

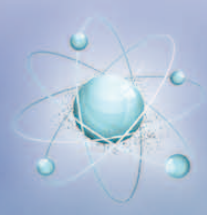
№ 2⁺⁰
2015

[36]

ИЗВЕСТИЯ

научно-технический журнал

ИНСТИТУТА ИНЖЕНЕРНОЙ ФИЗИКИ



27 АПРЕЛЯ
День основания
Института
инженерной
физики

**ПОКОРЯЯ
НОВЫЕ
ВЕРШИНЫ**





ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 2 О.С. Ассур, Г.Ф. Филаретов. Разработка комплексного метода позиционирования объектов по данным беспроводных сетей Wi-Fi и устройств BLE (Bluetooth Low Energy)

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

- 11 С.Н. Шиманов, Л.Н. Косарева, В.А. Прасолов, С.В. Франков. Сингулярное разложение как механизм для адаптивной согласованной фильтрации сигнала на фоне белого гауссовского шума
- 16 В.А. Цимбал, С.Н. Шиманов, В.Е. Тоискин, И.А. Якимова. Методика повышения оперативности информационного обмена абонентов с TCP протоколом в высокоскоростных MPLS сетях

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- 21 С.И. Закатин, М.С. Закатин, С.С. Закатин, С.В. Погребан. Об одном подходе к факторизации модуля криптосистемы RSA
- 26 Т.Х. Ахмедов. Энтомоптер с быстромашущими крыльями
- 33 А.Г. Букин, С.В. Суханов, А.П. Коваленко. Метод улучшения статистических свойств последовательностей случайных чисел на основе физических неклонируемых функций
- 38 А.Г. Букин, П.А. Сусакин, Д.А. Ржевский. Подход к определению вектора реальных угроз для узлов систем защиты критически важных объектов
- 43 В.В. Редькин, А.А. Коробков, О.В. Кемаев, М.В. Кулик. Разработка термодинамических уравнений некоторых процессов с переменной массой газа в низкотемпературных системах трубопроводного транспорта природного газа на основе выражения первого начала термодинамики для закрытой неравновесной системы
- 47 Н.М. Емелин. Марковские модели – простота и изящество
- 52 И.А. Магомедов. Логико-лингвистические модели управления движением морского подвижного объекта

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ

- 60 А.П. Репях, С.М. Элоян. О перспективах применения пластических торковых амортизаторов для защиты элементов конструкции мобильного ПК и личного состава от столкновений агрегатов при совершении маршей

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И РОБОТОТЕХНИКА

- 65 И.А. Бугаков, А.Н. Царьков. Базовая универсальная технология интеллектуализации ВВСТ: концептуальные идеи

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

- 73 О.Н. Андрух. Профессиональные стандарты: прошлое, настоящее, будущее
- 77 С.В. Иванушкин, О.Ю. Чечеватова. Методический подход к определению отечественных наилучших доступных технологий

ТЕХНИКА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

- 80 С.А. Савочкин, А.В. Белопол. Упругая характеристика гидropневматической рессоры

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 84 О.Н. Андрух, А.С. Сидорова, М.К. Чадунели. Промышленные роты как инструмент государственной поддержки организаций ОПК
- 88 Т.С. Романишина. Технология интегрированной подготовки кадров для инновационного развития в межвузовском пространстве Южного Подмоскoвья
- 92 Н.М. Емелин, Ю.Н. Артамонов. Сотрудничество российских вузов и предприятий оборонно-промышленного комплекса и оценка его эффективности
- 96 А.В. Золотарюк, А.И. Кижнер, Т.Л. Фомичева. Роль облачных сервисов в формировании профессиональных информационно-технологических компетенций студентов

НОВИНКИ НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 101 Цимбал В.А. «Информационный обмен в сетях передачи данных. Марковский подход»

Научно-технический журнал

ИЗВЕСТИЯ
Института инженерной физики
№2(36)2015

Издается с апреля 2006 г. Выходит ежеквартально
Решением Президиума ВАК включен в
«Перечень ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий»

Главный редактор, председатель
редакционного совета
и редакционной коллегии

Алексей Николаевич Царьков

Президент – Председатель Правления МОУ «ИИФ»,
заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор

Редакционный совет

Геннадий Иванович Азаров

заместитель генерального директора – директор
Департамента телекоммуникационных систем
ФГУП «ЦНИИ ЭИСУ»,
заслуженный деятель науки РФ, заслуженный
изобретатель РФ, лауреат Государственной
премии РФ, лауреат премии Правительства РФ,
доктор технических наук, профессор

Анатолий Николаевич Герасенко

ректор Московского авиационного института
(национального исследовательского университета),
доктор технических наук, профессор

Сергей Владимирович Дворянкин

начальник департамента Государственной
корпорации «РОСТЕХ» ОАО КРЭТ,
доктор технических наук, профессор

Анатолий Анатольевич Донченко

заместитель начальника Главного научно-
исследовательского испытательного центра
робототехники по научно-исследовательской и
испытательной работе Министерства обороны РФ,
доктор технических наук, профессор

Николай Михайлович Емелин

заместитель директора ФГБНУ «Госметодцентр»
по научной работе,
заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
доктор технических наук, профессор

Валерий Иванович Николаев

научный референт ОАО «Концерн «Созвездие»,
доктор технических наук, профессор

Владимир Георгиевич Редько

заместитель руководителя Центра
оптико-нейронных технологий НИИ
системных исследований РАН,
доктор физико-математических наук

Юрий Александрович Романенко

заместитель главы администрации города
Протвино, заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор

Анатолий Васильевич Тодосийчук

заместитель руководителя аппарата Комитета
Государственной Думы по науке
и наукоёмким технологиям,
почетный работник науки и техники РФ,
доктор экономических наук, профессор

Игорь Анатольевич Шерemet

член коллегии Военно-промышленной комиссии
Российской Федерации,
Председатель совета Военно-промышленной
комиссии по АСУ, связи, разведке, радиоэлектронной
борьбе и информационному противоборству,
доктор технических наук, профессор

