

Импакт-фактор РИНЦ = 0,641

Журнал издается с 2003 г.
12 выпусков в год

Электронная версия журнала top-technologies.ru/ru

Правила для авторов: top-technologies.ru/ru/rules/index

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 70062

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Импакт-фактор РИНЦ = 0,641.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных 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 – 24.01.2018
Дата выхода номера – 24.02.2018

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

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

Способ печати – оперативный
Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 10,88
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2018/1
Подписной индекс 70062

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

ОЦЕНКА ПОПРАВочНОГО КОЭФФИЦИЕНТА К НОРМЕ ЗАТРАТ ТОПЛИВА ДЛЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ МАШИН <i>Горяев В.М., Селякова С.М., Джахнаева Е.Н.</i>	7
СИНТЕЗ ПРОДУКЦИОННЫХ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ НА ОСНОВЕ ЛОГИЧЕСКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ <i>Добровольский И.И.</i>	12
ПРИМЕНЕНИЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ <i>Жигалов К.Ю., Аветисян К.Р.</i>	17
ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВАНИЯ РЕЗЕРВУАРА В УСЛОВИЯХ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ <i>Корецкая Н.А.</i>	22
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ В РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА ГЕНЕРАЦИИ СЛУЧАЙНЫХ ТОЧЕК ВНУТРИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ МНОГОУГОЛЬНИКОВ И МНОГОГРАННИКОВ <i>Мартынова Е.В., Нигматулин Р.М.</i>	27
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРНОГО КОЛЧЕДАНА <i>Никандров М.И., Никандров И.С., Шурашов А.Д., Горшков А.С., Краснов Ю.В.</i>	32
УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ПАРТИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ С ОСОБЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ КАЧЕСТВА <i>Орлов В.И., Сташков Д.В., Казаковцев Л.А., Рожнов И.П., Казаковцева О.Б., Насыров И.Р.</i> ..	37
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ <i>Остапчук А.К., Кузнецова Е.М., Дмитриева О.В.</i>	43
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОПТИЧЕСКОГО КАНАЛА ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА <i>Ус Н.А., Задорожний С.П.</i>	48
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИЦИРУЕМОСТИ <i>Цибизова Т.Ю., Пьо Си Тху, Селезнева М.С.</i>	54

Педагогические науки (13.00.00)

ЗНАЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИН МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО БЛОКА В ФОРМИРОВАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ГОТОВНОСТИ БУДУЩЕГО ПЕДАГОГА-ДЕФЕКТОЛОГА <i>Белова О.А.</i>	61
ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЕ С ЭЛЕМЕНТАМИ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ СТУДЕНТОВ ТАМОЖЕННОГО ДЕЛА <i>Бредихина О.А., Шестакина С.В., Головин А.А.</i>	66

ПРОФОРИЕНТАЦИОННЫЙ САЙТ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
САМООПРЕДЕЛЕНИЯ УЧАЩИХСЯ

Груздева М.Л., Груздева К.Е. 71

ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

Девяткин Е.М. 77

ФОРМИРОВАНИЕ ГОТОВНОСТИ КЛАССНЫХ РУКОВОДИТЕЛЕЙ
И КУРАТОРОВ К ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
В УСЛОВИЯХ МНОГОУРОВНЕВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Сергеева С.В., Воскресенко О.А. 83

CONTENTS

Technical sciences (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

METHOD OF ESTIMATION OF THE CORRECTION FACTOR TO THE VALUES OF THE COST OF FUEL FOR GRAIN CARS <i>Goryaev V.M., Selyakova S.M., Dzhakhnaeva E.N.</i>	7
SYNTHESIS OF PRODUCTIONAL DECISIVE RULES ON THE BASIS OF LOGICAL NEURAL NETWORKS <i>Dobrovolskiy I.I.</i>	12
USING CLOUD TECHNOLOGIES IN CCTV SYSTEMS <i>Zhigalov K.Yu., Avetisyan K.R.</i>	17
ASSESSMENT OF THE BEARING ABILITY OF THE BASIS OF THE TANK IN THE CONDITIONS OF SEISMIC DANGER <i>Koretskaya N.A.</i>	22
GEOMETRIC METHODS TO IMPLEMENT THE ALGORITHM TO GENERATE RANDOM POINTS INSIDE AN ARBITRARY POLYGONS AND POLYHEDRA <i>Martynova E.V., Nigmatulin R.M.</i>	27
RHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES PYRITES <i>Nikandrov M.I., Nikandrov I.S., Shurashov A.D., Gorshkov A.S., Krasnov Yu.V.</i>	32
IMPROVED METHOD OF FORMING PRODUCTION BATCHES OF ELECTRONIC COMPONENTS WITH SPECIAL QUALITY REQUIREMENTS <i>Orlov V.I., Stashkov D.V., Kazakovtsev L.A., Rozhnov I.P., Kazakovtseva O.B., Nasyrov I.R.</i>	37
EXPERIMENTAL STUDY AND MODELING OF THE STABILITY OF THE CUTTING PROCESS WHEN MACHINING STEEL PARTS <i>Ostapchuk A.K., Kuznetsova E.M., Dmitrieva O.V.</i>	43
A MATHEMATICAL MODEL OF THE TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE OPTICAL PATH OF THE LASER GYRO <i>Us N.A., Zadorozhniy S.P.</i>	48
MATHEMATICAL MODELING OF DYNAMIC SYSTEMS USING PARAMETRIC IDENTIFIABILITY <i>Tsibizova T.Yu., P'o Si Tkhu, Selezneva M.S.</i>	54

Pedagogical sciences (13.00.00)

THE IMPORTANCE OF DISCIPLINE OF THE MEDICAL AND BIOLOGICAL BLOCK IN FORMING THE PROFESSIONAL READINESS OF THE FUTURE TEACHER-DEFECTOR <i>Belova O.A.</i>	61
PROFESSIONALLY-ORIENTED TEACHING OF LINEAR ALGEBRA WITH ELEMENTS OF ANALYTIC GEOMETRY FOR CUSTOMS STUDENTS <i>Bredikhina O.A., Shestavina S.V., Golovin A.A.</i>	66

PROFESSIONAL SITE AS A TOOL OF PROFESSIONAL
SELF-DETERMINATION OF SCHOOL STUDENTS

Gruzdeva M.L., Gruzdeva K.E. 71

E-LEARNING ORGANIZATION TECHNOLOGY IN PHYSICS

Devyatkin E.M. 77

THE FORMATION OF READINESS OF FORM MASTERS AND CURATORS
TO IMPLEMENTATION OF EDUCATIONAL WORK UNDER
THE CONDITIONS OF A MULTILEVEL EDUCATIONAL ORGANIZATION

Sergeeva S.V., Voskresenko O.A. 83

УДК 004.896

ОЦЕНКА ПОПРАВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА К НОРМЕ ЗАТРАТ ТОПЛИВА ДЛЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ МАШИН

Горяев В.М., Селякова С.М., Джахнаева Е.Н.

Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, Элиста,

e-mail: goryaevff@yandex.ru, it-ksu@yandex.ru, dzhakhnaeva-en@yandex.ru

Настоящая статья посвящена постановке многокритериальной нечёткой задачи прогноза затрат топлива для автомашин, в частности для зерноуборочных комбайнов при прогнозе затрат во время уборки урожая. Рассмотрен алгоритм её решения, основанный на методах сведения нечётких задач к чётким, т.е. определяется итоговое количественное значение для выходной переменной, по методу среднего центра. Для решения задачи были использованы методы нейронной нечеткой системы, которые позволили отсеять худшие результаты параметров модели и выделить лучшие показатели для нормы расхода топлива зерноуборочных комбайнов. Были проведены практические расчеты на базе программного кода на языке c#, которые позволили решить задачу оценки поправочного коэффициента к норме затрат топлива для зерноуборочных машин.

Ключевые слова: нечеткая логика, топливо, поля, технология сборки, нейронная нечеткая система, метод среднего центра

METHOD OF ESTIMATION OF THE CORRECTION FACTOR TO THE VALUES OF THE COST OF FUEL FOR GRAIN CARS

Goryaev V.M., Selyakova S.M., Dzhakhnaeva E.N.

Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista,

e-mail: goryaevff@yandex.ru, it-ksu@yandex.ru, dzhakhnaeva-en@yandex.ru

This article is devoted to the formulation of the fuzzy multi-criteria tasks of the forecast of fuel costs for cars, in particular for grain harvesters in the forecast of costs at the time of harvest. The algorithm of its solution based on methods of information fuzzy objectives to clear, i.e., determines the total numerical value for the output variable by the method of mean center. To solve the problem experience of neural fuzzy system, which allowed to weed out the worst results of the model parameters and highlight the best performance for the norm of fuel consumption of combine harvesters. There were practical calculations on the basis of a program code in C# that allowed to solve tasks of predicting a value of the correction factor to the rate of fuel consumption for combine harvesters.

Keywords: fuzzy logic, fuel, fields, Assembly technology, neural network fuzzy system, method, mean center

Одним из наиболее тяжелых в управлении и наиболее накладным в плане расходов этапом производства любой зерновой культуры является период уборочных работ. Для проведения уборки урожая в рациональные сроки и в значительно эффективном режиме сельскохозяйственные компании используют большое количество технических средств, комплексное управление которыми является довольно трудной задачей. И это, естественно, связано с тем, что в процессе принятия действенных решений нужно рассматривать значимый объём данных о свойствах и характеристиках инженерно-технических ресурсов, которые были привлечены в уборочно-транспортных работах, и среде их эксплуатации. Для решения этих сложностей используя экономико-математические алгоритмы, алгоритмы теории массового обслуживания, логистического и имитационного моделирования [1]. Но такие подходы не позволяют в полной мере учитывать такие особенности инженерно-технологического процесса уборочных работ, как стохастичность и нестационарность поведения, невоспроизводимость

экспериментальных результатов, недостаточную информативность о характеристиках процесса. Эти особенности инженерно-технологического процесса необходимо учесть в дальнейшем при решении задач оперативного управления и планирования сельскохозяйственных работ за счёт использования методов нечёткой логики (НЛ) и теории нечётких множеств (НМ).

На этапе планирования работ перед уборкой урожая наиболее актуальной является задача прогноза расхода топлива для комбайнов. Значимость проблемы обусловлена тем, что нормы расхода топлива определяются для идеальных машин без учёта условий эксплуатации и изменения ресурса автомобиля, вследствие чего параметры прогнозируемых затрат могут отличаться от фактических в достаточно широком диапазоне.

К факторам, которые наиболее влияют на затраты топлива, можно отнести следующие: урожайность культуры, эксплуатационный ресурс комбайна и длина так называемого гона поля [2]. В реальных условиях при расчете достоверного поправочного коэффициента к идеальной норме затрат по

данным параметрам будет присутствовать некая неопределенность, которая в целом-то требует применения алгоритмов нечеткой логики.

Постановка задачи

Постановка задачи: разработать методику прогноза значения реального поправочного коэффициента к норме расхода топлива (ПКРТ) на основе методов НЛ, которая позволит при прогнозировании учитывать влияние технологических условий эксплуатации техники, а также оптимальных сроков ее эксплуатации на основной показатель – общий расход топлива.

Надо учитывать, что данные, необходимые для строительства базы нечетких правил, являются количественными, а не лингвистическими и базу нечетких правил (БНП) сформируем с использованием универсального метода построения на основе численных данных [3; 4]. Главный принцип НЛ – это замена параметров истина и ложь на степень истинности. Для определения эксплуатационной скорости зерноуборочного комбайна предложено использовать методы теории искусственных нейронных сетей, которые, в отличие от других методов прогнозирования, позволяют получать более адекватные реальности решения. Это связано с тем, что искусственная нейронная сеть может совершенствовать точность своего прогноза по мере накопления ею опыта.

Решение задачи

Нечеткая логика имеет общепринятые алгоритмы представления знаний на базе правил для лингвистических переменных, но они требуют затрат по времени и ресурсам для инициализации функций конструирования и принадлежности. Нейросетевой алгоритм обучения автоматизирует этот процесс и существенно сокращает затраты и время на создание и разработку, при этом оптимизируя параметры искомой системы.

Системы, которые используют нейронные сети для инициализации параметров таких нечетких моделей, называют нейронной нечеткой системой. Для решения этой задачи был выбран трехслойный персептрон, который обучался методом обратного распространения ошибки. В частности, первый слой сети содержит сорок нейронов, второй – двадцать, а третий – один нейрон. В качестве функции активации в первых двух слоях выбран гиперболический тангенс и линейная функция в третьем слое. Структура искусственной нейронной сети приведена на рис. 1.

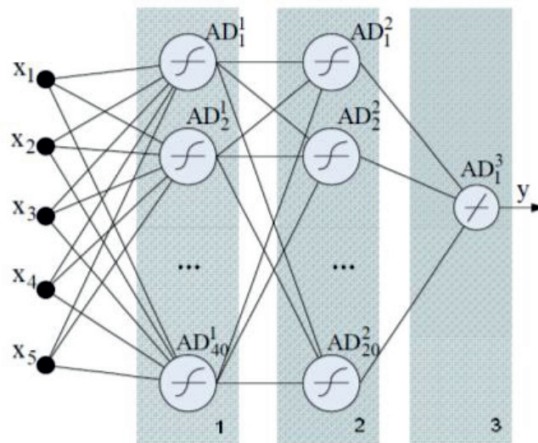


Рис. 1. Структура искусственной нейронной сети прогноза скорости комбайна

Стандартная структура системы, которая использует нечеткую логику, включает в себя базу знаний, фаззификацию, блок решений, дефаззификацию.

Рассмотрим вначале основные этапы построения базы нечетких правил.

1. *Разделение пространств выходных и входных данных на области.* На основе статистических данных, взятых из источника [2], сформируем множество обучающих данных (ОД), которые состоят из векторов (ОВ):

$$\overline{X^{\xi}} = (x_1(\xi), x_2(\xi), x_3(\xi), z(\xi)), \xi = \overline{1, 230}, \quad (1)$$

где ξ – номер во множестве ОД; $x_1(\xi)$ – общая урожайность культуры, ц/га; $x_2(\xi)$ – размер гона поля, м; $x_3(\xi)$ – срок эксплуатации зернового комбайна, лет; $z(\xi)$ – искомое значение поправочного коэффициента к расчетной затрате топлива.

Кроме того, определим фиксированные максимальные и минимальные значения выходных и входных переменных: $x_1(\xi) \in [10, 100]$, $x_2(\xi) \in [100, 200]$, $x_3(\xi) \in [0, 50]$, $z(\xi) \in [0, 95, 4]$. Каждую из этих областей определения разделяем на три отрезка, задаем функции принадлежности НП, характеризующих входящие/выходящие переменные [5].

2. *Синтез нечетких правил (НП) на основе ОД.* Для формирования НП необходимо определить граничные характеристики принадлежности каждого компонента ОВ к определенным отрезкам. Нечеткие правила в общем виде [8]:

$$R^{\xi} : IF ((x_1(\xi) = U_{\alpha}^{\xi}) AND (x_2(\xi) = B_{\zeta}^{\xi}) AND, \\ (x_3(\xi) = C_{\mu}^{\xi})) THEN (z^{\xi} = K_{\gamma}^{\xi}), \alpha, \zeta, \mu, \gamma = \overline{1, 3}, \quad (2)$$

где ξ – НП, U_{α} – НМ урожайность культуры, B_{ζ} – НМ для гона поля, C_{μ} – НМ для срока эксплуатации комбайна, K_{γ} – НМ для коэффициента поправки к расчетным нормам затрат топлива для комбайнов.

3. *Распределение степени истинности для каждого НП.* На этом этапе решаются задачи противоречивых правил, преимущественно имеющие одинаковые условия при различных заключениях. По определению НЛ при установке правил задаётся некая степень истинности (в противоположность булевым значениям) с последующим отбором того правила, в котором степень истинности будет максимальная. Для правила R^ξ величина истинности SR находится по формуле

$$SP(R^\xi) = \mu_{U_\alpha^\xi}(x_1) \cdot \mu_{B_\xi^\xi}(x_2) \cdot \mu_{C_\mu^\xi}(x_3) \cdot \mu_{K_\gamma^\xi}(z), \quad (3)$$

где $\mu_{U_\alpha^\xi}(x_1)$, $\mu_{B_\xi^\xi}(x_2)$, $\mu_{C_\mu^\xi}(x_3)$ – значение функции принадлежности параметра $x_1(\xi)$, $x_2(\xi)$ и $x_3(\xi)$ к соответствующему НМ,

C_μ^ξ – значение функции принадлежности параметра $z(\xi)$ к множеству K_γ .

4. *Создание базы нечётких правил.* БНП представим в виде 3D матрицы, со значениями нечётких множеств K_1 , K_2 , K_3 . Измерения матрицы x_1 , x_2 , x_3 и на оси x_1 заданы НМ U_1 , U_2 , U_3 . В БНП внесём 27 правил.

Имея БНП, легко определить количественное значение для выходной переменной z' при входящих сигналах (x'_1, x'_2, x'_3) .

Расчёт выходной переменной осуществляется с нечеткими входами на базе алгоритма дефазификации по среднему центру:

$$\bar{z}' = \frac{\sum_{r=1}^{27} \tau^{(r)} z^{(r)}}{\sum_{r=1}^{27} \tau^{(r)}}, \quad (4)$$

где $\tau^{(r)}$ – степень активности r правила, которая находится по правилу

$$\tau^{(r)} = \mu_{U_\alpha^r}(x'_1) \cdot \mu_{B_\xi^r}(x'_2) \cdot \mu_{C_\mu^r}(x'_3). \quad (5)$$

Данный метод можно распространить и на случаи с произвольным числом входов/выходов нечеткой системы. Ниже показан алгоритм построения базы правил для программной реализации.

1. Распределить пространство значение $x_1(\xi) \in [10, 50]$, $x_2(\xi) \in [100, 1500]$, $x_3(\xi) \in [0, 25]$, $z(\xi) \in [0, 95, 2]$, для каждого создать соответствующие функции принадлежности;

2. Создать и инициализировать таблицу $T[U, B, C]$ степеней истинности правил;

3. Выбрать пару данных для $x_1(\xi) \in [10, 50]$, $x_2(\xi) \in [100, 1500]$, $x_3(\xi) \in [0, 25]$, $z(\xi) \in [0, 95, 2]$.

4. Установить степень принадлежности данных к областям (нечетким множествам) и оформить соответствующее правило

$$R^\xi : IF ((x_1(\xi) = U_\alpha^\xi) AND (x_2(\xi) = B_\xi^\xi) AND, (x_3(\xi) = C_\mu^\xi)) THEN (z^\xi = K_\gamma^\xi), \alpha, \zeta, \mu, \gamma = \overline{1, 3}.$$

5. Установить степень истинности правила R по формуле

$$SP(R^\xi) = \mu_{U_\alpha^\xi}(x_1) \cdot \mu_{B_\xi^\xi}(x_2) \cdot \mu_{C_\mu^\xi}(x_3) \cdot \mu_{K_\gamma^\xi}(z),$$

если $SP(R) > T$, то вписать правило R в таблицу BR и T : $BR[U, B, C] = K$ и $T[U, B, C] = SP(R)$, иначе п. 4.

6. Конец цикла, то п. 7, иначе п. 4.

7. Конец программы.

На основе данных об эксплуатационной скорости и расхода топлива для зерноуборочных комбайнов можно определить такие характеристики технологического процесса уборочной кампании, как интенсивность уборки зерна комбайнами и эксплуатационные затраты [6]. Эти характеристики вместе с показателями аренды комбайнов, урожайности полей, размера полей, стоимости зерна являются исходными данными задачи распределения уборочной техники по полям.

Приведение к нечеткости. Во входном потоке находится база правил R^ξ и массив данных $A = \{a_1, \dots, a_x\}$. Для всех подусловий в базе правил ставится в соответствие матрица истинности.

Программа выполнена в коде с#. В качестве входных данных используется база правил (List<Prav>).

Таблица истинности строится на $b[i]$, соответствующих входным $a[i]$. В отличие от «математической» истинности в нечеткой логике значения $b[i]$ формируют массив вероятностей $[0..1]$ наступления события [7].

Дефазификация в результате дает количественное значение для выходных лингвистических переменных. В данной реализации алгоритма используется метод по среднему центру, в котором значение i -ой переменной вычисляется по формуле (4).

```
private double[] defaz(List<FuzBD> FuzBD) {
    double[] y = new double[x]; // x = 27 – кол-во вх. параметров
    for(int i1 = 0; i1 < s; i1++) // s – кол-во вых. параметров
    {
        double fuzA = integral(FuzBD.get(i1), true);
        double fuzB = integral(FuzBD.get(i1), false);
        y[i1] = fuzA / fuzB;
    }
    return z;
}
```

Для построения самих нейронных сетей был использован алгоритм Random Forest, для разработки и обучения нейронные сети. В результате моделирования были созданы нейронная сеть с трехслойным персептроном. Оценка прогнозирования результатов расхода топлива основывалась на подборе истинных прогнозируемых значений доверительного интервала, и в процессе моделирования отсекались, подчитывались все граничные спрогнозированные значения вне доверительного интервала. Оставшиеся результаты удовлетворяли необходимому критерию качества прогноза (рис. 2).

Траектории выходных данных в сравнении с экспоненциальной моделью из стандартных нормативов. На рис. 2 изображены определенные точки моделированного профиля урожайности и срока эксплуатации, где красная кривая обеспечивает экспоненциальное описание профиля поправочного коэффициента расхода топлива по нормативам.

Если урожайность $30 \div 35$ ц/га, то норма расхода для 33 ц/га составит 12,7 га. Если рассчитать норму на 35 ц/га, то $(12,7 \times 33,0) : 35 = 12,0$ га, а норма расхода топлива $(10,5 \times 12,7) : 12 = 11,1$ л на гектар. Учитывая коэффициент, программа

определяет поправочный коэффициент $11,1 \times 1,109 = 12,31$ л/га (рис. 3).

Данные переводятся в нечеткий формат согласно определенным функциям принадлежности, внутри класса расчета происходит их обработка, полученные при этом изменения значения поправочного коэффициента дефазифицируются и результат решения поступает в виде сигнала и графика на монитор.

Выводы

Результаты были приближены к линейной зависимости реального и спрогнозированного значений: $X_{\text{прогноз}} = X_{\text{реальное}} + \delta$. Все полученные результаты укладываются в доверительный интервал, что позволяет говорить о достаточно высокой точности нейронной нечеткой системы для прогноза поправочного коэффициента.

Применение разработанного алгоритма нечеткой оценки для поправочного коэффициента к идеальной норме затраты топлива представляет высокую вероятность получить адекватный результат для комбайнов с неравномерным эксплуатационным ресурсом в зависимости от значимых характеристик полей. В дальнейших исследованиях необходимо использовать контроллеры управления расхода топлива в зависимости от ПКРТ.

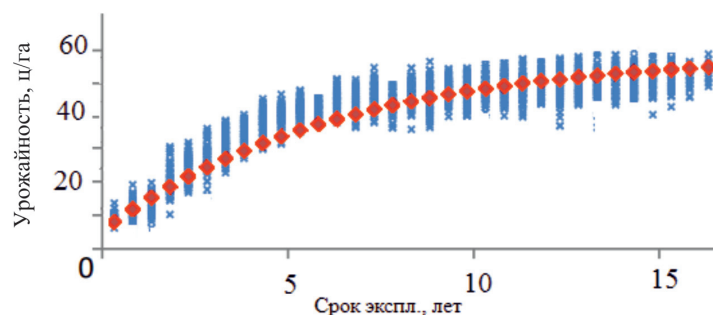


Рис. 2. ПКРТ на базе двух входных значений

Статистический результат моделирования некоторых схем

Схема	Входные данные			Выходные данные
	Урожайность культуры, ц/га	Размер гона поля, га	Срок эксплуатации, лет	Поправочный коэф. z
$\mathcal{E}_1$	60	50	0	1,001
$\mathcal{E}_2$	30	400	20	1,101
$\mathcal{E}_3$	50	400	10	1,049
$\mathcal{E}_4$	60	800	10	1,142

Примечание. Схема $\mathcal{E}_1$: низкая урожайность, отсутствие эксплуатационного износа комбайна (ЭИК), малый гон поля. Схема $\mathcal{E}_2$: средний урожай, высокий ЭИК, средний гон поля. Схема $\mathcal{E}_3$: средняя урожайность, средний износ комбайна ЭИК, средний гон поля. Схема $\mathcal{E}_4$: высокая урожайность, средний ЭИК, большой гон поля.

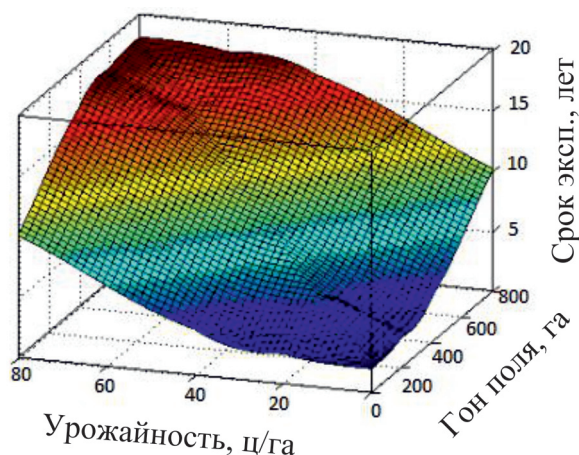


Рис. 3. 3D график значения поправочного коэффициента

Решение задач прогноза оценивания коэффициента к норме расхода топлива для уборочной техники ИИ позволяет получить эффективные решения с учетом особенностей данной предметной области. Рассмотрены модели и алгоритмы, как знания, включенные в состав базы знаний гибридной интеллектуальной системы управления уборочной кампанией, которая предназначена для поддержки принятия решений по управлению уборочно-транспортными работами в условиях современного сельскохозяйственного предприятия.

Список литературы

1. Левкин Г.Г. Методические подходы к управлению запасами сельскохозяйственного предприятия // Материалы научно-практической конференции «Управление устойчивым развитием компании» (ноябрь 2011 г.). – Омск, 2011. – С. 70–73.
2. Шепелев С.Д., Плаксин А.М., Черкасов Ю.Б. Влияние срока службы и сезонной наработки на показатели

эксплуатационной надежности зерноуборочных комбайнов // Агропромышленный комплекс России. – 2016. – Т. 75, № 1. – С. 122–126.

3. Казначеев П., Самойлова Р., Курчиски Н. Применение методов искусственного интеллекта для повышения эффективности в нефтегазовой и других сырьевых отраслях // Экономическая политика. – М., 2016. – Т. 11, № 5. – С. 188–197.

4. Ван Л.Х., Мендель Дж.М. Генерация нечетких правил на базе обучения на примерах / Л.Х. Ван, Дж.М. Мендель // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. – 1992. – Т. 22, № 6. – С. 1414–1427.

5. Эвиев В.А., Селякова С.М., Горяев В.М. Оценивание значения поправочного коэффициента к норме затрат топлива для зерноуборочных комбайнов методами нечеткой логики // Научный электронный архив. URL: <http://econf.rae.ru/article/9479> (дата обращения: 28.11.2017).

6. Шепелев С.Д., Шепелев В.Д., Черкасов Ю.Б. Статистические показатели производительности зерноуборочных комбайнов в зависимости от наработки // Агропродовольственная политика России. – 2015. – № 1. – С. 36–40.

7. Одгаев Н.Э., Горяев В.М. Управляемые услуги на облачных платформах // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 3–1. – С. 44–45.

УДК 004.891.3:001.89

СИНТЕЗ ПРОДУКЦИОННЫХ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ НА ОСНОВЕ ЛОГИЧЕСКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Добровольский И.И.*ФГАОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru*

Настоящая статья посвящена вопросам синтеза решающих продукционных правил индикаторными переменными входящих в условия активации являются логические функции, аргументами которых являются значения признаков – факторов риска возникновения определенной ситуации – представленные логическими значениями «true» и «false». Учитывая особенности признакового пространства для синтеза условия активации, предлагается использовать модифицированный аппарат искусственных логических нейронных сетей. Модификация заключается в применении бинарных логических нейронов и идеологии самоорганизационного моделирования, реализованной в МГУА подобной структуре искусственной нейронной сети. В качестве примера рассмотрены полученные условия активации для прогнозирования тромбоэмболии легочной артерии после эндопротезирования крупных суставов с эффективностью применения решающего правила на уровне 0,87. Сделан вывод о перспективности использования предлагаемого подхода для проектирования баз знаний медицинских экспертных систем при малых объемах обучающих выборок.

Ключевые слова: экспертные системы, база знаний, продукционные правила, условия активации, искусственные логические нейронные сети, прогнозирование тромбоэмболии

SYNTHESIS OF PRODUCTIONAL DECISIVE RULES ON THE BASIS OF LOGICAL NEURAL NETWORKS

Dobrovolskiy I.I.*Southwest State University, Kursk, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru*

The present article is devoted to questions of synthesis of decisive productional rules by indicator variables entering conditions of activation logical functions are arguments which values of signs – risk factors of emergence of a certain situation – presented by logical values «true» and «false» are. Considering features of factorial space for synthesis of a condition of activation, it is offered to use the modified office of artificial logical neural networks. Modification consists in application of binary logical neurons and the ideology of self-organizational modeling realized in GMDH to similar structure of artificial neural network. As an example the received activation conditions for forecasting of thromboembolia of a pulmonary artery after arthroplasty of large joints with efficiency of application of the decisive rule at the level of 0,87 are considered. The conclusion is drawn on prospects of use of the offered approach for design of knowledge bases of medical expert systems at the small volumes of the training selections.

Keywords: expert systems, knowledge base, productional rules, activation conditions, artificial logical neural networks, forecasting of a thromboembolia

Среди причин смертности населения России одно из первых мест занимает увеличение количества венозных тромбоэмболических осложнений в послеоперационный период. Например, при отсутствии адекватной профилактики, качественной ранней диагностики частота возникновения тромбозов глубоких вен у больных, которым выполняли эндопротезирование, достигает 60% [1].

Существующие методы лабораторной диагностики тромбоэмболии (венография, реоплетизмография, дуплексное сканирование) имеют свои преимущества и недостатки и не дают четкого представления о показателях к их применению [2–4]. В настоящее время они не имеют достаточной интеллектуальной компьютерной поддержки принятия диагностических и-или терапевтических решений на основе обработки мультимодальной и нечеткой информации о состоянии пациента. Это обуславливает актуальность разработки теоретических основ, принципов построения и исследования соот-

ветствующих систем поддержки принятия диагностических решений прогноза тромбоэмболии (СППР ПТ), предназначенных для использования в клинических условиях и функционирующих с учетом специальным образом сформированного пространства информативных признаков [5, 6].

В настоящее время в клинической практике применяются следующие системы диагностики и терапии тромбоэмболизма (в том числе в процессе протезирования): система экспресс-диагностики тромбов и эмболий (М.А. Сидорова), технология дифференциальной диагностики тромбозов (Д. Николь), скрининг тромбоза глубоких вен (Clinical Preventive Strives), автоматизированная система прогнозирования тромбоэмболических осложнений при травме [7, 8]. Современные медицинские системы поддержки принятия решений прежде всего основываются на достижениях в области искусственного интеллекта и системного анализа [9–11].

База знаний СППР ПТ или соответствующим образом специализированных экспертных систем представляет собой совокупность решающих классификационных правил, представленных в форме продукций, поскольку последние достаточно просто реализуются с помощью программных средств, хорошо интерпретируются и зарекомендовали себя при решении различных задач в медицинских экспертных системах [10]. Учитывая специфику медицинских данных, для синтеза баз знаний находят применение нейронные сети, структуры и параметры которых идентифицируются и оптимизируются с помощью самоорганизационных технологий, например генетические алгоритмы [12] или метод группового учета аргументов (МГУА). Использование в качестве признаков, характеризующих состояние пациента, логических переменных предполагает разработку адекватного математического аппарата.

Для синтеза антецедента (условия активации) решающих продукционных правил в случае представления характеризующих объект признаков в виде булевых переменных целесообразно использовать искусственные логические нейронные сети (ЛНС). Применяемый в настоящее время синтез ЛНС [13, 14] по сути, является итерационным процессом идентификации предикатов первого порядка, что не отвечает основным принципам самоорганизационного моделирования.

Между тем сетевые принципы синтеза моделей, лежащие в основе метода группового учета аргументов (МГУА), доказали свою перспективность в аналогичных случаях при анализе сложных открытых систем в медицинской предметной области [15].

В связи с этим аналогично МГУА предлагается использовать нейроны логической сети с ограниченным и небольшим количеством входов, постепенно усложняя структуру логической функции, «продвигаясь внутрь» по рядам ЛНС.

Ограничение на количество входных аргументов одного нейрона приближе-

но к естественному интеллекту, который «одновременно удерживает» в оперативной обработке ограниченное количество информации об объектах, процессах или семантических группах (включая альтернативные решения). Минимальным в этом случае является искусственный логический нейрон с двумя входами и одним выходом – бинарный нейрон – структура представлена на рис. 1.

На рисунке обозначено: $Fb(a, b)$ – логическая функция двух логических переменных; y – логическая переменная $y = Fb(a, b)$; $Fa(y)$ – функция активации; OUT – выходной сигнал нейрона, представляющий собой строковую переменную для логической функции $Fb(a, b)$, выполнение которой идентифицирует принадлежность объекта распознавания нейроном к определенному классу – для двух переменных; y_{ac} – сигнал функции активации, используемый для работы в сети: в данном случае: $y_{ac} = Fb(a, b)$; $Pout$ – модуль формирующий строку OUT по $Fb(a, b)$ и идентификаторам <признаков> x и y , используемых в качестве «входов» нейрона a и b соответственно.

Переменная OUT записывается в виде аналога польской инверсной записи для логических функций: $OUT = \langle (x)(y) \text{фрп} \rangle$ (x – идентификатор <признака> для переменной a , y – идентификатор <признака> для переменной b , ϕ – идентификатор логической функции между переменными x и y , ρ и π – идентификаторы логических функций *true* или *false* над переменными a и b , обозначенными символами «1» и «0», соответственно).

Обучение нейрона заключается в выборе функции $Fb(a, b)$ из всего множества доступных логических функций таким образом, чтобы нейрон при заданной функции активации обеспечивал минимальную ошибку распознавания образа в обучающей выборке.

Базовая структура интерактивной логической нейронной сети на основе идеологии МГУА (ЛНС МГУА) представлена на рис. 2.

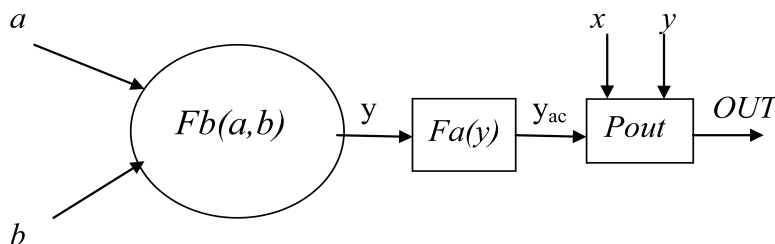


Рис. 1. Схема бинарного логического нейрона типа NL

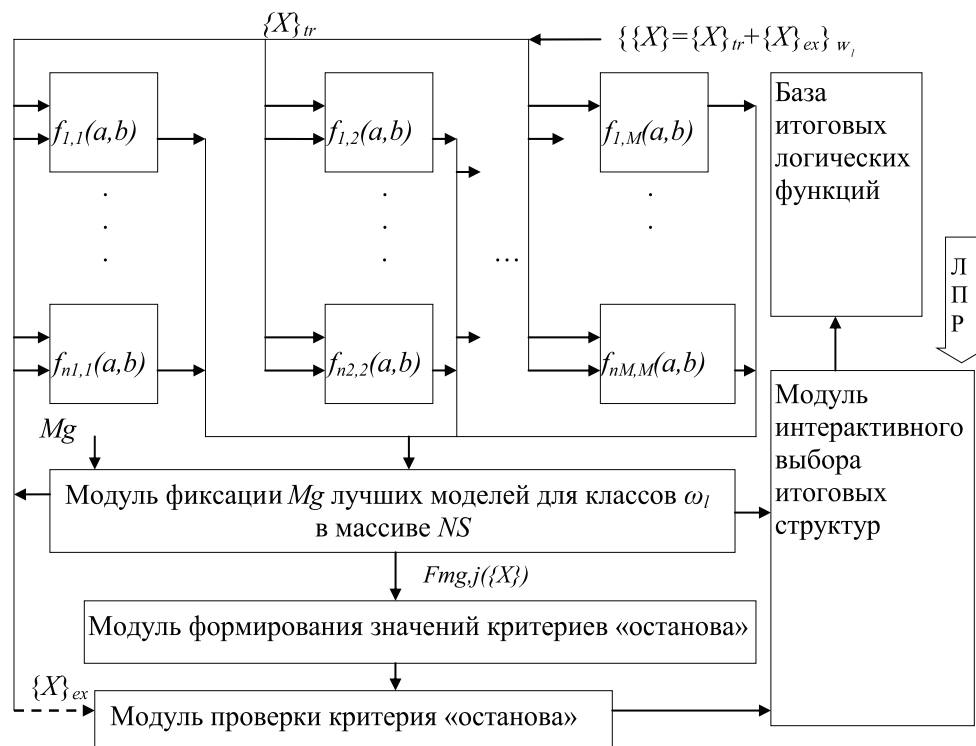


Рис. 2. Базовая структура интерактивной логической нейронной сети ЛНС МГУА на основе бинарного нейрона

На схеме, изображенной на рис. 2, используются следующие обозначения: – ЛППР – лицо принимающее решение; – $\{\{X\} = \{X\}_{ir} + \{X\}_{ex}\}_{\omega_l}$ – выборка значений признаков (представленных в логической шкале измерений), зарегистрированных для N объектов исследования (пациентов), принадлежащих к эмпирически (клинически) подтвержденному классу (состоянию, заболеванию, прогнозу) ω_l и методом рандомизации разделенная на две подвыборки $\{X\}_{ir}$ – обучающая и $\{X\}_{ex}$ – экзаменационная (значения признаков объекта z расположены в строках с индексом z выборок-матриц, в строках с индексом «0» – идентификаторы признаков); $f_{ij}(a, b)$ – i -ый бинарный нейрон типа NL или NLA соответствующий j -му ряду сети, входными сигналами (синапсами) которого являются логические переменные a и b , выходными: значение итоговой логической функции нейрона OUT_{ij} ; Mg – величина характеризующая свободу выбора принятия решения в терминологии самоорганизационного моделирования – в данном случае, количеству функций $F_{mg,j}(\{X\})$ ($mg = 1, \dots, Mg$). ($Mg > 1$, по аналогии с опытом применения МГУА рекомендуется принимать $3 \leq Mg \leq \left\lfloor \frac{n}{3} \right\rfloor$); $F_{mg,j}(\{X\})$ – логиче-

ская функция и ее аргументы, определяемая строковой переменной OUT ; NS – массив, в котором фиксируются лучшие варианты настройки нейронной сети. Массив состоит из трех столбцов: первый – номер ряда (используется для внутренней работы нейронной сети в процессе настройки), второй столбец – лучшие в смысле выбранного критерия селекции строковые переменные OUT – используются как для селекции лучших логических функций, так и для функционирования ЛНС МГУА на этапе распознавания или формирования итоговой логической функции (в ячейках третьего столбца находятся значения критерия селекции Ks).

Если считать рассмотренную структуру, представленную на рис. 2, аналогом МГУА-структуры идентификации полинома Колмогорова – Габора, то можно ожидать, что при правильном формировании множества $\{X\}$, последующего его упорядочивания по степени информативности входящих признаков и введения ограничений на порядок перебора аргументов нейронной сети (особенно на первом ряду) – в первую очередь рассматривать пары наиболее информативных показателей, – то общее количество рядов сети следует ожидать меньше величины $n/5$ (n – количество признаков).

В качестве апробации возможностей ЛНС МГУА для синтеза условий активации использовалась задача синтеза адекватного решающего правила прогноза развития тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА)

в послеоперационный период протезирования крупных суставов.

