник выступает по актуальной, общественно значимой теме, по которой должна быть организована конкурсанта широкая и открытая общественная дискуссия. Задание оформляется и презентуется в свободной форме.

2.1. Первый тур (магистратура).

2.1.1. Проведение открытого урока (занятия) и его самоанализа. Цель и содержание конкурсного мероприятия соответствует описанному ранее одноименному конкурсу в первом туре на уровне бакалавриата. В зависимости от направленности программы магистратуры ФГБОУ ВО ЮУрГГПУ может выступить в качестве площадки для проведения конкурсного мероприятия.

2.1.2. Представление научной продукции. Цель – оценить способности магистрантов к обобщенному научному представлению содержания и результатов собственной научно-исследовательской работы. Конкурсанты должны представить статью, выполненную в качестве домашнего задания, которая отражает исследовательскую работу в соответствии с требованиями к содержанию и оформлению научных публикаций.

2.1.3. Портфолио. По цели и содержанию это испытание идентично соответствующему одноименному конкурсу первого тура бакалавриата; в портфолио могут быть отражены результаты научных исследований: публикации, сертификаты, патенты и др.

2.2. Второй тур (магистратура).

2.2.1. Защита педагогического проекта. Цель – оценить уровень проектной культуры, умений находить существующие проблемы и пути их решений. Конкурсанты представляют педагогические проекты как индивидуальные системы деятельности педагогов по решению конкретных педагогических задач с детализацией плана действий, этапов и условий реализации проектов, субъектов деятельности, критериев оценки эффективности, результатов реализации проектов, etc.

2.2.2. Педагогическая дискуссия. Цель – оценить уровни публичных и дискуссионных выступлений. Дискуссии проводятся на актуальные темы с участием ректората, представителей муниципальных органов управления образования и руководителей образовательных организаций. Темы дискуссий определяются оргкомитетом и доводятся до сведения конкурсанта не позднее чем за три дня до конкурса. Например, педагогическая дискуссия в 2017 г. была организована на тему «Образование – это услуга или основное условие развития общества?».

2.2.3. Последнее испытание у магистрантов проходит в виде публичного выступления на тему «Моя педагогическая траектория». Цель и содержание конкурсного мероприятия соответствует в полном объеме описанному ранее одноименному конкурсу в первом туре на уровне бакалавриата.

Завершается конкурс награждением. Результаты конкурса освещаются в средствах массовой информации (сайт университета, газета «Молодой учитель», группа участников конкурса в социальной сети «ВКонтакте»). Участники конкурса получают профессиональный сертификат, а также – предложения о трудоустройстве в образовательных организациях г. Челябинска и Челябинской области.

Заключение

Представленная программа формирования мотивации профессиональной деятельности студентов в условиях конкурса «Педагогический дебют» состоит из двух частей – неконкурсной и конкурсной. Последняя проводится в два этапа (факультетский и университетский). Многообразие конкурсных мероприятий и их содержания способствует созданию условий для формирования потребности в непрерывном образовании, в профессиональном и личностном росте. Участники конкурса получают возможность персонифицированного повышения квалификации на основе внешней оценки уровня сформированности компетенций будущего педагога (педагога-психолога) и в процессе рефлексии. Формирование позитивного самоотношения и отношения к выбранной профессии стимулирует поиск собственного стиля в профессиональной деятельности в условиях обмена педагогическим опытом. По результатам диагностики изменения структуры мотивации профессионально-педагогической деятельности установлено, что положительный мотивационный комплекс проявился у абсолютного большинства студентов (72%); эти студенты мотивированы самим содержанием своей профессиональной деятельности, стремлением достичь в ней максимально позитивных результатов; они способны выступать инициаторами нововведений и влиять на взаимоотношения в коллективе.