Редакционная коллегия

Олег Николаевич Андрух

кандидат технических наук, доцент

Борис Фёдорович Безродный

доктор технических наук, профессор

Сергей Борисович Беркович

доктор технических наук, профессор

Владимир Эрнестович Бородай

кандидат технических наук,

старший научный сотрудник

Игорь Александрович Бугаков

заслуженный изобретатель РФ,

доктор технических наук, профессор

Александр Михайлович Вальваков

почетный работник науки и техники РФ,

доктор технических наук

Вадим Геннадьевич Грибунин

доктор технических наук

Сергей Григорьевич Данилюк

доктор технических наук, профессор

Владимир Владимирович Зеленевский

доктор технических наук, профессор

Николай Николаевич Казаков

член Союза писателей России

Олег Павлович Кузнецов

кандидат технических наук, доцент

Александр Ильич Куприянов

доктор технических наук, профессор

Дмитрий Геннадьевич Митрофанов

заслуженный изобретатель РФ,

доктор технических наук, профессор

Роман Леонидович Мусатов

кандидат технических наук

заместитель главного редактора

Игорь Павлович Новожилов

выпускающий редактор

Игорь Николаевич Оков

доктор технических наук, профессор

Владимир Петрович Пашинцев

заслуженный работник высшей школы РФ,

доктор технических наук, профессор

Валерий Николаевич Умников

доктор технических наук, профессор

Дмитрий Вячеславович Смирнов

доктор технических наук, доцент

Сергей Владимирович Смуров

доктор технических наук, профессор

Владимир Анатольевич Цимбал

заслуженный деятель науки РФ,

доктор технических наук, профессор

Сергей Николаевич Шиманов

почетный радист РФ,

доктор технических наук, профессор

ISSN 2073-8110

Учредитель и издатель – **МОУ «ИИФ»**. Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а

Подписной индекс: **59190** по каталогу «Научно-технические издания» ОАО «Роспечать»

Адрес редакции: 142210, Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а.

Тел: +7(4967)35-31-93, 35-13-71

Факс: +7(4967)35-44-20 <http://www.iifrf.ru>

e-mail: iifrfinfo@gmail.com info@iifrf.ru

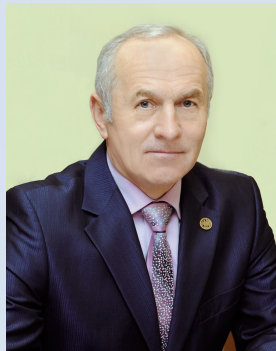
Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-26650 от 20 декабря 2006 г.

Отпечатано на полиграфической базе МОУ «ИИФ».

Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а.

Подписано в печать 23.04.2015. Дата выхода в свет 27.04.2015. Тираж 2000 экз. Цена свободная.

© Межрегиональное общественное учреждение «Институт инженерной физики» (ИИФ), 2015



Евгений Михайлович Ананьев

Первый Вице-президент
Института инженерной физики –
Первый заместитель
генерального директора,
кандидат технических наук, доцент

27 апреля исполняется 22 года Межрегиональному общественному учреждению «Институт инженерной физики». Много это или мало? Для человека – это совсем юный возраст, для организации – уже значительный стаж работы. Если оглянуться назад на эти годы, они, кажется, пролетели незаметно, и все вспоминается так, как будто это было вчера. А с другой стороны, начинаешь анализировать и понимаешь – как много сделано за это время. Ведь в начале пути была только идея и группа единомышленников во главе с Алексеем Николаевичем Царьковым. Нас было всего несколько человек, и мы строили Институт в буквальном смысле слова «с нуля»: не было ни здания, ни оборудования, ни лабораторий. Было только желание работать, вера в свои силы и поддержка коллег. И мы сделали это: построили Институт, собрали профессиональный коллектив, заслужили авторитет.

Сегодня Институт – это более 700 ученых, педагогов, изобретателей, конструкторов. Институт – это несколько корпусов: административный, учебный, научно-исследовательский, опытно-экспериментальный и испытательный, новейшее технологическое, лабораторное, стендовое оборудование. Мы имеет два представительства – в Москве и Санкт-Петербурге. В 2014 году Институт открыл метрологический комплекс проверок и калибровок средств астрономо-геодезического обеспечения, который является хранителем российского эталона значений азимута. В 2014 году Институт начал строительство технологического проектного центра кластерного типа со станками и оборудованием, где будут реализованы на производстве наши научно-технические идеи. Направлений работы много, мы имеем намерение в каждом из них выходить на передовые позиции, так как многие разработки наших ученых не имеют мировых аналогов.

Сегодня, в день рождения Института, когда мы с гордостью и удовлетворением говорим о наших успехах, сразу возникают мысли о дальнейшем развитии, о движении вперед. Мы постоянно расширяем материально-техническую базу, вкладываем силы и средства в дальнейшее развитие.

Как говорил Александр Васильевич Суворов: «Праздность – корень всему злу». Будем работать! Нам есть к чему стремиться, есть планы и перспективы, есть силы и желание делать наше общее дело!

От имени руководства Института хочу поблагодарить всех сотрудников, потому что важен вклад каждого. Наше ответственное отношение к делу, профессионализм – залог успешного развития Института. Хочется пожелать, чтобы мы получали удовлетворение и радость от достигнутых успехов, и это двигало нас вперед – к освоению новых вершин. Здоровья, счастья, удачи и благополучия всем нашим сотрудникам, партнерам, коллегам и землякам.

**С праздником! С днем рождения,
Институт инженерной физики!**

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

УДК 004.9

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПО ДАННЫМ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ WI-FI И УСТРОЙСТВ BLE (BLUETOOTH LOW ENERGY)

Олег Сергеевич Ассур

аспирант
Национальный исследовательский
университет «МЭИ»
Адрес: 111250, г. Москва,
ул. Красноказарменная, д. 13, стр. 5
Тел.: +7 (926) 308-80-70
E-mail: oassur@yandex.ru

Геннадий Фёдорович Филаретов

доктор технических наук, профессор
профессор кафедры управления и информатики
Национальный исследовательский
университет «МЭИ»
Адрес: 111250, г. Москва,
ул. Красноказарменная, д. 13, стр. 5
Тел.: +7 (495) 362-74-07
E-mail: gefefi@yandex.ru

Проведена экспериментальная оценка точности Wi-Fi позиционирования объектов для разных методов обработки информации и выработаны рекомендации по выбору их оптимальных параметров. Предложен комплексный метод позиционирования объектов по данным, получаемым при одновременном использовании беспроводных сетей Wi-Fi и устройств Bluetooth Low Energy (BLE). Рассмотрены вопросы совместного применения нескольких методов позиционирования и коррекции данных о местоположении близкорасположенных объектов. Приведены результаты экспериментальной оценки точности метода по сравнению с существующими системами Wi-Fi позиционирования, подтвердившие его преимущество.