В ходе вычислительного эксперимента получен антецедент продукционного правила:

$$Y_{\omega_0} = 73 \wedge (80 \vee 81 \vee 82) \wedge [(5 \wedge 8 \wedge 9 \vee 45 \wedge 47 \vee 50 \wedge 52 \vee 71) \vee (54 \vee 64 \vee 58 \vee 59 \vee 60 \vee 61 \vee 63 \vee 65 \vee 66 \vee 67 \vee 68)] \vee 92.$$

В формуле числами обозначен признак, соответствующий наблюдению у пациента следующего фактора риска: 5 – ожирение, 8 – дегидратация или полицитемия, 9 – недостаточность кровенаполнения, 45 – острая дыхательная недостаточность, 47 – потеря сознания, 50 – анемия, 52 – перфузия левого желудочка на ЭКГ, 54 – локализация тромба (вены стопы), 58 – локализация тромба (малая берцовая вена), 59 – локализация тромба (коммуникантные вены), 60 – локализация тромба (глубокие вены бедра), 61 – локализация тромба (наружная подвздошная вена), 63 – локализация тромба (общая подвздошная вена), 64 – локализация тромба (вены таза), 65 – локализация тромба (подключичная вена), 66 – локализация тромба (вены верхней конечности), 67 – локализация тромба (источник не выявлен), 68 – локализация тромба (подколенная артерия), 71 – локализация тромба (НПВ), 73 – флотирующий

тромб, 80 – пробы Мозеса, 81 – пробы Хоманса, 82 – пробы Левенберга, 83 – рентген (как проба), 92 – нарушение венозной гемодинамики (средневыраженный отек).

ЕСЛИ у пациента $Y_{\omega_0} = \text{true}$, ТО его состояние соответствует возможному развитию послеоперационной ТЭЛА с уверенностью 0,92.

(Значение уверенности получено в ходе клинических испытаний решающего правила на репрезентативной экзаменационной выборке, состоящей из 829 человек с клинически подтвержденными диагнозами: 327 – наблюдалась ТЭЛА в послеоперационный период, 502 – не наблюдалась).

Поскольку на значение риска прогноза возникновения и развития ТЭЛА существенно влияет возрастной фактор, то значение коэффициента уверенности предлагается умножать на возрастной коэффициент K_{age} , который предлагается вычислять по формуле

$$K_{age} = \begin{cases} \sin\left(\frac{\pi}{120} \cdot age\right), & \text{если пациент-мужчина моложе 60 лет,} \\ \sin\left(\frac{\pi}{130} \cdot age\right), & \text{если пациент-женщина моложе 70 лет,} \\ 1, & \text{если пациент-мужчина старше 60 лет,} \\ 1, & \text{если пациент-женщина старше 70 лет,} \end{cases}$$

где age – возраст в годах.

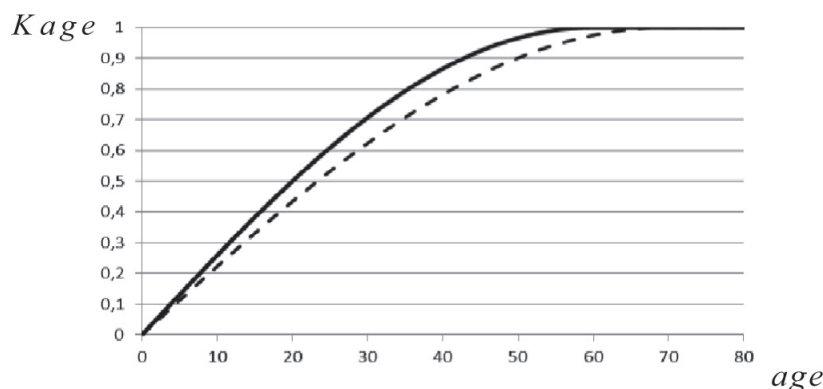


Рис. 3. Поведение возрастного корректирующего коэффициента уверенности в прогнозе ТЭЛА

График поведения функции *Kage* представлен на рис. 3.

Полученные результаты позволяют предположить эффективность предлагаемого подхода синтеза решающих правил продукционного типа для баз знаний медицинских экспертных систем, как системообразующего модуля автоматизированных систем поддержки принятия решений в хирургии, поддерживающих оптимальную терапию и-или профилактику заболеваний, возникающих в послеоперационный период и приводящих впоследствии с высокой степенью риска к инвалидности или летальности. Это обусловливается тем, что предлагаемый подход ЛНС МГУА основан на синергетическом подходе к обработке гетерогенной структуры данных, представленных логическими значениями, позволяющих существенно уменьшить субъективизм при регистрации признаков – факторов риска.

Список литературы

1. Agnelli G., Gallus A., Kuznetsova P. For the GLORY Investigators. Screening for asymptomatic deep vein thrombosis after major orthopaedic surgery: findings of the Global Orthopaedic Registry (GLORY). ISTH Congress; J. Thromb Haemostasis. – 2003; 1(Suppl 1): P1431 (poster), July 12–18, 2003, Birmingham, UK.
2. Багорова И.В., Кухарчик Г.А., Серебрякова В.И., Константинова И.В., Капутин М.Ю. Современные подходы к диагностике тромбозов легочной артерии // Флебология. – 2012. – № 4. – С. 35–42.
3. Лазаренко В.А., Мишустин В.Н., Мишустина Н.Н., Федосов С.А. Анализ факторов риска венозных тромбозов и тромбоэмболий у больных с травмой // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». – 2007. – № 1. – С. 19–27.
4. Классификация факторов риска тромбозов. URL: <http://www.tiensmed.ru/news/tromboembolia-q7n.html>.
5. Артеменко М.В., Подвальный Е.С., Старцев Е.А. Метод комплексной оценки и выборка состава информативных признаков в задачах оценки состояния биотехнических систем // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2016. – № 9. – С. 38–44.
6. Артеменко М.В., Калугина Н.М., Шуткин А.Н. Формирование множества информативных показателей на основании аппроксимирующего полинома Колмогорова – Габора и максимального градиента функциональных различий // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2016. – № 1 (18). – С. 116–123.
7. Артеменко М.В., Добровольский И.И., Мишустин В.Н. Информационно-аналитическая поддержка автоматизированной классификации на основе прямых и обратных решающих правил на примере прогноза тромбоэмболии // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 12–2. – С. 199–205.
8. Интеллектуальные и информационные системы в медицине: мониторинг и поддержка принятия решений: сборник статей // Б.А. Кобринский и др. – М.-Берлин: Директор-медиа, 2016. – 529 с.
9. Иванов А.И., Киселев С.Е., Гелашвили П.А. Искусственные нейронные сети в биометрии, медицине и здравоохранении: монография / А.И. Иванов, С.Е. Киселев, П.А. Гелашвили; Акад. наук Рос. Федерации, Ин-т систем обработки исслед. – Самара, 2004. – 235 с.
10. Петров В.Г., Колесов В.И., Квашнина С.И. Системы интеллектуальной поддержки принятия решений в медицине // Вестник кибернетики. – 2010. – № 9. – С. 62–73.
11. Зарипова Г.Р., Богданова Ю.А., Галимов О.В., Катаев В.А., Бикинина Г.М. Современные модели систем поддержки принятия врачебных решений в хирургической практике. Состояние проблемы // Медицинский вестник Башкортостана. – 2016. – Т. 11, № 6 (66). – С. 96–101.
12. Бондаренко И.Б., Гатчин Ю.А., Гераничев В.Н. Синтез оптимальных искусственных нейронных сетей с помощью модифицированного генетического алгоритма // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 2 (78). – С. 51–55.
13. Агеева У.О., Агеева В.Г., Барский А.Б. Бионическое интеллектуальное протезирование конечностей и логические нейронные сети // Информационные технологии. – 2016. – Т. 22, № 5. – С. 379–386.
14. Барский А.Б., Дмитриев А.А., Барская О.А. Медицинские информационно-справочные системы на логических нейронных сетях // Информационные технологии. – 2010. – № 1. – С. 1–32.
15. Дунин В.О., Егоров В.А. Разработка средств интеллектуального анализа и обработки медицинской информации // Современные информационные технологии. – 2013. – № 18. – С. 173–178.

УДК 004.6/.75

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

¹⁻³Жигалов К.Ю., ⁴Аветисян К.Р.¹ФГБУН Институт проблем управления науки имени В.А. Трапезникова Российской академии наук, Москва;²НОУ ВО Московский технологический институт, Москва;³ООО Международный бизнес-альянс «МБА», Москва, e-mail: kshakalov@mail.ru;⁴ФГКОУ ВО «Московский университет МВД России имени В.Я. Кикотя», Москва,
e-mail: Karen-Avetisyan-1989@bk.ru

Настоящая работа посвящена интеграции функций облачных технологий в систему видеонаблюдения с точечной идентификацией посредством захвата датчиками инфракрасного излучения объекта (лица) в зону контроля системой видеонаблюдения, для анализа поступающих и уже хранящихся данных на сервере в «облаке» в режиме реального времени. Основное внимание уделено вопросу использования «облачных технологий», с целью оптимизации процесса распознавания лиц путем повышения масштабируемости системы благодаря переносу нагрузки анализа изображений с клиента на сервер «облако» – виртуальную часть системы. Использование предложенной в статье методики существенно повысит качественные характеристики работы системы распознавания лиц. Данный метод направлен на повышение эффективности в сфере безопасности охраняемых объектов в вопросах повышения производительности систем видеонаблюдения.

Ключевые слова: облачные технологии, анализ данных, идентификация лиц, облако инфракрасных точек, система видеонаблюдения

USING CLOUD TECHNOLOGIES IN CCTV SYSTEMS

¹⁻³Zhigalov K.Yu., ⁴Avetisyan K.R.¹V.A. Trapeznikov Institute of control Sciences of the Russian Academy of Sciences, Moscow;²PEI HE Moscow Technological Institute, Moscow;³International Business Alliance «MBA» LLC, Moscow, e-mail: kshakalov@mail.ru;⁴FSPEI HE The Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation
of V.Ya. Kikot, Moscow, e-mail: Karen-Avetisyan-1989@bk.ru

This work is dedicated to integration of functions of cloud computing in video surveillance system with spot identification by means of sensors capturing infrared radiation of the object (person) in the area of control of a video surveillance system, for analyzing the incoming and already stored data on the server in the cloud in real-time. The focus is on the use of «cloud technology» with the aim of optimizing the process of face recognition by enhancing system scalability due to load transfer analysis of images from a client to a server «cloud» – a virtual part of the system. The use proposed in the paper methodology will significantly improve the quality of the recognition. This method aimed to improve efficiency in the field of security of protected facilities in improving the performance of video surveillance systems.

Keywords: cloud computing, analysis of data, identification of persons, cloud of infrared points, and system of video surveillance

Проблема распределенных вычислений до сих пор актуальна. Решаемые задачи по обеспечению безопасности объектов посредством видеонаблюдения привели к необходимости масштабируемости системы и к распределенному построению средств переработки информационных массивов.

Результат научно-технического прогресса в сфере IT-технологий диктует динамику интеграции и использования новейших достижений. Современная технология распределенной обработки информационных ресурсов, в которой мощности ПЭВМ и ресурсы предоставляются пользователю в виде интернет-сервиса, позволяющего использовать адаптированный интерфейс в вопросе реализации функции удаленного доступа в свою очередь и выражает новый подход, отражающий применение широкого

ряда информационных технологий, регулируемых самостоятельно и доступных в рамках виртуальной инфраструктуры.

Рассматривая системы видеонаблюдения, на сегодняшний день можно с уверенностью утверждать, что большинство крупных организаций интегрировало их себе в качестве элемента системы безопасности своих объектов. Но при рассмотрении механизма хранения данных мы сталкиваемся с такими трудностями, как:

- повреждение данных на сервере ввиду некорректной эксплуатации;
- низкий уровень оперативности при обращении к архивам данных и т.д.

Вышеуказанные типовые рабочие ситуации требуют: резервных копий данных от одной контрольной точки до другой на уже другом физическом сервере; периодическую

замену комплектующих, так как повреждение или уничтожение данных может нанести непоправимый ущерб, тем самым повышая затраты на обеспечение и эксплуатацию.

Использование «облачных технологий» в видеонаблюдении через сеть, посредством среды – интернета позволяет сохранять, просматривать и анализировать видео в «облачной» инфраструктуре.

Отличительной чертой видеонаблюдения с последующей передачей данных на облако являются:

- возможность объединять территориально распределенные камеры в одну систему;
- вероятность уничтожения, искажения и потери данных минимизирована;
- снижение затрат на создание габаритной инфраструктуры под реализацию системы CCTV.

Обеспечение безопасности хранения данных. Видео хранится на мощных серверах в географически распределенных дата-центрах. Весь трафик полностью шифруется специализированным процессором прямо на борту устройства в соответствии со стандартом SSL, применяемым в сфере банковских операций.

В отличие от локального архива – физического сервера, облачный архив в настоящий момент является более надежным способом хранения информации. При проведении сравнительного анализа между вышеуказанными технологиями хранения данных, как правило, возникают следующие ситуации:

- физическое повреждение или утрата при выходе из строя сервера, влекущие непоправимый или значительный ущерб организации; облачный архив, напротив, застрахован от таких происшествий: данные дублируются на серверах в дата-центрах и в случае неполадок на резервном сервере данные утеряны не будут;

- финансовые затраты на создание инфраструктуры под резервные копии архивов данных при использовании физических серверов,

- возможность организации территориально удаленных видеосистем посредством облачных технологий.

Камеры, находящиеся в разных точках, легко объединяются в одном личном кабинете пользователя, что обеспечивает удобство управления и эксплуатации системы (рис. 1). Некоторые сервисы даже позволяют разместить объекты на карте и тем самым визуализировать их расположение, либо определять дислокацию динамического объекта с заданным интервалом в режиме реального времени.

Облачные сервисы предоставляют возможность видеонаблюдения без установки вспомогательного программного обеспечения. Использование технологии такого порядка требуют наличия камеры и подключения к интернету [2, с. 15].

Выбор облачного решения для видеонаблюдения зависит от поставленных задач. От онлайн-мониторинга до эффективного решения стратегических задач, что потребует от системы видеонаблюдения ведения архива записей и полного набора функций.

При использовании облачных вычислений потребители информационных технологий (физическое, юридическое, должностное) существенно сократят затраты на создание центров обработки данных, приобретение сетевого оборудования, программно-аппаратных комплексов по обеспечению непрерывности и работоспособности всей системы. Одним из ключевых критериев является и время построения, а также ввода в эксплуатацию крупных объектов инфраструктуры информационных технологий [5].



Рис. 1. Управление системой видеонаблюдения посредством среды Internet

Политика безопасности облачных технологий в системе видеонаблюдения.

Основной критерий политики безопасности облачных технологий при обмене данными в системе видеонаблюдения – зашифрованный канал. Все подсистемы на стороне data-центров должны быть разделены, и хранение данных реализовывалось бы исключительно децентрализованно в виде криптограмм [4, с. 82].

В Директиве 95/46/ЕС отражена ответственность клиента сети облачной инфраструктуры (выступающего как контроллеров данных) в вопросах выбора предоставляемых услуг в сфере облачных технологий, реализующих комплекс мер, – технических и организационных, реализуя безопасность в вопросах защиты персональных данных с функцией демонстрации подотчетности.

Доступность. Критерий доступности отражает предоставление своевременно и надежного доступа к сведениям, относящимся к категории персональных данных. Одна из основных угроз доступности в сфере облачных технологий – потеря подключения к сети между клиентом и производительным сервером, вызванная вредоносными действиями, такими, как отказ в обслуживании. Иные риски включают в себя не только программный, но и аппаратный сбой как в сети, так и при обработке данных в облаке.

Целостность может быть определена как свойство, удостоверяющее аутентичность данных, и отвечает за защищенность от злонамеренных или случайных изменений во время обработки данных, их хранения или передачи. Несанкционированный доступ или вмешательство в целостность систем в облаке возможно предотвратить или обнаружить при помощи системы предотвращения вторжений (IPS / IDS; что актуально в открытых сетях, в которых и представлены реализации функций виртуальной инфраструктуры облачных технологий.

Конфиденциальность. В сфере облачных технологий, при корректном соблюдении алгоритмов шифрования, кодирование данных вносит существенный вклад в вопросе конфиденциальности, хотя и не делает персональные данные необратимо анонимными. Кодировку личных данных следует использовать во всех случаях, когда их (данных) статус можно описать как «в пути» и «в покое». В случаях (к примеру, службы хранения IaaS) клиенту не следует полагаться на шифрование, предлагаемое облаком услуг, но, перед отправкой их в облако, имеет место выбор типа шифрования личных данных. Формирование крип-

тограммы требует особого внимания при управлении криптографическими ключами. Безопасность данных в конечном счете зависит от криптостойкости сгенерированных ключей [3, с. 20].

Реализованные в сервисе аналитические функции, позволяют фиксировать засветку, смещение угла поворота или закрытие камеры; перебои с питанием, как следствие неполадки работы системы видеонаблюдения, – по всем подобным инцидентам предусмотрена процедура уведомления владельца.

Немало важный вопрос исключения возможности использования одной учетной записи с различных устройств одновременно в режиме реального времени. Для предоставления доступа к камерам сотрудникам, коллегам или другим лицам должна быть предусмотрена функция передачи прав.

К возможностям сервисов облачного видеонаблюдения также относятся не только передача прав доступа к видео, но и оперативные email- и push-уведомления о движении и звуке в диапазоне системы наблюдения, а также мониторинг статуса камер.

Стоит отметить, что облачные сервисы поддерживают не только видеорегистраторы для IP камер (NVR), но и гибридные, HD-TVI, HD-CVI и AHD видеорегистраторы, что позволит использовать камеры практически любых форматов, что в свою очередь сильно скажется на стоимости системы видеонаблюдения. Использование облачных технологий обеспечивает возможность практически мгновенно реагировать на увеличение спроса вычислительной мощности, так как система за которой будут выполняться непосредственные задачи (посредством удаленного доступа), а именно хранение и обработка данных, в режиме реального времени подгружена не будет (рис 2).

Ввиду этого авторами данной статьи был предложен комплексный подход, включающий в себя технологию OpenComputerVision, представленную на базе цифровой видеокамеры IntelRealSense, использующую различные измерительные технологии для определения пространственных параметров, обработки 3D-изображений, создания трехмерных планов помещений и определения контуров, с использованием облачных технологий при хранении получаемых данных в режиме реального времени и, в частности, датчика инфракрасного излучения [1, с. 73]. Посредством камеры RealSense 3D и SDK приложения могут выполнять распознавание жестов, анализ лиц, отделение фона, распознавание голоса, синтез голоса, – то есть имеют широкий инструментарий.

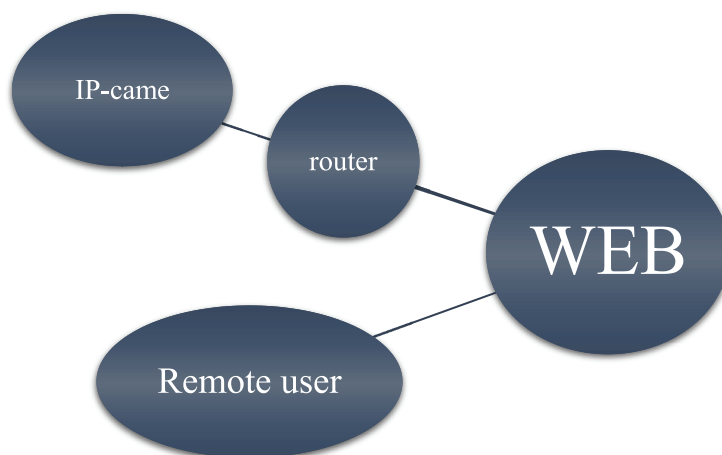


Рис. 2. Схема удалённого доступа к IP-камерам

На базе данного аппаратного продукта была разработана компьютерная программа «Око» (*Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2016613819*) [3], предназначенная для идентификации лиц в режиме реального времени посредством 3D-камеры Intel RealSens.

Областью применения программы является решение специальных задач служб безопасности объекта (зданий, сооружений), посредством алгоритма, направленного на осуществление специальной обработки данных, хранения и ввода – вывода информации.

Функции программы:

- фиксация и передача изображения на сервер-облако;
- проведение сравнительного анализа лиц в зоне фиксации датчиками видеокamеры с имеющимися данными на сервере.

Повышенная точность при идентификации лиц была достигнута за счет технологии IntelRealSens, принцип которой отражен в «считывании облака инфракрасных точек», отражённых от объекта (лица), с дальнейшим захватом и фиксацией изображения для последующего сравнительного анализа с изображением на сервере в «облаке». Система видеонаблюдения фиксируя конкретный объект (лицо), посредством технологии, описанной выше, отправляет изображение на сервер с целью проведения сравнительного анализа поступившего изображения. При установлении критерия идентичности поступающего изображения и хранящегося в сервере на «облаке» изображения, программно-аппаратный комплекс уведомит оператора системы. К таким объектам могут относиться контрольно-пропускные входы и выходы,

где движение лиц в потоке имеет скорость пешего шага и осуществляется линейно.

Использование облачных технологий в системах видеонаблюдения позволяет повысить эффективность использования таких систем только с учетом определённых условий (рекомендаций). А именно: на одну камеру в HD разрешении (1280*720) с частотой 25 кадров в секунду с использованием H.264 кодека [6] со средней интенсивностью движения вам потребуется канал примерно равный 3,2 Мбит/с. Корректная работа облачного сервиса очень сильно зависит от исходящей скорости интернета, а также от качества соединения.

Такой подход значительно повышает эффективность систем видеонаблюдения как при решении тактических – охрана объекта, так и при создании инфраструктуры по решению стратегических задач – позволяя осуществлять анализ полученной информации за конкретный период времени или в режиме реального времени, объединять крупные системы видеонаблюдения по решению конкретно заданных задач, устанавливая общие критерии анализа поступающих данных.

Использование облачных технологий в современных системах видеонаблюдения предоставляет возможность получать видео- и аудиоинформацию, находясь удаленно, и осуществлять контроль в нескольких местах одновременно. Это конкурентное преимущество.

Существует масса наукоемких информационных технологий, обеспечивающих решения экономических, социально-политических и иных потребностей на базе облачных вычислений. Развитие облачных вычислений, в особенности применения облачных технологий в системах видеонаблю-

дения, несмотря на вызовы и риски, является перспективным направлением.

Гибкость и эффективность при работе с облачными технологиями реализуются при помощи методов управления ИТ, как управление виртуализацией, динамичное резервирование, самообслуживание и контроль уровня ресурсов. Планирование, безопасность, непрерывность сервиса и поддержка обязательны как для эффективного предоставления, так и для ответственного потребления облачных услуг.

Облако и облачные вычисления не являются новой технологией, которой надо научиться управлять. Облачные услуги – это способ предоставления, потребления и управления технологией. Они выводят гибкость и эффективность на революционный уровень путем эволюции проверенных способов управления, таких как резервирование, самообслуживание, безопасность и непрерывность, которые соединяют физическую и виртуальную среду.

Список литературы

1. Одегов С.В. Методика снижения рисков информационной безопасности облачных сервисов на основе квантифицирования уровней защищенности и оптимизации состава ресурсов: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.19. – Санкт-Петербург, 2013. – 107 с.
2. Полякова Т.А., Химченко А.И. Правовые проблемы обеспечения информационной безопасности при использовании облачных технологий // Правовая информатика. – С. 12–16.
3. Прохоров В.С. ФГАУ ВПО «Национальный исследовательский университет/Высшая школа экономики» / «Обеспечение безопасности информации клиентов в облачных сетях» // Выпускная квалификационная работа. – Москва, 2013. – 65 с.
4. Туманов Ю.М. Защита сред облачных вычислений путем верификации программного обеспечения на наличие деструктивных свойств: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.19. – Москва, 2012. – 135 с.
5. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2016613819. URL: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1511731345932.
6. Облачные вычисления: обзор и рекомендации. Общая среда облачных вычислений – Рекомендации Национального института стандартов и технологий (США), NIST, USA, 2007. URL: <http://bourabai.ru/mmt/cloud1.htm>.
7. H.264, MPEG-4 Part 10 или AVC (Advanced Video Coding) – лицензируемый стандарт сжатия видео, предназначенный для достижения высокой степени сжатия видеопотока при сохранении высокого качества. URL: <http://telecom61.ru/SharedFiles/Download.aspx?pageid=39&mid=40&fileid=40>.
8. Paul P.K., Ghose M.K. Cloud Computing: possibilities, challenges and opportunities with special reference to its emerging need in the academic and working area of Information Science // International conference on modelling optimization and computing. – 2012. – Т. 38. – P. 2222–2227.

УДК 624.159.14

ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВАНИЯ РЕЗЕРВУАРА В УСЛОВИЯХ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

Корецкая Н.А.*Технический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Нерюнгри, e-mail: Coretskaya.nfygu@yandex.ru*

Настоящая статья посвящена предварительной оценке фундамента реконструируемого резервуара чистой воды на несущую способность и долговечность, так как данное сооружение относится к объектам повышенного уровня ответственности. В работе проводился расчет основания резервуара для оценки возможности строительства на существующий фундамент аналогичного сооружения. Учитывая условия района строительства, особое внимание при расчете было направлено на оценку сейсмической устойчивости возводимого резервуара. В соответствии с нормативными требованиями были проанализированы коэффициенты, учитывающие ответственность и назначение сооружения. Расчеты выполнялись на основные и особые сочетания нагрузок. Для определения пригодности резервуара к дальнейшей эксплуатации, необходимости усиления (ремонта) выполнялся расчет фундамента по несущей способности по первой группе предельных состояний – по прочности, с учетом деформированного состояния. По результатам проведенных исследований собственником должен решаться вопрос о возможности дальнейшей эксплуатации сооружения.

Ключевые слова: надежность строительных конструкций, несущая способность оснований, сейсмическая оценка

ASSESSMENT OF THE BEARING ABILITY OF THE BASIS OF THE TANK IN THE CONDITIONS OF SEISMIC DANGER

Koretskaya N.A.*Technical Institute (branch) «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov», Nerungry, e-mail: Coretskaya.nfygu@yandex.ru*

The present article is devoted to preliminary estimate of the base of the reconstructed pure tank on the bearing ability and durability as this construction belongs to objects of the increased level of responsibility. In work calculation of the basis of the tank for assessment of a possibility of construction on the existing base of a similar construction was carried out. Considering conditions of the area of construction, the special attention when calculating has been directed to assessment of seismic stability of the built tank. According to standard requirements the coefficients considering responsibility and purpose of a construction have been analysed. Calculations were carried out on the main and special combinations of loadings, For definition of suitability of the tank to further operation, need of strengthening (repair) calculation of the base for the bearing ability for the first group of limit states – on durability, taking into account the deformed state was carried out. By results of the conducted researches the issue of a possibility of further operation of a construction has to be resolved by the owner.

Keywords: reliability of structures, bearing capacity of foundations, seismic assessment

Повторное использование сооружений, выведенных из эксплуатации по разным причинам, требует предварительной оценки их технического состояния. Автором была проведена предварительная оценка фундамента реконструируемого резервуара чистой воды на несущую способность и долговечность. Резервуары чистой воды относятся к сооружениям повышенного уровня ответственности в соответствии с Техническим регламентом о безопасности зданий и сооружений РФ Федеральный закон № 384-ФЗ от 30 декабря 2009 г. [1] и особо высокому уровню ответственности (1а) в соответствии с ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования» [2].

Целью исследования стал расчет несущей способности уже существующего основания резервуара чистой воды для оценки возможности строительства на существующий фундамент аналогичного сооружения высотой 10 м. Расчет велся на основании

РД «Методика обследования фундаментов и оснований резервуаров», утвержденного и введенного в действие приказом ОАО «АК «Транснефть» 8 октября 2007 г. [3].

Научная новизна проведенных исследований заключается в изучении и расчете возможности повторного использования существующего фундамента под сооружение повышенного уровня ответственности, которые в районе исследований ранее не проводились.

Исходные данные для расчета

Значения эксплуатационных нагрузок

Территория расположена в I климатическом районе, подрайоне – I А. Климат района резко континентальный с холодной продолжительной зимой и сравнительно коротким теплым летом.

Природно-климатические условия района: – по весу снегового покрова – IV район, расчетное значение веса снегового покрова 2,4 кПа;

- по скоростному напору ветра – I район, нормативное значение ветрового давления 0,23 кПа;
- категория грунтов по сейсмическим свойствам – II;
- сейсмичность площадки строительства с учетом результатов сейсмического микрорайонирования и с учетом ответственности объекта оценивается в 8 баллов.

Результаты обследования грунтов основания

Площадка строительства представляет собой слаборасчленённую увалисто-холмистую равнину, сложенную песчаниками юрского возраста.

В геоморфологическом отношении территория расположена на водораздельном пространстве рек. Общий уклон поверхности составляет 1–2°.

Площадка спланирована и отсыпана насыпными грунтами, образовавшимися в результате строительства микрорайона, естественный рельеф не сохранен. Высотные отметки поверхности в пределах площадки изменяются от 839,33 до 842,40 м (система высот Балтийская), перепад высот составляет 3,07 м.

В геокриологическом отношении площадки расположены в зоне островного развития многолетнемерзлых пород и сложены тальными грунтами. Температура грунтов на глубине нулевых амплитуд (10 м) изменяется от плюс 6,2°С до плюс 6,4°С.

В результате анализа пространственной изменчивости частных значений показателей свойств грунтов, определенных лабораторными методами, с учётом данных о геологическом строении, литологических особенностей грунтов, в пределах площадки выделено 5 инженерно-геологических элементов (ИГЭ):

ИГЭ 1 – насыпной щебенистый грунт малой степени водонасыщения, (tQIV);

ИГЭ 2 – щебенистый грунт малой степени водонасыщения (edQIII-IV);

ИГЭ 3 – песчаник очень низкой прочности («рухляк») (J3kb);

ИГЭ 4 – песчаник средней прочности очень плотный размягчаемый (J3kb);

ИГЭ 5 – песчаник прочный очень плотный размягчаемый (J3kb).

Специфические грунты на участке представлены элювиальными и техногенными образованиями, а также пучинистыми грунтами. Склоновые гравитационные процессы, а именно обвалы, оползни и осыпи, на площадке не отмечены.

Категория грунтов по сейсмическим свойствам – вторая.

Расчетная сейсмичность площадки строительства составляет 8 баллов по карте В-ОСР-2015.

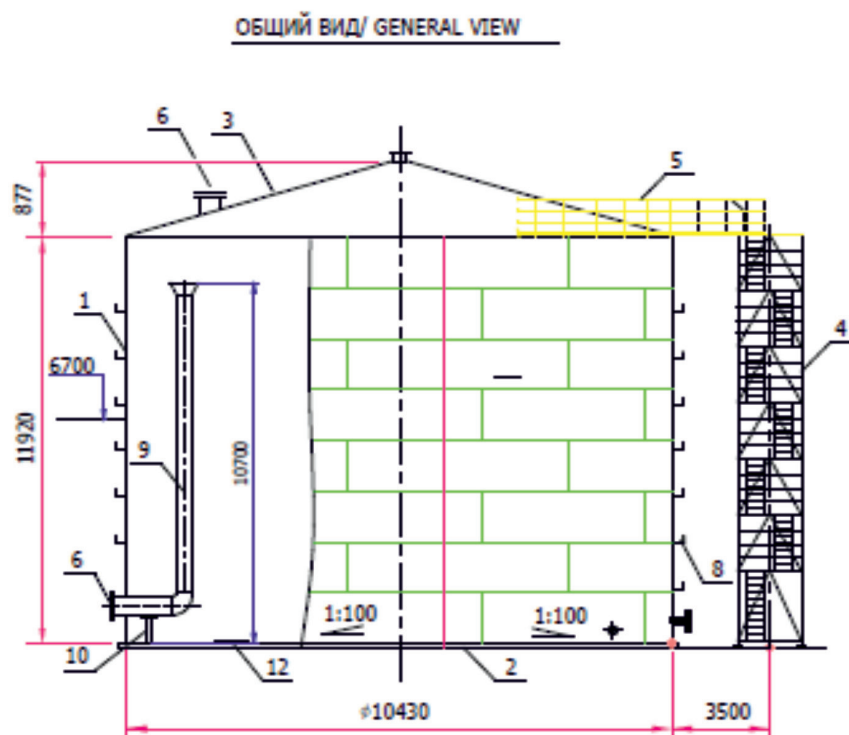
На площадке встречены грунтовые воды юрских отложений смешанного происхождения (природные и техногенные). Грунтовые воды встречены на глубине 5,1–8,5 м, что соответствует абсолютным отметкам 831,33–839,3 м. По химическому составу воды гидрокарбонатные, натриево-кальциевые с общей минерализацией 232,7–264,8 мг/л, слабоагрессивны к бетону нормальной плотности водопроницаемости марки W4, по содержанию свободной углекислоты и водородному показателю (рН). Коррозионная активность грунтовых вод по отношению к алюминиевой оболочке кабеля – средняя, к свинцовой оболочке кабеля – низкая. Воды слабоагрессивны к арматуре железобетонных конструкций при периодическом смачивании.

Конструктивное решение фундамента

Реконструируемое сооружение – резервуар, предназначенный для хранения питьевой воды, максимальная температура продукта – не более 20°С. Тип резервуара – вертикальный стальной цилиндрический емкостью 1 000 м³. Стенка резервуара высотой 11,920 м (восемь поясов) изготавливается и монтируется методом рулонной сборки; днище резервуара выполнено методом рулонной сборки из двух частей с уклоном от центра к стенке. Срок эксплуатации резервуара – 25 лет при условии выполнения антикоррозионной защиты внешних и внутренних поверхностей корпуса материалами, устойчивыми к воздействию внешней и внутренней среды. Основные эксплуатационные характеристики резервуара указаны на чертеже общего вида (рисунок).

Фундамент рассматриваемого сооружения кольцевой железобетонный со сплошной железобетонной плитой в центральной части. При обследовании фундамента трещин и деформаций, свидетельствующих о перенесённых сверхнормативных нагрузках, не выявлено. Состояние гидроизоляционного слоя удовлетворительное. В табл. 1 приведены данные для определения физико-прочностных свойств (плотности, скоростей распространения упругих продольных и поперечных волн, предела прочности на одноосное сжатие) материала фундамента.

Общее техническое состояние фундамента по внешним признакам на момент проведения обследования оценивается как «работоспособное». Физический износ конструкций в соответствии с ВСН 53-86 составляет не более 20 %.



Геометрические размеры реконструируемого резервуара

Таблица 1

Строение исследуемого фундамента

Интервал, см		Описание слоя	Примечание
от	до		
1	2	3	4
Скважина № 1			
0,0	9,0	Асфальт	Отобраны монолитные образцы бетона № 1–1, 1–2, 1–3
9,0	41,0	Бетон	
41,0	–	Песчано-щебенистая отсыпка	
Скважина № 2			
0,0	13,0	Асфальт	Отобраны монолитные образцы бетона № 2–1, 2–2, 2–3
13,0	42,0	Бетон	
42,0	–	Песчано-щебенистая отсыпка	
Скважина № 3			
0,0	11,0	Асфальт	Отобраны монолитные образцы бетона № 3–1, 3–2, 3–3,3–4
11,0	46,0	Бетон	
46,0	–	Песчано-щебенистая отсыпка	

Прочностные характеристики бетона фундамента

По результатам испытаний образцов бетона, полученных их выбуриванием с бетонного основания конструкции, установ-

лено, что по ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» бетон исследуемого фундамента с плотностью 1,78–1,82 г/см³ по прочности на сжатие относится к классу бетона В7.5 и соответствует марке по прочности М100.

Таблица 2

Нормативные и расчетные нагрузки на фундамент

Наименования	Нормативная нагрузка, кгс/м ²	γ_f	Расчетная нагрузка, кгс/м ²
1	2	3	4
Постоянные			
Собственный вес резервуара	498,3	1,1	548,1
Теплоизоляционный материал	1,56	1,2	1,87
Активное вертикальное и боковое давление от грунта	0		
Итого:			549,97
Длительные			
Гидростатическое давление жидкости	х	1,1	х
Итого:			х
Временные			
Снеговая	240	1,6	384
Ветровая	73	1,2	87,6
Итого:			471,6
Особая			
Сейсмические воздействия	77820,53	1,5	116730,8

Прочность бетона по ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» [4] конструкции, определённая методом ударного импульса, соответствует прочности бетона В10 марки по прочности М100.

Параметры армирования фундамента

Армирование фундамента отсутствует.

Результаты исследования. Учитывая условия района строительства, особое внимание при расчете было направлено на оценку сейсмической устойчивости возводимого резервуара. Расчет основания по несущей способности выполнялся в соответствии с требованиями СП 50-101-2004 «Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений» [5], раздел 5.6. В соответствии с разд. 5 СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах (актуализированного СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» (СП 14.13330.2011)) (с Изменением № 1) [6] расчет конструкций и оснований для строительства в сейсмических районах, должен выполняться на основные и особые сочетания нагрузок с учетом расчетной сейсмической нагрузки.

Таким образом, расчет фундамента по первой группе предельных состояний выполнялся на следующее сочетание нагрузок:

- постоянных – собственный вес резервуара и вес стационарного оборудования;
- длительных – давление жидкости и вес стационарного оборудования;
- кратковременных – снеговая и ветровая нагрузки;
- особых – сейсмические воздействия и воздействия, обусловленные деформаци-

ями основания, вызванными коренным изменением структуры грунта.

В табл. 2 приведены значения нормативных и расчетных нагрузок на фундамент.

Расчетное гидростатическое давление жидкости, кН/м², определялось по формуле

$$q_w = \gamma_f \cdot \gamma_w \cdot H_w, \quad (1)$$

где γ_f – коэффициент надежности по нагрузке от воды, принимается равным 1,1; γ_w – удельный вес жидкости, кН/м³; для воды 10 кН/м³;

H_w – напор воды над расчетным уровнем, м.

С учетом всех действующих коэффициентов, учитывающих ответственность и назначение сооружения [6, табл. 3], сейсмическая нагрузка S_{ik} , кН, действующая на сооружение весом Q_k , отнесенным к точке К, определялась по формуле

$$S_{ik} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_w \cdot Q_k \cdot A \cdot \beta_i \cdot \eta_{ik}. \quad (2)$$

Для определения пригодности резервуара к дальнейшей эксплуатации, необходимости усиления (ремонта) выполнялся расчет фундамента по несущей способности по первой группе предельных состояний – по прочности, с учетом деформированного состояния.

Расчетные нагрузки на уровне спланированной отметки земли на 1 м длины фундамента:

Расчетные нагрузки первой группы предельных состояний:

постоянная

$$N = \frac{549,97}{65,5} = 8,39 \text{ кгс} = 0,084 \text{ кН},$$

временная длительно действующая

$$N = \frac{X}{10,43},$$

временная кратковременная

$$N = \frac{471,6}{65,5} = 7,19 \text{ кгс} = 0,072 \text{ кН}.$$

Суммарная – с учетом сочетаний и коэффициентов надежности по назначению сооружения $\tau_n = 1,2$ (I класс ответственности сооружения) и коэффициентов сочетаний для длительно действующих нагрузок $\varphi_1 = 0,95$, кратковременных $\varphi_2 = 0,9$ при извещенной прочности бетона составит

$$N = 1,2(0,9 \cdot 5,39 + 0,8 \cdot X + 0,5 \cdot 4,62 + 1144,74) = 1527,5 \text{ кН}. \quad (3)$$

Таким образом, длительная нагрузка, соответствующая гидростатическому давлению жидкости q_w , составит 73,24 м и расчетный напор воды над уровнем фундамента равен 7,31 м.

Расчет по второй группе предельных состояний (по образованию и раскрытию трещин) не выполнялся, так как ширина раскрытия трещин не превосходит допустимых значений [6].

При расчете были приняты следующие коэффициенты сочетаний нагрузок (табл. 3).

Таблица 3
Коэффициент сочетания нагрузок

Вид нагрузок	Значение коэффициента
Постоянные	0,9
Временные длительные	0,8
Кратковременные (на перекрытия и покрытия)	0,5

Нагрузки, соответствующие сейсмическому воздействию, рассматривались как знакопеременные нагрузки. Ветровые нагрузки при расчете не учитывались.

Заключение

В результате проведенных расчетов было получено, что несущая способность существующего фундамента несколько ниже, чем требуется для проектируемого резервуара. По итогам исследования были сделаны выводы о том, что возможность дальнейшей эксплуатации сомнительна и необходимо более глубокое исследование современного состояния грунтов основания и бетона фундамента.