Список литературы

1. Заседание оргкомитета XI всероссийского конкурса «Педагогический дебют-2016» // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2016. – № 1 (28). – С. 161–162.
2. Заседание оргкомитета XI всероссийского конкурса «Педагогический дебют-2016» 26 января 2016 года // Ценности и смыслы. – 2016. – № 1 (41). – С. 143–144.
3. Об итогах областного конкурса молодых учителей «Педагогический дебют-2015» // Научно-методический журнал Педагогический поиск. – 2016. – № 1. – С. 6–8.
4. Матросов В.Л. Конкурсы профессионального мастерства как форма обучения студентов интерактивным формам взаимодействия на основе образовательной интеграции / В.Л. Матросов, Н.Ю. Борисова, Д.А. Мельников, Л.М. Аунапу // Наука и школа. – 2012. – № 4. – С. 8–12.
5. Фурен П.Е. Конкурс «педагогический дебют» как составная часть педагогической практики студентов исторического факультета Челябинского государственного педагогического университета / П.Е. Фурен // Преподавание истории в школе. – 2013. – № 7. – С. 3–5.
6. Глазырина Л.А. Выпускники ЧГПУ – участники областного конкурса профессионального мастерства «Педагогический дебют» / Л.А. Глазырина, А.А. Нуртдинова, Л.Н. Павлова, А.С. Филиппова. – Челябинск: изд-во ЧГПУ, 2014. – 61 с.
7. Смирнова И.Э. Подготовка студентов к участию в профессиональном конкурсе / И.Э. Смирнова // Библиотека журнала Методист. – 2016. – № 2. – С. 17–21.
8. Бондарчук Е.В. Анализ мотивации профессиональной деятельности студентов педагогического вуза / Е.В. Бондарчук // Психологическое сопровождение образовательного процесса. – 2014. – Т. 1, № 4–2. – С. 36–44.
9. Андросова Ю.В. Ценностные ориентации и мотивация выбора профессии учителя как компоненты профессионально-педагогического мировоззрения студентов вуза / Ю.В. Андросова, Л.В. Вершинина // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. – 2015. – № 9. – С. 9–14.

УДК 37.017

**ЗАДАЧИ КАК СРЕДСТВО ДУХОВНО-ПРАВСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ
УЧАЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ
(НА МАТЕРИАЛЕ АЛГЕБРЫ 7 КЛАССА)****Иванова А.В., Иванова Н.А.***Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Якутск,
e-mail: pairingmen@gmail.com*

Результатом современного образовательного процесса, в частности математического образования, должно быть не только достижение планируемых результатов изучения учебного предмета, но и формирование, развитие и подготовка к жизни в обществе духовно-нравственного конкурентоспособного человека, патриота с активной гражданской позицией. В статье предлагаются пути целенаправленного духовно-нравственного развития учащихся посредством задач на уроках алгебры. Полученные в ходе работы данные позволили разработать методическую систему обучения решению задач, способствующих духовно-нравственному росту учащихся и повышению качества их знаний по предмету, направленных на стимулирование устойчивых проявлений эмоционально-нравственных чувств, духовного поведения. Разработаны требования к отбору задач духовно-нравственного содержания и система задач, отвечающая этим требованиям. Указаны пути и способы их реализации.

Ключевые слова: духовность, нравственность, патриотизм, задача, сознание, деятельность, война, мужество

**TASKS AS A WAY OF SPIRITUAL AND MORAL DEVELOPMENT
OF STUDENTS DURING MATHEMATICAL EDUCATION
(BASED ON THE 7TH GRADE ALGEBRA PROGRAM)****Ivanova A.V., Ivanova N.A.***North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: pairingmen@gmail.com*

The result of the modern educational process, in particular, of mathematical education, should be not only the achievement of the planned results of studying the academic subject, but also the formation, development and preparation for life of a spiritually-moral competitive person, a patriot with an active civic position. The article suggests ways of purposeful spiritual and moral development of students through tasks in algebra lessons. The data obtained in the course of the work made it possible to develop a methodological system for teaching problems that contribute to the spiritual and moral growth of students and to improve the quality of their knowledge in the subject, aimed at stimulating sustainable manifestations of emotional and moral feelings and spiritual behavior. Requirements for selection of tasks of spiritual and moral content and a system of tasks that meets these requirements are developed. And ways and methods of their realization are pointed.