Experimental accuracy evaluation of the Wi-Fi positioning methods was performed and recommendations of their optimal parameters selection were suggested. The complex positioning method based on simultaneous using of Wi-Fi wireless networks and Bluetooth Low Energy (BLE) devices is proposed. The problems of joint use of several positioning methods and nearby objects location data correction are observed. The results of the experimental evaluation of the method's accuracy in comparison with the known Wi-Fi positioning systems, confirming his advantage, are presented.

Ключевые слова: позиционирование объектов, методы позиционирования, технологии позиционирования, точность позиционирования, Wi-Fi позиционирование, комплексный метод позиционирования.

Key words: object positioning, positioning methods, positioning technologies, positioning accuracy, Wi-Fi positioning, complex positioning method.

Введение

В настоящее время при решении задачи определения местоположения объектов внутри помещений, где применение глобальных систем навигации (GSM, GPS, ГЛОНАСС) невозможно или затруднено, используется достаточно много различных технологий и методов (см., например, [1]). При этом ключевым вопросом, требующим тщательного изучения, является вопрос о точности позиционирования в реальных условиях применения и способах ее повышения. В

данной работе этот вопрос рассматривается с нескольких позиций.

Во-первых, применительно к технологии Wi-Fi позиционирования, как наиболее часто используемой на практике, проведена экспериментальная оценка точности определения местоположения объекта для разных методов обработки информации.

Во-вторых, экспериментально исследована возможность повышения точности локализации объекта путем совместного применения нескольких методов обработки данных.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Наконец, в-третьих, для повышения точности позиционирования предложено одновременно использовать несколько беспроводных технологий, и исследована эффективность такого подхода.

Экспериментальная оценка точности существующих методов Wi-Fi позиционирования объектов

Методы Wi-Fi позиционирования можно подразделить на две группы – методы, основанные на построении модели распространения сигнала, и методы, базирующиеся на идеях теории классификации. Вторую группу методов в свою очередь зачастую разделяют на две категории – детерминистские методы и вероятностные методы. Детерминистские методы используют методы группы ближайшего соседа, вероятностные применяют теорему Байеса.

Если судить по имеющимся публикациям [2-4], то методы первой группы обладают значительной погрешностью: их средняя точность позиционирования составляет порядка 10 метров. В то же время применение методов второй группы позволяет добиться точности до нескольких метров [5-6]. На практике основными методами, применяемыми при решении задачи локального позиционирования с использованием Wi-Fi сетей, являются:

1. Модель Мотли-Кинана.
2. Модифицированный метод k -ближайших соседей.

3. Наивный байесовский классификатор.

Модель Мотли-Кинана, описанная в работе [2], является классической моделью распространения Wi-Fi сигнала:

$$RSS(d) = RSS(d_0) - 10 \cdot \alpha \cdot \log(d/d_0), \quad (1)$$

где $RSS(d)$ – мощность сигнала (RSS – Received Signal Strength), определяемая устройством на расстоянии d от точки доступа;

$RSS(d_0)$ – мощность сигнала, измеренная на расстоянии d_0 от точки доступа;

α – коэффициент учитывающий распространение сигнала Wi-Fi в окружающей среде.

В работе [3] представлена модернизированная модель Мотли-Кинана, учитывающая затухание сигнала в стенах и перегородках:

$$RSS(d) = RSS(d_0) - 10 \cdot \alpha \cdot \log(d/d_0) + \sum_{r=1}^L l_r \cdot \omega_r, \quad (2)$$

где L – количество стен различной природы; l_r – количество стен имеющих коэффициент затухания ω_r .

Модифицированный метод k -ближайших со-

седей, представленный в работе [5], определяет оценку местоположения объекта как взвешенное значение центра масс фигуры – центроида, формируемого в признаковом пространстве k -ближайшими соседями по формуле

$$\vec{X} = \frac{\sum_{i=1}^k (1/d_s(\vec{Z}, \vec{Z}_i)) \cdot \vec{X}_i}{\sum_{i=1}^k (1/d_s(\vec{Z}, \vec{Z}_i)), \vec{X}_i \in N_k, \quad (3)$$

где N_k – множество k -ближайших соседей;

\vec{Z}, \vec{Z}_i – соответственно векторы данных текущего измерения и i -ого соседа,

$\vec{X}_i(x, y)$ – вектор пространственных координат i -ого соседа,

$\vec{X}(x, y)$ – вектор оценки координат местоположения объекта,

d_s – метрика расстояния в пространстве признаков (в пространстве уровней мощности сигналов точек доступа).

При этом множество k -ближайших соседей определяется на основании расчета расстояния между текущим вектором измерений \vec{Z} и измерениями, полученными на этапе обучения системы $\vec{Z}_t, t = \overline{1, T}$, где T – размер обучающей выборки.

В качестве метрик расстояния в пространстве признаков (уровней сигналов в точках доступа) могут использоваться:

1. Евклидово расстояние

$$d_s^e(\vec{Z}_1, \vec{Z}_2) = \sqrt{\sum_{j=1}^M (Z_{1j} - Z_{2j})^2}. \quad (4)$$

2. Расстояние городских кварталов (манхэттенская метрика)

$$d_s^m(\vec{Z}_1, \vec{Z}_2) = \sum_{j=1}^M |Z_{1j} - Z_{2j}|. \quad (5)$$

3. Метрика Чебышева

$$d_s^c(\vec{Z}_1, \vec{Z}_2) = \max_{j=1, \dots, M} |Z_{1j} - Z_{2j}|. \quad (6)$$

В формулах (4)-(6) M – это количество точек доступа, используемых системой, Z_{1j}, Z_{2j} – значения уровней мощности Wi-Fi сигнала, принимаемого объектом от j -ой точки доступа.