Список литературы

1. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) // Собрание законодательства РФ. – 2010. – № 1, (4 янв.). – Ст. 5.
2. ГОСТ Р 54257-2010. Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования (с Изменением № 1); Дата введения 2011-09-01. URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4293806/4293806775.pdf>.
3. Руководящий документ: РД 23.020.00-КТН-279-07. Методика обследования фундаментов и оснований резервуаров вертикальных стальных; Утвержден и введен в действие приказом ОАО «АК «Транснефть» 8 октября 2007 г. URL: http://www.infosait.ru/norma_doc/54/54769/index.htm.
4. ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия». Дата введения 2016-09-01. URL: <http://www.rags.ru/gosts/gost/61847>.
5. Свод правил по проектированию и строительству: СП 50-101-2004 «Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений»; Одобрен для применения постановлением Госстроя России № 28 от 9 марта 2004 г. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200038307>.
6. Свод правил по проектированию и строительству: СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах» (актуализированного СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах») (с Изменением № 1); Дата введения 2014-06-01. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200111003>.

УДК 519.24/.67

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ В РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА ГЕНЕРАЦИИ СЛУЧАЙНЫХ ТОЧЕК ВНУТРИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ МНОГОУГОЛЬНИКОВ И МНОГОГРАННИКОВ

Мартынова Е.В., Нигматулин Р.М.*ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет», Челябинск, e-mail: martynova@cspu.ru, ravil.nigmatulin@gmail.com*

Настоящая статья посвящена описанию построения и реализации алгоритма генерации случайных точек внутри произвольных многоугольников и многогранников. Использование геометрических приемов позволяет избавиться от «холостого хода» алгоритма, возникающего при использовании цикла с постусловием «пока не будет получено необходимое количество точек». Преимущества их использования особенно проявляются для невыпуклых многоугольников, площадь которых значительно меньше площади их выпуклой оболочки, и для невыпуклых многогранников, объем которых также значительно меньше объема их выпуклой оболочки. Предложенные в работе геометрические приемы позволяют упростить построение и реализацию алгоритма генерации случайных точек, равномерно распределённых внутри произвольных многоугольников и многогранников. Число шагов для получения необходимого числа точек в каждом треугольнике (тетраэдре) в произвольной триангуляции заданного многоугольника (многогранника) в предложенном алгоритме определяется явно. Был проведен вычислительный эксперимент, наглядно демонстрирующий преимущества такого подхода.

Ключевые слова: случайные точки внутри многоугольника, случайные точки внутри многогранника, равномерное распределение точек, генерация случайных точек

GEOMETRIC METHODS TO IMPLEMENT THE ALGORITHM TO GENERATE RANDOM POINTS INSIDE AN ARBITRARY POLYGONS AND POLYHEDRA

Martynova E.V., Nigmatulin R.M.*Federal State Educational Institution of Higher Education South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, e-mail: martynova@cspu.ru, ravil.nigmatulin@gmail.com*

This article is devoted to the description of the construction and implementation of the algorithm for generating random points inside arbitrary polygons and polyhedra. Using geometric methods make it possible to get rid of the «idle running» algorithm that arises in some cases when using a cycle with the postcondition «until the required number of points is obtained». The advantages of using them are especially evident for nonconvex polygons whose area is much smaller than the area of their convex hull, and for nonconvex polyhedra whose volume is also much smaller than the volume of their convex hull. The geometric methods proposed in this paper make it possible to simplify the construction and implementation of the algorithm for generating random points uniformly distributed inside arbitrary polygons and polyhedra. The number of steps for obtaining the required number of points in each triangle (tetrahedron) in an arbitrary triangulation of a given polygon (polyhedron) in the proposed algorithm is determined explicitly. A computational experiment was performed, clearly demonstrating the advantages of this approach.

Keywords: random point within the polygon, random point within the polyhedra, uniform distribution of points, generation of random points

Распределение случайных точек внутри произвольной фигуры на плоскости или в пространстве является актуальной проблемой не только в вычислительной и стохастической геометрии, но и в математическом моделировании, численных методах, компьютерной графике [1–4]. Большой интерес представляет равномерное распределение точек, которое связано не только с вычислительными задачами, решаемыми, например, методом Монте-Карло, но и с многочисленными техническими, биологическими и экономическими приложениями [5, 6]. В последние годы активно разрабатываются программные продукты для работы с моделями карт, для проектирования ландшафтов и экологического моделирования, содержащие инструменты для случайного расположения объектов (например,

для территориального распределения лесных массивов на картах и др.) [7, 8]. Однако в использовании таких систем, в частности при работе с инструментами случайного распределения точек (объектов на картах), существуют определенные неудобства. Например, на сайте Geospatial Modelling Environment [8] указано, что программа может достаточно долго выполнять распределение случайных объектов, если область на карте имеет малую площадь и большой периметр. Такая же ситуация возможна и при работе с инструментами в профессиональном картографическом программном обеспечении ArcGIS Pro [7]. В обеих системах алгоритмы используют циклы с постусловием: случайные точки внутри некоторой выпуклой оболочки, содержащей выбранную область (на карте), генерируются до

тех пор, пока внутри этой области не попадет заданное количество точек. Очевидно, что если площадь выбранной области мала по сравнению с площадью ее выпуклой оболочки, то количество шагов такого алгоритма может быть велико.

Существуют различные алгоритмические подходы к решению этой проблемы [3, 5, 6, 9]. Вариативность подходов и эффективное решение этой проблемы стало возможным благодаря активному использованию информационно-коммуникационных технологий, специализированным программным продуктам (например, пакетам компьютерной математики). Сочетание ИКТ и наглядности геометрических подходов в решении таких задач дает определенные преимущества [5, 6, 10, 11].

В данной статье показаны геометрические приемы для построения и реализации алгоритма генерации случайных точек внутри произвольных многоугольников и многогранников. Они позволяют избавиться от «холостого хода» алгоритма, возникающего при использовании цикла с постусловием «пока не будет получено необходимое количество точек». Преимущества использования этих геометрических приемов особенно проявляются для невыпуклых многоугольников, площадь которых значительно меньше площади их выпуклой оболочки, и для невыпуклых многогранников, объем которых также значительно меньше объема их выпуклой оболочки.

Генерация случайных точек внутри произвольных многоугольников и многогранников

Мы рассматриваем следующие задачи.

Задача 1. Произвольный многоугольник P площади S задан координатами своих вершин на плоскости. Требуется равномерно распределить внутри него n случайных точек. Уточним постановку задачи. Требуется построить последовательность $D_n (n \in \mathbb{N})$, такую, что:

1) D_n является n -элементным множеством точек плоскости и $D_n \subset P$;

2) для любого треугольника $Q \subseteq P$ площадью $S(Q)$ обозначим посредством $k(Q, n)$ количество точек из D_n , попавших внутрь Q .

Требуется, чтобы $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{k(Q, n)}{n} = \frac{S_Q}{S}$.

В общем случае решение поставленной задачи подразумевает построение какой-либо триангуляции данного многоугольника и «равномерное заполнение» точками каждого из треугольников. При этом генерируются две последовательности независимых случайных чисел s_i и t_i ($i = 1, \dots, n$), равномерно распределенных на интервале $(0, 1)$.

В этом случае точки с координатами (s_i, t_i) равномерно распределены внутри единичного квадрата. Если задать на плоскости произвольные точки A, B , то точки с координатами

$$\begin{cases} x_i = s_i \cdot x_A + t_i \cdot x_B \\ y_i = s_i \cdot y_A + t_i \cdot y_B \end{cases}$$

будут равномерно распределены внутри параллелограмма со сторонами OA, OB .

Однако для равномерного распределения точек внутри треугольника OAB требуется проверять условие $s_i + t_i \leq 1$. Выгоднее изначально равномерно распределить точки внутри прямоугольного треугольника с единичными катетами, гипотенуза которого совпадает с диагональю квадрата (так как это позволяет избавиться от проверки условия $s_i + t_i \leq 1$). Мы предлагаем следующее решение задачи 1.

Пусть сгенерированы две последовательности независимых случайных чисел s_i и t_i ($i = 1, \dots, n$), равномерно распределенных на интервале $(0, 1)$. Построим последовательность точек с координатами

$$(\alpha_i, \beta_i) = (\min(s_i, t_i), 1 - \max(s_i, t_i))$$

(эти точки равномерно распределены внутри прямоугольного треугольника с единичными катетами (см. пример на рис. 1 слева)). Тогда (фактически выполнив аффинное преобразование) получим, что случайные точки $M(x_i, y_i)$ с координатами

$$\begin{cases} x_i = \alpha_i \cdot x_A + \beta_i \cdot x_B \\ y_i = \alpha_i \cdot y_A + \beta_i \cdot y_B \end{cases}$$

равномерно распределены внутри произвольного треугольника OAB (см. пример на рис. 1 справа). Несложно записать формулы для координат случайных точек внутри произвольного треугольника ABC .

Важным моментом в равномерном распределении случайных точек внутри произвольного многоугольника является определение количества точек внутри каждого треугольника в построенной триангуляции (ее всегда можно построить, взяв в качестве узлов только вершины многоугольника).

Мы предлагаем распределить необходимое количество точек n , не пользуясь определением и приближенными равенствами, а явным образом, используя геометрические приемы. Для построения равномерного распределения мы предлагаем следующий алгоритм:

1. Пронумеруем все треугольники в триангуляции (обозначим их количество k) и найдем площадь каждого из них: $S_1, S_2, \dots, S_k$ (площадь многоугольника обозначим S).

2. Построим разбиение отрезка $[0, S]$ точками $S_1, S_1 + S_2, \dots, S_1 + S_2 + \dots + S_{k-1}$.

3. Сгенерируем последовательность n случайных чисел ξ_i , равномерно распределенных на интервале $(0, 1)$, и составим последовательность $\xi_i \cdot S$.

4. Количество точек m_k внутри k -го треугольника будет равно числу точек вида $\xi_i \cdot S$, попавших в k -й промежуток разбиения в п. 2). Очевидно, что $m_1 + m_2 + \dots + m_k = n$.

На рис. 2 показан пример распределения случайных точек внутри невыпуклого многоугольника. Построение выполнено в MATLAB с помощью алгоритма, реализованного с учетом представленных в работе геометрических подходов.

Рассмотрим задачу о равномерном распределении точек внутри произвольного многогранника.

Задача 2. Произвольный многогранник P объема V в пространстве задан координатами своих вершин. Требуется равномерно распределить внутри него n случайных точек.

Аналогично задаче 1 уточним постановку задачи. Требуется построить последовательность $D_n (n \in \mathbb{N})$, такую что:

1) D_n является n -элементным множеством точек плоскости и $D_n \subset P$;

2) для любого тетраэдра $Q \subseteq P$ объемом $V(Q)$ обозначим посредством $k(Q, n)$ количество точек из D_n , попавших внутрь Q .

Требуется, чтобы $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{k(Q, n)}{n} = \frac{V_Q}{V}$.

В общем случае решение поставленной задачи подразумевает построение какой-либо трехмерной триангуляции данного многогранника (разбиение на тетраэдры) и равномерное «заполнение» точками каждого тетраэдра в разбиении. При этом генерируются три последовательности независимых случайных чисел s_i, t_i и $r_i (i = 1, \dots, n)$, равномерно распределенных на интервале $(0, 1)$. Известно, что в этом случае точки с координатами (s_i, t_i, r_i) равномерно распределены внутри единичного куба.

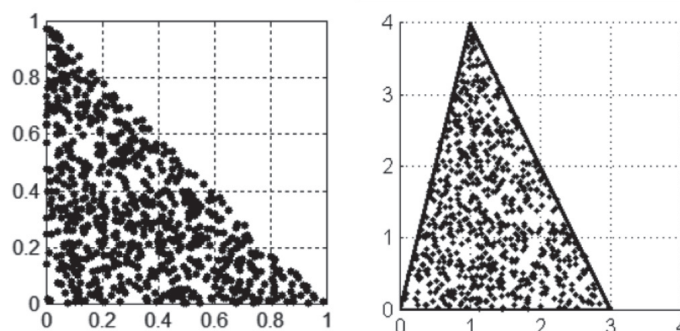


Рис. 1. Пример равномерного распределения 750 случайных точек (α, β) внутри прямоугольного треугольника (слева) и соответствующее ему распределение точек $M(x, y)$ внутри треугольника OAB (где $A(1, 4)$ и $B(3, 0)$)

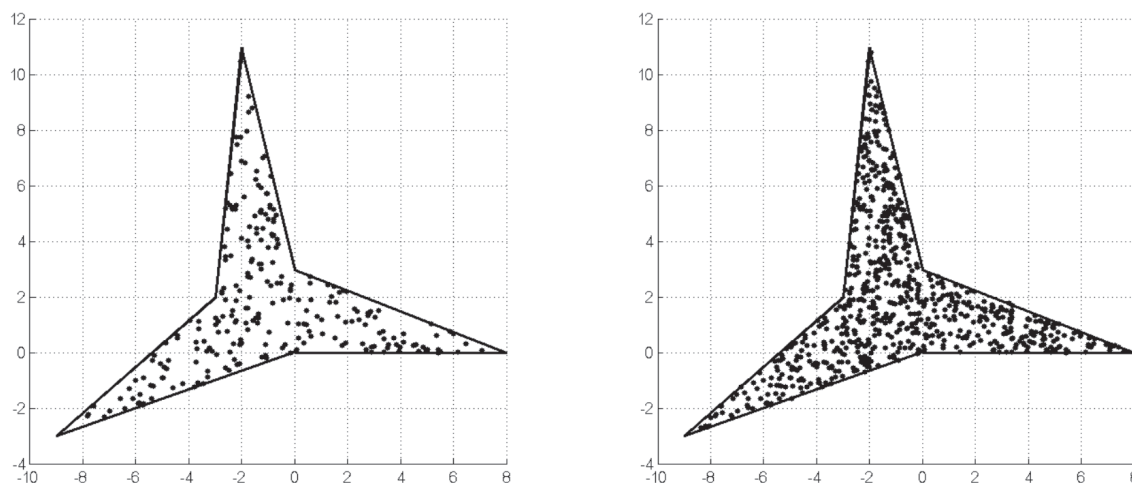


Рис. 2. Полученное с помощью предложенного алгоритма случайное распределение 250 (слева) и 750 (справа) точек внутри многоугольника

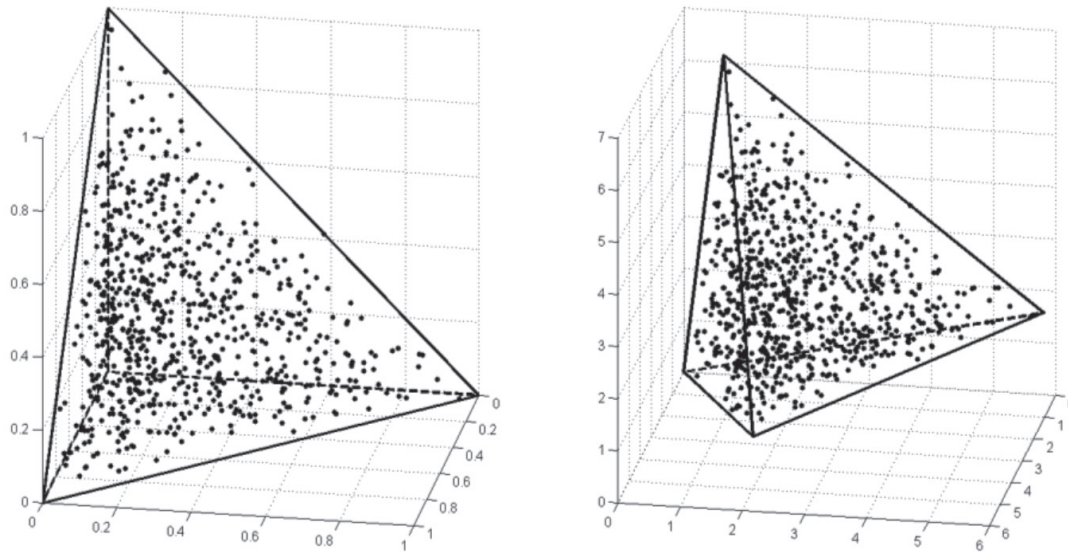


Рис. 3. Пример равномерного распределения 750 случайных точек (α, β, γ) внутри тетраэдра, образованного векторами $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ (слева), и соответствующее ему распределение точек $M(x, y, z)$ внутри тетраэдра $OABC$ (где $A(5, 2, 1)$, $B(1, 6, 2)$ и $C(2, 1, 7)$)

Рассмотрим в пространстве произвольные точки A, B, C (общего положения). Тогда точки $M(x, y, z)$ с координатами

$$\begin{cases} x_i = s_i \cdot x_A + t_i \cdot x_B + r_i \cdot x_C \\ y_i = s_i \cdot y_A + t_i \cdot y_B + r_i \cdot y_C \\ z_i = s_i \cdot z_A + t_i \cdot z_B + r_i \cdot z_C \end{cases}$$

будут равномерно распределены внутри параллелепипеда с ребрами OA, OB, OC .

Мы предлагаем следующее решение задачи о равномерном распределении n точек внутри тетраэдра $OABC$.

Зададим точки с координатами

$$(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i) = (\min(s_i, t_i, r_i), 1 - \max(s_i, t_i, r_i), s_i + t_i + r_i - 2 \min(s_i, t_i, r_i) - \max(s_i, t_i, r_i)).$$

Эти точки равномерно распределены внутри тетраэдра, образованного векторами $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ (см. пример на рис. 3 слева). Тогда (по существу выполнив аффинное преобразование) случайные точки $M(x, y, z)$ с координатами

$$\begin{cases} x_i = \alpha_i \cdot x_A + \beta_i \cdot x_B + \gamma_i \cdot x_C \\ y_i = \alpha_i \cdot y_A + \beta_i \cdot y_B + \gamma_i \cdot y_C \\ z_i = \alpha_i \cdot z_A + \beta_i \cdot z_B + \gamma_i \cdot z_C \end{cases}$$

будут равномерно распределены внутри произвольного тетраэдра $OABC$ (см. пример на рис. 3 справа). Несложно записать формулы для координат случайных точек внутри произвольного тетраэдра $ABCD$.

Опишем алгоритм равномерного распределения n случайных точек внутри произвольного многогранника в построенной трехмерной триангуляции (ее всегда можно

построить, взяв в качестве узлов только вершины многогранника).

Как и при решении задачи 1, мы предлагаем распределить необходимое количество точек n , не пользуясь определением и приближенными равенствами, а явным образом, избегая холостого хода алгоритма при проверке условия принадлежности точки многограннику. Алгоритм аналогичен приведенному выше для задачи 1 и включает в себя выполнение следующих шагов.

1. Пронумеруем все тетраэдры в триангуляции (обозначим их количество k) и найдем объем каждого из них: $V_1, V_2, \dots, V_k$ (объем многогранника обозначим V).

2. Построим разбиение отрезка $[0, V]$ точками $V_1, V_1 + V_2, \dots, V_1 + V_2 + \dots + V_{k-1}$.

3. Сгенерируем последовательность n случайных чисел ξ_i , равномерно распределенных на интервале $(0, 1)$, и составим вспомогательную последовательность $\xi_i \cdot V$.

Результаты вычислительного эксперимента в примере 1

Номер эксперимента	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
Число точек n	750	1000	3000	5000	10000	50000	100000
n_1/n	0,123	0,130	0,125	0,124	0,123	0,124	0,126
n_2/n	0,112	0,123	0,122	0,127	0,122	0,125	0,125
n_3/n	0,128	0,131	0,129	0,122	0,125	0,125	0,124
n_4/n	0,241	0,216	0,222	0,226	0,223	0,223	0,222

4. Количество точек m_k внутри k -го тетраэдра будет равно числу точек вида $\xi_i V$, попавших в k -ый промежуток разбиения в п. 2). Очевидно, что будет выполняться равенство $m_1 + m_2 + \dots + m_k = n$.

Пример 1. Будем распределять n случайных точек внутри тетраэдра, образованного векторами $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$, объем которого $V = 1/6$. Обозначим V_1 – объем тетраэдра, отсекаемого от исходного плоскостью $x = 1/2$, V_2 – объем тетраэдра, отсекаемого от исходного плоскостью $y = 1/2$, V_3 – объем тетраэдра, отсекаемого от исходного плоскостью $z = 1/2$, V_4 – объем куба с ребром $1/3$, три смежных ребра которого выходят из начала координат. Число точек, попавших в отсекаемые тетраэдры, обозначим соответственно n_1, n_2, n_3 , а в куб – n_4 . Очевидно, что $V_1 = V_2 = V_3 = 1/48$, $V_4 = 1/27$.

В таблице показаны отношения $n_1/n, n_2/n, n_3/n, n_4/n$ (с точностью до 0,001) для числа случайных точек $n = 750, 1000, 3000, 5000, 10000, 50000, 100000$. Предельные отношения соответственно равны $\frac{V_1}{V} = \frac{V_2}{V} = \frac{V_3}{V} = \frac{1}{8} = 0,125$ и $\frac{V_4}{V} = \frac{2}{9} = 0,222$. Вычислительный эксперимент выполнен в MATLAB.

Заключение

Предложенные в работе геометрические приемы позволяют упростить построение и реализацию алгоритма генерации случайных точек, равномерно распределённых внутри произвольных многоугольников и многогранников, явно определять число шагов для получения необходимого числа точек. Приведенные примеры демонстрируют преимущества такого подхода.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФГБОУ ВО «КГПУ им. В.П. Астафьева» по договору о выполнении НИР от 21.06.2017 г. № 16-746.

Список литературы

1. Амбарцумян Р.В. Введение в стохастическую геометрию / Р.В. Амбарцумян, Й. Мекке, Д. Штойян. – М.: Наука, 1989. – 400 с.
2. Препарата Ф. Вычислительная геометрия: Введение / Ф. Препарата, М. Шеймос. – М.: Мир, 1989. – 478 с.
3. Rocchini C., Cignoni P. Generating random points in a tetrahedron // Journal of graphics Tools. – 2000. – Vol. 5. – № 4. – P. 9–12.
4. Weisstein E.W. Triangle Point Picking – From MathWorld [Электронный ресурс] // A Wolfram Web Resource. URL: <http://mathworld.wolfram.com/topics/RandomPointPicking.html> (дата обращения: 20.11.17).
5. Копытов Н.П. Универсальный алгоритм равномерного распределения точек на произвольных аналитических поверхностях в трехмерном пространстве / Н.П. Копытов, Е.А. Митюшов // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4-3. – С. 618–622.
6. Рубан А.И. Новый генератор случайных равномерно распределенных точек [Текст] / А.И. Рубан, А.В. Кузнецов // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2013. – № 2 (48). – С. 75–81.
7. ArcGIS Pro | Профессиональное картографическое программное обеспечение 2D & 3D ГИС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.esri.com/ru/arcgis/products/arcgis-pro/overview> (дата обращения: 20.11.17).
8. Geospatial Modelling Environment. GME [SpatialEcology.Com [Электронный ресурс]]. – Режим доступа: <http://www.spatial ecology.com/gme/> (дата обращения: 20.11.17).
9. Belisle C. On the polygon generated by n random points on a circle // Statistics & Probability Letters. – 2011. – Vol. 81. № 2. – P. 236–242.
10. Мартынова Е.В. Информационные технологии в организации геометрического эксперимента // Математика. Компьютер. Образование: Тезисы Девятнадцатой международной школы-конференции (Дубна, 30 января – 03 февраля 2012 г.). – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2012. – С. 350.
11. Мартынова Е.В. Геометрический подход к построению алгоритма генерации случайных точек внутри произвольного многоугольника / Е.В. Мартынова, Р.М. Нигматулин // Информационно-коммуникационные технологии в науке, производстве и образовании ICIT-2017: материалы Международной научной конференции (Саратов, 21–22 сентября 2017 г.). – Саратов: ООО Издательство «Научная книга», 2017. – С. 168–172.

УДК 661.653

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРНОГО КОЛЧЕДАНА**Никандров М.И., Никандров И.С., Шурашов А.Д., Горшков А.С., Краснов Ю.В.***Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, филиал,
Дзержинск, e-mail: gorshkov_as@mail.ru*

Определены необходимые для расчета грейферов, фронтальных погрузчиков и другой техники данные по физико-механическим свойствам флотационного серного колчедана, включая: насыпную плотность, угол естественного откоса, удельное сопротивление внедрению режущего органа, начальное давление уплотнения, сопротивление одноосному сжатию, коэффициент уплотнения материала, модуль уплотняемости, коэффициент трения по стали и коэффициент бокового давления. Даны диаграммы состав-свойства колчедана. Получены уравнения зависимости свойств от температуры (0 – минус 20 °С) и доли воды в колчедане (0–0,2), необходимые для использования в системе автоматического проектирования рабочих органов подъемно-транспортных механизмов. Показано увеличение всех свойств с понижением температуры и повышением доли влаги в колчедане за исключением насыпной плотности и коэффициента трения по стали. Последний уменьшается с повышением доли влаги и температуры смерзшегося колчедана, а насыпная плотность при этом увеличивается.

Ключевые слова: колчедан, свойства, температура, влажность, влияние**RHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES PYRITES****Nikandrov M.I., Nikandrov I.S., Shurashov A.D., Gorshkov A.S., Krasnov Yu.V.***Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, branch, Dzerzhinsk,
e-mail: gorshkov_as@mail.ru*

The data on the physic-mechanical properties of the flotation sulfur pyrite, including: bulk density, natural slope angle, specific resistance to the insertion of the cutting organ, initial seal pressure, uniaxial compression resistance, material compaction factor, modulus of compaction are determined for the calculation of grapples, front loaders and other equipment, the coefficient of friction in steel and the coefficient of lateral pressure. The composition-property diagram of pyrite is given. The equations of dependence of properties on temperature (0 – minus 20 °C) and water share in pyrite (0–0,2), necessary for use in system of automatic designing of working bodies of hoisting-and-transport mechanisms are received. An increase in all properties with decreasing temperature and an increase in the share of moisture in pyrite are shown, with the exception of the bulk density and the coefficient of friction in steel. The latter decreases with an increase in the fraction of moisture and temperature of the frozen pyrites, and the bulk density increases in this case.

Keywords: pyrites, properties, temperature, humidity, influence

Серный колчедан в основном содержит сульфид железа и является сырьем для производства серной кислоты. Содержание влаги в нем летом допускается до 8% [1]. При хранении на складе колчедан смерзается в монолитную корку толщиной 2–2,2 м [2]. В результате при транспортировании колчедана из штабеля в бункер транспортера подачи колчедана к печам сжигания зачерпывание смерзшегося сырья грейфером затруднено [3]. Это часто приводит к вынужденной остановке цеха.

Свойства сыпучих материалов после смерзания существенно отличаются от свойств исходных материалов [4]. Это определяется тем, что сыпучий материал после охлаждения ниже температуры замерзания воды скрепляется в монолитный блок кристаллизующимся льдом. Материал смерзшейся корки теряет подвижность, после разрушения слоя корки и рыхления смерзшегося материала он вновь приобретает сыпучесть, но свойства взрыхленного сыпучего материала значительно отличаются от свойств исходных материалов из-за покрытия частиц тонкой корочкой

льда, влияющей на характер взаимодействия частиц друг с другом в точках их контакта.

Для расчета разрушения смерзшейся корки колчедана, определения сопротивления зачерпыванию необходимы данные по физико-механическим свойствам для различных температур и влажности колчедана. Эти данные необходимы для проектирования специальных грейферов – рыхлителей колчедана.

Цель исследования

Получение отсутствующих данных по физико-механическим свойствам смерзшегося флотационного колчедана и определение влияния температуры и влажности колчедана на его свойства.

Материалы и методы исследования

Температуру образцов колчедана определяли ртутным термометром с точностью $\pm 0,5\%$. Влажность колчедана определяли весовым методом с точностью $\pm 0,5\%$. Образец колчедана марки КСФ-2 содержал 81,2% частиц размером менее 0,25 мм, 12%

размером 0,25–0,5 мм, остальное – фракция 0,5–1 мм. Определение физико-механических свойств проводили по методикам [5]. Смерзшиеся образцы флотационного колчедана готовили замораживанием влажного материала, уплотненного в разъемных формах, усилием 500 кг/м². Температура замораживания менялась в пределах от –5 °С до –20 °С.

Для определения свойств образцы дробленого материала отсеивали на ситах. Для исследования отбирали фракцию размером частиц от 1 до 5 мм.

Результаты исследования и их обсуждение

К общим свойствам сыпучего материала относятся насыпная плотность и угол естественного откоса [6]. Анализ полученных данных показал, что насыпная плотность колчедана при температурах от 5 до 40 °С определяется его влажностью и равна

$$\gamma = \gamma_0(1 + k_1\omega), \quad (1)$$

где γ_0 – насыпная плотность сухого колчедана, равная 1750 кг/м³;

k_1 – коэффициент влияния влажности на насыпную плотность;

ω – доля влаги в колчедане.

При температуре заморозания воды насыпная плотность колчедана скачкообразно снижается на 115 кг/м³ и при дальнейшем понижении температуры взрыхленного смерзшегося колчедана (фракция 1–5 мм) возрастает вновь. Наличие скачка плотности в точке кристаллизации воды объ-

ясняется вспучиванием материала, выделяющимися кристаллами льда и влиянием кристаллов льда, плотность которых ниже плотности колчедана, на плотность смерзшегося дробленого колчедана.

Исследованием показано, что насыпная масса смерзшегося серного колчедана определяется уравнением

$$\gamma_{см} = \gamma_0(1 + k_1\omega) - a + k_2t, \quad (2)$$

где a – коэффициент учета вспучивания материала за счет выпадения кристаллов льда, равный 115 кг/м³;

ω – доля влаги в колчедане;

t – температура колчедана, град;

k_1 – коэффициент влияния влажности, равный 1,1;

k_2 – коэффициент влияния температуры, равный 5 кг/град·м³.

Экспериментально определено, что угол естественного откоса смерзшегося серного колчедана меняется в пределах 31–38 градусов. Как видно из таблицы, с увеличением влажности материала с 0 до 12% угол откоса возрастает на 4–7 градусов.

Зависимость угла откоса от влажности и температуры

Влажность, %	Температура, °С			
	+ 20	–5	–10	–20
0	31	–	–	30
5,2	–	33	33	32
10,6	–	36	35	33
11,2	38	–	–	34

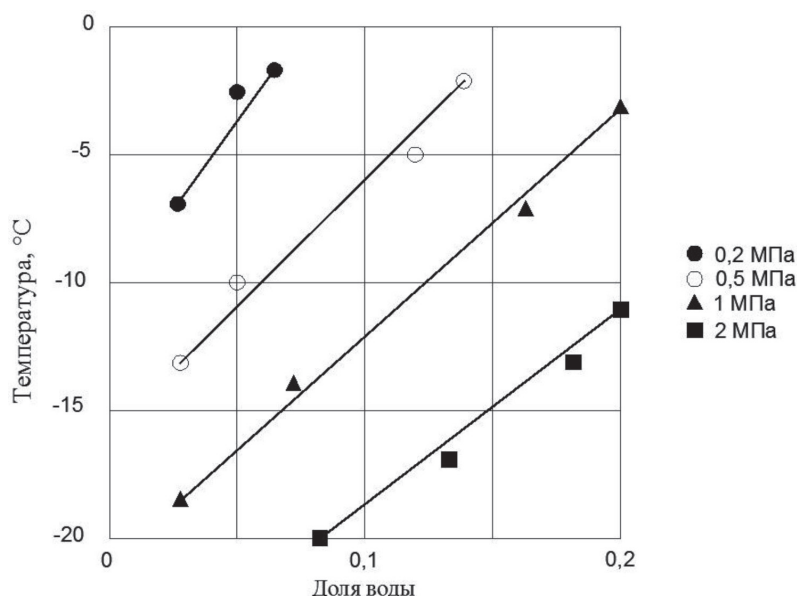


Рис. 1. Диаграмма влияния температуры (t) и доли воды в смерзшемся колчедане на его сопротивление одноосному сжатию

Сопротивление зачерпыванию материала определяется удельным сопротивлением внедрению резца шины (или клыка) в смерзшийся колчедан, сопротивлением материала одноосному сжатию, модулем уплотнения материала, коэффициентом трения частиц смерзшегося материала по стали, коэффициентом бокового давления. В связи с этим данные свойства для серного колчедана определены экспериментально.

Экспериментально установлено, что при влажности 6–8% удельное сопротивление внедрению режущего элемента в смерзшийся колчедан равно 0,475 МПа. Это больше, чем для сухого колчедана (0,350 МПа), но меньше, чем для песка (0,975 МПа).

Начальное давление уплотнения смерзшегося колчедана равно 420 Па. Это также больше, чем для сухого колчедана, для которого начальное давление уплотнения равно 350 Па.

Как видно из рис. 1, сопротивление одноосному сжатию образца размером 100x100x100 мм возрастает с увеличением влажности (до 20%) и понижением температуры образца (до –20°C).

Монолитные образцы получают при доле влаги в образцах более 2%. При влажности колчедана 2% и менее образцы разрушаются до начала испытаний. Критическое содержание воды в колчедане, при превышении которого прочность смерзшегося образца снижалась бы, приближаясь к прочности льда, в опытах не достигалось.

Судя по изменению наклона линий постоянных значений сопротивления одноосному сжатию, с понижением температуры смерзшихся образцов с –5°C до –20°C влияние роста влажности на силу сопротивления сжатию понижается.

Изменение плотности материала определяется коэффициентом уплотнения. Коэффициент уплотнения дробленой смерзшейся массы серного колчедана (фракция 1–5 мм) K_v равен 1,04. Это ниже среднего расчетного значения для большинства сыпучих материалов ($K_p = 1,15$ [4]).

Модуль уплотняемости для сухого колчедана (ψ_0) равен 0,013. Как видно из рис. 2, модуль уплотняемости смерзшегося серного колчедана пропорционален температуре и влажности материала. Это выше его значения для песка (0,003), но меньше, чем для смерзшегося угля (0,036).

Зависимость модуля уплотняемости колчедана от температуры (t , °C) и доли влаги (ω) описывается уравнением

$$\psi = \psi_0(1 - k_3 t)(1 + k_4 \omega), \quad (3)$$

где k_3 – коэффициент влияния температуры, равный 0,00085 град⁻¹;

k_4 – коэффициент влияния влажности, равный 0,041;

ψ_0 – модуль уплотняемости сухого колчедана.

Для серного колчедана, в отличие от других свойств, коэффициент трения по стали уменьшается с повышением влажности колчедана и снижением его температуры (рис. 3).

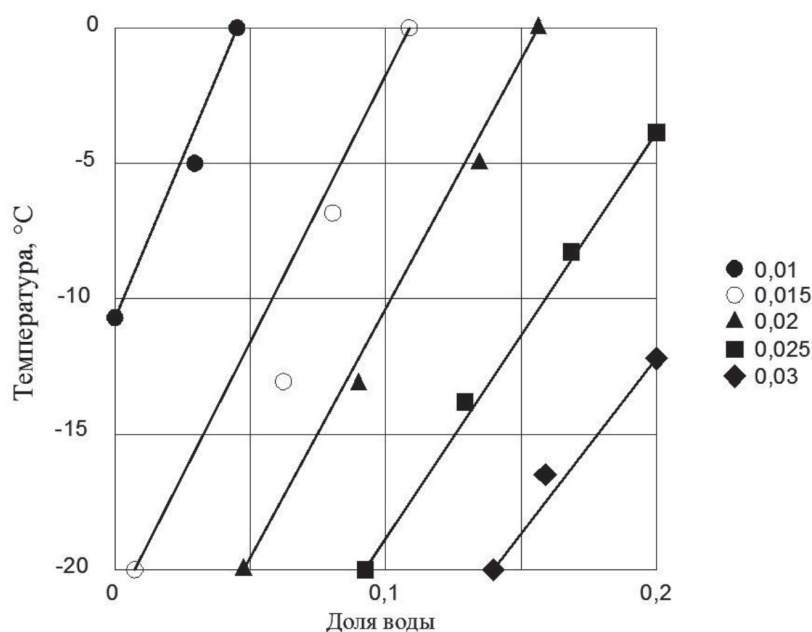


Рис. 2. Диаграмма влияния температуры (t) и доли воды в смерзшемся колчедане на модуль его уплотняемости (ψ)

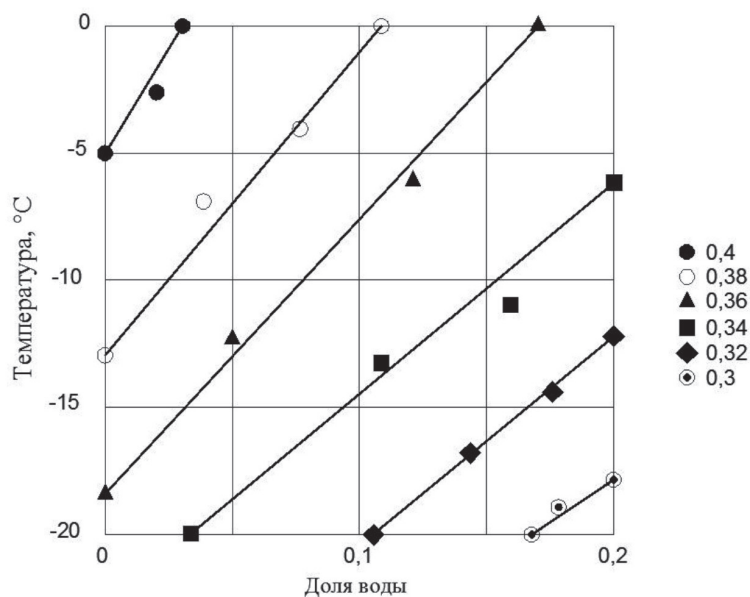


Рис. 3. Диаграмма влияния температуры (t) и влажности колчедана на коэффициент трения по стали

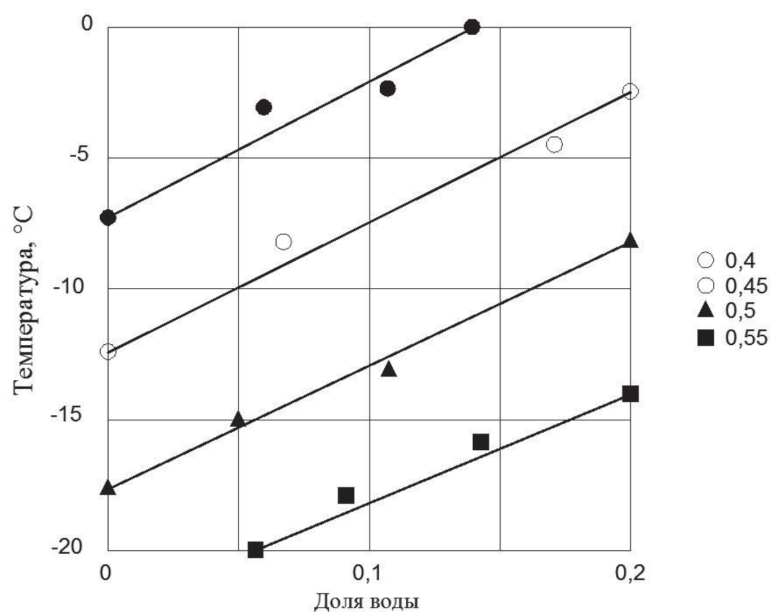


Рис. 4. Диаграмма влияния температуры (t) и влажности колчедана на коэффициент бокового давления

Понижение коэффициента трения по стали с увеличением влажности объясняется ростом доли льда на поверхности контакта частиц с поверхностью стали. В результате контакт твердых частиц колчедана со сталью снижается [7].

При понижении температуры из-за роста прочности льда его разрушение на обледенелой поверхности частиц колчедана снижается. Это способствует уменьшению коэффициента трения.

Зависимость коэффициента трения по стали от температуры и влажности колчедана выражается уравнением

$$\mu_{\text{ст}} = \mu_{\text{ст}}^0 (1 + k_5 t) (1 - k_6 \omega), \quad (4)$$

где $\mu_{\text{ст}}^0$ – коэффициент трения по стали для сухого колчедана, равный 0,43;
 k_5 – коэффициент влияния температуры, равный 0,005 град⁻¹;
 k_6 – коэффициент влияния влажности колчедана, равный 1,2.