Keywords: spirituality, moral, patriotism, task, consciousness, activity, war, courage

Реализация концепции духовно-нравственного воспитания личности гражданина России требует актуализации проблемы духовно-нравственного развития подрастающего поколения не только средствами гуманитарных дисциплин, но и средствами предметов естественнонаучного цикла, в том числе математики. В решении этих задач ведущая роль принадлежит образованию, в частности гуманизации и гуманитаризации математического образования, направленного на формирование адекватной личности, обладающей духовно-нравственными ценностями [1]. В исследованиях по философии, педагогике широко рассматриваются различные аспекты данной проблемы. Так, разработаны концепции о человеке как объекте и субъекте социального развития и саморазвития, теория деятельности, современные представления о социализации личности (Б.Г. Ананьев, В.Г. Бочарова, Л.С. Выготский, Б.Т. Лихачев и др.).

Исследования Б.Г. Ананьева, посвященные комплексному подходу к проблеме человека, дали возможность психологии действительно стать наукой о человеке, его сознании и психике во всей их многогранности и сложности [2].

В понимании механизмов мышления и его развития нам помогли исследования С.В. Яковлева, целостно представившие систему ценностей как «единство инвариантной и вариативной составляющих, определяющих общность социальных норм воспитываемой у личности нравственной культуры и индивидуальность результата ее воспитания» [3, с. 4].

Авторами статьи ведется работа по духовно-нравственному развитию в юношеском возрасте и в периоде ранней взрослости [4] в процессе математического образования посредством задач.

Проблема исследования состоит в том, чтобы наметить пути целенаправленного

формирования духовно-нравственных ценностей у учащихся на уроках математики посредством задач.

Объект исследования: процесс духовно-нравственного развития учащихся 7 классов на уроках алгебры посредством задач.

Гипотеза исследования: процесс духовно-нравственного развития учащихся посредством задач, способствующих повышению интереса, приводящего к повышению образовательного уровня по предмету, будет идти наиболее эффективно, если:

- методическая система обучения решению задач на уроках алгебры 7 класса направлена на стимулирование устойчивых проявлений эмоционально-нравственных чувств, духовного поведения, обеспечивающих эффективность духовно-нравственного развития учащихся – носителей духовно-нравственных ценностей и повышение уровня личностного потенциала в качественном усвоении знаний по предмету;

- разработаны требования к отбору задач с духовно-нравственным содержанием, система задач, соответствующая этим требованиям, и эффективные формы, методы и средства духовно-нравственного развития учащихся на уроках алгебры 7 класса посредством задач.

Чтобы проверить выдвинутую гипотезу, поставлена цель: разработать методическую систему обучения решению задач, направленную на духовно-нравственное развитие учащихся и на повышение образовательного уровня по предмету и проверить ее эффективность на практике.

Для достижения данной цели нами выявлены требования к отбору задач, способствующих духовно-нравственному развитию учащихся на уроках математики:

- Содержание и методика работы с ними способствуют духовно-нравственному развитию учащихся, эффективно используют воспитывающий потенциал математики.

- Изучаемый материал должен быть направлен на познание и расширение картины духовного мира учащихся через наполнение содержания реально существующими проблемами, вызывающими интерес – основной мотив учения, что способствует пониманию себя, мобилизации своих внутренних сил для их решения.

- При подборе задач учитываются возрастная доступность, математическая ценность материала.

Нами проведен логико-дидактический анализ учебно-методического комплекса по алгебре для 7 класса (программы, учебники, задачки, методические пособия). В задачке по алгебре для 7 класса А.Г. Мордковича и др. выявлено наличие 178 текстовых

задач, из них на тему «Линейные уравнение с одной переменной» – 29 задач, на тему «Системы двух линейных уравнений с двумя переменными как математические модели реальных ситуаций» – 38 задач, а также на повторение по теме «Линейные уравнения и системы уравнений» – 36 задач. В связи с тем, что на вышеуказанные темы отводится много времени на решение текстовых задач, мы выбрали их в качестве экспериментального задачного материала. С точки зрения цели, поставленной в исследовании духовно-нравственного развития учащихся, содержание задач не в достаточной мере удовлетворяет ей. Этим объясняется необходимость разработки системы задач, направленных на духовно-нравственное развитие учащихся путем обогащения содержания текстового материала сведениями, отражающими реальную жизнь, достижения науки и техники, сведения с историей страны и т.д., способствующими духовно-нравственному росту учащихся.