Наивный байесовский классификатор основан на применении теоремы Байеса [6]. Оценка местоположения объекта получается путем определения максимума апостериорной вероятности местоположения объекта, рассчитываемой согласно выражению

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

$$P[\vec{X}|\vec{Z}] = \frac{P[\vec{Z}|\vec{X}] \cdot P[\vec{X}]}{P[\vec{Z}]} = \frac{P[\vec{Z}|\vec{X}] \cdot P[\vec{X}]}{\sum_{v=1}^V P[\vec{Z}|\vec{X}_v] \cdot P[\vec{X}_v]} \quad (7)$$

Здесь V – количество допустимых положений объекта, $P[\vec{X}]$ – априорная вероятность нахождения объекта на позиции \vec{X} до получения вектора наблюдений \vec{Z} , $P[\vec{Z}|\vec{X}]$ – апостериорная вероятность получения вектора \vec{Z} , когда объект находится в позиции \vec{X} . «Наивность» метода заключается в том, что компоненты вектора измерений \vec{Z} считается независимым, т.е.

$$P[\vec{Z}|\vec{X}] = P[Z_1|\vec{X}] \cdot P[Z_2|\vec{X}] \cdot \dots \cdot P[Z_M|\vec{X}]. \quad (8)$$

где M – количество используемых точек доступа.

Экспериментальная оценка точности представленных методов производилась в демонстрационном зале компании ООО «НИИ СОКБ», план которого представлен на *рисунке 1*.

В качестве позиционируемого устройства использован смартфон LG Nexus 4, работающий под управлением операционной системы Android 4.4.

Обучающая выборка была сформирована на основании измерений уровней мощности Wi-Fi сигнала в опорных точках с шагом 4 метра. В каждой опорной точке производилось по пять измерений в четырех направлениях.

Тестовая выборка формировалась с использованием данных, полученных с помощью того же устройства, при аналогичных измерениях с разницей в одни сутки. При этом количество точек измерений при формировании тестовой выборки было расширено с помощью дополнительных точек.

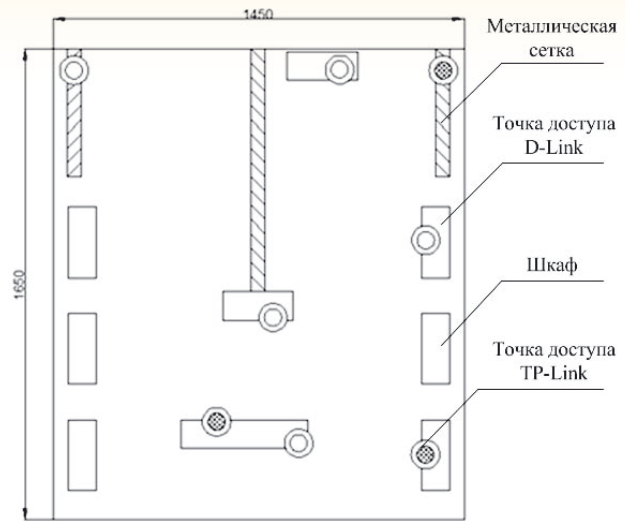


Рис. 1. План объекта испытаний

Точность методов оценивалась по двум параметрам:

- Средняя ошибка позиционирования.
- Максимальная ошибка позиционирования.

Исследовались следующие методы:

- 1) модель Мотли-Кинана (базовая и модернизированная);
- 2) модифицированный метод k -ближайших соседей.

В рамках исследования для моделей Мотли-Кинана варьировался коэффициент, учитывающий распространение сигнала в окружающей среде; для метода k -ближайших соседей изменялись метрики расстояния и количество ближайших соседей. Результаты исследования представлены на *рисунках 2 и 3*.

Очевидно, что наилучшие результаты с точ-

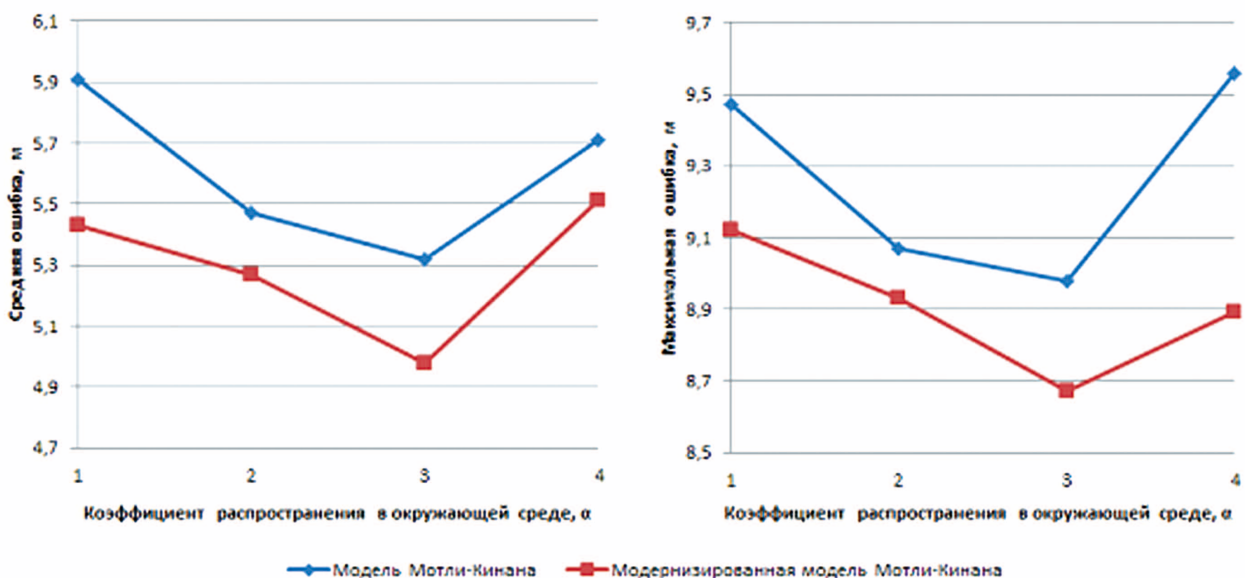


Рис. 2. Средняя и максимальная ошибки позиционирования при использовании модели Мотли-Кинана