Судя по полученным данным, коэффициент трения по стали для колчедана меньше, чем для известняка (в 1,5–1,8 раза), но больше, чем для угля (в 1,2 раза).

Коэффициент бокового давления смерзшегося колчедана определяется преимущественно температурой (рис. 4) и определяется уравнением

$$\xi = \xi_0(1 - k_7 t)(1 + k_8 \omega), \quad (5)$$

где ξ_0 – коэффициент бокового давления сухого колчедана при 0 °С, равный 0,38;

k_7 – коэффициент влияния температуры, равный 0,008 град⁻¹;

k_8 – коэффициент влияния влажности колчедана, равный 0,245.

Сравнение коэффициентов бокового давления смерзшихся угля, песка, известняка и колчедана показывает, что величина коэффициента бокового давления серного колчедана в 2–2,2 раза больше, чем у известняка, угля, чем в 1,8 раза, но в 1,2 раза меньше, чем у песка. Это объясняется меньшим расхождением размеров частиц у колчедана и песка по размерам, чем у угля и известняка.

Коэффициент влияния влажности материала k_8 обратно пропорционален величине смачиваемости поверхности материала водой. Для более гидрофобного угля $k_8 = 0,58$, а для гидрофильного песка и колчедана $k_8 = 0,18–0,31$. Как установлено Ребиндером, гидрофильность поверхности водой определяется соотношением теплоты смачивания её водой и углеводородом. Для угля отношение теплот смачивания равно $0,4–0,5 < 1$, тогда как для колчедана оно равно $1,6 > 1$, для песка $2 > 1$.

Заключение

1. Насыпная плотность смерзшегося колчедана влажностью 3–20 % при температурах от минус 5 °С до минус 20 °С меняется в пределах 1700–1900 кг/м³.

2. Сопротивление одноосному сжатию равно 0,3–1,5 МПа, модуль уплотняемости измельченного смерзшегося колчедана равен 0,016–0,021, начальное давление уплотнения 420 Па, коэффициент трения по стали равен 0,33–0,37 и коэффициент бокового давления равен 0,45–0,49.

Список литературы

1. ГОСТ 444-75. Колчедан серный флотационный. Технические условия. – М.: ИПК изд-во стандартов, 1975. – 27 с.
2. ГОСТ 444-2016. Колчедан серный флотационный. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2017. – 39 с.
3. Суровегина Т., Никандров И., Никандров М. Перегрузка смерзшихся сыпучих материалов грейферами [Электронный ресурс]. – LAP Lambert Academic Publishing (2013–11–02) <http://www.lapublishing.com/catalog/details/store/gb/book>.
4. Шубин И.Н. Технологические машины и оборудование. Сыпучие материалы и их свойства: учеб. пособие / И.Н. Шубин, М.М. Свиридов, В.П. Таров; М-во образования и науки Рос. Федерации, гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Тамб. гос. техн. ун-т». – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2005. – 75 с.
5. Методы определения основных свойств строительных материалов: методические указания к лабораторным работам / Сост. Н.К. Скрипникова, М.Л. Тогицкий. – Томск: Изд-во Томского архитектурно-строительного университета, 2013. – 20 с.
6. Мурков О.С. Основы технологии: учебно-методическое пособие. – Витебск: ВФ УО ФПБ «МИТКО», 2009. – 75 с.
7. Суровегина Т.Ю., Никандров И.С., Шурашов А.Д. Влияние параметров грейфера на сопротивление внедрению в смерзшийся флотационный колчедан // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4; URL: <http://www.science-education.ru/110-9813>.

УДК 519.6:004.6

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ПАРТИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ С ОСОБЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ КАЧЕСТВА

¹Орлов В.И., ¹Сташков Д.В., ^{1,2}Казаковцев Л.А., ¹Рожнов И.П.,
²Казаковцева О.Б., ¹Насыров И.Р.

¹Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева,
Красноярск, e-mail: levk@bk.ru;

²Сибирский федеральный университет, Красноярск

Рассмотрены основные аспекты обеспечения качества электронной компонентной базы (ЭКБ), устанавливаемой в летные образцы космических аппаратов. Показано, что анализ партий ЭКБ на однородность становится актуальной задачей, особенно для ЭКБ с высоким уровнем интеграции. Приведено обоснование необходимости создания специальных партий ЭКБ для комплектации аппаратуры космических аппаратов на принципе равнонадежности. На примере задачи выявления однородных производственных партий электронорадиоизделий из сборной партии по данным неразрушающих тестовых испытаний показано, что новая методика позволяет снизить процент ошибок при выявлении однородных партий, повысить эффективность разрушающего контроля. Приведена BPMN-схема бизнес-процесса принятия решения о приемке специальной партии электронной компонентной базы, в которую включен этап выделения однородных партий методом разделения смеси распределений.

Ключевые слова: алгоритмы кластеризации, автоматическая группировка, разделение смеси распределений, спецпартия

IMPROVED METHOD OF FORMING PRODUCTION BATCHES OF ELECTRONIC COMPONENTS WITH SPECIAL QUALITY REQUIREMENTS

¹Orlov V.I., ¹Stashkov D.V., ^{1,2}Kazakovtsev L.A., ¹Rozhnov I.P.,
²Kazakovtseva O.B., ¹Nasyrov I.R.

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

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk

We consider the main aspects of quality assurance of the electronic component base (ECB) installed in flight models of spacecrafts. This research shows that analysis of ECB production batches for homogeneity is an important problem, especially for ECB with the high level of integration. The substantiation of the necessity of creation of special batches of ECB for the equipment of spacecraft equipment on the principle of equal reliability is given. Using an example task of detecting homogeneous production batches of semiconductor products from a batch of data samples obtained from non-destructive tests, we show that the new technique allows reducing the percentage of errors in detecting homogeneous production batches and increasing the effectiveness of destructive testing. We propose a BPMN diagram of acceptance of a special batch of the electronic component base which includes the step of detecting homogeneous production batches using the mixture distribution separation.

Keywords: clustering algorithms, automated grouping, mix distribution separation, special production batch

Комплектация бортовой аппаратуры космического аппарата (КА) высоконадежными электронными компонентами (ЭКБ) является одной из наиболее важных задач, стоящих перед космической отраслью [1]. В первую очередь испытательно-технические центры преследуют цель предотвращения попадания в аппаратуру низкосортной контрафактной продукции, не удовлетворяющей требованиям надежности. Для этого необходимо обеспечить приобретение ЭКБ у авторизованных поставщиков, а также проведение в достаточном объеме входного контроля (ВК), дополнительных отбраковочных испытаний (ДОИ) и разрушающего физического анализа (РФА) поступающих партий изделий. Особое значение при этом уделяется индивидуальной отбраковке компонентов [2–4].

Необходимо отметить, что поставляемые партии ЭКБ могут быть неоднородными по своему составу, изготовленными из нескольких производственных партий кремниевых пластин [2]. Поэтому отнестись к результатам входного контроля и дополнительных отбраковочных испытаний на выборке ЭКБ ко всей поставленной партии компонентов необходимо осторожно, как минимум с убеждением в том, что данная партия изготовлена из одной партии пластин (кристалльных партий), или разброс параметров использованных пластин партий невелик. Это связано с тем, что относительно незначительные отклонения в производственном процессе могут повлиять на характеристики чувствительности, например, к воздействию радиационного излучения. Анализ

приобретаемых партий ЭКБ на однородность становится особенно актуальным для ЭКБ с высоким уровнем интеграции, где флуктуации технологического процесса приводят к ошибкам в оценке качества, а величина ошибки непосредственно влияет на срок активной работы бортовой аппаратуры (БА).

Анализ особенностей использования электронных компонентов в космосе

Необходимо определить, из какого количества однородных по составу групп (кластеров) собрана производственная партия ЭКБ. Это особенно важно для импортных компонентов уровня качества «Industry», где не существует требований к однородности продукции, также для уровня качества «Military» без гарантии радиационной стойкости, а также для оценки «жизненного цикла» (steady state life test). Если поставленная совокупность компонентов состоит из нескольких различных групп, то для того, чтобы иметь обоснованное мнение о ее качестве, необходимо провести испытания для каждой группы, предварительно их выделив [4, 5]. Формирование выборок для оценки качества ЭКБ проводится по следующим критериям:

- ЭКБ изготовлены из одной кристалльной партии пластин – одна выборка;

- ЭКБ изготовлены не из одной кристалльной партии пластин – определение количества однородных групп, количество выборок равно количеству групп.

Формирование выборок должно производиться из ЭКБ, прошедших ДООИ и РФА, так как после этих процедур отсеиваются экземпляры, не удовлетворяющие требованиям к аппаратуре, и результаты оценки не искажаются изделиями с потенциальными дефектами. Кластеризация ЭКБ важна с точки зрения обеспечения надежности и, в еще большей степени, радиационной стойкости. Ионизирующие излучения как физический фактор космической среды во многом определяют срок активного существования космических аппаратов [6, 7].

Современные методы кластерного анализа предлагают широкий выбор средств выявления разнородных по совокупности параметров групп. Наиболее распространенным из подобных методов является метод *k*-средних (*k*-means) [8]. Алгоритмы, реализующие данный метод, являются алгоритмами глобальной оптимизации и зависят от выбора начальных значений (усредненных параметров центров групп – кластеров). В то же время метод выявления различных по параметрам групп изделий

должен давать воспроизводимые результаты. Существенно повысить точность методов классификации позволяют алгоритмы, предложенные в [9, 10], которые могут стать основой автоматизированной системы по выявлению различных по параметрам групп изделий.

Специальные партии электронных компонентов

Основные характеристики качества и надежности определяются в процессе производства. В процессе комплектации КА приходится приобретать ЭКБ самого высокого уровня качества, который существует в России (ВП, ОС), и затем проводить серьезную работу по отбраковке потенциально ненадежных компонентов, чтобы оставшиеся образцы удовлетворяли требованиям к КА. Опыт работы с заводскими-изготовителями показывает, что их серийная продукция не всегда удовлетворяет предъявляемым требованиям. В этой связи актуальной становится организация работы по выпуску специальных партий изделий для космической отрасли (так называемых «спецпартий»).

Для формирования списка дополнительных требований к спецпартиям проведен анализ состава и последовательности испытаний ЭКБ, проводимых по американским стандартам [2] для интегральных схем (ИС) и полупроводниковых приборов (ППП) [11] категории качества «Space» (для космического применения) и «Military» (для военного применения), а также сравнение с требованиями отечественных стандартов. Важную роль в определении понятия спецпартии сыграла международная кооперация при создании системы «Sesat» с 10-летним сроком активного существования и 12-летним техническим ресурсом. Данный спутник функционирует на орбите более 15 лет. В состав дополнительных испытаний обязательно входит оценка дрейфа значений параметров и контроль наличия посторонних частиц в подкорпусном пространстве изделий. Эти испытания проводятся в испытательном техническом центре. В результате спецпартии являются совместным продуктом завода-изготовителя и испытательного центра.

Разработка отдельного технологического процесса по изготовлению электронной компонентной базы для космической отрасли, требуя значительных вложений, делает невыгодной поставку малых партий изделий. Это положение совпадает с идеей комплектования всех аппаратур КА ЭКБ одинаково высокого уровня качества на принципе равнонадежности.

Алгоритмы метода жадных эвристик для задач автоматической группировки

В настоящей работе предполагается, что совокупность измерений (параметров) объектов одной группы (кластера) является многомерной случайной величиной, распределенной по некоторому известному закону распределения, при этом параметры этого распределения неизвестны. Суть рассматриваемой задачи группировки объектов состоит в том, чтобы отделить объекты, предположительно порожденные одним из распределений в этой смеси, от других. Традиционным инструментом при решении задач разделения смесей является метод максимального правдоподобия и соответствующий критерий – функция правдоподобия. Задача разделения смесей сводится к задаче максимизации этой функции. При этом искомыми параметрами функции правдоподобия являются параметры распределений [12].

Данные весьма высокой размерности (несколько сотен измерений) встречаются в задаче выделения однородных партий электронных изделий, например интегральных схем из сборной партии [2]. В такого рода задачах требуется получение не просто приемлемого результата, но очень точного и стабильного при многократных запусках. Например, такие задачи возникают при проверке качества состава (однородности/неоднородности) смеси однотипных микросистемных изделий [1] в космической промышленности. Разделение смеси на предполагаемые однородные партии производится на основе результатов интеллектуального анализа данных тестовых испытаний, которые представлены векторами данных очень большой размерности (сотни измерений) [2, 9].

Простой ЕМ-алгоритм с двумя чередующимися шагами для разделения смеси распределений [13] в случае многомерных данных сильно зависит от начального решения.

Одной из хорошо зарекомендовавших себя стратегий глобального поиска является применение эволюционных (генетических) алгоритмов. Сложности кодирования решений, традиционно представляемых в классических генетических алгоритмах L-битными строками, в алгоритмах метода жадных эвристик [10] решены применением так называемого генетического алгоритма с вещественным алфавитом, в котором «особи» – промежуточные решения задач k-медиан или k-средних – представлены непосредственно множествами точек в пространстве R^d (то есть непосредственно множествами медиан или центроидов).

Алгоритм с гетерогенной популяцией для задачи разделения смеси распределений

1. Сгенерировать случайным образом $N_{POPнач}$ начальных решений, представленных парой множеств распределений и их весовых коэффициентов $\langle D_m, W_m \rangle = \langle \{N(\mu_{m,i}^{(0)}, \sigma_{m,i}^{(0)2})\}, \{\alpha_{m,i}^{(0)} = 1/k\}, i = \overline{1, k_m}, m = \overline{1, N_{POPнач}} \rangle$. Начальные значения среднеквадратичных отклонений устанавливаются равными для всех кластеров и вычисляются для всей выборки: $\sigma_i^{(0)2} = \frac{1}{d} \sum_{x \in S} \|x - \bar{x}\|^2$. Значения $\mu_{m,i}^{(0)}$ устанавливаются равными координатам случайно выбранных векторов данных. Для каждого из начальных решений запускается ЕМ-алгоритм, полученные значения целевой функции сохраняются в переменных $f_1, \dots, f_{N_{POP}}$. Присвоить $N_{iter} = 0$.

2. $N_{iter} = N_{iter} + 1$;

$$N_{POP} = \max \left\{ N_{POPнач}, \left\lceil \sqrt{1 + N_{iter}} \right\rceil + 2 \right\}.$$

Если N_{POP} изменилось, то инициализировать особь $X_{N_{POP}}$ аналогично шагу 1. Выбрать случайным образом $k_1, k_2 \in [1, N_{POP}]$, $k_1 \neq k_2$;

$$3. \langle D_{new}, W_{new} \rangle = \langle D_{k_1} \cup D_{k_2}, W_{k_1} \cup W_{k_2} \rangle.$$

$$4. \text{Пока } |D_{new}| > p_{max}, \text{ выполнять: выбрать } j = \arg \max_{i \in \overline{1, |D_{new}|}} L_i(D_{new} \setminus \{N(\mu_i, \sigma_i)\}, W_{new} \setminus \{\alpha_i\}); \\ D_{new} = D_{new} \setminus \{N(\mu_j, \sigma_j)\}, W_{new} = W_{new} \setminus \{\alpha_j\}. \text{ Следующая итерация 4.}$$

$$5. \text{Выбрать случайным образом } p_{child} \in \{2, p_{max}\}. \text{ Если } p_{child} > |D_{new}|, \text{ то } p_{child} = |D_{new}|.$$

$$6. f_{child, |D_{new}|} = L(\langle D_{new}, W_{new} \rangle).$$

$$7. \text{Пока } |D_{new}| > p_{child}, \text{ выполнять: выбрать } j = \arg \max_{i \in \overline{1, |D_{new}|}} L_i(D_{new} \setminus \{N(\mu_i, \sigma_i)\}, W_{new} \setminus \{\alpha_i\}); \\ D_{new} = D_{new} \setminus \{N(\mu_j, \sigma_j)\}, W_{new} = W_{new} \setminus \{\alpha_j\}. \text{ Следующая итерация 7.}$$

$$8. \text{Пока } |D_{new}| > 2: \text{Присвоить } f_{child, |D_{new}|} = L(D_{new}, W_{new}); k = |D_{new}|; f_{k, |D_{new}|} = L(D_{new}, W_{new}); \\ \text{если } f_{k, |D_{new}|} < F_k^*, \text{ то присвоить } F_k^* = f_{k, |D_{new}|}; \text{Выполнить шаги 4.1 и 4.2 для } D_{new}. \text{ Следующая итерация 8.}$$

9. Выбрать $j_3 \in \{1, N_{POP}\}$ с использованием турнирного замещения. Присвоить $D_{j_3} = D_{new}$; $W_{j_3} = W_{new}$; $f_{j_3,k} = f_{child}$.

10. Проверить условия останова, перейти к шагу 2.

Результаты работы ЕМ-алгоритма в режиме мултистарта и его модификаций обозначены ЕМ, СЕМ, SEM (таблица 1, для 30 запусков алгоритмов).

Метод жадных эвристик [10] может быть успешно применен для построения эффективных алгоритмов решения задач разделения смеси распределений. При этом сохраняется важное свойство алгоритмов, полученных с применением данного подхода: высокая точность получаемых результатов. Для задачи автоматической группировки электрорадиоизделий [2, 9] новый алгоритм в ходе нескольких (не более 10) попыток запуска позволяет найти, вероятно, точный результат задачи или по крайней мере результат, который не получается превзойти с применением известных алгоритмов.

Получен новый алгоритм, стабильно превосходящий по точности получаемых результатов известные алгоритмы для некоторых классов задач, позволяющий получить решение сразу для серии задач разделения смеси распределений. В частности, таким классом задач являются задачи разделения смесей сферических и некоррелированных гауссовых распределений в пространствах большой размерности (десятки-сотни измерений) с числом векторов данных от сотен до десятков тысяч.

Моделирование сборной партии электрорадиоизделий в виде смеси многомерных гауссовских распределений по результатам неразрушающих испытаний

Тестовый центр исходит из предположения о том, что результаты РФА распространяются на всю исследуемую партию ЭРИ. Данное предположение имеет основания лишь в случае, если партия ЭРИ изготовле-

на как единая производственная партия и из единой партии пластин. Иначе же различия в составе и технологии изготовления полупроводникового сырья (трещины, поры, вкрапления), а также возможные флуктуации в технологическом процессе и нарушения технологии при изготовлении отдельных производственных партий ставят под сомнение выводы проведенного РФА.

Исследуем возможность попадания ЭРИ, не прошедших РФА, в партию, поставляемую для комплектования электронной аппаратуры с особыми требованиями качества. Пусть исследуемая партия включает N ЭРИ и состоит из k однородных партий объемом $N_1, N_2, \dots, N_k$ штук, при этом одна из партий имеет дефекты, которые могут быть выявлены при РФА. Без потери общности предположим, что первая партия – дефектная. Для проведения РФА случайным образом выбираются $N_{РФА}$ штук изделий. Пусть $N = 40, N_1 = 10, N_2 = N_3 = 15$.

Вероятность того, что для РФА не будет отобран хотя бы один экземпляр первой дефектной партии, и РФА сборной партии ошибочно покажет отсутствие дефектов, составит $P_{РФА1} = \prod_{i=1}^{N_{РФА}} \left(1 - \frac{N_1}{N_i - 1}\right)$.

Технологическим процессом тестового центра предусмотрено, что для РФА отбираются 3 изделия. Тогда вероятность того, что элементы из первой дефектной партии не будут отобраны для РФА, составит

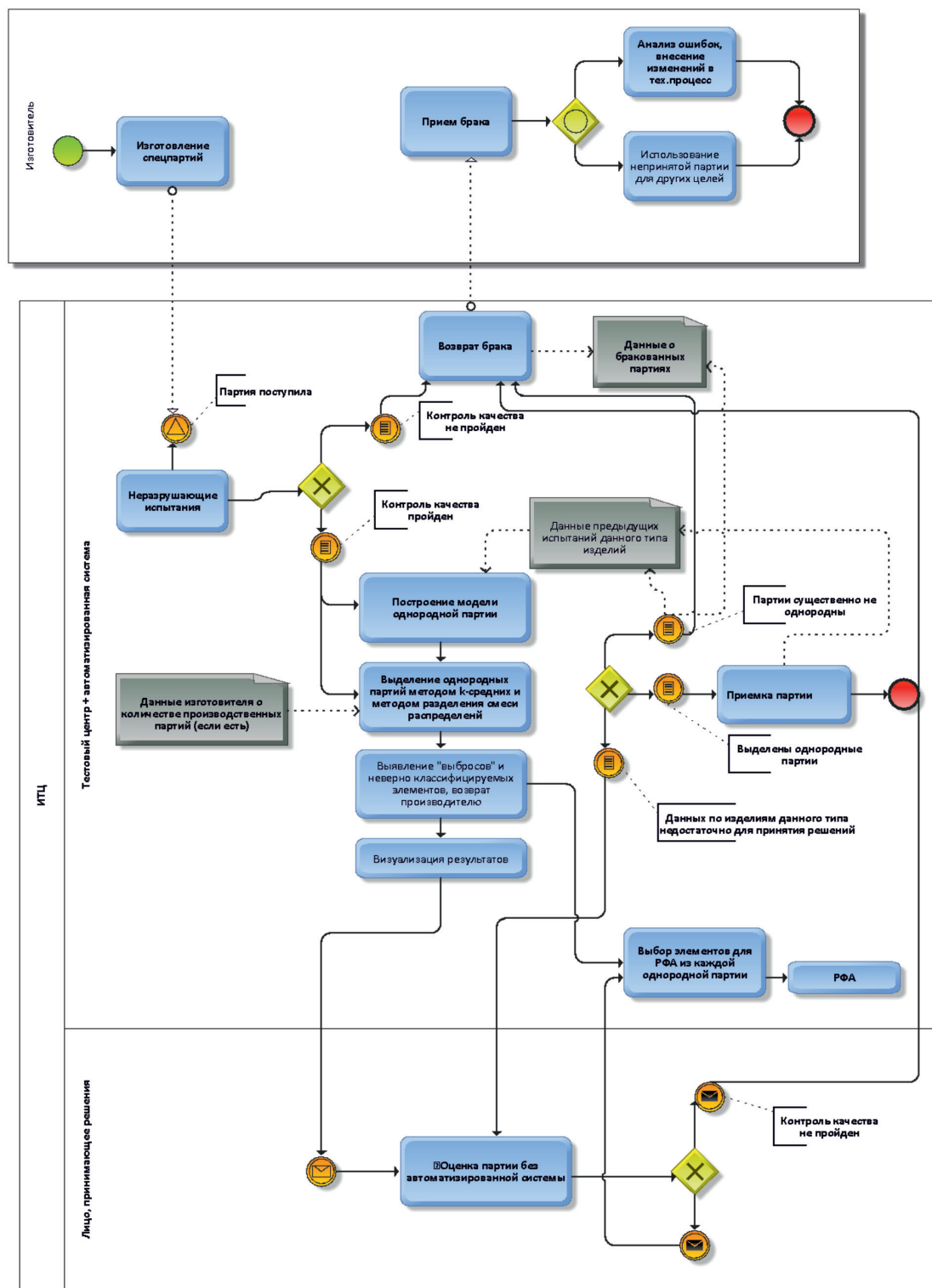
$$P_{РФА1} = \left(1 - \frac{10}{40}\right) \left(1 - \frac{10}{39}\right) \left(1 - \frac{10}{38}\right) = 41,1\%.$$

Разбор партии на однородные по составу группы позволит существенно увеличить эффективность проводимого РФА. В приведенном примере количество изделий, подвергаемых РФА, остается неизменным, если отбирать по одному изделию из каждой однородной группы. Если группы при этом определены корректно, вероятность изделий из партий, не прошедших РФА, снижается до нуля.

Сравнительные результаты серийного алгоритма

Набор данных, число вектор., размерн.	Число класт. k , тип распр., время	Алгоритм	Ср. рез-т (лог. ф-ция пр-подобия)	Ср. кв. откл. результатов
Europe (UCI), $N = 169308$, $d = 2$	40, сфер, 1,5 часа	Новый ЕМ СЕМ SEM	-3625694,1* -3625957,3 -3625779,0 -3625740,2	20,148 49,561 25,064 29,064
Тесты ИС 1526ТЛ1, $N = 1234$, $d = 120$	5, сфер., 5 сек.	Новый ЕМ	3673,671* 3598,160	44,043 32,160

Примечание.* – лучший результат.



Обновленная BPMN-схема процесса формирования спецпартии электронной компонентной космического применения (ЭКБ)

Если метод разделения сборных партий ЭРИ обеспечивает их разделение с вероятностью ошибки $P_{\text{ош}}$, то вероятность того, что дефектная однородная партия не пройдет

РФА при $N_{\text{РФА}} = k$ составит $P_{\text{РФА1}} = \frac{N_i}{N} P_{\text{ош}}$, что для приведенного выше примера составит 2,5% даже при уровне ошибок классификации в 10%. Таким образом, даже при

высоком уровне ошибок методы разделения сборной партии повышают ценность РФА.

Автоматическое определение числа однородных групп (кластеров) – одна из труднейших задач интеллектуального анализа данных. Алгоритмы автоматической группировки запускаются при различных предположениях о числе групп, наилучшее значение выбирается на основании некоторого критерия компактности и взаимной удаленности выявленных групп в нормированном пространстве. Критерий силуэта [14] изначально был создан как средство интерпретации и подтверждения результатов автоматической группировки данных. Он пригоден к использованию только при условии наличия двух или более кластеров в исследуемых данных. Следует провести оценку распределений частот и плотностей числовых характеристик на наличие многомодальности, что укажет на возможность разделения исходной выборки на группы, сходные по характеристикам объектов.

Общая схема принятия решений по приемке партий электрорадиоизделий

В рамках исследовательской работы была обновлена схема метода принятия решений по комплектации электронных узлов космических аппаратов. На рисунке приведена ВРМН-схема принятия решения о приемке спецпартии, в которую включен этап выделения однородных партий методом разделения смеси распределений.

Для повышения надежности программных модулей систем управления, участвующих в принятии решения, целесообразно использовать методы повышения отказоустойчивости [9]. В частности, мы дополняем действующую систему автоматической группировки электрорадиоизделий по однородным производственным партиям на основе модели k-средних программной подсистемой на основе модели разделения смеси распределений. Такой подход позволяет обеспечить лицо, принимающее решения о приемке партий и о направлении их экземпляров на разрушающий физический анализ, дополнительной информацией. Одна модель кластеризации позволяет верифицировать результаты другой модели, а при несовпадении результатов в условиях повышенных требований к качеству, предъявляемых космической промышленностью, предлагается отказаться от использования спорных экземпляров изделий при комплектовании бортовой аппаратуры.

Выводы

Показано, что анализ партий электронной компонентной базы на однородность

является актуальной задачей в случае ЭРИ с высоким уровнем интеграции, где флуктуации технологического процесса могут привести к существенным ошибкам в оценке качества и физических характеристик ЭРИ, в том числе – радиационной стойкости. Также приведено обоснование необходимости создания специальных партий (спецпартий) электрорадиоизделий для централизованной комплектации аппаратуры [5].

На примере задачи выявления однородных производственных партий ЭРИ из сборной партии по данным неразрушающих тестовых испытаний показано, что новая методика позволяет снизить процент ошибок при выявлении однородных партий.

Список литературы

1. Федосов В.В. Вопросы обеспечения работоспособности электронной компонентной базы в аппаратуре космических аппаратов: учеб. пособие / В.В. Федосов. – Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т, 2015. – 68 с.
2. Лукьяненко М.В. Надежность изделий электронной техники в аппаратуре космических аппаратов: учеб. пособие / М.В. Лукьяненко, Н.П. Чурляева, В.В. Федосов. – Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т, 2016. – 188 с.
3. Орлов А.И. Математические методы исследования и диагностика материалов / А.И. Орлов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2003. – Т. 69, № 3. – С. 53–54.
4. Корнеева А.А. О компьютерной диагностике электрорадиоизделий / А.А. Корнеева, Е.А. Чжан // Интернет-журнал «Науковедение». – 2015. – Т. 6, № 6. – 9 с.
5. Казаковцев Л.А. Быстрый детерминированный алгоритм для классификации электронной компонентной базы по критерию равнонадежности / Л.А. Казаковцев, И.С. Мясич, В.И. Орлов, В.В. Федосов // Системы управления и информационные технологии. – 2015. – № 4(62). – С. 39–44.
6. Данилин Н. Проблемы применения современной индустриальной электронной компонентной базы иностранного производства в ракетно-космической технике / Н. Данилин, С. Белослудцев // Современная электроника. – 2007. – вып. 7. – С. 8–12.
7. Жданов В.В. Методы и средства оценки показателей надежности механических и электромеханических элементов приборов и систем / В.В. Жданов // Датчики и системы. – 2013. – № 4. – С. 15–20.
8. Arthur D. k-Means++: The Advantages of Careful Seeding / D. Arthur, S. Vassilvitskii // Proc. of the Eighteenth Annual ACM-SIAM Symp. on Discrete algorithms, ser. SODA '07. – 2007. – P. 1027–1035.
9. Алгоритмическое обеспечение поддержки принятия решений по отбору изделий микроэлектроники для космического приборостроения: монография / В.И. Орлов, В.В. Федосов, Л.А. Казаковцев и др.; под общ. ред. В.И. Орлова. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2017. – 228 с.
10. Казаковцев Л.А. Метод жадных эвристик для задач размещения / Л.А. Казаковцев, А.Н. Антамошкин // Вестник СибГАУ. – 2015. – № 2. – С. 317–325.
11. Qualified manufacturers list of products qualified under performance specification MIL-PRF-19500 Semiconductor Devices, General Specification for; Department of Defense. – 2010. – 188 p.
12. Казаковцев Л.А. Дальнейшее развитие метода жадных эвристик для задач автоматической группировки объектов / Л.А. Казаковцев, Д.В. Сташков, И.П. Рожнов, О.Б. Казаковцева // Системы управления и информационные технологии. – 2017. – № 4(70). – С. 34–40.
13. Королев В.Ю. EM-алгоритм, его модификации и их применение к задаче разделения смесей вероятностных распределений: Теоретический обзор / В.Ю. Королев. – М: ИПИ РАН, 2007. – 94 с.
14. Rousseeuw P. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis / P. Rousseeuw // Journal of Computational and Applied Mathematics. – 1987. – Vol. 20. – P. 53–65.

УДК 621.9.015

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

¹Остапчук А.К., ^{2,3}Кузнецова Е.М., ²Дмитриева О.В.

¹ФГБОУ ВО «Курганский институт железнодорожного транспорта»,
Курган, e-mail: ostapchuk_ss@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», Курган;

³ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург

В статье проанализированы результаты экспериментальных исследований влияния параметров лезвийной обработки стальных деталей на устойчивость процесса резания. Приведено описание метода оценки износа режущего инструмента с применением системы измерения виброакустического сигнала. Выявлена зависимость мощности виброакустического сигнала от износа режущего инструмента. Рассмотрены методы оценки устойчивости процесса резания на основе модели, реализованной на нечеткой логике, и модели Лоренца для технологической системы. Для проверки адекватности модели была проведена серия экспериментов, которые позволили связать коэффициент динамической жесткости с режимами процесса обработки и устойчивостью процесса резания. Сделан вывод, что для контроля и прогнозирования состояния режущих кромок инструмента без прерывания процесса обработки может быть применен метод виброакустической диагностики.

Ключевые слова: вибродиагностика, износ, система Лоренца, нечеткая логика, устойчивость

EXPERIMENTAL STUDY AND MODELING OF THE STABILITY OF THE CUTTING PROCESS WHEN MACHINING STEEL PARTS

¹Ostapchuk A.K., ^{2,3}Kuznetsova E.M., ²Dmitrieva O.V.

¹Kurgan Institute of Railway Transport, Kurgan, e-mail: ostapchuk_ss@mail.ru;

²Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Kurgan State University, Kurgan;

³Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Ural State University of Railway
Transport, Ekaterinburg

The article analyzes the results of experimental researches of influence of parameters of the blade processing of steel components on the stability of the cutting process. The description method of assessment of wear of cutting tools with the use of measurement systems vibro-acoustic signal. The dependence of the power of vibroacoustic signal from the wear of the cutting tool. The methods for assessing the stability of the cutting process on the basis of the model implemented on fuzzy logic and the Lorenz model for a technological system. To check the adequacy of the model, a series of experiments that allowed to link the coefficient of dynamic stiffness modes of the processing and stability of cutting process. It is concluded that for monitoring and forecasting the state of the cutting edges of the tool without interruption of the treatment process can be applied the method of vibroacoustic diagnostics.

Keywords: vibration analysis, wear, Lorenz system, fuzzy logic, sustainability

Решение проблемы повышения качества обработки заготовок на станках с ЧПУ определяется режимами обработки, условиями протекания процессов и характером изменения параметров процесса и влияющих величин. Значительным недостатком станков с ЧПУ является то, что они зачастую не гарантируют заданных жестких требований по точности и качеству обработки деталей вследствие недетерминированности процесса и нестационарности условий обработки.

Автоматическое поддержание работоспособности станочного оборудования в условиях минимального вмешательства оператора («безлюдная технология») невозможно без широкого использования встроенных средств, осуществляющих сбор информации о качестве протекания технологического процесса. Помимо сбора информации должна присутствовать и функция принятия решений по ликвидации последствий

отказов [1]. Большинство запросов на создание систем управления технологическим процессом возникают в тех случаях, когда станки находятся в эксплуатации и затруднена сложная модернизация.

Динамические процессы в технологических системах существенно влияют на устойчивость процесса резания, качество и точность механической обработки. Технологическую обрабатывающую систему можно представить как совокупность взаимосвязанных открытых нелинейных динамических подсистем с прямыми и обратными связями и иерархическим устройством.

Система резания является основной подсистемой технологической системы. Необходимая устойчивость процесса резания достигается при самоорганизации системы. Однако в процессе резания устойчивое движение упругой системы станок – инструмент – деталь нарушается переходом

к хаотическому движению. Число степеней свободы, определяющее вид траектории движения системы в фазовом пространстве, зависит от того, сколько параметров необходимо задать, чтобы полностью охарактеризовать в нем состояние системы.

Рассматривая технологическую систему как совокупность механической подсистемы (станок) с трибосредой (контакт резца с обрабатываемой деталью), можно отметить, что при их взаимодействии формируется новая система (трибосистема) [2]. Для более эффективного использования станков необходим подход к управлению процессом резания, основанный на анализе устойчивости технологической обрабатывающей системы.

Управление процессом на базе корректных математических моделей процесса резания металлов возможно только при наличии набора экспериментальных данных о динамических процессах и установлении законов изменения параметров технологической обрабатывающей системы.

Выбор средств (датчиков) для оперативной диагностики процесса резания определяется в основном двумя факторами: информативностью, адекватной ситуации, возникающей в зоне резания, а также простотой и надежностью встройки в станок. Использование высокочастотных колебаний (в частотном диапазоне выше 100–500 кГц) затруднено тем, что вибрации быстро затухают с увеличением расстояния от источника их возникновения.

Природа вибраций в трибосистеме имеет сложную структуру. Основное преимущество виброакустического сигнала, генерируемого в процессе обработки в диапазоне до 20–30 кГц, заключается в том, что его можно регистрировать в любой точке упругой системы станка.

Динамические явления, возникающие в процессе резания, определяются не только режимами резания, но и состоянием режущего инструмента, размерный износ которого становится источником проблем при определении необходимой коррекции [3].

Экспериментальные исследования влияния параметров лезвийной обработки стальных деталей на устойчивость процесса резания

Для оценки устойчивости процесса резания был проведен ряд экспериментов. Эксперимент проводился с использованием автоматизированного стенда (рис. 1). В ходе эксперимента измерялся виброакустический сигнал и контролировался износ режущего инструмента [4].

Эксперимент проводился в условиях: механическая подсистема – токарно-об-

рабатывающий центр SuperJobber 500; обрабатываемый материал – сталь 45, 40Х; режущий инструмент – минералокерамический инструмент ВОК60, твердый сплав Т15К6; условие сухого трения (отсутствие смазывающе-охлаждающих жидкостей); скорость обработки – $v = 200\text{--}400$ м/мин; подача $s = 20\text{--}150$ мм/мин; глубина резания $t = 0,25$ мм. Во время обработки каждой детали фиксировался виброакустический сигнал с помощью трехкоординатного пьезоакселерометра с частотным диапазоном 0–21 кГц.

Наряду с записью виброакустического сигнала для определения устойчивости технологической обрабатывающей системы контролировался износ режущего инструмента по задней поверхности. Было установлено, что на первом этапе процесса резания виброакустический сигнал характеризуется высокими амплитудами трех различных направлений. При дальнейшей обработке частотный спектр вибросигнала изменялся с концентрацией основной мощности в нескольких явно выраженных частотных диапазонах. Уменьшение спектральной функции наблюдалось до износа режущего инструмента $h_3 = 0,2\text{--}0,3$ мм по задней грани. При увеличении износа от 0,2–0,3 мм до 0,6–0,7 мм обнаруживается стабильность мощности вибросигнала. Достижение величины износа 0,7 мм соответствует возрастанию мощности вибросигнала в диапазоне частот от 8 кГц до 14 кГц значительно, чем в других областях спектра.

Уменьшение амплитуды вибрации объясняется увеличением фрикционного демпфирования вследствие увеличения площади контакта между инструментом и заготовкой.

В процессе обработки поверхностей заготовки происходит сглаживание наиболее выступающих неровностей, формируется новая поверхность, а трибологическая система переходит в равновесное состояние. Сформированная шероховатость является оптимальной для данных условий взаимодействия и обеспечивает минимальный износ. Данная стадия изнашивания инструмента является стационарным процессом и характеризуется постоянной величиной основных параметров трения [4].

Математические модели оценки устойчивости процесса резания на основе нечеткой логики и модели Лоренца

В случае невозможности применения простых математических моделей для описания сложных систем и процессов, систем с существенной нелинейностью [5], их описание возможно помощью применения методов нечеткой логики.