Организация деятельности по предложенной нами методической системе обучения решению задач, направленной на духовно-нравственное развитие учащихся, связана с поисковой деятельностью, проблемной ситуацией. Их решение предполагает определение области поиска, отыскание недостающей информации, выбор единственного верного решения из нескольких возможных. При решении задач особое внимание уделяется созданию проблемных ситуаций, направленных на формирование способа действия путем постановки вопросов, ориентирующих на существенные признаки усваиваемых понятий и явлений.

Составленные нами задачи являются одним из основных средств управления деятельностью учащихся по разрешению ими проблемных ситуаций, что способствует формированию умений решать возникающие трудности в реальной жизни. В 7 классе при изучении темы «Линейные уравнения и системы уравнений» на уроках алгебры учащиеся решают задачи с помощью уравнений. При изучении данной темы ученики должны уметь: на уровне учебных действий решать текстовые задачи алгебраическим способом: составлять уравнение по условию задачи, решать составленное уравнение.

В опытно-экспериментальной работе нам важен был не только результат решения, а процесс ознакомления с сюжетом текстовой задачи, предусматривающей, какие духовно-нравственные ценности можно развивать в процессе его обсуждения и решения. Данные задачи должны явиться основой для их формирования.

Например, при изучении темы «Линейные уравнения и системы уравнений» в 7 классе при обсуждении сюжета задачи «Один человек решил пожертвовать 141 000 рублей в 3 приюта по спасению животных, причем во второй приют он пожертвовал $33\frac{1}{3}\%$ от того, что получил первый, и еще 6000 р., а в третий – $33\frac{1}{3}\%$ от того, что пожертвовал второму, и еще 3000 р. Сколько денег было пожертвовано каждому приюту?» организуется работа по развитию таких духовно-нравственных ценностей, как взаимовыручка, милосердие, доброта и т.д. Эти задачи формируют познавательный интерес, что является мотивом для усвоения новых знаний, формируют умение творчески управлять процессом усвоения новых знаний. Изучение математики в новых условиях является интегрированным процессом и включает в себя духовно-нравственное развитие и сознательное прочное усвоение знаний по предмету.

Организация работы по предложенной методической системе обучения решению задач предусматривает дифференциацию и индивидуализацию обучения с целью более полного учета интересов, мотивов, способностей каждого школьника. Методическая система обучения решению разработанной системы задач направлена на решение двух задач: повышение качества знаний по предмету, собственно математическое образование, а также на духовно-нравственное развитие учащихся как по содержанию, так и по видам деятельности.

Таковы наши подходы в раскрытии сущности предлагаемых задач, призванных содействовать оптимальному усвоению учебного материала и формированию духовно-нравственных ценностей у учащихся.

Итак, по выбранным разделам курса алгебры для 7 класса нами разработана система задач, отвечающая выделенным нами требованиям.

В качестве примера приведем разработку урока с элементами историзма по теме «Уравнения».

Время: 2 урока.

Класс: 7.

Предмет: Алгебра.

Тема: Решение задач с помощью уравнений.

Тип урока: Обобщение и систематизация знаний.

Цели.

Обучающая: научиться решать текстовые задачи алгебраическим способом; составлять уравнение по условию задачи, решать составленное уравнение.

Развивающая: развить умение анализировать условие задачи; строить логические цепи рассуждений, основанные на интерпретации условия задачи; ставить и решать проблемы (формулировать проблемы для поиска корней линейных уравнений; самостоятельно составить уравнение и уметь находить ответ на вопрос задачи, то есть найти целые корни уравнений).

Воспитательная: научить учащихся эмоциональному восприятию сюжета задач, приводящему к выработке собственных установок на происходящее для их коммуникативной деятельности.

I этап. Мотивационно-целевой.

Для стимулирования эмоционально-образного восприятия, формирования патриотического сознания как личностного качества, обеспечению готовности подрастающего поколения к защите Родины проводится беседа:

«22 июня 1941 г. Германия напала на Советский Союз, и началась самая жестокая и кровопролитная война из тех, что вынесла Россия. Адольф Гитлер, глава германского государства, планировал завоевать весь земной шар. Гитлеровцы прошли победоносным маршем по Норвегии и Франции, Польше и Бельгии, Голландии и Дании. Когда они подступили к Советскому Союзу, на защиту Родины поднялся весь народ. От пограничной Брестской крепости до Смоленска, от Киева до Тулы немцы продвигались с тяжелыми боями и всюду встречали героическое сопротивление. Яростный отпор получил враг под городом Ельней и натиск немецких полчищ на какое-то время был приостановлен. Тем не менее гитлеровцы продвигались вглубь страны и были уже на подступах к Москве. Но советские войска ценой больших потерь остановили немцев и заставили их отступить. Однако за успехом под Москвой последовали неудачи советских войск в Крыму и под Харьковом.