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

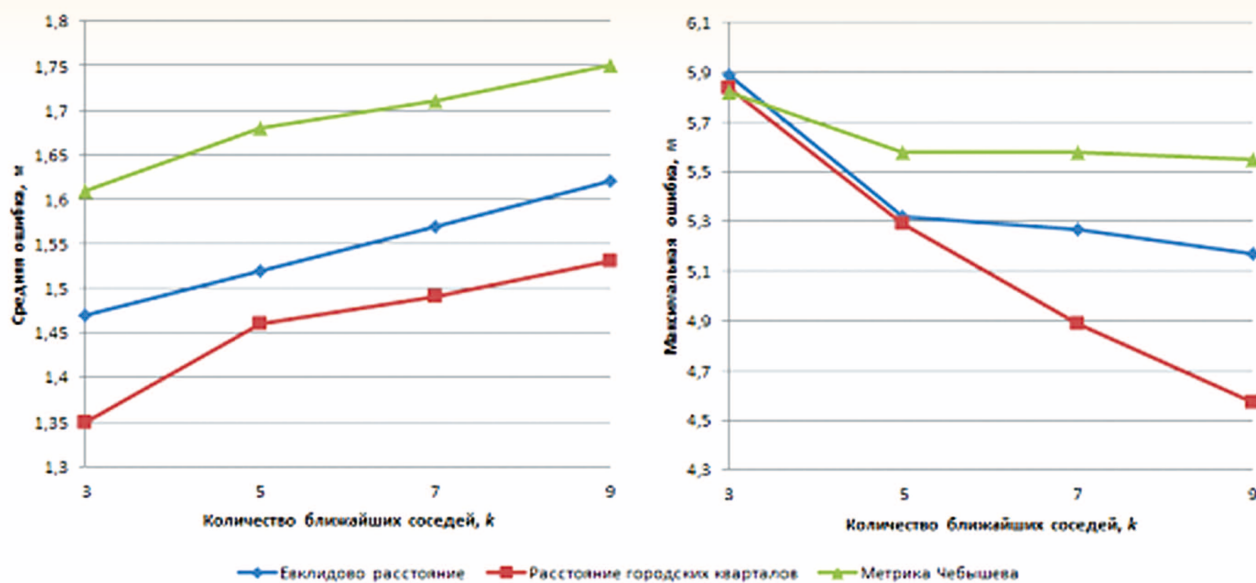


Рис. 3. Средняя и максимальная ошибки позиционирования при использовании модифицированного метода k -ближайших соседей

ки зрения минимизации значений ошибок каждого из методов получены при следующих настройках:

1) модернизированная модель Мотли-Кинана: $\alpha = 3$.

2) Модифицированный метод k -ближайших соседей: расстояние городских кварталов, $k = 7$.

Так как в рамках исследования метода k -ближайших соседей не были найдены настройки, при которых одновременно минимизируются как средняя, так и максимальная ошибка, то для определения наилучших результатов использовался следующий эмпирический критерий: минимальная средняя ошибка при условии, что максимальная ошибка не превышает значения 5 м.

В *таблице 1* приведены общие результаты исследования точности рассмотренных методов позиционирования. Для модели Мотли-Кинана и модифицированного метода k -ближайших соседей в таблице указаны значения, полученные при использовании оптимальных настроек.

Как следует из *таблицы 1*, ошибка позиционирования при использовании модели распространения сигнала приблизительно вдвое больше, чем при применении вероятностных методов. Из этого можно сделать вывод о том, что применение методов, основанных на построении модели распространения сигнала, для решения задачи позиционирования объектов с высокой точностью вряд ли возможно. Это обусловлено тем, что такие модели не учитывают реальную интерференционную картину Wi-Fi покрытия, на которую влияют как значитель-

Таблица 1
Результаты исследования точности различных методов Wi-Fi позиционирования

Методы позиционирования	Модель Мотли-Кинана	Метод k -ближайших соседей	Наивный байесовский классификатор
Средняя ошибка, м	4,98	1,49	1,74
Максимальная ошибка, м	8,67	4,89	4,43

ное переотражение сигналов, так и наложение их частотных спектров.

В свою очередь вероятностные методы позволяют получить приемлемую точность как с точки зрения средней, так и с точки зрения максимальной ошибок позиционирования. Именно эту группу методов можно рекомендовать для использования при построении высокоточных систем локального позиционирования.

Совместное применение нескольких методов позиционирования

В ходе экспериментального исследования методов Wi-Fi позиционирования было установлено, что ошибки в определении положения объекта для разных методов обработки изменяются по-разному в тех или иных частях контролируемой территории, причем более точным оказывается то один, то другой метод. Для иллю-