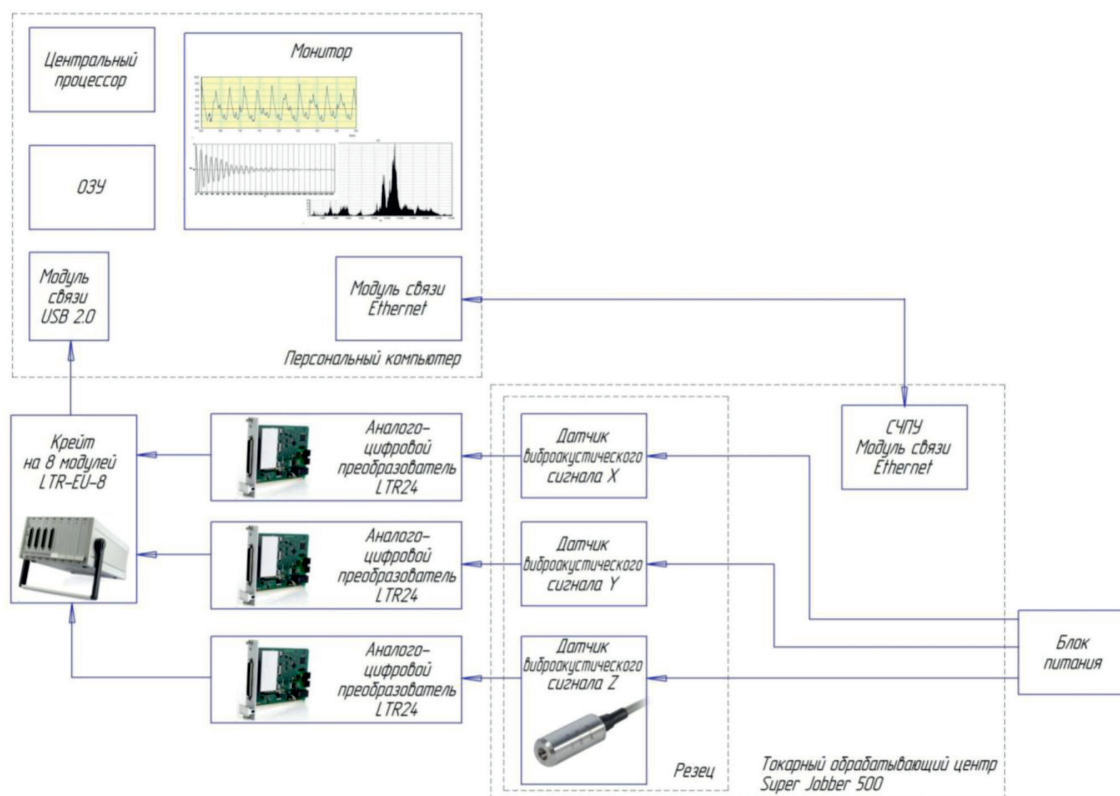
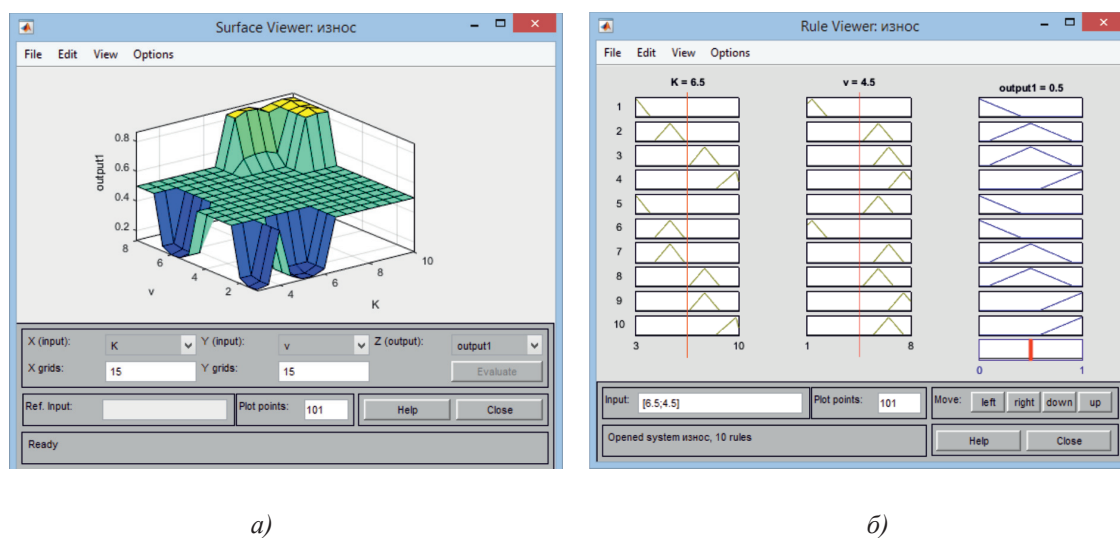


Рис. 1. Структура автоматизированного стенда измерения вибросигнала при чистовой обработке



а)

б)

Рис. 2. Модель износа инструмента

В рамках нечеткой логики механизм логического вывода в общем случае состоит из следующих этапов [6]:

1. Фазификация.
2. Нечеткий вывод.
3. Нечеткая композиция.

4. Дефазификация.

На рис. 2 показаны поверхность функции модели (а) и задание системы правил функции (б), реализованные с помощью модуля fuzzy logic программного обеспечения Matlab.

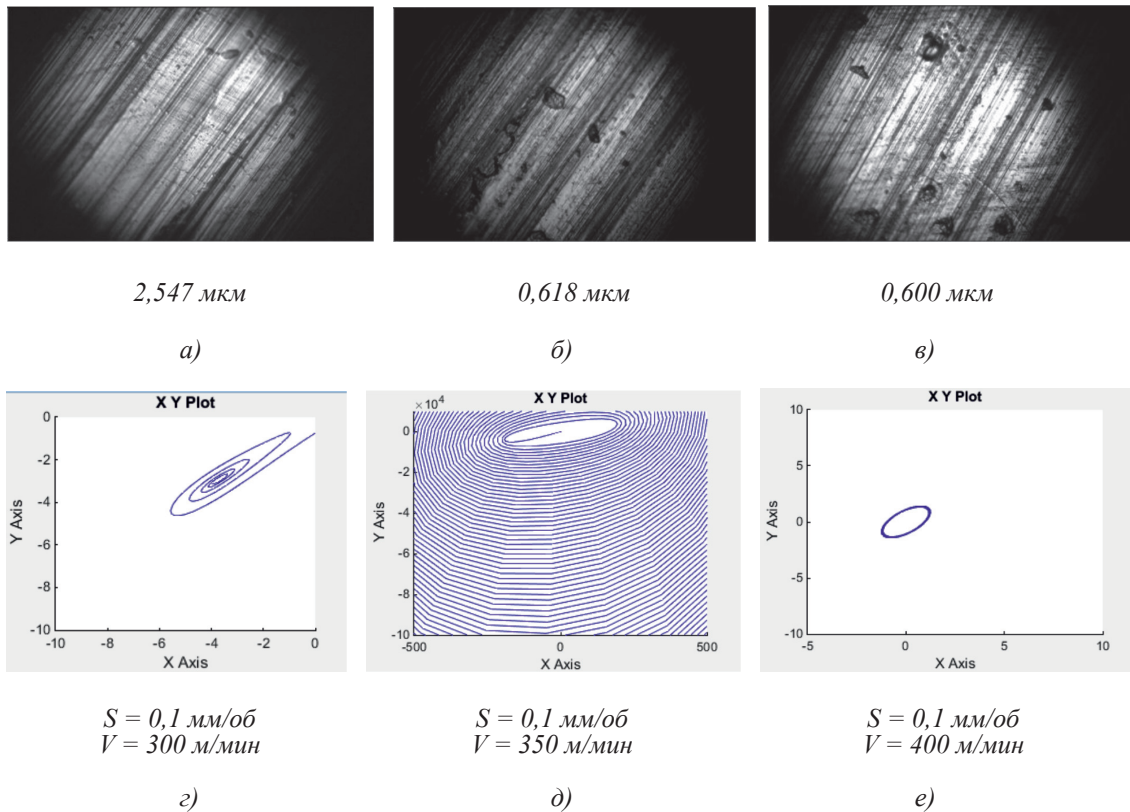


Рис. 3. Фотографии обработанной поверхности (а), профилограммы поверхности (б), параметры шероховатости Ra (в), полигоны распределения частот (г), фазовые портреты технологической системы (д) при различных режимах резания (е)

Для исследования технологической системы процесса резания в программном пакете Simulink Matlab R2014 была построена модель системы Лоренца [7] для технологической системы. Результаты расчетов выводятся на блок графопостроителя фазовой плоскости XY и XZ .

Для оценки параметров исследуемой системы Лоренца использовался уточненный метод Эйлера. Модель системы имеет вид

$$\begin{cases} x' = -C_4x + y, \\ y' = C_1x - C_2y - C_3xz, \\ z' = C_5xy - C_6z, \end{cases}$$

где параметры $C_1 = \frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{h}{m} - \frac{c}{m} - \left(\frac{k_1}{k_2}\right)^2$,
 $C_2 = \left(\frac{h}{m} - \frac{k_1}{k_2}\right)$, $C_3 = \frac{1}{m}$, $C_4 = \frac{k_1}{k_2}$, $C_5 = \frac{k_2}{T}$,
 $C_6 = \frac{1}{T}$, среди которых оценка проводилась для C_1 , C_2 , C_4 , C_5 [8].

$$C_4 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} \frac{y_i - \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{2H}}{x_i},$$

$$C_5 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} \frac{\frac{z_{i+1} - z_{i-1}}{2H} + C_6 z_i}{x_i y_i},$$

$$C_2 = C_3 h_0 - C_4,$$

$$C_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} \frac{\frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2H} + C_2 y_i + C_3 x_i y_i}{x_i},$$

где x_i , y_i , z_i – значения временных рядов на i -ом шаге соответственно, $N = 10^4$ – длина временного ряда, $H = 0,01$ – шаг интегрирования. Значения временных рядов брались из стадии стационарного процесса (износ по задней поверхности $h_3 = 0,3-0,7$ мм).

Для оценки устойчивости трибосистемы принципиальное значение имеют два параметра C_1 и C_2 , так как они определяют знак в системе. Коэффициент C_1 , характеризующий частоту колебаний в системе, можно представить как функцию от c . Поэтому параметр C_1 (а точнее c) в системе бу-

дет управляющим. По мере движения точки равновесия системы изменяются значения динамической жесткости и диссипации.

Коэффициент суммарной динамической жесткости [8]:

$$c = \frac{-C_1}{m} + \frac{C_4 h_0}{m} - C_4^2.$$

Для различных значений c были построены фазовые портреты, по которым определялась устойчивость системы (рис. 3).

Выводы

Проверка адекватности модели показала, что с точки зрения управляемости процесса особенный интерес для трибо-системы представляет случай, когда параметры системы определяют её положение вблизи бифуркационных преобразований, при этом достаточно малого изменения управляющих параметров для того, чтобы система самопроизвольно перешла в состояние детерминированного поведения, т.е. наблюдается ее спонтанная самоорганизация.

В результате экспериментов было выявлено [8]:

- при $c = 0$; $-11 < c < -17$; $-24 < c < -27$ система находится в состоянии бифуркации и способна самопроизвольно перейти в новое состояние;
- при остальных отрицательных значениях c система относительно устойчива;
- при положительных значениях c система имеет единственную асимптотически устойчивую точку, где она является относи-

тельно устойчивой, при обработке как минералокерамическим инструментом ВОК60 так и твердым сплавом Т15К6, но данные режимы обработки не являются оптимальными с точки зрения производительности процесса.

Список литературы

1. Городецкий М.С. Оперативная диагностика в металлорежущих станках / М.С. Городецкий // Оперативная диагностика состояния оборудования, инструмента и рабочего процесса в станках с помощью встроенных средств: Сб. науч. трудов. – М.: ЭНИМС, 1989. – С. 5–13.
2. Мигранов М.Ш. Анализ контактных процессов при трении и резании / М.Ш. Мигранов, Л.Ш. Шустер // Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел, деталей технологического и энергетического оборудования. – 2009. – № 2. – С. 90–96.
3. Интеллектуальные системы диагностики состояния оборудования и износа инструмента / Ю.Г. Кабалдин [и др.] // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – 2014. – № 2. – С. 47–50.
4. Остапчук А.К., Кузнецова Е.М., Михалищев А.Г. К вопросу оценки работоспособности режущего инструмента // Новая наука: Современное состояние и пути развития. – 2015. – № 3. – С. 86–88.
5. Оценка состояния режущего инструмента в режиме реального времени на основе подходов нелинейной динамики с использованием NVIDIA CUDA в программной среде LABVIEW / Ю.Г. Кабалдин [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 5 (102). – С. 114–121.
6. Ярушкина Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем / Н.Г. Ярушкина. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 244 с.
7. Lorenz E.N. Deterministic nonperiodic flow // Journ. of the Atmospheric Science. – 1963. – Vol. 20. – P. 130–141.
8. Остапчук А.К. Моделирование процесса обработки деталей транспортных машин с использованием системы уравнений Лоренца / А.К. Остапчук // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. Том 1. – Пермь: ПНИПУ, 2013 – С. 254–266.

УДК 004.942:[536.24.01+621.3.038.825.3]

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ
ОПТИЧЕСКОГО КАНАЛА ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА****Ус Н.А., Задорожний С.П.***ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, e-mail: na5315@rambler.ru*

В работе решена задача компенсации температурного воздействия на геометрические размеры оптического контура кольцевого моноблочного гироскопа, выполненного из органического стекла. Исследован кольцевой моноблочный гироскоп с микромощным полупроводниковым лазерным диодом, снабженным элементом Пельтье, который расположен в геометрическом центре моноблока и дестабилизирует оптический контур. Для компенсации температурного градиента вдоль оптического канала, составляющего треугольный контур гироскопа, выделяются наиболее удаленные точки/зоны от источника температурного возмущения. Они являются критическими по отношению к центру оптического канала. Разработанный способ состоит в том, что в направлении критических точек/зон формируются не менее двух на каждый оптический канал специальные каналы компенсации от источника теплового возмущения. Они заполнены теплопроводной пастой с повышенной теплопроводностью по отношению к теплопроводности конструкционного материала моноблока. Предложена математическая модель температурной зависимости оптического канала лазерного гироскопа для расчета конструктивно-технологических параметров канала компенсации, учитывающая влияние элемента Пельтье и температуры окружающей среды. Это позволяет устранить дестабилизирующее температурное влияние на тепловой изгиб, возможные деформации оптических каналов моноблока лазерного гироскопа и расширить диапазон его рабочих температур.

Ключевые слова: лазерный гироскоп, оптический канал, температурная деформация, способ компенсации, модель

**A MATHEMATICAL MODEL OF THE TEMPERATURE DEPENDENCE
OF THE OPTICAL PATH OF THE LASER GYRO****Us N.A., Zadorozhniy S.P.***MESC AE «N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin Air Force Academy», Voronezh, e-mail: na5315@rambler.ru*

The work solved the problem of the compensation of the temperature influence on geometrical dimensions of the optical circuit of ring close-coupled gyroscope is made of organic glass. Investigated monobloc ring gyroscope with a Micropower solid state laser diode, equipped with a Peltier element, which is located in the geometric center of the monoblock and destabilize optical path. To compensate for the temperature gradient along the optical channel, comprising the triangular contour of the gyro, the most remote point/zones from the source of thermal perturbations. They is critical to the center optical channel. The developed method consists in the fact that in the direction of critical points/zones are formed at least two for each optical channel one or more channels of compensation from the source of thermal perturbations. They are filled with heat-conducting paste with high thermal conductivity relative to thermal conductivity construction material of a monoblock. A mathematical model of the temperature dependence of the optical path of the laser gyroscope to calculate the constructive-technological parameters of the channel compensation, taking into account the effect of the Peltier element and the ambient temperature. This eliminates a destabilizing temperature effect on the thermal bending and possible deformation of optical channels monoblock laser gyroscope and to expand its range of operating temperatures.

Keywords: laser gyro, optical channel, thermal deformation, compensation, model

Современные высокоточные бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС) строятся на базе оптических гироскопов, в частности кольцевых лазерных и волоконно-оптических гироскопов [1]. Относительно недавно появился новый тип оптических гироскопов, объединивший основные достоинства известных двух систем и получивших название – кольцевой моноблочный гироскоп с полупроводниковым лазерным диодом (КМГ с ПЛД) [2]. Устройство обладает возможностью масштабирования периметра оптического контура на базе моноблока и использует в качестве источника накачки микромощный полупроводниковый лазер. Новая конструкция лазерного гироскопа позволяет использовать открытые оптиче-

ские каналы и допускает применение более дешевых конструкционных материалов, например органического стекла, оптического полистирола и т.п. Это существенно упрощает технологию создания оптического моноблока и позволяет применить большее количество стандартных изделий – линейки полупроводниковых лазерных диодов, элементов обвязки оптического контура моноблока на базе стандартных зеркал, интерференционного смесителя. Однако для моноблока, изготовленного из органического стекла (полиметилметакрилат), коэффициент линейного теплового расширения варьируется в широких пределах и равен $60\text{--}110 \times 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{K}$. Это приводит к искажению линейности и соосности оптических каналов при рабочих температурах изделия

в диапазоне 20–75 °С, что изменяет цилиндрическую геометрию канала.

Объектом исследования является кольцевой моноблочный гироскоп с полупроводниковым лазерным диодом, в котором стабилизация рабочего режима излучения микромощного ПЛД выполняется на базе элемента Пельтье [3]. При выходной мощности лазера 100 мВт и более металлический корпус, выполняющий функции радиатора, разогревается до температур десятков градусов Цельсия, что создает при его контакте с конструкционным материалом моноблока температурное дестабилизирующее воздействие на оптический контур гироскопа в виде теплового изгиба и деформации составляющих оптических каналов. Кроме того, окружающая среда на борту летательного аппарата также оказывает негативное влияние на тепловой режим моноблока гироскопа.

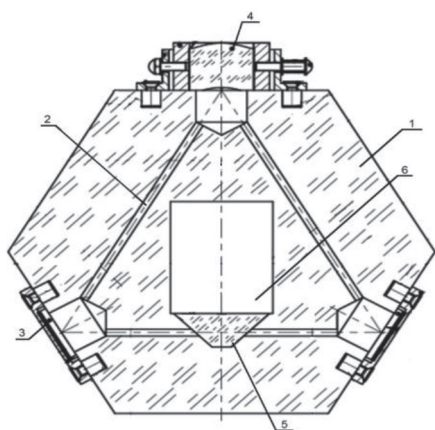
Цель работы – повысить температурную стабильность кольцевого моноблочного гироскопа с полупроводниковым лазерным диодом.

Задачей исследования является разработка способа компенсации температурного градиента вдоль оптических каналов, составляющих контур гироскопа, и математической модели температурной зависимости оптического канала лазерного гироскопа.

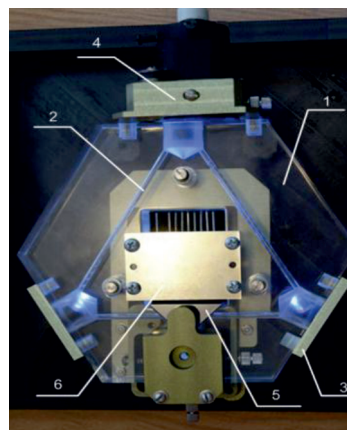
Описание объекта исследования. Объектом исследования является КМГ с ПЛД (рис. 1, а), изготовленный из органического стекла (рис. 1, б) [2]. Макетный образец создан на ОАО НПК «ЭЛАРА». Устройство содержит многоугольный оптический моноблок 1 со сформированными в нем оптическими каналами 2, зеркала полно-

го отражения лучистой энергии 3 и интерференционный преобразователь 4, совмещенный с полупрозрачным сферическим зеркалом. Сферическое зеркало обеспечивает юстировку треугольного оптического контура в моноблоке за счет применения механической двухкоординатной системы. При диаметре оптического канала 2,5 мм минимальная толщина моноблока составляет 8–10 мм, а длина оптического канала масштабируема и рекомендуется 50, 100 или 150 мм. В качестве оптического термостабильного источника накачки гироскопа используется микромощный ПЛД 6 марки LFO-250, снабженный элементом Пельтье, который расположен в геометрическом центре моноблока. Выходная мощность излучения лазерного диода 250 мВт, длина волны генерации 1,5 мкм, потребляемый ток элемента Пельтье 5,0 А. Двухнаправленное излучение и реализация одномодового режима достигается сопряжением ПЛД 6 с внешним оптическим резонатором 5 типа «усеченная призма». Последнее условие позволяет реализовать режим эффекта Саньяка в гироскопе [1].

Способ компенсации температурного градиента в оптическом канале. При симметричной геометрии моноблока и однородности конструкционного материала можно считать, что температурное поле линейно изменяется во всех направлениях от центра треугольника. Учитывая, что рабочий режим КМГ с ПЛД реализуется при фиксированной мощности ПЛД, то температура корпуса источника возмущения априори известна и ее влияние можно компенсировать с учетом температуры внешней окружающей среды.



а)



б)

Рис. 1. Лазерный гироскоп

Различие геометрического места точек оптического канала относительно источника-ка дестабилизирующей температуры определяет градиент температуры вдоль его длины. Это приводит к искривлению линейной геометрии оптического канала, его формы, искажению оптического потока в контуре и нарушению режима работы гироскопа.

Введем понятие критической точки/зоны оптического канала, в которой разбаланс температуры между центром оптического канала и ее линейной длины превышает некоторый порог, приводящий к изгибу и деформации канала. Установлено, что при длинах оптических каналов 100 мм и более при рабочих значениях температур корпуса ПЛД и окружающей среды критические точки находятся по краям оптических каналов.

Разработанный способ состоит в том, что от источника теплового возмущения формируются не менее двух на каждый оптический канал специальные компенсирующие каналы с повышенным коэффициентом теплопроводности и вектором, направленным в критическую точку/зону оптического канала [4]. За время выхода КМГ с ПЛД на установившийся рабочий режим градиент температур в критических точках/зонах купируется. Практически разбаланс по температуре в критических точках не должен превышать 5–10%, что для канала диаметром 2,5 мм при длине 100 мм определяет диапазон деформации 0,125–0,25 мм. Технически задача решается применением, например, теплопроводных паст типа КПТ-8 или их аналогов [5].

Фактически возмущающий тепловой поток, направленный к середине оптического канала по материалу моноблока, компенсируется тепловым потоком по сформированному каналу компенсации заданной формы и геометрии в критическую точку/зону на краях этого оптического канала, чем достигается компенсация температурного градиента вдоль него.

Математическая модель температурной зависимости оптического канала.

Модель влияния температурного поля источника возмущения представлена на рис. 2, а. Источник тепла T рассматривается как точечный с диаметром $2r$ и моделирует работу элемента Пельтье в микро-мощном ПЛД. В критических точках K выполняется условие $T_2 < T_1$. Концентрические окружности отражают распределение поля температуры от источника возмущения T в однородном пространстве исследуемого моноблока [6]. Конструктивно источник температурного возмущения T размещен внутри оптического контура моноблока ($R \gg r$), выполненного из оптически прозрачного материала, например органического стекла. Выделенные каналы компенсации (обозначены зеленым цветом) направлены в критические точки K .

Структурная схема компенсации температурного градиента оптического канала моноблока в критических точках (рис. 2, б) содержит два динамических звена постоянного запаздывания, которые моделируют прохождение информационного сигнала (температуру источника нагрева моноблока $T(P, \tau)$ и окружающей среды T_{cp}) по моноблоку и по каналу компенсации. Сумматор на входе определяет одновременное влияние двух информационных сигналов, а сумматор на выходе – реализует сравнение температур вдоль оптического канала между центром оптического канала $T_1(\tau)$ и критической точкой $T_2(\tau)$.

Здесь K_n – коэффициент линейного теплового расширения конструкционного материала моноблока; K_k – коэффициент линейного теплового расширения конструкционного материала канала компенсации; α , β – коэффициенты теплопроводности материалов моноблока и канала компенсации; τ – текущее время; P – мощность элемента Пельтье.

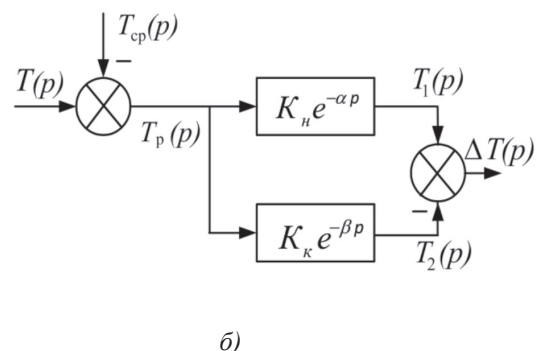
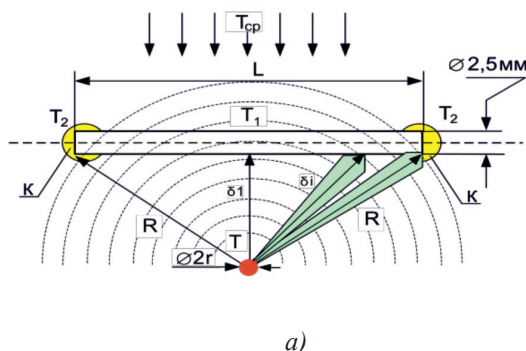


Рис. 2. Влияние температурного режима лазерного диода на геометрию оптического канала моноблока

Оператор системы компенсации определяется передаточной функцией Лапласа вида

$$\Phi(p) = \frac{\Delta T(p)}{[T(p) - T_{cp}(p)]} [K_n e^{-\alpha p} - K_k e^{-\beta p}]. \quad (1)$$

Откуда выходной сигнал разбаланса в системе будет равен

$$\begin{aligned} \Delta T(p) &= [T(p) - T_{cp}(p)] [K_n e^{-\alpha p} - K_k e^{-\beta p}] = \\ &= T_p(p) [K_n e^{-\alpha p} - K_k e^{-\beta p}]. \end{aligned}$$

После обратного преобразования Лапласа режим компенсации во времени определяется следующим выражением:

$$\Delta T(\tau) = T_p(\tau) [K_n e^{-\alpha \tau} - K_k e^{-\beta \tau}] = 0. \quad (2)$$

В итоге, при заданном соотношении температур источника нагрева моноблока $T(\tau)$ и окружающей среды $T_{cp}(\tau)$, получим следующее соотношение:

$$K_n e^{-\alpha \tau} = K_k e^{-\beta \tau}, \quad (3)$$

определяющее возможность компенсации влияния дестабилизирующих температурных факторов на деформацию оптических каналов моноблока.

Необходимо рассчитать конструктивные параметры канала компенсации при заданных ограничениях на линейные геометрические размеры оптического канала L , температуру источника возмущения T и значения теплопроводности материала моноблока.

Предположим, что температуры окружающей среды T_{cp} и источника возмущения T априори заданы и можно говорить о результирующей температуре T_p . Будем считать, что температура в объеме моноблока не зависит от времени, а зависит только от одной пространственной координаты, т.е. имеет место одномерный стационарный процесс теплопроводности [7]. Для одномерного стационарного процесса уравнение теплопроводности в цилиндрических координатах при отсутствии внутреннего тепловыделения имеет следующий вид [6]:

$$\frac{d}{dr} \left(\frac{dT}{dr} \right) = 0. \quad (4)$$

$$T_1 + (T_2 - T_1) \frac{\ln(\delta_{i+1}/r)}{\ln(R/r)} = 0,95 \left[T_1 + (T_2 - T_1) \frac{\ln(\delta_i/r)}{\ln(R/r)} \right]. \quad (9)$$

Решение уравнения (9) будем искать в следующем классическом виде [6]:

$$\delta_{i+1} = r e^{f(\delta_i)}, \quad (10)$$

где

$$f(\delta_i) = \frac{(T_2 - T_1) [\ln(\delta_i/r) / \ln(R/r)] - 0,05 T_1}{(T_2 - T_1)} \ln(R/r).$$

Для i -ой точки (рис. 3, а) радиусом $\delta_i < R$ значение температуры $T(\delta_i)$ при двух граничных условиях $T(r) = T_1$ и $T(R) = T_2$ можно найти из следующего выражения:

$$T(\delta_i) = T_1 + (T_2 - T_1) [\ln(\delta_i/r) / \ln(R/r)]. \quad (5)$$

Поскольку закон распределения температуры априори известен, то тепловой поток вдоль сектора с радиусом δ_i при достаточно малом угле $d\phi$ можно определить с помощью закона Фурье для цилиндрической системы координат:

$$q(\delta_i) = \frac{T_1 - T(\delta_i)}{\ln(\delta_i/r)} \lambda_{\Pi} z_{\Pi} d\phi = \frac{T_1 - T_2}{\ln(R/r)} \lambda_{\Pi} z_{\Pi} d\phi, \quad (6)$$

где λ_{Π} – коэффициент теплопроводности теплопроводной пасты; Z_{Π} – координата, определяющая толщину сектора канала с повышенной теплопроводностью.

Полный тепловой поток Q является интегральной величиной поперечной площади F :

$$Q = \int_F q dF. \quad (7)$$

Распределение поля температуры вдоль оптического канала длиной L до начала критической зоны в районе точки T_2 можно определить через величину δ_i при решении уравнения следующего вида:

$$T(\delta_{i+1}) = k T(\delta_i), \quad (8)$$

где k – коэффициент пропорциональности, характеризующий критическую разность градиента температуры, приводящую к нарушению работы гироскопа.

Предположим, что имеет место влияние теплообмена между моноблоком и каналом компенсации, где коэффициенты теплопроводности между зонами различны. Примем реальное значение k равным 0,95. Тогда градиент распределения поля температуры вдоль оптического канала длиной L будет равен критической границе в 5%. При $k = 0,95$ уравнение (8) с учетом (5) примет следующий вид:

Рассмотрим частный случай: $r = 5$ мм; $L = 100$ мм; $\delta_i = \delta_1$. Получим следующее выражение для промежуточной точки $\delta_{1,2} \leq R$, определяющей начало критической зоны Т2:

$$\ln\left(\frac{\delta_{1,2}}{r}\right) = \frac{0,684(T_2/T_1) - 0,734}{0,41(T_2/T_1) - 0,41}. \quad (11)$$

Из уравнения (11) для $\delta_{1,2} \leq R$ получим следующее соотношение $T_2/T_1 \geq 0,84$, которое определяет значение критической границы в 16%. Это превышает заданную величину границы в 5% и определяет необходимость компенсации температуры возмущения.

Расчет параметров компенсирующего канала КМГ с ПЛД. При указанных ранее ограничениях для оптического канала $L < 150$ мм достаточно компенсировать две критические точки (рис. 3, а). Фактически необходимо рассчитать канал компенсации в точку 2, так как вторая является зеркаль-

ной относительно середины оптического канала.

Априори известно конструктивно-топологическое решение канала компенсации (рис. 3, б). В процессе синтеза определяются: коэффициент теплопроводности пасты λ_{Π} при заданной толщине канала компенсации Z_{Π} , зона заполнения канала теплопроводной пастой с радиусом $\delta_{1,2}$. Оптимальное решение достигается при минимизации квадратичного функционала качества вида:

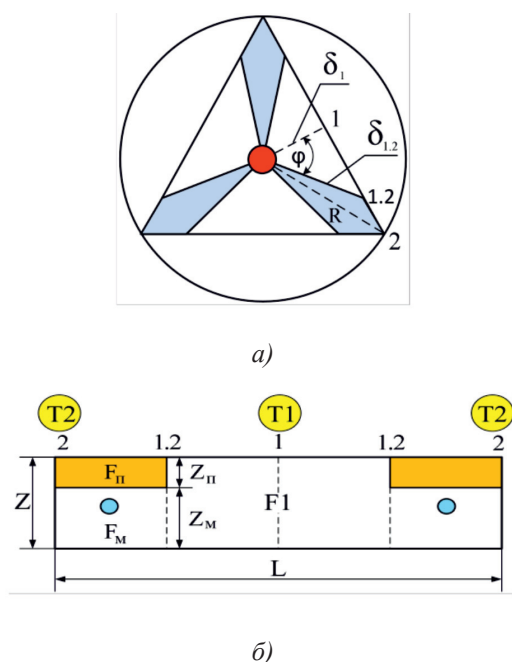
$$I = \min \sum_{i=1} [Q_1(\delta_1) - Q_{2i}(\delta_i)]^2. \quad (12)$$

Здесь мощности передающей тепловой энергии Q_1 и Q_2 источника температурного возмущения в точках 1 и 2 могут быть получены на основе общего выражения (7).

Выбранный профиль канала компенсации (рис. 4, б) для оптического канала $L = 100$ мм позволяет конкретизировать выражения Q_1 и Q_2 для критической точки 1.2:

$$Q_1 = q_1 F_1 = 4 \frac{T_1 - T_2}{\ln(R/r)} \lambda_M Z^2 \arccos(\delta_1/\delta_{1,2}) \sqrt{\delta_{1,2}^2 - \delta_1^2}. \quad (13)$$

$$Q_2 = q_{\Pi} F_{\Pi} + q_M F_M = 2 \frac{T_1 - T_2}{\ln(R/r)} \lambda_{\Pi} Z_{\Pi}^2 \left[\arccos(\delta_1/R) - \arccos(\delta_1/\delta_{1,2}) \right] \left(\frac{L}{2} - \sqrt{\delta_{1,2}^2 - \delta_1^2} \right) + 2 \frac{T_1 - T_2}{\ln(R/r)} \lambda_M Z_M^2 \left[\arccos(\delta_1/R) - \arccos(\delta_1/\delta_{1,2}) \right] \left(\frac{L}{2} - \sqrt{\delta_{1,2}^2 - \delta_1^2} \right). \quad (14)$$



Моноблок КМГ с ПЛД
(органическое стекло, длина оптического канала 100 мм)

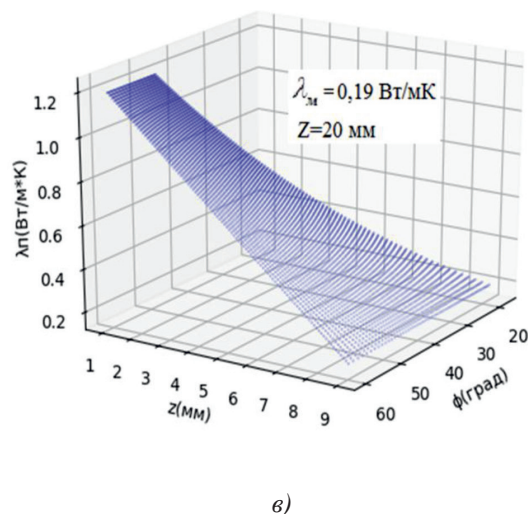


Рис. 3. КМГ с ПЛД: вариант создания канала компенсации температурного возмущения в основании моноблока

Функционал качества достигает минимума при равенстве $Q_1 = Q_2$. Тогда

$$4 \frac{T_1 - T_2}{\ln(R/r)} \lambda_M Z^2 \arccos(\delta l / \delta_{1,2}) \sqrt{\delta_{1,2}^2 - \delta l^2} = 2 \frac{T_1 - T_2}{\ln(R/r)} \lambda_{II} Z_{II}^2 \left[\arccos(\delta l / R) - \arccos(\delta l / \delta_{1,2}) \right] \cdot \left(\frac{L}{2} - \sqrt{\delta_{1,2}^2 - \delta l^2} \right) + 2 \frac{T_1 - T_2}{\ln(R/r)} \lambda_M Z_M^2 \left[\arccos(\delta l / R) - \arccos(\delta l / \delta_{1,2}) \right] \left(\frac{L}{2} - \sqrt{\delta_{1,2}^2 - \delta l^2} \right). \quad (15)$$

Численное решение полученного уравнения (15) приведено на рис. 3, в, где представлены расчетные данные для выбора параметров канала компенсации. Для рассчитанного значения радиуса $\delta_{1,2}$ определен его угол φ , что позволяет выбрать геометрию канала, соответствующие значения теплопроводности пасты λ_{II} и его толщины Z_{II} .

Выводы

Разработанная математическая модель температурной зависимости оптического канала КМГ с ПЛД, учитывающая влияние элемента Пельтье и температуру окружающей среды, позволила определить возможность компенсации возникающего температурного градиента вдоль оптического канала контура гироскопа.

Способ компенсации температурного градиента в оптическом канале КМГ с ПЛД базируется на том, что от источника теплового возмущения, расположенного в геометрическом центре моноблока, формируются не менее двух на каждый оптический канал специальные каналы компенсации с повышенным коэффициентом теплопроводности по отношению к коэффициенту теплопроводности материала моноблока и вектором, направленным в критическую точку/зону оптического канала. Понятие критической точки/зоны оптического канала определяется условием, при котором разбаланс температуры между центром оптического канала и ее линейной длины превышает порог в 5%, приводящий к изгибу и деформации канала.

Для КМГ с ПЛД, изготовленного из органического стекла толщиной 20 мм при

длине оптического канала 100 мм и реализующего треугольную оптическую схему гироскопа, рассчитаны конструктивные параметры канала компенсации, позволяющие исключить тепловой изгиб и деформацию оптических каналов моноблока лазерного гироскопа в заданных пределах.

Разработанная модель приемлема для расчета оптических контуров лазерного гироскопа с длинами оптических каналов более 150 мм, когда требуется четыре и более каналов компенсации на один оптический канал.

Список литературы

1. Лукьянов Д.П. Прикладная теория гироскопов: учебник для вузов / Д.П. Лукьянов, В.Я. Распопов, Ю.В. Филатов. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО Концерн «Электроприбор», 2015. – 315 с.
2. Архипов В.А., Полутков А.Г., Ус Н.А., Склярова О.Н., Задорожний С.П., Смирнов П.В. Лазерный гироскоп. Патент России № 2582900. 2014. Бюл. № 12.
3. Шостаковский П.Г. Современные решения термозлектронного охлаждения для радиоэлектронной, медицинской, промышленной и бытовой техники / П.Г. Шостаковский // Компоненты и технологии. – 2010. – № 1. – С. 130–137.
4. Ус Н.А., Задорожний С.П., Авершин А.А., Склярова О.Н. Способ компенсации теплового изгиба и деформации оптических каналов моноблока лазерного гироскопа. Патент России № 2630533. 2017. Бюл. № 26.
5. ГОСТ 19783-74 «Паста кремнийорганическая теплопроводная. Технические условия». Переизданное с изменениями. – М.: ИПК изд. стандартов, 1996. – 11 с.
6. Авдеевский В.С. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике: учебник для авиационных специальностей вузов / В.С. Авдеевский, Б.М. Галицкий, Г.А. Глебов // Под общ. ред. В.С. Авдеевского, В.К. Кошкиной. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1992. – 528 с.
7. Мазо А.Б. Основы теории и методы расчета теплопередачи: учебное пособие / А.Б. Мазо. – Казань: Казан. ун-т, 2013. – 144 с.

УДК 681.5

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИЦИРУЕМОСТИ

Цибизова Т.Ю., Пью Си Тху, Селезнева М.С.

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)», Москва,
e-mail: mumc@bmstu.ru, sithu231@gmail.com, m.s.selezneva@mail.ru

Рассмотрена задача параметрической идентификации моделей динамических систем. Исследованы численные критерии определения качества идентификации параметров моделей различных классов. Показано, что наиболее эффективным подходом при решении задачи определения качества идентификации является использование критериев степени идентифицируемости. Рассмотрен алгоритм идентификации. Предложен критерий степени идентифицируемости. В случае, когда уравнения объекта имеют явно выраженный нелинейный характер, рассмотрен критерий определения степени параметрической идентифицируемости нелинейных моделей динамических систем. Проведено моделирование линейных математических моделей погрешностей инерциальной навигационной системы (ИНС) корректируемой от ГЛОНАСС с использованием алгоритмов идентификации. Представлены результаты математического моделирования тестовой модели погрешностей ИНС с алгоритмами фильтра Калмана, которые подтверждают эффективность использования для оценивания моделей с повышенными характеристиками идентифицируемости.

Ключевые слова: нелинейные системы управления, динамические системы, математическая модель, идентификация, степень идентифицируемости, точностные характеристики, численные критерии

MATHEMATICAL MODELING OF DYNAMIC SYSTEMS USING PARAMETRIC IDENTIFIABILITY

Tsibizova T.Yu., P'o Si Tkhu, Selezneva M.S.

Federal State Budgetary Education Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University» (BMSTU), Moscow, e-mail: mumc@bmstu.ru, sithu231@gmail.com, m.s.selezneva@mail.ru

The problem of parametrical identification of models of dynamic systems. Investigated the numerical criteria determining the quality of identification of parameters of models of different classes. It is shown that the most effective approach to the problem of determining the quality of identification is the use of the criteria of the degree of identifiability. The algorithm of identification. The proposed criterion of the degree of identifiability. In the case when the equations of the object are clearly pronounced nonlinear character of the considered criterion for determining the degree of parametric identifiability of nonlinear models of dynamic systems. Modelling linear mathematical models of errors in inertial navigation systems (INS) adjustable from GLONASS by using identification algorithms. The results of mathematical simulation test of the error model of the INS algorithms with the Kalman filter, which confirm the efficiency for the estimation of models with improved characteristics identifiability.

Keywords: nonlinear system control, dynamic systems, mathematical model, identification, degree of identifiability, accuracy characteristics, numerical criteria

Решение задач проектирования систем управления динамическими объектами предполагает использование математических моделей исследуемого процесса в регуляторах. Априорные математические модели, полученные на основе физических законов, не всегда точно отражают исследуемые процессы. Для определения параметров математической модели используются алгоритмы идентификации, которые отличаются большим разнообразием и отличаются точностными характеристиками и необходимы для реализации вычислительными затратами. С помощью исследуемых алгоритмов идентификации определяют неизвестные параметры матрицы модели, структура которой задана априори.

Точность идентификации параметров модели зависит от связей определяемого параметра в матрице модели с непосредственно измеряемой компонентой вектора состояния, а также от точности алгоритма идентификации. Точностные характеристики алгоритмов идентификации известны [1, 2]. Сильные связи идентифицируемого параметра с вектором измерения позволяют эффективно определить неизвестный параметр. Для определения интенсивности этих связей используются критерии степени параметрической идентифицируемости [3].