Тяжелейшие дни переживал Ленинград, ныне Санкт-Петербург. Началась его блокада. 900 дней и ночей он находился в осаде. Были перекрыты все дороги к нему, что сделало невозможным поставку продовольствия. Погибло около 850 тысяч человек... Но город на Неве выстоял. В начале 1943 года блокада была прорвана.

Перелом в ходе войны произошел под Сталинградом (теперь Волгоград). Здесь, между Волгой и Доном, 200 дней продолжалось великое сражение, где противники потеряли почти полтора миллиона человек.

Затем наши войска уничтожили крупное скопление вражеских сил в районе Курска, Орла, Белгорода и погналы захватчиков через освобожденные Украину и Белорус-

сию до Берлина, столицы Германии. Гитлер и его соратники покончили жизнь самоубийством.

9 мая 1945 года война закончилась, Берлин был взят. Победа досталась страшной ценой: мы потеряли 27 миллионов человек. Нет предела мужеству всего народа, патриотизму, любви к Родине. Тыл день и ночь бесперебойно работал для фронта: тогда была острая нехватка оружия и боеприпасов. Вместо ушедших на войну рабочих трудились старики и дети. Иным мальчишкам и девчонкам ставили под ноги ящики, чтобы они дотягивались до станков [5].

Война всегда жестока, всегда уносит человеческие жизни, делает людей вдовами, сиротами и инвалидами».

На данном этапе формируется ориентационный аспект патриотического сознания. Ученикам необходимо прийти к тому, что благодаря мужеству всего народа, патриотизму, великой любви к Родине Советскому Союзу удалось победить врага. Создана педагогическая ситуация, обеспечивающая целостное развитие личности как патриота и защитника Родины, где учащиеся знакомятся с героизмом старшего поколения, что занимает большое место в духовном мире подростков, становится для них идеалом.

II этап. Коллективно-творческая деятельность.

Решение задач. В качестве примера приведем одну из задач, которые решили на уроке.

Летчик Николай Гастелло 26 июня 1941 года совершил невероятно героический подвиг, направив свой горящий самолет в самую гущу вражеских машин и цистерн с горючим. Гастелло и члены его экипажа погибли. Сколько фашистов и военной техники уничтожил он, если у врага танков-истребителей «Фердинанд» было на 2 меньше, чем танков «Пантера», и всего танков было меньше в 3 раза, чем фашистов, которых было 48.

На данном этапе учащиеся под руководством учителя решают задачи, сюжеты которых содержат сведения, способствующие формированию ценностных ориентаций и дающих целевую установку, создающих предпосылку для развития патриотических чувств у учащихся: готовность к защите Родины, оказание помощи попавшему в беду и т.д.

Работа основывается на групповой деятельности. Создаются ситуации для самостоятельного составления уравнений и их решения на основе знания алгебраического способа решения задач, умения найти корни уравнения. Учитель ставит перед учащимися учебные проблемы и выступает в роли консультанта, направляя их на самостоятельную творческую деятельность.

Методы и приемы: активные практико-ориентированные (обучение в сотрудничестве, метод познавательной инициативы, диалог и т.д.), предусматривающие организацию групповой и индивидуальной работы, в которой каждый ученик активно вовлекается в коллективный поиск рационального пути решения задач, уважая точки зрения других и т. д.; исследовательский (поиск рационального способа решения задач с последующим анализом, выводами и обобщениями полученных результатов).

III этап. Индивидуально-творческая деятельность.

Учебная цель: стимулирование творческой самостоятельности и инициативы.

Рабочая цель: создание условий для выработки устойчивой мотивации к решению текстовых задач алгебраическим способом.