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

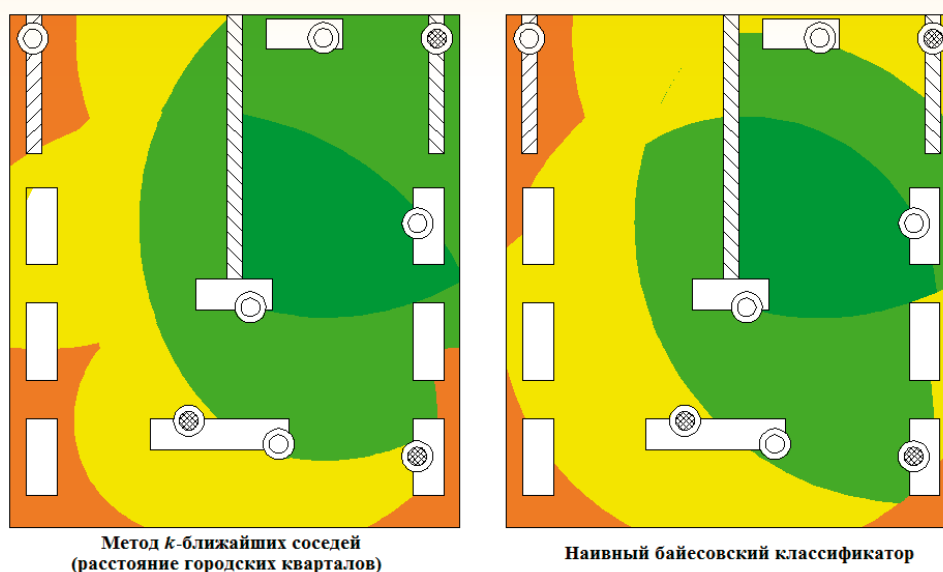


Рис. 4. Области ошибок разных методов позиционирования

страции сказанного на *рисунке 4* изображены области ошибок метода k -ближайших соседей с метрикой городских кварталов и наивного байесовского классификатора. На *рисунке 4* использованы следующие цветовые обозначения: зеленый – ошибка не превышает одного метра, салатовый – ошибка от 1 до 2 метров, желтый – ошибка от 2 до 2 метров, оранжевый – ошибка более 3 метров.

Отметим, что подобная картина имеет место, даже если используется один и тот же метод, но с разными параметрами настройки. В частности, это наблюдалось, например, для метода k -ближайших соседей при вариации используемой метрики.

Выявленная особенность позволила предположить, что совместное использование различных методов или одного метода с измененными параметрами даст возможность увеличить точность позиционирования.

В соответствии с этим предположением было произведено экспериментальное исследование системы позиционирования, в которой одновременно используется три метода позиционирования, а именно:

- Метод k -ближайших соседей с параметрами:
 - Количество ближайших соседей: $k = 7$.
 - Метрика расстояния: Евклидово расстояние.
- Метод k -ближайших соседей с параметрами:
 - Количество ближайших соседей: $k = 7$.
 - Метрика расстояния: расстояние городских кварталов.

1. Наивный байесовский классификатор.

Конечный результат определялся как взвешенное среднее из результатов локализации объекта, полученных каждым из перечисленных методов. В рамках исследования рассматривались различные варианты комбинаций значений весовых коэффициентов:

Вариант 1: одинаковые веса для каждого метода: { 1/3; 1/3; 1/3 }.

Варианты 2 – 4: веса { 0,6; 0,2; 0,2 }, { 0,2; 0,6; 0,2 } и { 0,2; 0,6; 0,2 }.

Результаты исследования в сжатом виде приведены в *таблице 2*.

Таблица 2

Ошибки позиционирования, получаемые при комбинации методов позиционирования

Ошибка позиционирования	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Средняя ошибка, м	1,49	1,45	1,37	1,31
Максимальная ошибка, м	4,73	4,76	4,47	4,58

Данные, представленные в *таблице 2*, свидетельствуют о том, что совместное использование нескольких методов позиционирования позволяет добиться снижения значений средней ошибки позиционирования без увеличения значений максимальной. В рамках проведенного

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

эксперимента значение средней ошибки уменьшилось на 12% (с 1,49 м до 1,31 м). Сохранение значений максимальной ошибки может быть объяснено тем, что в контролируемом помещении имеются области, в которых прием Wi-Fi сигнала затруднен в связи с наличием посторонних предметов.

Очевидно, что совместное использование разных методов позиционирования или одинаковых методов, но с разными настройками, позволяет достичь большей точности по сравнению с их отдельным использованием.

Одновременное использование нескольких беспроводных технологий

Наличие на территории позиционирования областей, в которых значения ошибки определения местоположения превышают аналогичные значения для других областей, чаще всего вызвано несоблюдением требований по количеству точек доступа, находящихся в прямой видимости [7]. Возникающие в таких случаях ошибки не зависят от того, какой метод (или набор методов) позиционирования используется.

На практике требования к Wi-Fi покрытию могут быть не выполнены в силу действия объективных ограничений. Причиной наличия областей со значениями ошибок, значительно превышающими средние показатели, помимо невыполнения требований к Wi-Fi покрытию, может также явиться скопление групп объектов (людей, техники и т.д.) на ограниченной части контролируемой территории. Такая ситуация имеет место, например, при решении задачи локального позиционирования в музеях или других местах с большим скоплением людей (торговые центры, поликлиники и т.д.).

Эффективным решением данной проблемы является размещение дополнительных стационарных источников – «маяков», задачей которых является коррекция определения местоположения объектов в некоторой области [8]. Основными требованиями к таким «маякам» являются:

1. Малые геометрические размеры, поскольку, как правило, устройства необходимо располагать в тех местах, где размещение скольнибудь габаритного оборудования не представляется возможным.

2. Высокая автономность: желательно использовать устройства, работающие автономно без подзарядки в течение длительного времени, позволяя их размещать в местах, где подведение стационарного питания невозможно или недопустимо.

3. Возможность определения расстояния до объекта с достаточно высокой точностью; без выполнения этого требования компенсация ошибок исходной системы позиционирования становится невозможной.

4. Низкая стоимость: применение дополнительных источников сигнала не должно оказывать значительного влияния на итоговую стоимость всей системы позиционирования.

Решением, удовлетворяющим всем вышеперечисленным требованиям, являются источники сигнала, использующие беспроводную технологию BLE (Bluetooth Low Energy). Главным преимуществом использования технологии BLE является ее высокая автономность. «Маяки», использующие эту технологию, могут работать без подзарядки от полугода. Они имеют минимальный размер (с монету достоинством в десять рублей) и невысокую стоимость.