В настоящей статье представлены численные критерии степени параметрической идентифицируемости, разработанные для стационарных и нестационарных моделей, а также для одного класса нелинейных моде-

лей динамических систем. Эффективность применения критериев продемонстрирована на примере идентификации неизвестного параметра моделей погрешностей инерциальной навигационной системы (ИНС) летательных аппаратов (ЛА).

В практических приложениях некоторые параметры матриц погрешностей ИНС зависят от режима полета и достоверно неизвестны, поэтому проводится их идентификация. Определение качества идентификации параметров модели позволяет осуществить выбор наиболее точных моделей, заранее оценить степень доверия результатам идентификации.

Постановка задачи исследования

В качестве алгоритмов построения моделей применяются эволюционные алгоритмы: нейронные сети, методы самоорганизации и генетические алгоритмы [4–6]. Эволюционные алгоритмы позволяют построить нефизичные модели, структура которых заранее неизвестна. Поэтому для управления используются физические модели с априорно известной структурой. При этом в процессе функционирования динамических объектов в условиях изменяющихся внешних воздействий параметры моделей могут существенно изменяться. И здесь возникает необходимость создания модели с использованием алгоритмов идентификации. Точностные характеристики алгоритмов идентификации известны [7]. Исследование качественных характеристик идентификации параметров проводится путем анализа результатов серий экспериментов и требует обработки большого объема статистического материала.

Наиболее эффективным подходом при решении задачи определения качества идентификации является использование крите-

риев степени идентифицируемости [1–3]. С помощью методов определения степени идентифицируемости можно вычислить численные оценки качества идентификации конкретного параметра матрицы модели. На основе этой информации осуществляется выбор моделей исследуемых процессов, обладающих наилучшей идентифицируемостью.

Алгоритм идентификации

Математическая модель исследуемого динамического объекта имеет следующий вид [8]:

$$x_k = \Phi x_{k-1} + w_{k-1}, \quad (1)$$

где x_{k-1} – вектор состояния; w_{k-1} – вектор входного шума, который является дискретным аналогом белого гауссового шума с нулевым математическим ожиданием; Φ – матрица модели с размерностью $(n \times m)$.

Часть вектора состояния измеряется:

$$S = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & -gT & 0 \\ 1 + \frac{gT^2}{R} & -2gT & -gT^2 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где z_k – m -вектор измерений; H – матрица измерений $(m \times n)$; v_k – m -вектор измерительного шума, который является дискретным аналогом белого гауссового шума с нулевым математическим ожиданием, причем v и w некоррелированы между собой, т.е. $M[v_k w_k^T] = 0$.

Необходимо произвести оценивание неизвестных постоянных параметров матрицы объекта Φ уравнения (1).

Оценка вектора состояния x_1 при скалярном измерении z может быть определена следующим образом:

$$x_1 = \begin{bmatrix} H \\ H\Phi \\ \dots \\ H\Phi^{n-1} \end{bmatrix}^{-1} \left\{ \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \dots \\ z_n \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} v_1 \\ Hw_1 \\ H\Phi w_1 + Hw_2 + v_3 \\ \dots \\ H\Phi^{n-2} w_1 + \dots + v_n \end{bmatrix} \right\}. \quad (3)$$

Уравнение измерений для $(n + 1)$ -го момента времени имеет вид

$$z_{n+1} = Hx_{n+1} + v_{n+1}. \quad (4)$$

Вектор состояния x_{n+1} можно выразить через его значение в 1-й момент времени следующим образом:

$$x_{n+1} = \Phi^n x_1 + \Phi^{n-1} w_1 + \dots + w_n. \quad (5)$$

Подставив (5) в (4), получим

$$\mathbf{z}_{n+1} = \mathbf{H}\Phi^n \mathbf{x}_1 + \mathbf{H}\Phi^{n-1} \mathbf{w}_1 + \dots + \mathbf{H}\mathbf{w}_n + \mathbf{v}_{n+1} \quad (6)$$

или

$$\begin{aligned} \mathbf{z}_{n+1} = \mathbf{H}\Phi^n \begin{bmatrix} \mathbf{H} \\ \mathbf{H}\Phi \\ \dots \\ \dots \\ \mathbf{H}\Phi^{n-1} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \dots \\ \dots \\ z_n \end{bmatrix} - \mathbf{H}\Phi^n \begin{bmatrix} \mathbf{H} \\ \mathbf{H}\Phi \\ \dots \\ \dots \\ \mathbf{H}\Phi^{n-1} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_1 \\ \mathbf{H}\mathbf{w}_1 \\ \mathbf{H}\Phi\mathbf{w}_1 + \mathbf{H}\mathbf{w}_2 + \mathbf{v}_3 \\ \dots \\ \mathbf{H}\Phi^{n-2}\mathbf{w}_1 + \dots + \mathbf{v}_n \end{bmatrix} + \\ + \mathbf{H}\Phi^{n-1}\mathbf{w}_1 + \mathbf{H}\Phi^{n-2}\mathbf{w}_2 + \dots + \mathbf{H}\mathbf{w}_n + \mathbf{v}_{n+1}. \end{aligned} \quad (7)$$

Введем обозначения:

$$\begin{bmatrix} a_1 & a_2 & \dots & a_n \end{bmatrix} = \mathbf{H}\Phi^n \begin{bmatrix} \mathbf{H} \\ \mathbf{H}\Phi \\ \dots \\ \dots \\ \mathbf{H}\Phi^{n-1} \end{bmatrix}^{-1}; \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{v}_1^0 = b_1\mathbf{w}_1 + b_2\mathbf{w}_2 + \dots + b_n\mathbf{w}_n - a_1\mathbf{v}_1 - a_2\mathbf{v}_2 - \dots - a_n\mathbf{v}_n + \mathbf{v}_{n+1} = \\ = \mathbf{H}\Phi^n \begin{bmatrix} \mathbf{H} \\ \mathbf{H}\Phi \\ \dots \\ \dots \\ \mathbf{H}\Phi^{n-1} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_1 \\ \mathbf{H}\mathbf{w}_1 \\ \mathbf{H}\Phi\mathbf{w}_1 + \mathbf{H}\mathbf{w}_2 + \mathbf{v}_3 \\ \dots \\ \mathbf{H}\Phi^{n-2}\mathbf{w}_1 + \dots + \mathbf{v}_n \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (9)$$

Тогда уравнение (7) с учетом новых обозначений примет вид

$$z_{n+1} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & \dots & a_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \dots \\ z_n \end{bmatrix} + \mathbf{v}_1^0. \quad (10)$$

Уравнение (10) можно переписать в следующем виде:

$$z_{n+1} = \begin{bmatrix} z_1 & z_2 & \dots & z_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{bmatrix} + \mathbf{v}_1^0, \quad (11)$$

а также:

$$\begin{aligned} z_{n+2} = \begin{bmatrix} z_2 & z_3 & \dots & z_{n+1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{bmatrix} + \mathbf{v}_2^0; \\ z_{n+3} = \begin{bmatrix} z_3 & z_4 & \dots & z_{n+2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{bmatrix} + \mathbf{v}_3^0; \\ \dots \end{aligned} \quad (12)$$

$$z_{2n} = \begin{bmatrix} z_n & z_{n+1} & \dots & z_{2n-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{bmatrix} + \mathbf{v}_n^0.$$

Уравнения (12) можно записать в матричной форме:

$$\begin{bmatrix} z_{n+1} \\ z_{n+2} \\ \dots \\ z_{2n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_1 & \dots & z_n \\ z_2 & \dots & z_{n+1} \\ \dots & \dots & \dots \\ z_n & \dots & z_{2n-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{v}_1^0 \\ \mathbf{v}_2^0 \\ \dots \\ \mathbf{v}_n^0 \end{bmatrix},$$

откуда можно выразить вектор-столбец, состоящий из неизвестных параметров $a_1, a_2, \dots, a_n$:

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_1 & \dots & z_n \\ z_2 & \dots & z_{n+1} \\ \dots & \dots & \dots \\ z_n & \dots & z_{2n-1} \end{bmatrix}^{-1} \left\{ \begin{bmatrix} z_{n+1} \\ z_{n+2} \\ \dots \\ z_{2n} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{v}_1^0 \\ \mathbf{v}_2^0 \\ \dots \\ \mathbf{v}_n^0 \end{bmatrix} \right\}.$$

В скалярной форме уравнение для вектора неизвестных параметров будет иметь вид

$$\begin{aligned} a_1 &= f_1(z_1, \dots, z_{2n}) + \mathbf{v}_1^0, \\ a_2 &= f_2(z_1, \dots, z_{2n}) + \mathbf{v}_2^0, \\ &\dots \\ a_n &= f_n(z_1, \dots, z_{2n}) + \mathbf{v}_n^0. \end{aligned} \quad (13)$$

Здесь

$$\begin{bmatrix} f_1(z_1, \dots, z_{2n}) \\ f_2(z_1, \dots, z_{2n}) \\ \dots \\ f_n(z_1, \dots, z_{2n}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_1 & \dots & z_n \\ z_2 & \dots & z_{n+1} \\ \dots & \dots & \dots \\ z_n & \dots & z_{2n-1} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} z_{n+1} \\ z_{n+2} \\ \dots \\ z_{2n} \end{bmatrix}; \quad (14)$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{v}_1^{00} \\ \mathbf{v}_2^{00} \\ \dots \\ \mathbf{v}_n^{00} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_1 & \dots & z_n \\ z_2 & \dots & z_{n+1} \\ \dots & \dots & \dots \\ z_n & \dots & z_{2n-1} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_1^0 \\ \mathbf{v}_2^0 \\ \dots \\ \mathbf{v}_n^0 \end{bmatrix}. \quad (15)$$

Численный критерий степени идентифицируемости параметров нелинейных моделей одного класса

Предложенный критерий степени идентифицируемости имеет следующий вид

$$\gamma^i = \frac{M[(a^i)^2]r}{M[(z^i)^2]r^{*i}}. \quad (16)$$

Здесь $M[(a^i)^2]$ – дисперсия произвольной i -ой компоненты вектора параметров a ;

$M[(z^i)^2]$ – дисперсия непосредственно измеряемой компоненты вектора параметров;

$r = M[v^2]$ – дисперсия исходного измерительного шума;

$$r_k^{*i} = \frac{1}{2} \sqrt{\{p_0^i k - M[(v_k^i)^2]\}^2 + 4M[(v_k^i)^2]p_0(k-1) -$$

$$-\frac{1}{2}\{p_0^i k - M[(v_k^i)^2]\}} - \text{дисперсия приведенного измерительного шума};$$

p – дисперсия ошибки оценивания адаптивного фильтра;

v – обновляемая последовательность.

Разработанный численный критерий степени идентифицируемости конкретных параметров матрицы модели отличается универсальностью и позволяет вычислять качество идентификации параметров в виде скаляра.

В случае, когда уравнения объекта имеют явно выраженный нелинейный характер, используется критерий определения степени параметрической идентифицируемости нелинейных моделей динамических систем.

Пусть в уравнении объекта в SDC-представлении вектор состояния $\mathbf{x}_{k+n}$ можно выразить его значением в начальный момент $\mathbf{x}_k$ времени в виде

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{k+n} &= \Phi(t_{k+n-1}, \mathbf{x}_{k+n-1}) \dots \Phi(t_k, \mathbf{x}_k) \mathbf{x}_k \\ &+ \Phi(t_{k+n-1}, \mathbf{x}_{k+n-1}) \dots \Phi(t_{k+1}, \mathbf{x}_{k+1}) \mathbf{G}(t_k, \mathbf{x}_k) \mathbf{w}_k \\ &+ \dots + \mathbf{G}(t_{k+n-1}, \mathbf{x}_{k+n-1}) \mathbf{w}_{k+n-1}. \end{aligned} \quad (17)$$

Подставив выражение для $\mathbf{x}_{k+n}$ в уравнение измерений $\mathbf{y}_{k+n}$, получим

$$\begin{aligned} \mathbf{y}_{k+n} &= \mathbf{H}_{k+n} \Phi(t_{k+n-1}, \mathbf{x}_{k+n-1}) \dots \Phi(t_k, \mathbf{x}_k) \mathbf{x}_k \\ &+ \mathbf{H}_{k+n} \Phi(t_{k+n-1}, \mathbf{x}_{k+n-1}) \dots \Phi(t_{k+1}, \mathbf{x}_{k+1}) \mathbf{G}(t_k, \mathbf{x}_k) \mathbf{w}_k \\ &+ \dots + \mathbf{H}_{k+n} \mathbf{G}(t_{k+n-1}, \mathbf{x}_{k+n-1}) \mathbf{w}_{k+n-1} + \mathbf{v}_{k+n}. \end{aligned} \quad (18)$$

Подставив в это уравнение выражение $\mathbf{x}_k$, получим

$$\begin{aligned} \mathbf{y}_{k+n} = & \mathbf{H}_{k+n} \Phi(t_{k+n-1}, \mathbf{x}_{k+n-1}) \cdots \Phi(t_k, \mathbf{x}_k) \mathbf{O}_k^+ \mathbf{y}_k^* \\ & - \mathbf{H}_{k+n} \Phi(t_{k+n-1}, \mathbf{x}_{k+n-1}) \cdots \Phi(t_k, \mathbf{x}_k) \mathbf{O}_k^+ \mathbf{v}_k^* \\ & + \mathbf{H}_{k+n} \Phi(t_{k+n-1}, \mathbf{x}_{k+n-1}) \cdots \Phi(t_{k+1}, \mathbf{x}_{k+1}) \mathbf{G}(t_k, \mathbf{x}_k) \mathbf{w}_k \\ & + \cdots + \mathbf{H}_{k+n} \mathbf{G}(t_{k+n-1}, \mathbf{x}_{k+n-1}) \mathbf{w}_{k+n-1} + \mathbf{v}_{k+n}, \end{aligned} \quad (19)$$

где $\mathbf{O}_k^+ = [\mathbf{O}_k^{*T} \mathbf{O}_k^*]^{-1} \mathbf{O}_k^{*T}$ – псевдообратная матрица $\mathbf{O}_k^*$.

Введем обозначения:

$$[\lambda_{1,k} \quad \lambda_{2,k} \quad \cdots \quad \lambda_{n,k}] = \mathbf{H}_{k+n} \Phi(t_{k+n-1}, \mathbf{x}_{k+n-1}) \cdots \Phi(t_k, \mathbf{x}_k) \mathbf{O}_k^+, \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{v}_k^0 = & \gamma_{1,k} \mathbf{w}_k + \gamma_{2,k} \mathbf{w}_{k+1} + \cdots + \gamma_{n,k} \mathbf{w}_{k+n-1} \\ & - \lambda_{1,k} \mathbf{v}_k - \lambda_{2,k} \mathbf{v}_{k+1} - \cdots - \lambda_{n,k} \mathbf{v}_{k+n-1} + \mathbf{v}_{k+n} \\ = & \mathbf{H}_{k+n} \Phi(t_{k+n-1}, \mathbf{x}_{k+n-1}) \cdots \Phi(t_k, \mathbf{x}_k) \mathbf{O}_k^+ \mathbf{v}_k^* \\ & + \cdots + \mathbf{H}_{k+n} \mathbf{G}(t_{k+n-1}, \mathbf{x}_{k+n-1}) \mathbf{w}_{k+n-1} + \mathbf{v}_{k+n}. \end{aligned} \quad (21)$$

Тогда задача сводится к определению неизвестных нестационарных элементов вектора-столбца $[\lambda_{1,k} \quad \lambda_{2,k} \quad \cdots \quad \lambda_{n,k}]$ по вновь сформированным измерениям [9]:

$$\begin{aligned} \lambda_{1,k} &= f_{1,k}(y_k, \cdots, y_{k+2n-1}) + v_k^{00}; \\ \lambda_{2,k} &= f_{2,k}(y_k, \cdots, y_{k+2n-1}) + v_{k+1}^{00}; \\ &\quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \\ \lambda_{n,k} &= f_{n,k}(y_k, \cdots, y_{k+2n-1}) + v_{k+n-1}^{00}, \end{aligned} \quad (22)$$

где

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} f_{1,k}(y_k, \cdots, y_{k+2n-1}) \\ f_{2,k}(y_k, \cdots, y_{k+2n-1}) \\ \cdots \\ f_{n,k}(y_k, \cdots, y_{k+2n-1}) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} y_k & y_{k+1} & \cdots & y_{k+n-1} \\ y_{k+1} & y_{k+2} & \cdots & y_{k+n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ y_{k+n-1} & y_{k+n} & \cdots & y_{k+2n-2} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} y_{k+n} \\ y_{k+n+1} \\ \cdots \\ y_{k+2n-1} \end{bmatrix}; \\ \begin{bmatrix} v_k^{00} \\ v_{k+1}^{00} \\ \cdots \\ v_{k+n-1}^{00} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} y_k & y_{k+1} & \cdots & y_{k+n-1} \\ y_{k+1} & y_{k+2} & \cdots & y_{k+n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ y_{k+n-1} & y_{k+n} & \cdots & y_{k+2n-2} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} v_k^0 \\ v_{k+1}^0 \\ \cdots \\ v_{k+n-1}^0 \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

Отсюда критерий степени идентифицируемости параметров модели динамических нестационарных систем имеет вид

$$DI_{Nk}^i = \frac{E[(\lambda_{i,k})^2] R_0}{E[(y_{i,k})^2] \hat{R}_k^i}, \quad (23)$$

где $E[(\lambda_{i,k})^2]$ – дисперсия произвольной i -ой компоненты вектора параметров λ ; $E[(y_{i,k})^2]$ – дисперсия непосредственно измеряемого вектора состояния; R_0 – дисперсия исходного измерительного шума; $\hat{R}_k^i$ – дисперсия приведенного измерительного шума.

Таким образом, уравнение (23) используется для определения степени идентифицируемости параметров матрицы $\tilde{\mathbf{O}}(t_k, \mathbf{x}_k)$.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведено моделирование линейных математических моделей погрешностей ИНС [10–12] корректируемой от ГЛОНАСС с использованием алгоритмов идентификации. Для идентификации неизвестных параметров матрицы модели использован типовой алгоритм идентификации, в основе которого лежит скалярный алгоритм. На графиках представлены сглаженные результаты идентификации.

Линейная математическая модель погрешностей ИНС для одного горизонтального канала имеет вид

$$x_k = \Phi x_{k-1} + W_k, \quad (1)$$

где

$$x_k = \begin{bmatrix} \delta V_k \\ \varphi_k \\ \varepsilon_k \end{bmatrix},$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1 & -gT & 0 \\ \frac{T}{R} & 1 & T \\ 0 & 0 & 1 - \beta T \end{bmatrix},$$

$$W_{k-1} = \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ \omega_{k-1} \end{bmatrix}.$$

Здесь g – гравитационное ускорение; B – смещение нуля акселерометра, R – радиус Земли, T – период дискретизации; ω – средняя частота случайного изменения дрейфа, W_{k-1} – дискретный аналог белого гауссового шума; δV_k – ошибки ИНС в определении скорости, φ_k – углы отклонения ГСП от сопровождающего трехгранника, ε_k – скорость дрейфа ГСП.

На рис. 1 представлено гравитационное ускорение g , изменяющееся с увеличением высоты полета ЛА и результаты его идентификации.

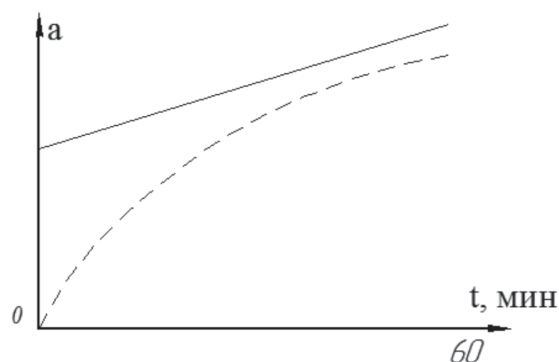


Рис. 1. Моделирование гравитационного ускорения g

На рис. 2 представлены погрешности ИНС и их оценки фильтром Калмана, полученные с использованием классической модели ошибок ИНС и с моделью с повышенными характеристиками идентифицируемости параметра.

Из графиков рис. 2 видно, что точность коррекции с использованием классической модели ошибок ИНС ниже, чем при использовании идентификации параметра матрицы модели g и выбора матрицы оцениваемого процесса с увеличенной степенью идентифицируемости этого параметра.

Таким образом, использование критерия степени идентифицируемости позволяет выделить параметры матрицы модели, поддающиеся эффективной идентификации, и за счет их использования повысить точность оценивания переменных состояния линейных систем.

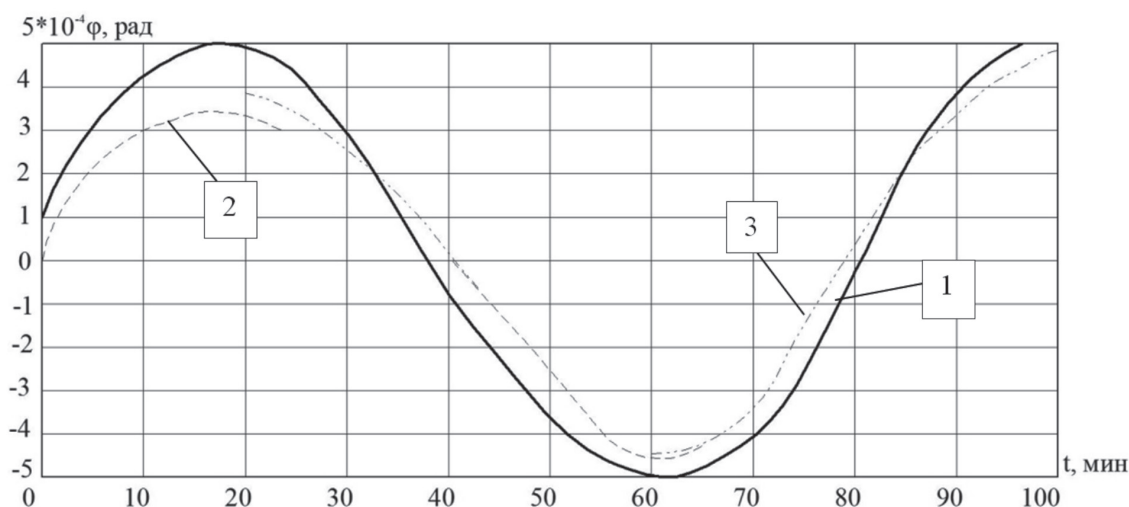


Рис. 2. Погрешности ИНС: 1 – ошибки ИНС, 2 – оценки фильтра Калмана с классической моделью, 3 – оценки фильтра Калмана с идентификацией параметра g

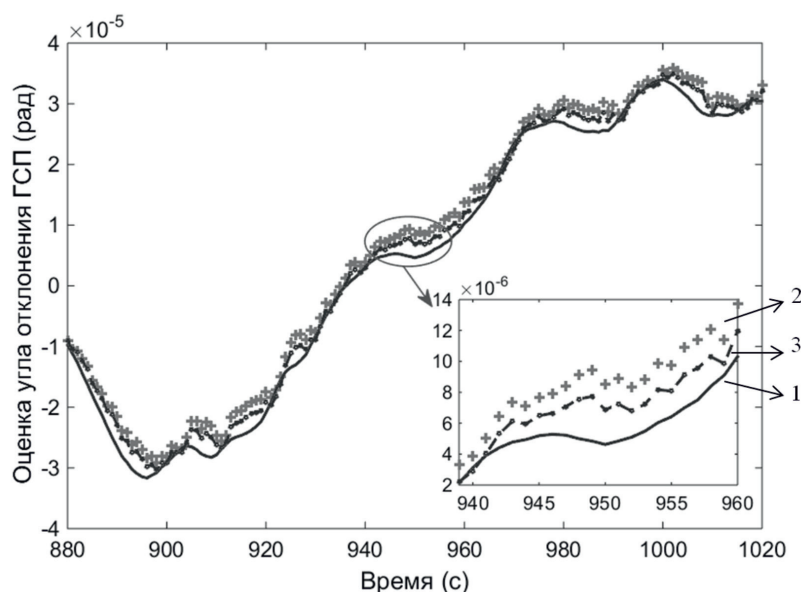


Рис. 3. Результаты моделирования нелинейных погрешностей ИНС: 1 – погрешности ИНС, 2 – оценки погрешности ИНС, полученные с помощью классического нелинейного фильтра Калмана; 3 – оценки погрешности ИНС, полученные с помощью нелинейного фильтра Калмана с повышенными характеристиками идентифицируемости

На рис. 3 представлены результаты моделирования нелинейных погрешностей ИНС, алгоритма оценивания классического нелинейного фильтра Калмана и нелинейного фильтра Калмана с улучшенной моделью.

Результаты математического моделирования продемонстрировали работоспособность и достаточно высокую точность алгоритмов, использующих математические модели с высокими степенями идентифицируемости неизвестных параметров.

Заключение

Рассмотрены численные критерии степени идентифицируемости параметров матрицы стационарной, нестационарной и нелинейной моделей. Представлены результаты математического моделирования тестовой модели погрешностей ИНС с алгоритмами фильтра Калмана, которые подтверждают эффективность использования для оценивания моделей с повышенными характеристиками идентифицируемости.

Список литературы

1. Неусыпин К.А., Пролетарский А.В., Кузнецов И.А. Синтез численного критерия меры идентифицируемости параметров моделей динамических систем // Автоматизация. Современные технологии. – 2015. – № 3. – С. 9–13.
2. Шэнь К., Неусыпин К.А. Исследование критериев степеней наблюдаемости, управляемости и идентифицируемости линейных динамических систем // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2016. – Т. 17, № 11. – С. 723–731.
3. Неусыпин К.А., Пролетарский А.В., Кузнецов И.А. Исследование степени идентифицируемости параметров динамических систем // Вестник Магнитогорского государ-

ственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2015. – № 2 (50). – С. 85–89.

4. Фам С.Ф., Неусыпин К.А., Селезнева М.С. Разработка компактного алгоритма самоорганизации // В сборнике: Наука сегодня: проблемы и пути решения. Материалы международной научно-практической конференции: в 2 частях. – М.: Изд-во: ООО «Маркер», 2016. – С. 64–65.

5. Фам С.Ф., Цибизова Т.Ю. Методы построения математических моделей: генетические алгоритмы // В сборнике: Достижения вузовской науки. Труды международной научно-практической конференции. – М.: Изд-во МГОУ, 2014. – С. 158–162.

6. Неусыпин К.А., Шэнь К. Модификация нелинейного фильтра Калмана с использованием генетического алгоритма // Автоматизация. Современные технологии. – 2014. – № 5. – С. 9–12.

7. Лукьянова Н.В., Мешков Н.А., Колупаев Р.В. Исследование систем управления: идентификация, моделирование, прогнозирование: уч. пособие / Под ред. К.А. Неусыпина. – М.: Изд-во МГОУ, 2015. – 110 с.

8. Шэнь К. Разработка высокоточных алгоритмов коррекции навигационных систем летательных аппаратов: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2017. – 132 с.

9. Лукьянова Н.В., Пью Си.Т. Выбор метода идентификации для комплекса полунатурного моделирования // Автоматизация. Современные технологии. – 2016. – № 6. – С. 32–37.

10. Задорожная Н.М., Самус П.А. Определение и компенсация отказа датчика угловой скорости на основе адаптивной математической модели вращения космического аппарата // В сборнике: Управление в морских и аэрокосмических системах (УМАС-2014). 7-я Российская мультиконференция по проблемам управления: материалы конференции. – СПб.: Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2014. – С. 488–495.

11. Ванин А.В., Воронов Е.М., Карпунин А.А. Оптимизация управления в двухуровневой иерархической системе стабилизации – наведения летательного аппарата // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2012. – № 11 (11). – С. 2.

12. Андриевская Н.В., Безукладников И.И., Мубаракзянов Н.Р. Идентификация параметров нелинейной модели гидромеханических систем // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. Т. 1. – СПб.: Изд-во: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 2016. – С. 233–235.

УДК 37.047:376.112.4

ЗНАЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИН МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО БЛОКА В ФОРМИРОВАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ГОТОВНОСТИ БУДУЩЕГО ПЕДАГОГА-ДЕФЕКТОЛОГА

Белова О.А.

*ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина», Рязань,
e-mail: belolga60@gmail.com*

Статья посвящена проблеме поиска путей, обеспечивающих качество профессиональной подготовки будущих педагогов-дефектологов (логопедов). В ней представлены профессионально-педагогические задачи, необходимые в деятельности педагога-дефектолога, вырабатываемые на примере предметов медико-биологического блока, определены особенности компетентности будущего дефектолога с учетом специфики его профессиональной деятельности. Отмечено, что высшее образование требует от педагога-дефектолога не только профессиональной компетентности, но и личностной готовности, профессиональной культуры для осуществления работы с детьми, имеющими ограниченные возможности здоровья (патология органов слуха, речи, зрения). Формирование личности и социализация будущих специалистов – неотъемлемая часть в становлении профессионалов, компетентных в своей сфере деятельности. В работе со студентами данного профиля необходимо обращать внимание на понятия «состояние здоровья», «болезнь», «предболезнь», «патологический процесс», механизмы их возникновения. Важным качеством для данной специальности является жизнестойкость. В связи с этим мы считаем, что для данной специальности следует увеличить количество часов на изучение новых здоровьеориентированных технологий, так как понимание и применение современных гуманитарных технологий позволит оптимизировать в дальнейшем работу педагога-дефектолога, сделав ее более эффективной.

Ключевые слова: готовность к профессиональной деятельности, профессионально-педагогическая направленность, компетентность, навыки, умения

THE IMPORTANCE OF DISCIPLINE OF THE MEDICAL AND BIOLOGICAL BLOCK IN FORMING THE PROFESSIONAL READINESS OF THE FUTURE TEACHER-DEFECTOR

Belova O.A.

Ryazan State University named after S.A. Esenin, Ryazan, e-mail: belolga60@gmail.com

The article is devoted to the problem of finding ways to ensure the quality of professional training of future teachers-defectologists (speech therapists). It presents professional and pedagogical tasks necessary in the activity of defectologist, developed on the basis of the subjects of the medical and biological unit, and specifies the competence of the future defectologist, taking into account the specifics of his professional activity. It is noted that higher education requires from the teacher-defectologist not only professional competence, but also personal readiness, professional culture to work with children who have limited opportunities for health (pathology of hearing, speech, sight). Forming of the personality and socialization of future specialists is an integral part in the formation of professionals competent in their field of activity. In working with students of this profile, it is necessary to pay attention to the concepts of «health status», «illness», «pre-illness», «pathological process», mechanisms of their occurrence. A vitality is an important quality for this specialty. In this regard, we believe that for this specialty it is necessary to increase the number of hours to study new health-oriented technologies, since understanding and applying modern humanitarian technologies will allow us to optimize the work of the defectologist in the future, making it more effective.

Keywords: readiness for professional activity, professional-pedagogical orientation, competence, skills, abilities

В России за последние годы проведены различные социально-экономические преобразования, направленные на улучшение состояния здоровья подрастающего поколения, а также на социализацию детей-инвалидов. В последнее время отмечаются тенденции ухудшения психического и физического развития детей и подростков, учащихся не только в средних общеобразовательных школах, но и в специальных (коррекционных) школах-интернатах [1]. В связи с этим требуется большее количество высококвалифицированных педагогов-дефектологов, которым необходимо владение высоким уровнем знаний по про-

фессии, в том числе и блоком медико-биологических дисциплин. К ним относятся: возрастная анатомия и физиология, основы нейрофизиологии, высшей нервной деятельности и высших психических функций, анатомия, физиология и патология органов слуха, речи, зрения и других сенсорных систем, невропатология. Проблема повышения здоровья учащихся, особенно школьников специализированных учебных заведений, имеет приоритетное значение, что подтверждается публикацией документов российского правительства и министерства образования и науки Российской Федерации.

Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью разработки новых технологий, направленных на улучшение формирования уровня развития профессиональной готовности будущего учителя-дефектолога для работы с детским контингентом, имеющим определенные отклонения в здоровье, в частности школьников с депривацией слуха [2]. Процесс развития и становления личности будущего специалиста связан с развитием определенных знаний, умений и навыков. Современная система высшего профессионального образования значительно повышает требования к развитию уровня данных качеств в области медико-биологических и психолого-педагогических дисциплин к подготовке специалистов в области дефектологии в рамках общекультурных и профессиональных компетенций. Формирование личности и социализация будущих специалистов являются неотъемлемой частью становления профессионалов, компетентных в сфере своей деятельности. Грамотная подготовка кадров невозможна без построения процесса развития будущего специалиста, конечным результатом которого должно стать его самосовершенствование. На наш взгляд, особенно важным является процесс формирования личности в системе современного непрерывного образования [3].

К профессионально-педагогическим задачам при подготовке педагогов-дефектологов относятся: развитие у студента рефлексивных способностей, интереса к своему внутреннему миру, умение сопереживать, понимать больного ребёнка, стремление оказать посильную помощь (например, многие студенты с первого курса являются волонтерами). Для всего этого нужно развивать познавательные и творческие способности, овладевать новыми и традиционными формами в работе со школьниками. Соответственно, каждый преподаватель должен формировать у будущего педагога-дефектолога целенаправленные личностные и профессиональные установки, с применением принципа саморазвития, обращать внимание на развитие личностно-профессиональных ресурсов с первого курса.

Будущий дефектолог должен уметь общаться с учащимися, имеющими отклонения в состоянии здоровья, а именно нарушения речи, определённую степень глухоты и тугоухости. Это требует развития таких качеств, как умение быстро принимать решения, общительность, жизнестойкость, наличие определенного уровня ценностных ориентаций. К сожалению, далеко не все студенты первого курса, повзрослев, в достаточной мере умеют общаться. Профес-

сия педагога-дефектолога относится к типу «человек – человек», и поэтому взаимодействие с детьми и подростками, имеющими отклонения в развитии, является для педагога ведущим, профессионально значимым качеством [4].

Одним из перспективных и необходимых направлений совершенствования и оптимизации подготовки студентов данного направления является продуманная профилизация преподавания соответствующих дисциплин. Основными задачами подготовки педагога-дефектолога являются:

- дать будущим педагогам-дефектологам основной минимум знаний, умений и навыков по дисциплинам медико-биологического блока: понятие нормы, патологии, причины и биологические механизмы отклонений психофизиологического развития детей; понятия здоровья – нездоровья – болезни, пограничных состояний;

- научить будущих педагогов-дефектологов в своей дифференциально-диагностической работе использовать понятие «нормы» для определенных групп здоровья учащихся;

- научить педагога-дефектолога умениям и навыкам для грамотно-ответственного участия в консультативно-диагностической, методической и профилактической работе с детьми с отклонениями со стороны слуха и речи.

Принцип взаимосвязи теории с практикой требует, чтобы учебный процесс в данном направлении сочетал в себе оба элемента (теорию и практику), именно на этой основе ведётся подготовка будущих педагогов-дефектологов. В связи с этим занятия медико-биологического блока распределяются: на лекции, практические занятия и семинары. Все эти виды учебной деятельности проводятся с целью повышения эффективности преподавания. Проведение теоретических занятий не означает того, что в них не затрагиваются вопросы практического характера, подтверждающие законы и развитие теорий и объяснение их практического значения и применения. Соответственно, в результате этого формируется инновационный потенциал личности студента-дефектолога, а совокупность его личностных качеств составляет уровень его креативности.

Профилизация преподавания предметов не означает в данном случае уменьшение фундаментальных знаний студентов. Цели и задачи преподавания медико-биологических дисциплин остаются прежними: формирование физиологического мышления, овладение знаниями основных физиологических функций целостного организма

в возрастном аспекте; формирование на базе теоретических знаний диалектико-материалистического подхода понимания жизненных процессов, овладение основами физиологического исследования, взаимосвязь физиологических и психических процессов памяти, внимания, мотиваций, эмоций, поведения. Профильная направленность преподавания в основном не касается раздела общей физиологии, в котором излагаются основы физиологии возбудимых тканей, но имеют место в частной физиологии, особенно в заключительной части, посвященной изучению целостной деятельности организма при разных формах его взаимодействия с внешней средой – разделе «интегративная деятельность организма». Изучение функций детского организма невозможно без знаний функций взрослого организма. Поэтому преподавание особенностей функций на разных возрастных этапах развития ведется на основе сравнения их с функциями взрослого человека. Изучение функций плода и детей – это подготовка к дальнейшей деятельности студента данного профиля, так как будущие дефектологи получают более подробные сведения о развитии функций организма во внутриутробном периоде, о закономерностях его развития на различных возрастных этапах. Нужно знать и понимать такие термины как «тревожность», «тревога», «ригидность». После глубокого анализа психофизиологического здоровья необходимо разработать корректирующие здоровьесберегающие мероприятия по укреплению нервного статуса учащегося. Профилактика и устранение школьной дезадаптации, создание оптимальных условий для всех составляющих образовательного пространства, формирование личности и индивидуальности каждого учащегося, адаптация учащегося в микросоциуме школы-интерната и общества, комплексная оценка психофизиологического, психического и социального состояния учеников. Отсюда вытекает, что процесс включения в преподавание новых знаний заставляет считать его перманентным.

При этом стоит обращать внимание студента на вопрос о дефиниции «состояние здоровья», процессах его формирования, разбирать такие состояния, как болезнь, предболезнь, патологический процесс, механизм их возникновения. Это невозможно без знания хотя бы основных понятий о микро- и макроструктурах органов и тканей, их функций, значение гуморальной, нейрогуморальной, нервной регуляций, особенностей высшей нервной деятельности, психической и социальной деятельности. Особое значение приобретает знание

эмоциональной регуляции, эмоционального стресса, защитных средств организма в условиях стресса. Психическая деятельность и поведение человека связаны с закономерным развитием нейрофизиологических процессов, в связи с этим возникает необходимость изучения биологических проявлений стадий эмоционального стресса, который может приводить к состоянию агрессии, особенно в подростковом возрасте. Стимулирование развития критических оценок личности, особенно в молодом возрасте, ведет к активной работе над саморазвитием и самосовершенствованием – это важнейшая задача воспитания, что является необходимым для будущего учителя и бакалавра на современном этапе [5].

Физиологически рациональная организация учебного процесса, соответствие трудности уроков, учет работоспособности в зависимости от возраста и состояния здоровья позволяют значительно снять эмоциональное напряжение, создать условия для повышения эффективности обучения детей и подростков. Напряжение всех функциональных систем, связанное с непривычным образом жизни, обычно проявляется в течение двух первых месяцев обучения.

Ведущим показателем успешной и благотворной работы на благо России является сформированность определенного уровня профессиональной готовности в процессе обучения в вузе, которая значительно влияет на дальнейшее профессиональное самоопределение. Формирование готовности студентов вузов является многокомпонентным и комплексным процессом, направленным на сотрудничество и взаимодействие преподавателей и студентов в процессе обучения, педагогических практик, внеучебной деятельности. При изучении источников литературы по феномену «готовности» отмечено, что данный термин имеет как широкое, так и узкое значение. В узком смысле «готовность» определяется как формирование, а затем мобилизация всех физиологических, психофизиологических, личностных систем индивидуума, обеспечивающих выполнение на соответствующем уровне определенных действий. В широком смысле – это требования к человеку для выполнения определенных действий [1, 6]. Несомненно, феномен формирования готовности связан с уровнем и развитием способностей, одаренностью [6]. Н.Г. Платонов в концепции личности, кроме психологической, выделяет моральную и профессиональную готовность. Авторы, с нашей точки зрения, рассматривают феномен «готовности» как результат деятельности индивидуума, в ре-

зультате которого происходит формирование необходимых знаний, умений, навыков. По нашему мнению, это понятие рассматривается в очень узком смысле, особенно если его применять к деятельности будущего учителя-дефектолога в работе с учащимися с нарушением функции речи.

Многолетний анализ медико-биологической, психолого-педагогической, педагогической, дефектологической литературы, а также личный опыт общения и работы с учащимися с нарушением функции речи, постоянное выделение и систематизация условий для работы с ними, позволили выявить те качества, которые необходимы будущему педагогу-дефектологу для его дальнейшей успешной профессиональной деятельности. Они очень многосторонние: творческий (эвристический) подход к профессиональной деятельности; постоянный анализ, планирование, организация и управление, конструирование, принятие нестандартных решений требует независимого оригинального мышления, наличие психических и психофизиологических свойств личности, определяющих приспособленность к деятельности; активность всех психофизиологических систем организма, которые необходимы для эффективного выполнения деятельности сложных предметных компетенций. Готовность к эффективному общению, сформированность коммуникативных умений и личностных качеств, способствующих творческому решению дефектологических задач (предметно-познавательных, практико-ориентированных, личностно-ориентированных), возникающих в процессе общения, владение определенными здоровьеориентированными технологиями [7].