Данный этап направлен на отработку навыков построения алгебраической модели путем составления уравнения:

1) постановка проблемы, предлагается смоделировать реальную ситуацию сюжета задачи по ее условию, построить алгебраическую модель;

2) самостоятельно конструировать алгоритм решения линейных уравнений, а также уравнения, сводящиеся к ним, с помощью простейших преобразований;

3) объяснять и формулировать правила преобразования корней;

4) путем подстановки результата в условие задачи сделать вывод о соответствии построенной модели и результата ее решения условиями реальных ситуаций, описанной в задаче; в частности, в нашем случае проводить доказательные рассуждения о корнях уравнения с опорой на определение корня.

Учащиеся уже в большей степени проявляют самостоятельность, не получают строго регламентированные указания со стороны учителя. Полученные знания, факты и наблюдения служат основой для постановки и решения задач из окружающей их реальной жизни. Для их решения учащиеся должны уметь критически мыслить, путем анализа, установления причинно-следственных связей, синтезировать, доказывать (строить логические цепи рассуждений), ставить и решать проблемы (формулировать проблемы, самостоятельно находить способ решения задачи).

IV этап. Домашнее задание.

1. Решить задачи, которые не успели решить на втором этапе урока (если таковые имеются).

2. Составить по одной задаче на тему «Мужество и героизм советского народа во

время Великой Отечественной войны». Поощряется содержание в сюжете сведений о ваших близких, которые сражались на войне или трудились в тылу.

Итак, специально разработанная методическая система обучения решению задач, направленная на духовно-нравственное развитие учащихся, способствует умению переводить текст задачи с естественного языка на математический язык, то есть обучает методу алгебраического моделирования путем составления уравнений, способствует углублению знаний по теме «Уравнения».

Проверка эффективности выдвинутой гипотезы осуществлялась в ходе опытно-экспериментальной работы в МОБУ СОШ № 33 г. Якутска Республики Саха Якутия с охватом 126 учащихся 7 классов (63 учащихся – экспериментальная группа, 63 – контрольная).

Результаты экспериментальной работы свидетельствуют о том, что систематическая целенаправленная работа по реализации предложенной нами методической системы обучения решению задач по алгебре в процессе духовно-нравственного развития учащихся 7 классов позволяет готовить морально устойчивое подрастающее поколение, обладающее высокими духовно-нравственными качествами (любовь к окружающему миру, к Родине, патриотизм, чуткость и взаимопомощь, долг и ответственность, активная творческая деятельность), не поддающееся деградации, способное творить добро. Получено подтверждение наличия существенной положительной динамики духовно-нрав-

ственного развития учащихся, а также повышения качества знаний.

Таким образом, результаты опытно-экспериментальной работы, их интерпретация и оценка дают основания для заключения о том, что цель исследования – наметить пути целенаправленного формирования духовно-нравственных ценностей у учащихся на уроках математики посредством задач – нами достигнута, поставленные задачи решены, выдвинутая гипотеза получила подтверждение.

Новизна результатов исследования состоит в том, что теоретически обоснованы и подтверждены новые пути духовно-нравственного развития учащихся на уроках математики посредством задач. На наш взгляд, полученные результаты вносят определенный вклад в теорию развития личности.

Список литературы

1. Иванова А.В., Эверстова В.Н., Иванова Н.А. Нравственно-эстетическое воспитание учащихся средствами математики на уроках геометрии // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 12–2. – С. 349–353.
2. Логинова Н.А. Психологическая наука – дело всей жизни Бориса Герасимовича Ананьева / Н.А. Логинова. – Санкт-Петербургский университет. – 2007. – № 14 (3762) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.spbumag.nw.ru/2007/14/4.shtml> (дата обращения: 24.08.2017).
3. Яковлев С.В. Аксиологические основы воспитания нравственной культуры личности в системе общего образования: монография / С.В. Яковлев. – М.: ИНФА-М, 2017. – 137 с. – (Научная мысль). – www.dx.doi.org/10.12737/21415.
4. Агафонова С.В. Особенности связи мотивационно-волевого компонента с направленностью нравственного выбора и уровнем нравственного развития человека / С.В. Агафонова // Психология. Историко-критические обзоры и современные исследования. – 2015. – № 6. – С. 8–28.
5. Соловьев В.М. История России для детей и взрослых / В.М. Соловьев. – М.: Белый Город, 2003. – 407 с.