Коррекция местоположения объекта, определяемого по данным Wi-Fi сети с использованием BLE «маяков», производится путем смещения Wi-Fi оценки координат объекта в сторону ближайшего «маяка». В качестве ближайшего выбирается «маяк» с максимальным уровнем принимаемой мощности BLE сигнала. Итоговая оценка местоположения объекта рассчитывается согласно выражению

$$\vec{X}^{WB} = \vec{X}^W \cdot \frac{RSS_{b_{near}}^{BLE}}{\max_{RSS} (RSS_{b_{near}}^{BLE})} \cdot \vec{u}(\vec{X}^W - \vec{X}_{b_{near}}^{BLE}),$$
$$b_{near} = \operatorname{argmax}_{b=1..B} RSS, \quad (9)$$

где B – количество BLE «маяков», используемых системой;

b_{near} – индекс ближайшего BLE «маяка»;

\vec{X}^{WB} – итоговая оценка местоположения объекта;

\vec{X}^W – оценка местоположения объекта по данным сети Wi-Fi;

$\vec{X}_{b_{near}}^{BLE}$ – координаты ближайшего «маяка»;

$RSS_{b_{near}}^{BLE}, RSS_b^{BLE}$ – уровни мощности, принимаемые объектом от ближайшего и b -ого «маяка» соответственно;

$\max_{RSS} (RSS_{b_{near}}^{BLE})$ – максимальная мощность сигнала BLE, излучаемая BLE «маяком»

(определяется его аппаратными характеристиками);

$\vec{u}(\vec{X}^W - \vec{X}_{b_{near}}^{BLE})$ – вектор, определяющий направление смещения оценки координат объекта.

С целью апробации предложенного подхода на территории объекта испытаний были размещены три BLE «маяка». «Маяки» были расположены в наиболее проблемных с точки зрения ошибки позиционирования зонах. На *рисунке 5*

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

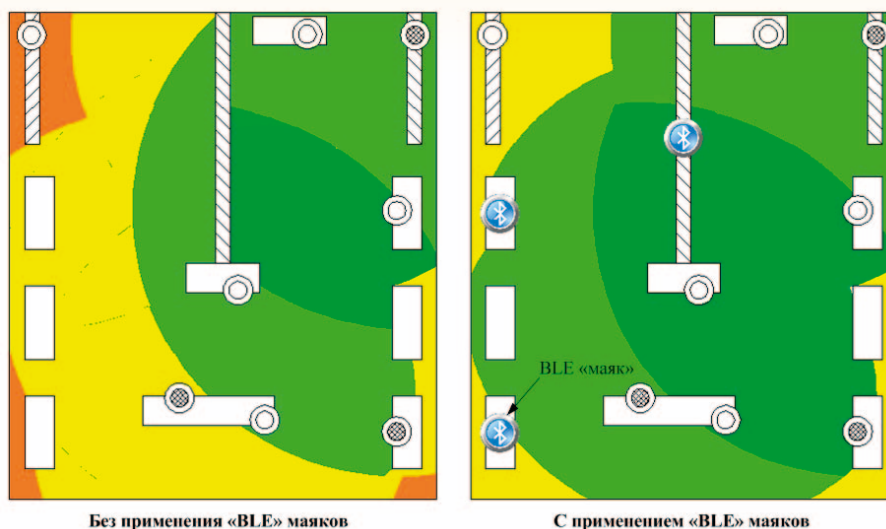


Рис. 5. Области ошибок позиционирования до и после дополнения Wi-Fi сети BLE «маяками»

приведены области ошибок до и после дополнения системы Wi-Fi позиционирования BLE «маяками» (цветовые обозначения на рисунке совпадают с обозначениями на *рисунке 4*). Результаты экспериментальной оценки точности позиционирования для обоих случаев приведены в *таблице 3*.

Таблица 3

Сравнение ошибок позиционирования систем Wi-Fi и Wi-Fi + BLE позиционирования

Ошибка позиционирования	Wi-Fi	Wi-Fi + BLE
Средняя ошибка, м	1,31	1,17
Максимальная ошибка, м	4,58	2,96

Сравнение точности системы Wi-Fi позиционирования и системы позиционирования, одновременно использующей данные сетей Wi-Fi и устройств BLE, приведенное в *таблице 3*, показывает, что применение дополнительных BLE «маяков» позволяет существенно снизить значение максимальной ошибки позиционирования (на экспериментальных данных уменьшение составило 35%). При этом точность с точки зрения величины средней ошибки также увеличивается (средняя ошибка снизилась на 11%). Это свидетельствует о целесообразности дополнения систем Wi-Fi устройствами BLE при решении задачи локального позиционирования объектов с высокой точностью.

Дополнительным преимуществом использо-

вания технологии BLE является тот факт, что Bluetooth приемники позиционируемых объектов, необходимые для принятия сигналов от BLE «маяков», можно также использовать для решения задачи позиционирования объектов, перемещающихся в составе группы. Необходимость решения этой задачи, как отмечено в [9], связана с тем, что точность позиционирования каждого из объектов, входящих в группу, может существенно ухудшаться по сравнению с одиночными объектами. Если же имеется возможность определения территориальной близости отдельных объектов, то можно уточнить оценку их местоположения. Группы объектов с включенными Bluetooth приемниками выявляются за счет периодического опроса каждым из объектов списка видимых Bluetooth устройств.

Для осуществления коррекции местоположения разработан специальный метод, основанный на оценке степеней уверенности в правильности решения для каждого из используемых методов позиционирования.

Понятие степени уверенности было введено авторами работы [9] как численная мера, позволяющая выявлять в группе объекты, позиционируемые наиболее точно. При этом оценивать степень уверенности предлагалось не на основании данных самого метода позиционирования, а на основании косвенных ограничений, накладываемых моделью перемещения объекта (блокирование перемещений сквозь стену, между этажами и т.д.). В случае совместного использования нескольких методов позиционирования такая оценка становится невозможной. Поэтому была предложена иная оценка степени уверенности, причем своя для каждого из совместно