Для того чтобы принимать эффективные решения, педагог-дефектолог должен обладать определенными качествами, способностями, знаниями и навыками. Основными среди них являются:

- любознательность, умение собирать и накапливать информацию;
- проницательность;
- решительность;
- оценка риска;
- ответственность за риск;
- контроль – способность получить в процессе решения проблемы именно тот результат, который планировался.

Эмоциональные отношения студентов влияет на принятие решения. Данное состояние включает в себя как отношение к определенным вариантам выбора, так и отношение к планированию процесса, конструктивному принятию решения к ответственности за решение и активность,

способности идти на компромисс. Негативное отношение к принятию решений, касающееся будущего, может удлинить этот процесс. В связи с этим эмоциональный компонент профессиональной зрелости проявляется в общем состоянии, настрое человека, зависит от зрелости личности в целом.

Для педагога-дефектолога важным качеством является жизнестойкость – это система убеждений о себе, мире, отношениях с ним, которые позволяют человеку выдерживать сложности в общении. По результатам сравнительного анализа данных по тесту «жизнестойкости» нами выявлены значимые различия по шкалам «общая жизнестойкость» и «вовлеченность» ($r = 0,9$). Более высокий уровень жизнестойкости характеризует студентов, умеющих лучше выдерживать экзистенциальную тревогу. Данное качество способствует не только тому, что человек способен выдерживать неопределенность, но и решать проблемы творчески, по-новому, выбирая определенный риск, выдерживать и эффективно преодолевать стрессовые ситуации.

В заключение необходимо отметить, для того, чтобы включиться в новую социальную ситуацию и легче адаптироваться при переходе из микросоциума вуза в основную деятельность, выпускник должен обладать определенными психологическими качествами, свидетельствующими не только об успешном завершении высшего профессионального учебного заведения, но и предыдущего возрастного этапа в его жизни.

На сегодняшний день нельзя указать прямую причину ухудшения здоровья школьников различных возрастных групп. Однако никто не посмеет опровергать тот факт, что виной этому несчастью (в глобальном смысле) являются не школьные условия, не окружающая среда, не отношения в семье, не поведение самих детей, ведущее к нарушению своего же здоровья – в отдельности, а совокупность этих факторов вместе взятых. Самое печальное состоит в том, что вина полностью ложится на всю эту совокупность. Если каждый из нас позволит себе вдуматься в глубину проблемы и отдельно постараться рассмотреть действие каждого фактора, то рано или поздно придёт к одному и тому же выводу: наличие вредных факторов – есть ни что иное, как результат (продукт) деятельности человека. Человек бессилен справиться с природой, он ничего не может изменить при наличии учащихся с заболеваниями, несущими наследственный фактор, но если речь идет о поддержании и сохранении своего здоровья других людей, о предохранении и подкреплении его от воздействия всех вредных

факторов, то в этом случае человеку предоставлены все возможности. В процессе развития все органы и системы созревают гетерохронно и завершают своё развитие в различные возрастные периоды. Поэтому проблема начала обучения в школе накладывает свой отпечаток на каждого ребёнка. Утрата нормального функционирования анализаторной системы на ранних этапах изменяет процессы физиологического, психофизиологического психологического и социального развития, часто приводит к возникновению определенных трудностей. Однако выпадение слухового анализатора приводит к тому, что количество падающих на головной мозг раздражителей меньше, чем у слышащих, что не может не снижать тонус коры, а также подкорки и не сказаться на образовании новых и оживлении уже имеющихся связей.

В связи с тем, что одной из тенденций текущего столетия является неуклонный рост частоты нервно-психических заболеваний, отклоняющихся к пограничным состояниям, вплоть до психогенных расстройств, основной причиной которых являются частые «психические переживания» среди детского населения России, частые «моральные потрясения», эмоциональное перенапряжение, приводящее к эмоциональному стрессу, состояниям пониженной и повышенной тревожности, агрессии. В высших учебных заведениях следует уделять значительное внимание изучению здоровьеориентированных технологий, особенно среди бакалавров-дефектологов, использованию новых направлений в медико-биологической науке – кинезиологии, нейрокинезиологии, различным видам снятия стрессов. Эти на-

правления уже оправдали себя, занимают одно из ведущих мест в современных коррекционно-развивающих методиках.

Таким образом, вопрос о профессиональной готовности бакалавров-дефектологов является актуальным, в связи с тем, что специалисту приходится обращать внимание в своей профессиональной деятельности на «особых» детей и контактировать с ними. В связи с этим следует развивать межпредметные связи, способствующие многостороннему развитию личности педагога-дефектолога с первых дней обучения в вузе.

Список литературы

1. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. – М.: «Медицина», 1968. – 548 с.
2. Никифорова А.В. Перспективы развития высшего дефектологического образования в связи с переходом на уровневую систему профессиональной подготовки / А.В. Никифорова // Вестник Томского педагогического университета. – 2013. – № 9. – С. 44–49.
3. Белова О.А. Некоторые физиологические и функциональные особенности развития детей школьного возраста, депривированных по слуху / О.А. Белова, Н.А. Плотникова. – Саранск: Из-во Мордов. ун-та, 2016. – 124 с.
4. Дмитриев А.А. Аналитический обзор Федеральных государственных образовательных стандартов в системе высшего, специального и высшего образования: новый контекст подготовки учителя-дефектолога / А.А. Дмитриев // Специальное образование. – 2014. – № 2. – С. 91–92.
5. Дурай-Новикова К.М. Формирование профессиональной готовности студентов к педагогической деятельности: дис. ... канд. пед. наук [Текст] / К.М. Дурай-Новикова. – М., 1983. – 356 с.
6. Кучерявенко И.А. Проблема психологической готовности к профессиональной деятельности // Молодой ученый. – 2011. – Т. 2, № 12. – С. 60–62.
7. Лубовский Д.В. Понятие «внутренняя позиция личности» в работах Л.И. Божович: теоретические аспекты и современные исследования [Текст] / Д.В. Лубовский // Журнал практического психолога. – 2008. – № 5. – С. 157–171.

УДК 378.147:372.851

ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЕ С ЭЛЕМЕНТАМИ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ СТУДЕНТОВ ТАМОЖЕННОГО ДЕЛА

Бредихина О.А., Шеставина С.В., Головин А.А.*ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск,
e-mail: olga_bredikhina_a@mail.ru, lanas_80@mail.ru, cool.golovin2011@yandex.ru*

В статье обосновывается необходимость решения прикладных математических задач в подготовке студентов таможенного дела. Рассмотрение прикладных задач позволит заинтересовать и мотивировать студентов к изучению математики, а также связать знания нескольких дисциплин учебного плана. В данном исследовании делается акцент на изучении такого раздела математики, как линейная алгебра с элементами аналитической геометрии. Изучение данного раздела математики позволит студентам: решать задачи по расчёту таможенных платежей, проводить балансировый анализ, составлять и решать линейные уравнения. Реализация технологии активного обучения с элементами моделирования профессиональной деятельности позволяет создать целостное представление о будущей профессии, способствовать развитию и профессиональному становлению будущего специалиста, ликвидировать разрыв между теоретическим обучением и практической деятельностью, а также обеспечить личностное развитие обучающихся.

Ключевые слова: педагогика, математика, профессиональное ориентирование, матрицы, системы линейных уравнений, таможенное дело, таможенные платежи

PROFESSIONALLY-ORIENTED TEACHING OF LINEAR ALGEBRA WITH ELEMENTS OF ANALYTIC GEOMETRY FOR CUSTOMS STUDENTS

Bredikhina O.A., Shestavina S.V., Golovin A.A.*South-West State University, Kursk, e-mail: olga_bredikhina_a@mail.ru,
lanas_80@mail.ru, cool.golovin2011@yandex.ru*

The article substantiates the necessity of solving applied mathematical tasks during the teaching students of customs. Consideration of applied tasks will help to interest and motivate students to study mathematics, and to connect the knowledge of several disciplines of the studying plan. In this research, the emphasis is on the study section of mathematics such as linear algebra with elements of analytic geometry. The study of this section of mathematics will allow students to solve problems on calculation of customs duties, conduct balance sheet analysis, to prepare and solve linear equations. Thus, modeling of professional activity realizing by the technologies of active learning, creates a holistic view of the profession, allows students to bridge the gap between training and future professional activities, promote the professional development of a specialist combining with personal fulfillment.

Keywords: pedagogy, mathematics, vocational guidance, matrices, systems of linear equations, customs, customs duties

Каждому педагогу в настоящее время приходится сталкиваться с трудностями, обусловленными таким явлением, как глобализация. Это процесс всемирной экономической, политической и культурной интеграции и унификации. Его следствием является изменение методики образовательного процесса, как в школе, так и в высших учебных заведениях. Глобализация образования приводит к приспособлению системы обучения к запросам глобальной рыночной экономики. Образовательный процесс должен меняться, подстраиваться под реалии нашего времени.

В высших учебных заведениях дисциплина «Математика» изучается по одинаковой программе с отличием только в количестве учебных часов без учёта будущей профессии студента. Однако именно от выбранного направления или специальности должно зависеть содержание курса математики, подбор заданий с применением изучаемых математических понятий [1, с. 59].

Существует необходимость в такой организации процесса обучения математике, который будет учитывать особенности обучающихся, при этом образовательный процесс должен быть поставлен в соответствие с дидактическими принципами: системности, доступности, межпредметности обучения, мотивационного обеспечения учебной деятельности [2, с. 65].

Принцип системности обучения. Должно осуществляться последовательное и систематическое наполнение курса математики материалом прикладного характера, связанным с будущей профессией обучающихся. Это может быть реализовано при использовании тестовых технологий, в которых каждый раздел дисциплины может быть обеспечен задачами разного уровня сложности [2, с. 66].

Принцип доступности обучения. Материал других дисциплин, используемый в образовательном процессе обучения математике для иллюстрации математиче-

ских понятий или в решении прикладных, профессионально ориентированных задач, должен быть доступен студентам. Возникает необходимость снабжения обучающихся справочным материалом и методическими рекомендациями.

Принцип межпредметности обучения. Дисциплина «Математика» должна быть взаимосвязана с другими дисциплинами, изучаемыми студентами далее в учебном процессе. Планируемым результатом освоения образовательной программы является формирование у студентов набора определённых компетенций.

Крайне важным показателем уровня освоенности предмета являются остаточные знания. Главной целью занятий следует поставить не «прохождение» темы, а «понимание» её, так как многие понятия и правила со временем забываются, это естественный процесс, однако грамотный образованный специалист должен владеть ключевыми понятиями, методами и приёмами применения знаний на практике. Важной частью как практического, так и лекционного занятия следует сделать вспоминание основных понятий и формул уже изученного материала. Достаточно посвятить в начале каждого занятия несколько минут вопросам типа: «что такое...», «где используется...», «как определить...». Это позволит обучающимся постоянно освежать в памяти знания пройденной темы и тем самым прочно запоминать материал. Данный вариант обучения позволит студентам освоить основной материал, уверенно решать основные задачи и овладеть математической культурой, достаточной для решения большинства профессиональных задач.

Достигнуть полного понимания предмета можно только при условии формирования у студента заинтересованности к обучению, то есть его мотивации.

Цель исследования

Образовательная деятельность обучающегося эффективна при условии, что в её основе лежит необходимость в приобретении математических знаний и умений для дальнейшей учёбы и работы. В связи с этим необходимо использовать профилированное обучение математике с применением материала общепрофессиональных дисциплин. Анализ подобных заданий вызывает у студентов больший интерес и внимание по сравнению с отвлечёнными задачами из учебников, содержащих обычно материал, не связанный с профессией.

Поэтому появляется необходимость в дифференцированном подходе к изучению дисциплины «Математика» студентами

различных специальностей. Обучение математике в вузе ведётся с целью интеграции знаний, навыков и умений студентов, развития математических способностей и применения их в будущей профессии. Направления математики, не используемые при изучении специальных дисциплин, могут быть рассмотрены обзорно либо даваться на самостоятельное изучение. Разделы же математики, на которых базируются профильные дисциплины, необходимо изучать более подробно. Предложенная организация учебного процесса позволяет эффективно использовать постоянно уменьшающееся время аудиторных занятий и наиболее полно учитывать способности и интересы студентов. Широкие возможности использования математических понятий, теорий и методов в разнообразных областях знаний дают возможность утверждать, что если обучение математике имеет профессиональное направление, то это приводит к формированию положительной мотивации у студентов к изучению данной дисциплины. Обобщённой целью исследования является разработка примеров прикладных задач линейной алгебры с элементами аналитической геометрии для студентов специальности 38.05.02 «Таможенное дело».

Материалы и методы исследования

Рассмотрим вариант использования профессионально-ориентированного обучения курса математики на примере изучения студентами специальности «Таможенное дело» раздела «Линейная алгебра с элементами аналитической геометрии». Дисциплина «Математика» является обязательной во всех высших учебных заведениях, поскольку развитие гуманитарных наук без использования основных понятий и методов математического моделирования, а также количественных методов исследования, широкого применения современных вычислительных средств невозможно. Таким образом, важнейшей, а следовательно, и обязательной составляющей фундаментальной подготовки специалиста является математическое образование [3].

Выпускники таможенного дела должны владеть знаниями, находящимися на стыке следующих направлений – экономики и юриспруденции. Особенность характеризуемой специальности выставляет новые требования для дисциплины «Математика». Управление процессами, протекающими в области таможенного дела, выяснение ведущих тенденций их развития, селекция юридической и экономической информации, правильная оценка получаемых статистических данных – неполный перечень

проблем, возникающих на стыке математики и таможенного дела.

Результаты исследования и их обсуждение

Раздел «Линейная алгебра с элементами аналитической геометрии» посвящён изучению матриц и действий с ними, расчёту определителей, нахождению обратной матрицы, собственным числам и собственным векторам матрицы, системам линейных уравнений.

Обычно на первом лекционном занятии при изучении данной темы вводятся понятия матрицы, определителя, их свойств и действий с ними. Такой подход к обучению студентов-таможенников даёт отрицательный результат в связи с тем, что для гуманитариев достаточно сложно усваивать долгие математические выкладки. Поэтому, чтобы заинтересовать обучающихся материалом, можно после введения основных понятий и определений отметить их многочисленные способы применения и в специальных дисциплинах, в числе которых область таможенного дела. Это становится возможным, поскольку значительная часть математических моделей объектов в экономике, а также различные процессы в этой области можно записать в удобной и, главное компактной матричной форме.

Действия с матрицами могут быть рассмотрены в практических примерах следующего плана.

Пример прикладной задачи 1. Рассчитайте размер таможенной пошлины (в валюте РФ) на ввозимый на территорию РФ товар. Партия товара представляет собой продукцию трёх видов: А, В, С. Известно, что таможенная стоимость продукции вида А равна 3500 рублей, для вида В стоимость составляет 4500 рублей, для С – 2000 рублей. Ставка пошлины для каждого вида продукции соответственно равна 25, 30 и 20% [4].

Представим партию товара, состоящую из трёх видов матрицей $X = (3500 \ 4500 \ 2000)$, а ставки пошлины для каждого

из товаров – матрицей $Y = \begin{pmatrix} 0,25 \\ 0,30 \\ 0,20 \end{pmatrix}$. Тогда

искомый размер таможенной пошлины на весь товар $Z = X \cdot Y = (3500 \ 4500 \ 2000) \times \begin{pmatrix} 0,25 \\ 0,30 \\ 0,20 \end{pmatrix} = (2625)$.

Ответ: 2625 рублей.

Пример прикладной задачи 2. На предприятии изготавливают продукцию четы-

рёх видов: P_1, P_2, P_3, P_4 , при этом используют сырьё трёх типов: S_1, S_2 и S_3 . Нормам расхода сырья соответствует матрица

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 6 \\ 3 & 2 & 2 \\ 1 & 3 & 4 \\ 2 & 1 & 5 \end{pmatrix}, \text{ где каждый элемент } a_{ij} = (i = 1, 2, 3, 4; j = 1, 2, 3) \text{ показывает, сколько единиц сырья } j\text{-го типа расходуется на производство единицы продукции } i\text{-го вида. План выпуска продукции представлен матрицей } C = (200 \ 130 \ 90 \ 110), \text{ а стоимость единицы каждого типа сырья (ден. ед.) – матрицей}$$

$B = \begin{pmatrix} 50 \\ 60 \\ 40 \end{pmatrix}$. Определите общую стоимость сырья [5].

Матрица стоимости затрат сырья на единицу продукции вычисляется по формуле

$$R = A \cdot B = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 6 \\ 3 & 2 & 2 \\ 1 & 3 & 4 \\ 2 & 1 & 5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 50 \\ 60 \\ 40 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 580 \\ 350 \\ 390 \\ 360 \end{pmatrix},$$

тогда общая стоимость сырья составляет

$$Q = C \cdot R = (200 \ 130 \ 90 \ 110) \cdot \begin{pmatrix} 580 \\ 350 \\ 390 \\ 360 \end{pmatrix} = (236200).$$

Ответ: 236200 ден. ед.

Для изучения данного раздела математики можно ввести модель Леонтьева многоотраслевой экономики (балансовый анализ), так как межотраслевой баланс содержит важные для специалиста таможенного дела данные о распределении продукции по элементам конечного потребления (товарооборот, производственные и непроизводственные капитальные вложения, экспорт, импорт и т.д.), о национальном доходе. В модели Леонтьева наглядно представлено практическое использование обратных матриц.

Пример задачи на балансовый анализ. Вектор непроизводственного потребления задан матрицей $C = \begin{pmatrix} 40 \\ 15 \end{pmatrix}$, а матрица межотраслевого баланса имеет вид

$A = \begin{pmatrix} 0,45 & 0,30 \\ 0,25 & 0,20 \end{pmatrix}$. Найти вектор валового выпуска, обеспечивающий данный вектор потребления [6, с. 37].

Вектор валового выпуска находится по формуле

$$X = (E - A)^{-1} \cdot C,$$

где E – единичная матрица.

Обратную матрицу $(E - A)^{-1}$ находим с помощью использования миноров.

$$(E - A)^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{160}{73} & \frac{60}{73} \\ \frac{50}{73} & \frac{110}{73} \end{pmatrix},$$

$$\text{тогда } X = \begin{pmatrix} \frac{160}{73} & \frac{60}{73} \\ \frac{50}{73} & \frac{110}{73} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 40 \\ 15 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 100 \\ 50 \end{pmatrix}.$$

$$\text{Ответ: } \begin{pmatrix} 100 \\ 50 \end{pmatrix}.$$

Знания о собственных числах и собственных векторах матриц, а также о решении систем линейных уравнений необходимы при рассмотрении линейной модели обмена (модуля международной торговли).

Пример задачи на линейную модель обмена. Дана структурная матрица торговли

$$\text{трёх стран } S_1, S_2, S_3: A = \begin{pmatrix} \frac{1}{5} & \frac{1}{4} & 0 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{4} & \frac{2}{3} \\ \frac{3}{5} & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} \end{pmatrix}. \text{ Опре-}$$

делить соотношение национальных доходов стран для сбалансированной торговли.

Найдём собственный вектор X матрицы A , отвечающий собственному значению $\lambda = 1$. Координаты собственного вектора находятся из матричного уравнения $(A - E) \cdot X = 0$ или однородной системы

$$\begin{pmatrix} -\frac{4}{5} & \frac{1}{4} & 0 \\ \frac{1}{5} & -\frac{3}{4} & \frac{2}{3} \\ \frac{3}{5} & \frac{1}{2} & -\frac{2}{3} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}. \text{ Решаем её}$$

методом Гаусса и получаем координаты собственного вектора $\left(\frac{10}{33}c; \frac{32}{33}c; c\right)$. Полу-

ченный результат показывает, что сбалансированность торговли трёх стран достигается при соотношении национальных доходов стран $\frac{10}{33} : \frac{32}{33} : 1$ или 10:32:33.

Ответ: 10:32:33.

Составление и решение систем линейных уравнений могут быть рассмотрены в следующем примере.

Пример задачи на составление систем линейных уравнений. В городе имеется три крупных завода, на которых работают 100000 рабочих. Других заводов в городе нет. Имеются данные о текучести кадров: за год из каждой тысячи работающих с завода А 20 человек переходят на завод В и 15 человек на завод С и т.д. (рисунок). Установить численность рабочих на каждом заводе при условии, что город живёт стабильной жизнью [7].

Фраза «город живёт стабильной жизнью» означает следующее: сколько с каждого завода увольняется рабочих, столько же принимается на него. Численность рабочих на заводе А обозначим через x , на заводе В – через y , на заводе С – через z . Получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{35x}{1000} = \frac{7y}{1000} + \frac{8z}{1000}, \\ \frac{17y}{1000} = \frac{20x}{1000} + \frac{10z}{1000}, \\ \frac{18z}{1000} = \frac{15x}{1000} + \frac{10y}{1000}, \\ x + y + z = 100000; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = 17600, \\ y = 43600, \\ z = 38800. \end{cases}$$

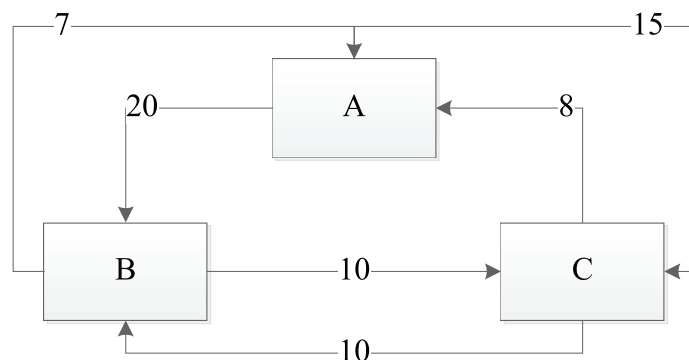
Ответ: численность рабочих первого завода составляет 17600 человек, второго – 43600 человек, третьего – 38800 человек.

Выводы

Предложенный вариант изучения конкретной темы позволит студентам специальности «Таможенное дело»:

- заинтересоваться предметом, так как включение в содержание образования профессионально значимых задач по изучаемой теме служит эффективным средством формирования положительной мотивации;
- понять, насколько математика необходима им в профессиональной деятельности, поскольку приведение конкретного примера позволяет максимально приблизить математику к реальной жизненной ситуации;
- связать материалы нескольких дисциплин.

Предлагаемая методическая система обучения математике способствует достижению общих целей (общекультурных, образовательных, прикладных и воспитательных) подготовки грамотных специалистов. Повышение интереса к предмету способствует развитию обучающихся средствами математики и повышает качество обучения, что обязательно скажется на итоговых результатах и оценках.



Условие к задаче на составление систем линейных уравнений

Разработанные примеры практических задач нашли применение в образовательном процессе специалистов таможенного дела как очной, так и заочной формы обучения. Указанная методика преподавания апробирована на 230 студентах первого и второго курсов специальности 38.05.02 «Таможенное дело».

Список литературы

1. Бредихина О.А. Технология поддержки профессионального становления конкурентоспособного специалиста в вузах / О.А. Бредихина, С.В. Шестакина // Современные проблемы высшего образования: материалы VII Международной научно-методической конференции. – Курск: ЮЗГУ, 2015. – С. 59–61.
2. Логинова В.В. Методическая система профессионально ориентированных задач в обучении математике будущих менеджеров / В.В. Логинова, Е.Г. Плотникова // Вестник ТГПУ. – 2015. – № 8 (161). – С. 65–71.
3. Тарасова И.М. Проектирование математической подготовки студентов нематематических специальностей классического университета: дис. ... канд. пед. наук. – Владивосток, 2006. – 217 с.
4. Бондарева Е.В. Формирование профессиональной компетентности будущих специалистов прикладной информатики в экономике: дис. ... канд. пед. наук. – Волгоград, 2005. – 208 с.
5. Цысь Ю.В. Элементы линейной алгебры и их применение при решении экономических задач / Ю.В. Цысь, А.Ф. Долгополова // Студенческий научный форум. – 2013 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.scienceforum.ru/2013/129/1594> (дата обращения: 05.11.2017).
6. Кондаурова И.К. Теория и методика обучения математике в системе профессионального образования. Общая методика: учебное пособие. – Саратов, 2016. – Ч. 1. – 60 с.
7. Малашкина Н.В. Педагогическая поддержка профессионального становления конкурентоспособного специалиста в учреждении начального профессионального образования: дис. ... канд. пед. наук. – Томск, 2010. – 256 с.

УДК 378.1:004

ПРОФОРИЕНТАЦИОННЫЙ САЙТ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО САООПРЕДЕЛЕНИЯ УЧАЩИХСЯ

Груздева М.Л., Груздева К.Е.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина»,
Нишний Новгород, e-mail: gru1234@yandex.ru

Мотивы профессионального самоопределения приобретают определяющее значение в учебной деятельности ребенка. К старшим классам ученики должны уже осознанно поставить перед собой задачу выбора будущей сферы деятельности. В это время у учащихся формируется отношение к определенным профессиям, осуществляется выбор учебных предметов в соответствии с выбранной профессией. В данной статье авторы рассматривают сайты, которые решают проблему первого периода профессионального самоопределения – период поступления в профессиональное учебное заведение – помогают старшеклассникам определиться с выбором профессионального учебного заведения. Авторами были изучены существующие сайты по профессиональной ориентации, выявлены их особенности и недостатки. Исследование показало, что на изученных веб-ресурсах информация зачастую неактуальна или отсутствует вовсе. В статье представлена разработка сотрудников Мининского университета – мобильное приложение Конфигуратор личного успеха, инструмент для определения карьерных устремлений школьника и его профессионального самоопределения.

Ключевые слова: профессиональное самоопределение, профориентационный сайт

PROFESSIONAL SITE AS A TOOL OF PROFESSIONAL SELF-DETERMINATION OF SCHOOL STUDENTS

Gruzdeva M.L., Gruzdeva K.E.

Nizhny Novgorod State Pedagogical University named after K. Minin, Nizhny Novgorod,
e-mail: gru1234@yandex.ru

The motives of professional self-determination acquire a decisive importance in the educational activity of the child. To the senior classes, the pupils must already consciously set themselves the task of choosing the future sphere of activity. At this time, students are formed attitudes toward certain professions, a selection of subjects in accordance with the chosen profession is carried out. In this article, the authors consider sites that solve the problem of the first period of professional self-determination – the period of admission to a professional educational institution – help high school students decide on the choice of a professional educational institution. The authors have studied the existing sites for professional orientation, identified their features and weaknesses. The study showed that on the studied web resources information is often irrelevant or missing at all. The article presents the development of employees of the University of Minnesota – a mobile application Configurator of personal success, a tool for determining the career aspirations of a schoolboy and his professional self-determination.

Keywords: professional self-determination, vocational guidance site

Выбор профессии и овладение ею начинается в школьные годы с профессионального самоопределения. К старшим классам ученики должны уже осознанно поставить перед собой задачу выбора будущей сферы деятельности. В это время у учащихся формируется отношение к определенным профессиям, осуществляется выбор учебных предметов в соответствии с выбранной профессией.

Цель исследования

В процессе профессионального становления выделяют три основных периода:

1. Период поступления в профессиональное учебное заведение.
2. Период обучения в профессиональном учебном заведении.
3. Начало трудовой деятельности, приобретение опыта работы, окончательное утверждение в избранной профессии [1].

Работа по решению задач, стоящих на каждом из вышеперечисленных этапов, и составляет сущность процесса профессионального самоопределения. В данной статье мы рассмотрим сайты, которые решают проблему первого периода профессионального становления – помогают старшеклассникам определиться с выбором профессионального учебного заведения.

Материалы и методы исследования

В Нижегородском сегменте интернета крайне мало сайтов, посвященных профессиональной ориентации. Большинство из них – сайты коммерческих компаний, предлагающих платные курсы. Мы выбрали для рассмотрения три сайта, имеющих явное региональное определение и относящихся к профессиональной ориентации учащихся школ:

1. Сайт «НН ВУЗ» [2].

Ресурс представляет собой «справочник» профессиональных учреждений Нижнего Новгорода. Имеет такие разделы как:

- вузы,
- вуз по профилю,
- Колледжи, Техникумы, Училища,
- Абитуриентам и др.

На сайте представлен список учреждений, о каждом из них приведена общая информация, а также контактные данные – адрес заведения и телефон. Есть несколько статей общего содержания на тему профессионального самоопределения.

2. Нижегородский центр профтестирования и развития «Карьера Плюс» [3].

Сайт нижегородского центра профтестирования и развития «Карьера плюс». Имеет следующие разделы:

- Профориентация,
- Учащимся,
- Педагогам,
- Мероприятия и др.

Коммерческий сайт компании, предоставляющей платные услуги по профессиональной ориентации. Среди них – специальные уроки в школах, коучинги и конференции по профессиональной ориентации. На сайте приведена общая информация о профессиональном тестировании, есть возможность записаться онлайн, а также посмотреть расписание ближайших мероприятий. Имеет четкую структуру и дизайн. Но, несмотря на то, что основание сайта датировано 2014 г., большинство разделов имеют статус «в разработке» и ничем не наполнены.

3. Профориентационный центр ННГАСУ [4].

Раздел на сайте Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, посвященный профессиональной ориентации школьников. Содержит следующие разделы:

- Расписание занятий,
- Предпрофильная подготовка,
- Адрес и контакты,
- Мероприятия,
- Дополнительное образование и др.

Сайт содержит информацию о направлении работы профориентационного центра ННГАСУ, фотографии центра, а также информацию о мероприятиях. Представлены контактные данные профориентационного центра [4].

После анализа профориентационных сайтов Нижнего Новгорода нами выявлены недостатки существующих на рынке продуктов, направленных на профессиональное самоопределение учащихся школ. Основными можно считать неполноту и низкую степень актуальности информации, а также дизайн, слабо ориентированный на подростковую аудиторию [5].

Сотрудники Мининского университета разработали собственную методику определения карьерных устремлений школьника и его профессионального самоопределения. Для выстраивания профессиональной траектории абитуриент выбирает:

- ассоциации с желаемой деятельностью;
- с кем/чем он хочет работать;
- в какой сфере деятельности он хочет работать.

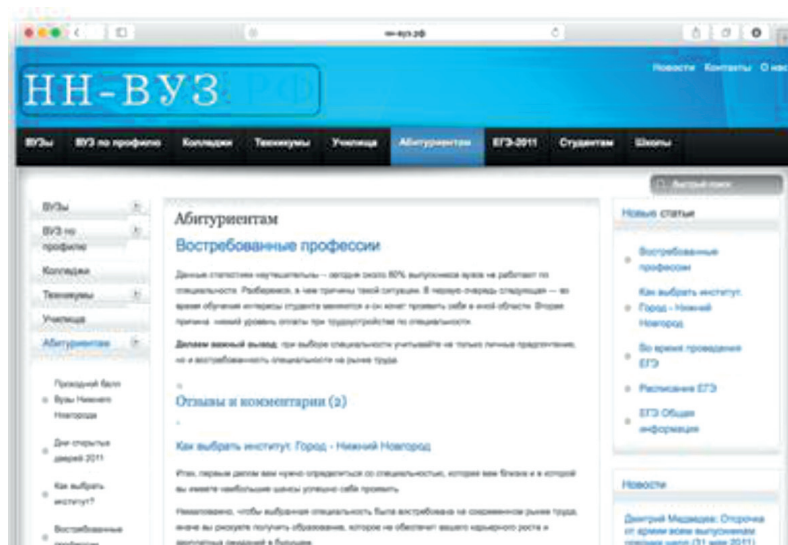


Рис. 1. Раздел «Абитуриентам» сайта «НН ВУЗ»



Рис. 2. Страницы сайта «Карьера Плюс»

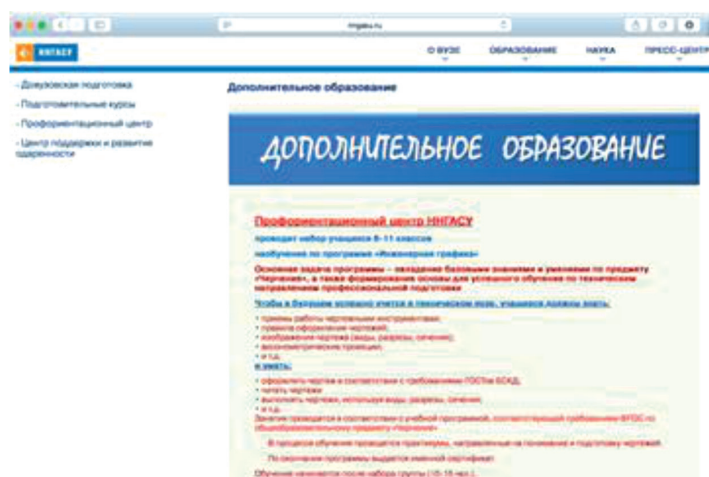


Рис. 3. Раздел «Дополнительное образование» Профориентационного центра ННГАСУ

Данное приложение позволяет потенциальному студенту Мининского университета на основе его потребностей и способностей выбрать индивидуальный образовательный маршрут для достижения своих целей по формированию своей будущей профессии.

Абитуриенту представляются сведения, почему необходимо поступать именно на эту программу, что он получит в результате обучения по той или иной программе, а также возможность познакомиться с условиями обучения и поступления.

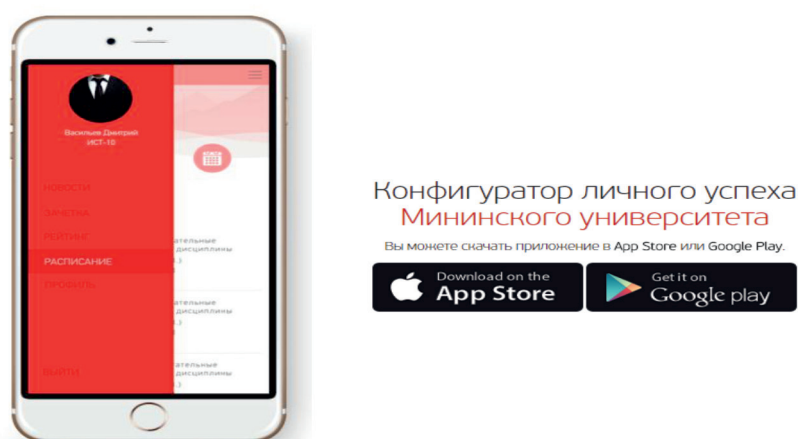


Рис. 4. Мобильное приложение НГПУ им. К. Минина «Конфигуратор личного успеха»



Рис. 5. Страница основной профессиональной образовательной программы

Мобильное приложение НГПУ им. К. Минина «Конфигуратор личного успеха» включает несколько элементов сервиса. Среди них:

1. Система дополнительных баллов для абитуриентов.

В соответствии с правилами приема поступающие в вуз вправе представить сведения о своих индивидуальных достижениях, результаты которых учитываются при приеме на обучение. Информационно-образовательный сервис «Конфигуратор личного успеха» предоставляет возможность абитуриенту, не выходя из дома, просчитать вероятные дополнительные баллы к ЕГЭ за индивидуальные достижения.

2. Презентация основных профессиональных образовательных программ.

В этом разделе приложения описаны особенности выбранной программы (почему надо поступать на эту программу?),

образовательные результаты программы, написанные доступным для абитуриента языком (что я получу по результатам обучения по программе?), особенности процесса обучения (как я буду обучаться по программе?), условия поступления на образовательную программу (что мне надо сделать, чтобы поступить на программу?).

Также в структуре приложения «Конфигуратор личного успеха» предусмотрены следующие блоки дополнительных образовательных программ:

- по психологии, формирующие компетенции самоанализа и саморазвития личности;
- по ИКТ, формирующие коммуникативные компетенции;
- по иностранному языку: согласно требованиям нового профессионального стандарта педагога владение иностранным языком обязательно;

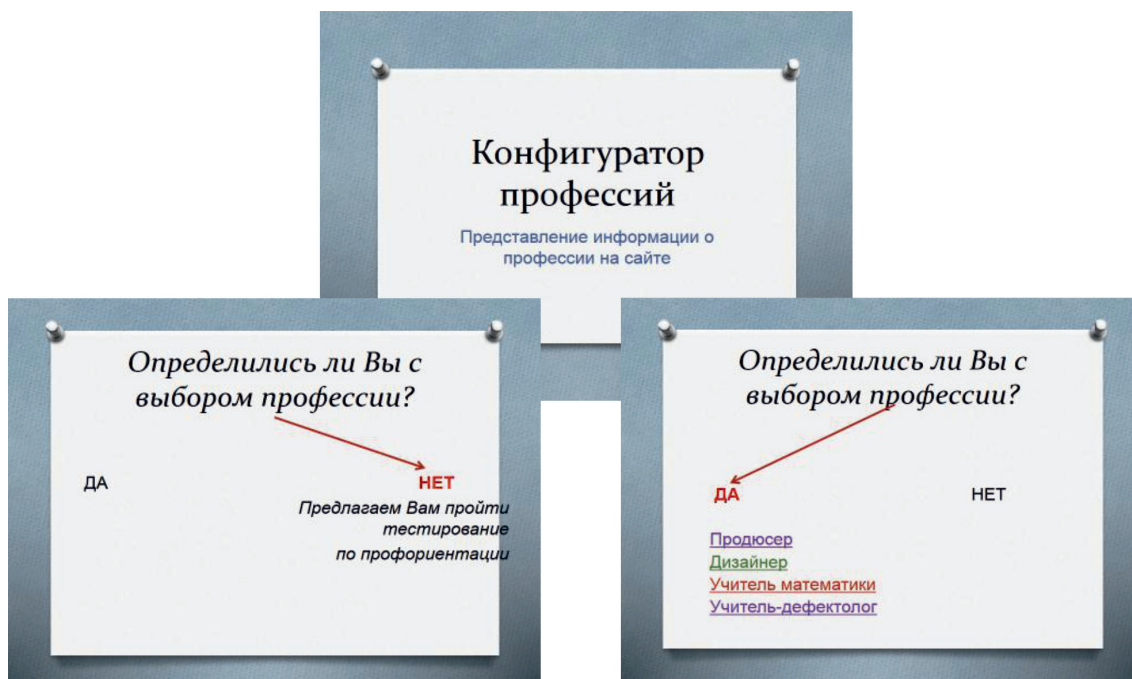


Рис. 6. Начало выбора профессии в приложении «Конфигуратор личного успеха»

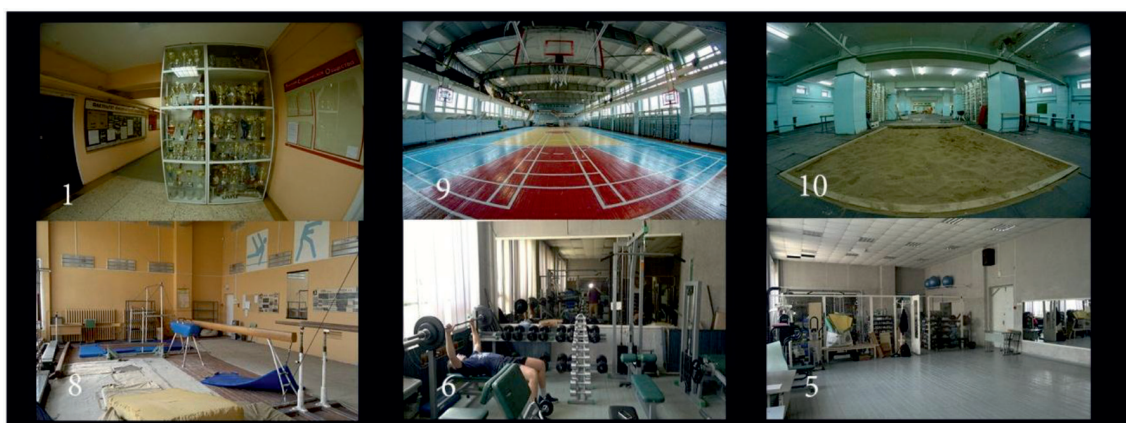


Рис. 7. Страница виртуальных туров по Мининскому университету

– дополнительные профессиональные программы, формирующие новые профессиональные компетенции, компетенции профессионального роста;

– дополнительные профессиональные программы, формирующие метакомпетенции, на уровне межпредметных знаний и компетенций в новых для слушателя областях деятельности;

– дополнительные общеразвивающие программы, формирующие компетенции личностного развития и др.

3. Конфигуратор будущей профессии.

Абитуриенту предлагается выбрать слова или словосочетания, которые ассоциируются у него с его будущей профессией.

В отличие от общеизвестных профессиограмм, которые созданы из огромного количества вопросов, данное решение позволяет с достаточной легкостью перейти к банку тех образовательных профессиональных программ, которые соответствуют устремлениям пользователя сервиса.

4. Условия обучения – виртуальные туры по вузу.

Ещё одним элементом сервиса «Конфигуратор личного успеха» является виртуальное путешествие по университету. Данный элемент создает у пользователя полную иллюзию присутствия в стенах университета, что позволяет абитуриенту ещё до поступления в вуз адаптировать-

ся к условиям обучения. В ходе путешествия можно приближать или отдалять какой-либо объект, оглядеться по сторонам, подробно рассмотреть детали интерьера аудиторий, комнат общежития, лабораторий, спортивных залов. Обозреть панораму издалека, приблизиться к выбранной точке или удалиться от нее. Через активные точки переходов можно переместиться с одной панорамы на другую, погулять по помещениям. Всё это можно сделать не выходя из-за компьютера [6, 7].

Заключение

Потребность проектирования сотрудниками Мининского университета информационно-образовательного сервиса «Конфигуратор личного успеха» вызвана тем, что исследованные нами профориентационные сервисы не в полной мере учитывают особенности человека как индивида, личностную специфику его предшествующего опыта для поиска приемлемых для него образовательных траекторий. Разработанное приложение содержит мотивирующие информационные материалы, в доступной форме разъясняющие будущее абитуриента в той или иной профессии, а также

банк основных профессиональных образовательных программ и программ дополнительного образования вуза, написанных на «языке» абитуриента.

Список литературы

1. Зеер Э.Ф. Психология профессий: учебное пособие для студентов вузов / Э.Ф. Зеер. – 2-е изд., перераб., доп. – М.: Академия Проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2003. – 336 с.
2. НН-ВУЗ.РФ – вузы Нижнего Новгорода. Институты, университеты, академии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nn-vuz.pf> (дата обращения: 25.11.2017).
3. PROFTEST52.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://proftest52.ru> (дата обращения: 22.11.2017).
4. Официальный сайт Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nngasu.ru/dovuz_podgot/prof_centrl/ (дата обращения: 25.11.2017).
5. Ваганова О.И. Возможности электронной среды Moodle в привлечении абитуриентов вуза / О.И. Ваганова, Ж.В. Смирнова, А.В. Трутанова // Карельский научный журнал. – 2017. – Т. 6, № 2(19). – С. 13–15.
6. Груздева М.Л. Интеграция информационных технологий в систему дополнительного образования / М.Л. Груздева // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 11–2. – С. 346–350.
7. Smirnova Zh.V., Gruzdeva M.L., Chaykina Zh.V., Terekhina O.S., Tolsteneva A.A., Frolova N.H. The role of students' classroom independent work in higher educational institutions // Indian Journal of Science and Technology. – 2016. – vol. 9, № 22. – P. 95568.

УДК 372.853:004.94

ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

Девяткин Е.М.

*Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, Стерлитамак,
e-mail: mediadidaktika@mail.ru*

Анализ практического использования электронных средств обучения в учебном процессе при изучении физики показал, что они обладают большими дидактическими возможностями. Результатами использования электронных ресурсов по физике является активизация работы учащихся в связи с увеличением числа способов предъявления учебного материала. В статье рассматриваются критерии и свойства, которыми должны обладать электронные интерактивные ресурсы по физике. Обозначены многочисленные преимущества использования электронных образовательных ресурсов по физике по сравнению с традиционными средствами обучения. Показано, что использование технологии Flash совместно с системой управления обучением Moodle позволяет создать электронные образовательные ресурсы по физике, отвечающие этим критериям и обладающие большинством из необходимых свойств. Описанная в работе технология может применяться при организации электронного обучения физике. Рассмотрено несколько созданных электронных образовательных ресурсов, прошедших апробацию и успешно применяемых во многих учебных заведениях России и ближнего зарубежья, использующих приведенную в статье технологию.

Ключевые слова: электронное обучение, технология Flash, система управления обучением Moodle, электронный эксперимент по физике, компьютерное моделирование

E-LEARNING ORGANIZATION TECHNOLOGY IN PHYSICS

Devyatkin E.M.

Sterlitamak branch Bashkir State University, Sterlitamak, e-mail: mediadidaktika@mail.ru

Analysis of a practical usage of e-learning means in a studying process shows that they have many didactic opportunities. Activation of students' work in connect with an increasing number of ways of the educational material presentation is the result of electronic resources usage in physics. The article considers the criteria and characteristics which electronic interactive resources should have. It identifies the numerous benefits of the use of e-learning resources in physics in contrast with the traditional means of education. It is shown that the use of Flash technology with the Moodle learning management system can create e-learning resources in physics which require this criteria and have most of necessary characteristics. The article describes a technology which can be used in organization of e-learning in physics. Several created e-learning resources which are tested and widely used in many educational institutions in Russia and in neighboring countries with the help of the technology described in an article are concerned.

Keywords: e-learning, Flash technology, Moodle learning management system, electronic experiment in physics, computer modeling

Использование электронных интерактивных технологий в обучении с использованием разработанных программных средств, моделирующих физические процессы, решает задачи по организации диалога с образовательной средой и помогает учащемуся вникнуть в суть поставленных перед ним физических задач. Во время этого виртуального общения учащиеся учатся решать нетривиальные задачи на основе анализа получаемой информации, критически мыслить, принимать глубоко продуманные решения [1].

Применение виртуальных интерактивных средств обучения также создает условия для видов учебной деятельности, связанных с работой с массивами информации. Этими видами деятельности являются: фиксация, накопление, хранение, обработка данных об изучаемых объектах с использованием известных физических законов, оценка достоверности полученной информации, передача информации, управление моделями физических объек-

тов, явлений и процессов с помощью возможностей, заложенных в них программными средствами.

Электронные интерактивные средства обучения – это средства обучения, использование которых обеспечивает создание доверительного общения между участниками учебного процесса и техническими средствами обучения в режиме реального времени. Анализ практического использования в учебном процессе при изучении физики интерактивных средств обучения показал, что они обладают большими дидактическими возможностями. Результатами их использования является активизация работы учащихся в связи с увеличением числа способов предъявления учебного материала. Включение в процесс обучения виртуальных физических демонстраций и интерактивных лабораторных работ, электронных презентаций и видеоматериалов, компьютерных анимаций и статичных изображений обеспечивает улучшенное восприятие учебной информации учащимися [2].

При использовании в учебном процессе электронных средств обучения повышается мотивация учащихся к учебно-познавательной деятельности, и преподаватель получает возможность изменения форм учебного взаимодействия с учащимися, управлять самостоятельной деятельностью при выполнении заданий, проводить индивидуализацию обучения, учитывая персональные возможности учеников. Наиболее важным этапом образовательного процесса является проведение физического эксперимента, обеспечивающего создание и методологию познавательной деятельности, формирование творческого подхода, направленного на получение знаний [3]. При использовании традиционных форм обучения такая возможность может быть реализована в результате выполнения комплекса лабораторных работ или же занятий практического характера.

Можно выделить следующие преимущества электронных обучающих ресурсов по физике: могут быть использованы в качестве тренажера для подготовки к выполнению реальных экспериментов, лабораторных работ и демонстраций по физике; могут заменить реальные лабораторные работы и демонстрации при отсутствии соответствующих приборов или их поломке; отсутствует привязка к конкретному оборудованию с единичным набором параметров, возможность использования широкого спектра значений физических величин; возможность размещения в сети Интернет и доступа к ним неограниченного числа пользователей; имеют интуитивно понятный интерфейс, использование технологии Drag-and-Drop; работают в режиме реального времени, позволяют производить масштабирование пространства и времени (рассматривать процессы микро- и макромира); позволяют выполнять эксперименты, которые в реальных учебных условиях являются недоступными; возможность параллельно выполнению лабораторных работ строить неограниченное число графиков функций различных зависимостей переменных эксперимента; возможность построения обратных задач по количеству переменных физической модели; возможность использования в дистанционном образовании при помощи, например, всемирно известной системы управления обучением LMS Moodle, обладающей громадными возможностями по организации электронного обучения, или образовательной платформы «облачная школа» [4–5]; стоимость приобретения и использования виртуальных лабораторных работ на несколько порядков

меньше, чем приборов и принадлежностей для реальных физических установок.

Эффективность учебного эффекта зависит от определенных свойств обучающей виртуальной среды. Самыми важными свойствами, которые нужно учитывать при проектировании виртуальных учебных сред, являются следующие из них.

Избыточность отображает многообразие возможностей работы с виртуальной средой, позволяет обеспечить многогранность отношений с ней, так же как и с реальной физической окружающей средой, в которой выполняются законы и закономерности. Например, тело, лишенное опоры или подвеса, падает под действием силы тяжести.

Доступность наблюдению заключается в том, что процессы, не обнаруживаемые с помощью органов чувств, могут присутствовать в физической реальности. Наблюдатель с помощью свойств виртуальной учебной среды может рассматривать процессы как микромира, так и макромира с соответствующими процедурами масштабирования пространства и времени.

Доступность когнитивному опыту субъекта вызывает в субъективном мире представление в форме действительности. Доступность обучающей среды предусматривает определенную степень готовности субъекта к включению в среду, может предусматривать контакты человека со средой, которая соответствует возможностям познавательной деятельности с ней.

Насыщенность обучающей среды проявляется в наличии в ней учебных ресурсов, связанных с включением ученика в многогранный искусственный или естественный мир учебной деятельности. Включает механизм различений, обеспечивает многовариантность отношений, широкий спектр дидактических воздействий.

Пластичность дает возможность виртуальной среде работать в рамках реальных физических моделей, а параметрам процессам и явлениям – принимать значения, которые при использовании их граничных значений не выводят систему за границы пределов измерений приборов или получать результаты соответствующие реальной действительности.

Автономность существования виртуальной обучающей среды обеспечивается ее доступностью при наличии минимально необходимых для ее функционирования ресурсов: компьютера, планшета или смартфона, подключенного к сети Интернет.

Синхронизированность среды определяет наличие индивидуальных темпоральных свойств, связанных с процессами мо-

дификации опыта ученика и проявляется в когерентности учебного эффекта. Это свойство среды тесно связано с проблемами восприятия времени и масштабом среды и потому является принципиальным для анализа дистанционных сред, которые являются, как известно, асинхронными и иногда специфически масштабируемыми.

Векторность определяет интегральное свойство среды вызывать направленность учебного эффекта в определенном спектре задач. Целостность характеризует единство и взаимосвязь природы среды со свойствами субъекта, проявляется в константе восприятия человека, который конструирует и конституирует среду как мир обучающей деятельности.

Мотивогенность характеризует возможности и механизмы воздействия на мотивационную сферу субъекта, моделируя его активность, погружая его в учебную деятельность. Это свойство виртуальных сред обеспечивается контентом среды, сюжетной линией и ролевым поведением ученика, которая в большей степени определяется спецификой личного опыта, новизной и необычностью материала, эмоциональной оценкой, значимостью для субъекта.

Иммерсивность является одним из самых важных свойств виртуальной обучающей среды, которое создает эффект присутствия или погружения в нее. Важным вопросом изучения является та грань, при которой стираются различия между виртуальной средой и материальным миром. Иммерсивность отображает возможности по привлечению субъекта учебного процесса к системе отношений, определенной содержанием среды. Обеспечивает психическое состояние учащегося, в котором он как субъект образовательного процесса воспринимает себя включенным в процесс обучения, взаимодействующим с определенной средой, которая обеспечивает ему постоянный поток стимулов и опыта. В свою очередь ученик может погрузиться в виртуальную среду, используя для этого внутренние механизмы. Поэтому учебу можно рассматривать как погружение в диалоговый опыт, который создается искусственной или естественной обучающей средой. Умение учиться – это умение ученика погрузиться в среду и действовать в ней, при отсутствии внешнего отвлекающего от процессов выполнения учебных заданий действия. Для достижения высокой степени иммерсивности используются так называемые системы виртуальной реальности.

Интерактивность является свойством виртуальной среды иметь возможность с помощью различных способов изменять или выбирать параметры входящих в систему физических тел, процессов и явлений и управлять ходом эксперимента с помощью имеющихся инструментов системы. Игрофикация обучающей среды заключается во внедрении игровых механик. Использование элементов игрофикации увлекает и мотивирует обучающихся к получению новых знаний [6].

Указанные свойства отображают особенности функционирования виртуальной обучающей среды как самоорганизующейся системы. В среде осуществляется совместная деятельность двух или больше систем, одна из которых является аутопоэтической, то есть обеспечивает круговую рекурсивную организацию процессов сохранения собственных компонентов. Аутопоэтические системы в теории конструктивизма являются такими, что сами себя поддерживают и сами себя воссоздают. Они характеризуются информационной и операционной замкнутостью и физической открытостью. С другой стороны, информационная замкнутость свидетельствует о том, что аутопоэтическая система является выборочной относительно информации, которая поступает извне, пропуская к зоне активности только ту информацию, которая не может навредить осуществлению циклов самовоспроизведения системы.

При создании электронных образовательных ресурсов по физике наибольшую сложность представляет разработка контента, моделирующего реальные физические модели. Для организации электронного обучения физике в работе использовалась технология Flash [7] совместно с системой управления обучением Moodle. Отличительной особенностью технологии Flash является гармоничное сочетание достаточно мощного графического редактора обладающего возможностями растрового и векторного проектирования изображений и встроенного языка объектно-ориентированного программирования Action Script. В созданных работах реализованы эффективные алгоритмы по управлению временными характеристиками физических процессов, позволяющие их запускать, приостанавливать на произвольное время и приводить к начальному состоянию. Для этих целей используются кнопки «Пуск», «Пауза» и «Стоп». Для задания параметров физических процессов используется инструмент NumericStepper. Для выбора одного параметра из нескольких используется компонента RadioButton. Для выбора

нескольких параметров одновременно используется компонента CheckBox. Выполняемые процессы могут сопровождаться звуками с помощью имеющихся встроенных функций языка программирования. Для перемещения объектов по платформе электронной работы используется также широко известная технология Drag-and-Drop, позволяющая помещать клипы на требуемое поле в пределах установленных ограничений.

На рис. 1 представлена виртуальная интерактивная лабораторная работа «Определение ускорения свободного падения на телах Солнечной системы при помощи машины Атвуда». При отсутствии в лаборатории созданной в заводских условиях машины Атвуда она достаточно легко может быть реализована в условиях школьного кабинета физики. Для этого необходимы лишь блок, нить, набор грузов и секундомер. Проблемы начинаются при выполнении работы, так как время движения грузов должно быть измерено с большой точностью, порядка сотых долей секунды, что возможно только с использованием электронного блока с секундомером, подключенным к фотодатчику. С помощью использования ручного секундомера точность измерения времени оказывается на порядок хуже. Поэтому возникают боль-

шие погрешности измерений и неправдоподобные результаты. В данной виртуальной установке точность измерения времени составляет тысячную долю секунды. Причем таймер времени останавливается автоматически после прохождения грузами заданного пути. Отличительной особенностью установки является возможность ее воображаемого переноса на одно из тел Солнечной системы и нахождения ускорения свободного падения на нем.

На рис. 2 представлена электронная интерактивная работа «Определение скорости пули при помощи пружинного маятника. Неупругий удар». Основными объектами установки являются пружинный маятник, находящийся на идеально гладкой плоскости, и пуля, вылетающая из пистолета с неизвестной скоростью. После выстрела пуля испытывает неупругий удар с телом пружинного маятника, т.е. застревает в нем. В результате маятник начинает совершать гармонические колебания с амплитудой, которая определяется перемещающейся горизонтальной линейкой. Используя таймер времени, можно легко определить период колебаний и, соответственно, найти максимальные скорость и ускорение тела пружинного маятника. Установка также реализована с использованием технологии Flash.



Рис. 1. Виртуальная интерактивная работа «Определение ускорения свободного падения на телах Солнечной системы при помощи машины Атвуда»



Рис. 2. Электронная интерактивная работа «Определение скорости пули при помощи пружинного маятника. Неупругий удар»

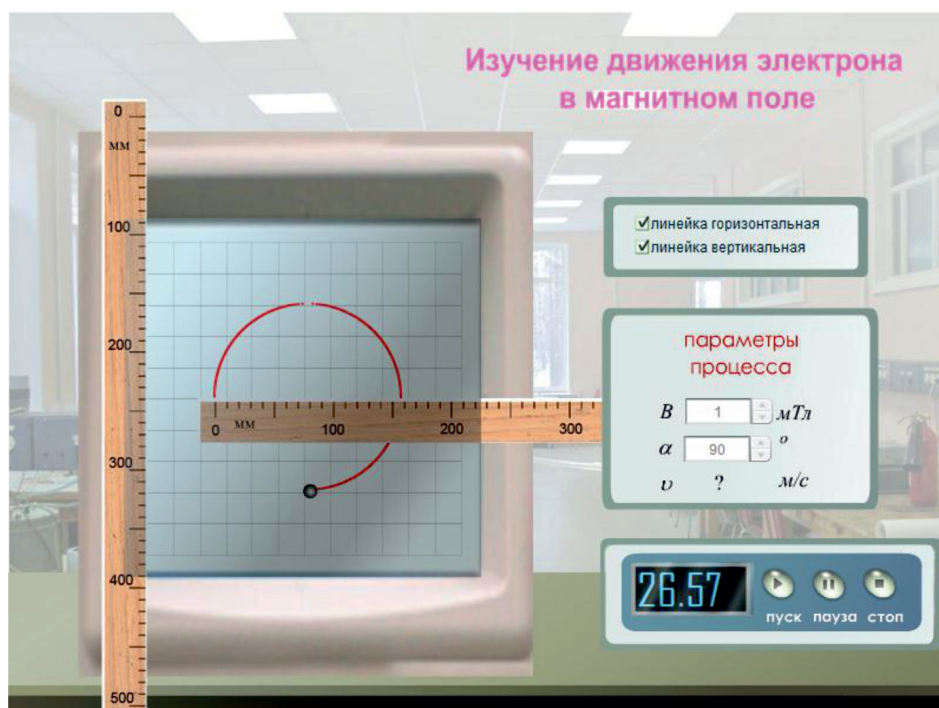


Рис. 3. Электронная интерактивная работа «Изучение движения электрона в магнитном поле»

На рис. 3 представлена созданная в программе Macromedia Flash виртуальная интерактивная работа моделирующая движение электрона в магнитном поле. Запуск электрона в магнитное поле осуществляется

с помощью кнопки «Пуск». Предварительно с помощью соответствующего элемента на панели управления устанавливается значение магнитной индукции магнитного поля. Электрон влетает в магнитное поле под

прямым углом, следовательно, траекторией его движения является окружность. Радиус окружности, по которой движется электрон, можно измерить с помощью перемещающихся вертикальной или горизонтальной линеек. Период обращения электрона определяется с помощью таймера времени. Для удобства наблюдения процесса движения электрона время замедляется в миллиард раз, т.е. таймер времени показывает значение времени в наносекундах. По измеренным параметрам можно легко рассчитать скорость электрона, влетевшего в магнитное поле. На базе данной установки можно решить обратную задачу, в которой известна скорость электрона и неизвестно значение индукции магнитного поля.

С помощью приведенной технологии можно создать бесконечное множество различных моделей, большинство из которых направлены на развитие у учеников умений и навыков. Другие помогают изучать физические явления, протекание которых в имеющихся в лаборатории условиях невозможно и позволяют получить результаты, которые находятся в полном соответствии с известными законами физики.

Описанная технология прошла многократное тестирование при организации электронного обучения физике. Создан учебный ресурс на базе LMS Moodle посвященный виртуальным моделям по физике, использующий возможности этой системы управления обучением [8]. К необходимым условиям использования электронных ресурсов данного типа относится наличие установленных на компьютере

произвольного Web-Browser и Flash Player версии 8.0 или выше. Работа выполнена при поддержке гранта Стерлитамакского филиала БашГУ В17-79 «Разработка виртуальных учебных лабораторий и экспериментальных установок для средней общеобразовательной школы».

Список литературы

1. Смирнов А.В. Новый курс «Информационные и коммуникационные технологии в физическом образовании» в системе подготовки бакалавров в педвузах / А.В. Смирнов, Н.В. Калачев, С.А. Смирнов // Физическое образование в вузах. – 2014. – Т. 20, № 3. – С. 20–27.
2. Чиганова Н.В. Технологии разработки электронно-образовательных ресурсов / Н.В. Чиганова, С.Л. Хасанова, Е.М. Девяткин // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 10–1. – С. 108–113.
3. Девяткин Е.М., Хасанова С.Л., Чиганова Н.В. Комплекс электронных лабораторных установок по общей физике // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24956> (дата обращения: 21.11.2017).
4. Дмитриев В.Л. Применение облачных технологий, экспертных систем и принципа игрофикации при организации электронного обучения / В.Л. Дмитриев, Р.Х. Каримов // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 12–3. – С. 413–416.
5. Дмитриев В.Л. Организация электронного обучения на авторской образовательной платформе «облачная школа» / В.Л. Дмитриев, Р.Х. Каримов // Информатика и образование. – 2016. – № 4(273). – С. 25–28.
6. Каримов Р.Х. Использование принципа игрофикации при организации электронного обучения / Р.Х. Каримов // Электронное обучение в непрерывном образовании. – 2015. – Т. 1, № 1(2). – С. 68–72.
7. Гурский Д. Action Script 2.0: программирование во Flash MX 2004. Для профессионалов / Д. Гурский. – СПб.: Питер, 2004. – 1088 с.
8. Виртуальные лабораторные работы по физике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mediadidaktika.ru/course/view.php?id=20> (дата обращения: 21.11.17).

УДК 378:371.1

ФОРМИРОВАНИЕ ГОТОВНОСТИ КЛАССНЫХ РУКОВОДИТЕЛЕЙ И КУРАТОРОВ К ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ МНОГОУРОВНЕВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

¹Сергеева С.В., ²Воскрекасенко О.А.

¹ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»,
Пенза, e-mail: sergeeva@penzgtu.ru;

²ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, e-mail: voskr99@rambler.ru

В статье предлагается вариант решения проблемы формирования готовности классных руководителей и кураторов к осуществлению воспитательной работы в условиях многоуровневой образовательной организации технического профиля. Представлены разработанные авторами критерии и показатели уровня сформированности данной деятельности: мотивационный (сформированность мотивов организации и осуществления воспитательной работы), эмоционально-волевой (положительно-ценностное отношение к процессу воспитания; степень сформированности профессионального интереса к организации и осуществлению воспитательной работы), когнитивно-деятельностный (системность организации воспитательной работы; проявление самостоятельности, творчества и инициативы в ее организации) компоненты. На их основе были определены и охарактеризованы уровни готовности классных руководителей и кураторов к реализации воспитательной работы с обучающимися: высокий, выше среднего, достаточный, критический, низкий. В качестве механизма решения проблемы повышения уровня готовности классных руководителей и кураторов к осуществлению воспитательной работы предлагается разработанная авторами программа «Школа наставников», зарекомендовавшая себя в качестве эффективной формы психолого-педагогического просвещения начинающих педагогов.

Ключевые слова: классные руководители, кураторы, обучающиеся, программа, многоуровневая образовательная организация

THE FORMATION OF READINESS OF FORM MASTERS AND CURATORS TO IMPLEMENTATION OF EDUCATIONAL WORK UNDER THE CONDITIONS OF A MULTILEVEL EDUCATIONAL ORGANIZATION

¹Sergeeva S.V., ²Voskrekasenko O.A.

¹Penza State Technological University, Penza, e-mail: sergeeva@penzgtu.ru;

²Penza State University, Penza, e-mail: voskr99@rambler.ru

The article proposes a variant of solving the problem of forming readiness of form masters and curators to carry out educational work under the conditions of a multilevel educational organization of a technical profile. The criteria and indicators of the formation level for this activity are developed: the motivational (the formation of motives for the organization and implementation of educational work), the emotional-volitional (a positive attitude to the upbringing process, the degree of formation of professional interest in the organization and implementation of educational work), cognitive-activity (the systematic organization of educational work, the demonstration of independence, creativity and initiative in its organization) components. On their basis, the levels of readiness of form masters and curators for the realization of educational work with students were defined and characterized: high, above average, sufficient, critical, low. As a mechanism for solving the problem of increasing the level of readiness of form masters and curators for the implementation of educational work the programme «School of Mentors» developed by the authors is recommended. It has proved to be an effective form of psychological and pedagogical education for new entrants into the teaching profession.

Keywords: form masters, curators, students, programme, a multi-level educational organization

Тенденции развития современного профессионального образования нацеливают на совершенствование процесса воспитания обучающейся молодежи. Особо остро проблема встает в многоуровневых образовательных организациях технического профиля [1–3]. Это связано с готовностью педагогов СПО (классных руководителей) и ВО (кураторов студенческих групп) к осуществлению воспитательной работы на практике.

Для оценки готовности классных руководителей и кураторов к организации и осуществлению воспитательной работы с об-

учающимися представляется актуальной разработка критериев и показателей для её определения [4–7]. В этой связи были выделены мотивационный (сформированность мотивов организации и осуществления воспитательной работы), эмоционально-волевой (положительно-ценностное отношение к процессу воспитания; степень сформированности профессионального интереса к организации и осуществлению воспитательной работы), когнитивно-деятельностный (системность организации воспитательной работы; проявление самостоятельности, творчества и инициативы

в ее организации) компоненты. На их основе были определены следующие уровни готовности классных руководителей и кураторов к реализации воспитательной работы с обучающимися: высокий, выше среднего, достаточный, критический, низкий. Остановимся подробнее на их характеристике.

Высокий уровень. Мотивационный критерий: наличие устойчивых внутренних и внешних мотивов по организации и осуществлению воспитательной работы; уверенные действия высокопрофессионального уровня при организации взаимодействия с преподавателями, студентами и их родителями; диалоговый характер педагогического взаимодействия и ориентация на оказание поддержки и сотрудничества. Эмоционально-волевой: устойчивое позитивное отношение к организации процесса воспитания обучающихся; адекватный характер эмоциональных переживаний и оптимистический настрой при взаимодействии; стабильное проявление профессионального интереса к воспитательной работе. Когнитивно-деятельностный: четкое осознание собственных профессиональных целей и содержания воспитательной деятельности; проявление инициативы в овладении компетенциями по организации воспитательной работы; системный характер в организации воспитательной работы, поддержка социально значимых инициатив.

Уровень выше среднего. Мотивационный критерий: стабильная мотивация на организацию и осуществление воспитательной работы; взаимодействие со студентами, как правило, определяется профессиональными установками; демократический стиль взаимодействия с субъектами образовательного процесса; осознание своей руководящей роли в организации воспитательной работы. Эмоционально-волевой: добросовестное отношение к выполнению должностных обязанностей, опосредованное осознанием необходимости психолого-педагогической поддержки развития личности студента; эмоциональные переживания по поводу его успехов и неудач; устойчивый интерес к воспитательной работе. Когнитивно-деятельностный: трудности, возникающие при целеполагании и определении содержания деятельности, легко преодолеваются самостоятельно или с помощью коллег; как правило, осознается необходимость в приобретении новых знаний по организации и осуществлению воспитательной работы; воспитательная работа носит плановый характер.

Уровень достаточный. Мотивационный критерий: мотивация деятельности обусловлена внешними стимулами; осу-

ществляя педагогическое взаимодействие, руководствуется интересами студентов и профессиональными амбициями; взаимодействие носит характер договора, соглашения, в некоторых случаях неоправданной опеки; стиль отношений демократический с элементами авторитарности или либерализма. Эмоционально-волевой: отношение к работе опосредовано осознанием необходимости выполнять должностные обязанности; позитивный настрой в работе может сменяться разочарованием и неуверенностью в своих силах; интерес проявляется при организации известных, традиционных дел; необходимость творческой активности вызывает затруднения и опасения. Когнитивно-деятельностный: профессиональная деятельность реализуется лишь в рамках рекомендуемых мероприятий; профессиональное самообразование в рамках воспитательной работы осуществляется не систематически; прослеживается четкое следование рекомендациям и инструкциям, отсутствуют самостоятельность и инициатива.

Уровень критический. Мотивационный критерий: мотивы к осуществлению воспитательной работы не сформированы; деятельность определяется приказами и директивами вышестоящих инстанций; при взаимодействии с субъектами образовательного процесса испытываются значительные затруднения организационного и эмоционального плана; преобладает индифферентность; стили отношений – авторитарный или либерально-попустительский. Эмоционально-волевой: работа со студентами не приносит удовлетворения; возможны проявления раздражительности; заметно проявление равнодушия к успехам и неудачам студенческой группы; интерес и склонность к воспитательной работе как виду профессиональной деятельности развиты слабо. Когнитивно-деятельностный: профессиональные целевые установки и содержание деятельности не осознаны, фиксируются в документах машинально; занятие самообразованием носит стихийный характер; организация воспитательных мероприятий «перекладывается» на актив группы.

Уровень низкий. Мотивационный критерий: абсолютное отсутствие заинтересованности в организации и реализации воспитательной работы; педагогическое взаимодействие не выстраивает; характер отношений имеет тенденцию перехода на уровень конфронтации. Эмоционально-волевой: негативное отношение к назначению на должность классного руководителя и куратора; эмоциональные переживания опосредованы равнодушием по отношению

к выполнению своих должностных обязанностей; интерес и склонности к воспитательной работе отсутствуют. Когнитивно-деятельностный: не задумывается о целях и содержании воспитательной работы; игнорирует возможности повышения квалификации в области воспитательной работы; отсутствие системности, самостоятельности и творческого подхода в организации воспитательного процесса.

В силу специфики контингента педагогов, работающих в многоуровневой образовательной организации технического профиля, не имеющих, как правило, базового психолого-педагогического образования, классные руководители (СПО) и кураторы (ВО) нуждаются в специально организованной для них профессиональной подготовке. Так, в Пензенском государственном технологическом университете, представляющем собой многоуровневый образовательный комплекс, включающий уровни СПО и ВО, накоплен успешный опыт организации «Школы наставников», зарекомендовавшей себя в качестве эффективной формы психолого-педагогического просвещения начинающих педагогов [1–3]. Содержание деятельности «Школы наставника» определяется соответствующей вариативной программой, действующей на протяжении учебного года, и включает семнадцать тем. Остановимся подробнее на их характеристике.

Тема 1. «Сущность и особенности воспитания в образовательных организациях профессионального образования»: сущность понятий «воспитание», «воспитательная работа» и «воспитательная работа со студентами»; место воспитательной работы в образовательном процессе СПО и ВО; цели и задачи воспитания в образовательной организации профессионального образования; стратегическая цель и задачи воспитания; сущность понятия «воспитательная система»; структура и этапы развития воспитательных систем; характеристика современных образовательных организаций различного уровня как воспитательных систем; специфика воспитательных систем образовательных организаций СПО и ВО; особенности воспитательной системы технического вуза как многоуровневого образовательного комплекса; нормативно-правовые документы, регулирующие и регламентирующие организацию воспитательной работы в образовательных организациях профессионального образования.

Тема 2. «Место деятельности классного руководителя (СПО) и наставника (ВПО) студенческой группы в воспитательной системе образовательной организации про-

фессионального образования»: сущность понятий «классный руководитель», «наставник», «куратор». Квалификационные требования к классным руководителям и кураторам; цель, задачи, принципы воспитательной работы классных руководителей и наставников; функции и направления деятельности классных руководителей и наставников.

Тема 3. «Психолого-педагогические особенности студенческого возраста и проблема воспитания в образовательной организации профессионального образования»: психологические особенности обучающихся юношеского возраста; психологические особенности студентов как социальной группы; учет возрастных особенностей обучающихся СПО и ВО; сущность понятия «индивидуальные особенности»; тип высшей нервной деятельности; понятие о темпераменте; характеристика типов темперамента и их учёт при организации взаимодействия с обучающимися; понятие «акцентуации характера» и их классификации; особенности педагогической и психологической работы с акцентуированными личностями; психодиагностические методики изучения обучающегося.

Тема 4. «Коллектив как объект и субъект воспитания»: роль коллектива в воспитании личности; сущность понятия «коллектив» и его признаки; формальная и неформальная структура коллектива; этапы, уровни и условия развития коллектива; методики определения стадии сформированности коллектива и межличностных отношений в нём.

Тема 5. «Индивидуальное и коллективное планирование воспитательной работы классного руководителя (СПО) и наставника (ВО)»: план воспитательной работы, требования к нему и его виды; назначение анализа воспитательной работы; алгоритм анализа воспитательных мероприятий; подготовка отчёта.

Тема 6. «Педагогическое взаимодействие классного руководителя (СПО) и наставника (ВПО) с обучающимися»: сущность педагогического взаимодействия, его видовые признаки, функции, типы и модели; диагностика ориентированности классного руководителя, наставника на учебно-дисциплинарную, либерально-попустительскую и личностную модели педагогического взаимодействия с обучающимися; показатели и условия эффективности педагогического взаимодействия; понятие, причины, особенности, этапы и способы разрешения педагогического конфликта.

Тема 7. «Методика организации коллективной творческой деятельности в студен-

ческой группе»: сущность понятий «деятельность», «коллективная деятельность» и «коллективная творческая деятельность» (КТД); КТД как форма организации воспитательной работы; методика организации КТД; стадии КТД и роль педагога на каждой из них.

Тема 8. «Классный час (час наставника) как форма воспитательной работы в образовательных организациях профессионального образования»: понятия «форма воспитания», «форма воспитательной работы»; типы и виды форм воспитательной работы; технология создания формы воспитательной работы; классный час в системе работы классного руководителя (СПО); час наставника в системе работы наставника студенческой группы (ВО); методика организации и проведения классного часа (часа наставника).

Тема 9. «Формирование социальных компетентностей как одно из направлений воспитательной работы классного руководителя (СПО), наставника (ВПО) в образовательных организациях профессионального образования»: сущность и структура понятия «социальная компетентность»; содержание работы классного руководителя и наставника по формированию компетентностей гражданственности, здоровьесбережения, общения и социального взаимодействия, компетентности в области информационных технологий; критерии и показатели уровня сформированности социальных компетентностей у студентов.

Тема 10. «Педагогическое сопровождение адаптации обучающихся к образовательному процессу»: представление об адаптации в современной науке; особенности адаптации студентов-первокурсников; факторы, оказывающие влияние на эффективность протекания адаптационных процессов у студентов-первокурсников; сущность понятия «педагогическое сопровождение адаптации»; основные направления деятельности классных руководителей и наставников по организации и осуществлению педагогического сопровождения адаптации студентов первого курса; организация и проведение тренинга адаптивности; критерии и показатели уровня адаптированности студентов; признаки дезадаптированности; индивидуальная помощь и поддержка дезадаптированных студентов.

Тема 11. «Основные направления профилактической работы с обучающимися в образовательной организации профессионального образования»: когнитивно-диагностическая и аналитическая деятельность в профилактической работе; просветительская деятельность; современные формы

профилактики; роль волонтерского движения в профилактической работе; комиссия по профилактике правонарушений и злоупотребления психоактивными веществами как эффективная форма работы со студентами; сопровождение обучающихся, стоящих на внутреннем контроле.

Тема 12. «Студенческое самоуправление. Организация самоуправления в группе»: сущность понятия «самоуправление» и «студенческое самоуправление»; студенческое самоуправление как одна из форм системы воспитания образовательной организации; модели студенческого самоуправления (по субъектам, по уровням, по степени включенности студентов в управленческие процессы, по статусу и по форме органа студенческого самоуправления, по подходу к организации студенческого самоуправления в образовательной организации); основные направления деятельности по развитию студенческого самоуправления в образовательных организациях; роль классных руководителей и наставников в развитии студенческого самоуправления.

Тема 13. «Управление учебной и научно-исследовательской деятельностью обучающихся в образовательных организациях профессионального образования»: понятия «учебная» и «научно-исследовательская деятельность»; назначение и требования к управлению учебной и научно-исследовательской деятельностью обучающихся; формы и методы педагогического сопровождения учебной и научно-исследовательской деятельности обучающихся; функция контроля в управлении.

Тема 14. «Педагогическое сопровождение классным руководителем (СПО) и наставником (ВО) профессионального самоопределения обучающихся в условиях профессиональной образовательной организации»: сущность понятий «самоопределение» и «профессиональное самоопределение»; факторы, влияющие на ход профессионального самоопределения студентов; педагогическое сопровождение как одно из направлений деятельности классных руководителей и наставников по активизации профессионального самоопределения; критерии и показатели уровня сформированности профессионального самоопределения обучающихся.

Тема 15. «Основные направления взаимодействия классного руководителя (СПО) и наставника (ВО) с родителями обучающихся»: функции семьи; специфика развития современной семьи; теоретические аспекты проблемы взаимодействия с семьей студента; содержание, формы и способы взаимодействия; родительское собрание

как форма взаимодействия с родителями обучающихся; методика подготовки и проведения родительского собрания; цель, задачи, этапы подготовки родительского собрания; алгоритм организации и проведения родительского собрания; примерная тематика родительских собраний.

Тема 16. «Самодиагностика деятельности классного руководителя (СПО) и наставника (ВО)»: общие и специальные способности классного руководителя и наставника студенческой группы; умения, свойства, качества педагога, обеспечивающие эффективное выполнение воспитательной деятельности; психолого-педагогические аспекты коммуникативной культуры классного руководителя и наставника студенческой группы; имидж современного педагога; структура самоанализа деятельности и методы самодиагностики; проблема эмоционального выгорания в социальных профессиях.

Тема 17. «Отчет как форма контроля и самоконтроля воспитательной работы»: отчет как форма контроля и самоконтроля; основные виды отчета; отчетная документация и её оформление; требования к оформлению отчета по воспитательной работе в образовательных организациях профессионального образования.

Как было сказано выше, содержание программы носит гибкий характер и может варьироваться в зависимости от задач, стоящих перед классным руководителем (на уровне СПО) и куратором (на уровне ВО), контингента обучающихся, уровня готовности

к осуществлению воспитательной работы самих педагогов, а также иных факторов объективного и субъективного характера. В целом реализация данной программы обуславливает совершенствование профессиональной компетентности классных руководителей и кураторов по воспитанию обучающихся – будущих инженерных кадров.

Публикация подготовлена в рамках поддержанного РГНФ научного проекта № 16-16-58004.

Список литературы

1. Козлова Н.В. Формирование и развитие социальных компетентностей студентов в воспитательной системе технического вуза: автореф. дис. ... канд. пед. наук / Н.В. Козлова. – Пенза, 2011. – 18 с.
2. Разуваев С.Г. Профессиональная социализация личности в условиях многоуровневого образовательного комплекса: монография / С.Г. Разуваев. – Пенза: Пензенская государственная технологическая академия, 2012. – 179 с.
3. Сергеева С.В. Воспитание в условиях многоуровневого образовательного комплекса технического вуза: содержание деятельности / С.В. Сергеева, О.А. Воскресенко // Педагогический журнал. – 2016. – Т. 6, № 5. – С. 13–22.
4. Александрова Е.А. Модернизация классической модели тьюторства в России, странах Европейского Союза и Ближнего Востока / Е.А. Александрова, Е.А. Андреева. – Москва – Тверь: «СФК-Офис», 2013. – 156 с.
5. Бугаева Т.С. Деятельность куратора в современном вузе: автореф. дис. ... канд. пед. наук / Т.С. Бугаева. – Новокузнецк: КГПА, 2010. – 24 с.
6. Великанова А.Е. Структура педагогических традиций института кураторства / А.Е. Великанова // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. – 2011. – № 1. – С. 280.
7. Исаев И.Ф. Институт кураторства: проблемы эффективности / И.Ф. Исаев, Е.Н. Кролевецкая // Высшее образование в России. – 2007. – № 10. – С. 90–93.