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

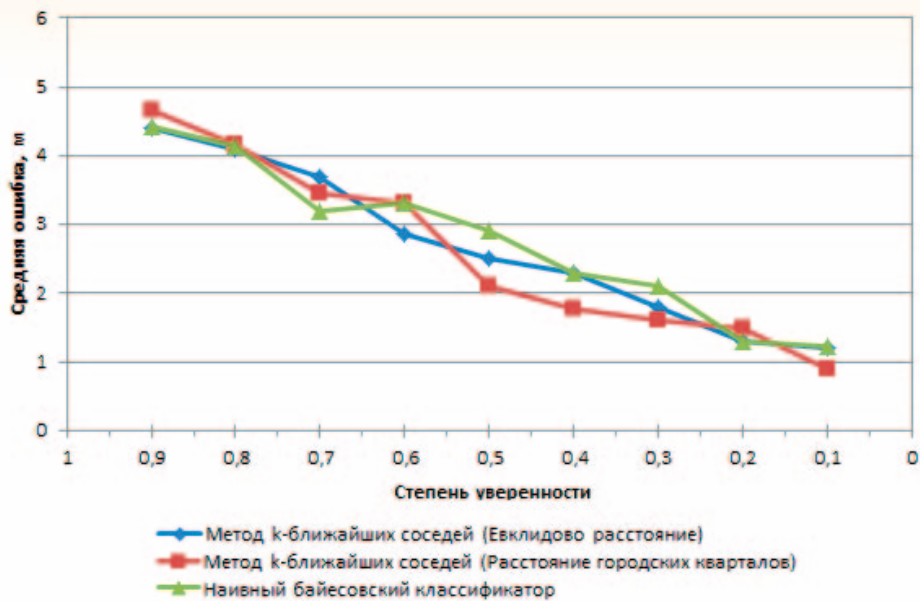


Рис. 6. Связь величины средней ошибки позиционирования и показателей степени уверенности

используемых методов позиционирования:

- для наивного байесовского классификатора – отличие от единицы значения апостериорной вероятности нахождения объекта в заданной точке

$$c^p = 1 - P[\vec{X}|\vec{Z}], \quad (10)$$

- для метода k -ближайших соседей – отличие от единицы нормированного средневзвешенного расстояния k -ближайших соседей до центраида

$$c^d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k (1/d_s(\vec{Z}, \vec{Z}_i)) \cdot d_e(\vec{X}_ц, \vec{X}_i)}{\sum_{j=1}^k (1/d_s(\vec{Z}, \vec{Z}_j))} / \bar{d}_e^{max}(\vec{X}_ц), \vec{X}_i \in N_k, \quad (11)$$

где N_k – множество k -ближайших соседей;
 d_s – метрика расстояния в пространстве признаков (уровней мощности сигнала точек доступа);
 d_e – метрика расстояния на плане контролируемой территории (Евклидово расстояние);
 $\bar{d}_e^{max}(\vec{X}_ц)$ – максимально возможное среднее расстояние до центраида;

- Z, Z_i – векторы данных текущего измерения и измерения i -ого соседа;
- $Z, Z_i, \vec{X}_ц, \vec{X}_i$ – координаты соответственно взвешенного центраида и i -ого соседа, где координаты взвешенного центраида рассчитываются по формуле (3).

Возможность применения предложенных показателей степени уверенности была подтверждена с помощью экспериментального исследования их взаимосвязи с величинами ошибки позиционирования. Полученные данные представлены на *рисунке 6*. Как и следовало ожидать, высокой точности позиционирования соответству-

ют большие значения показателей степени уверенности для любого из рассмотренных методов.

Итоговые координаты группы объектов с учетом оценок показателей степеней уверенности используемых методов определяются при помощи выражения

$$\vec{X}_{группы} = \sum_{h=1}^H w_h \cdot \frac{\sum_{g=1}^G c_{gh} \cdot \vec{X}_{gh}}{\sum_{g=1}^G c_{gh}} / \sum_{h=1}^H w_h, \quad (12)$$

где G – количество объектов группы;
 H – количество совместно используемых методов позиционирования;
 w_h – вес h -ого метода;
 c_{gh} – степень уверенности h -ого метода в определении положения \vec{X}_{gh} .

На *рисунке 7* представлены данные о точности локализации объектов группы для методов позиционирования без коррекции и с коррекцией при разном количестве объектов входящих в группу.

Как видно из приведенных рисунков, коррекция местоположения позволяет существенно снизить ошибку позиционирования. Для группы из 5 объектов средняя ошибка снизилась на 28% (с 6,13 м до 4,75 м), максимальная – на 22% (с 2,49 до 1,79 м).

Заключение

Результаты, полученные с помощью проведенных экспериментальных исследований, можно резюмировать следующим образом:

- для наиболее распространенных методов

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

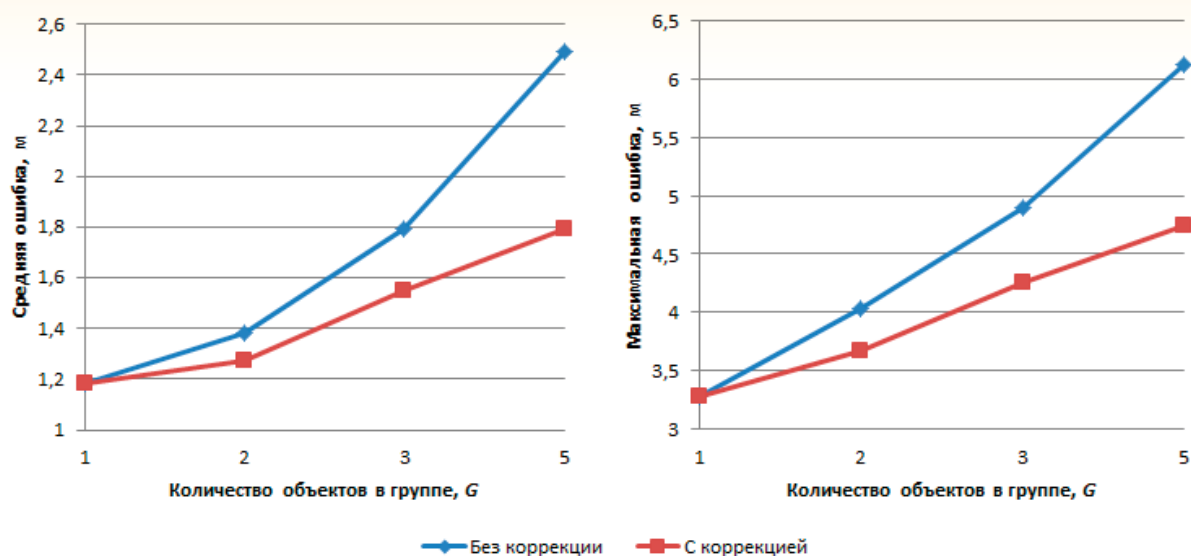


Рис. 7. Средняя и максимальная ошибки позиционирования без и с коррекцией местоположения группы объектов

Wi-Fi позиционирования проведено сопоставление ряда наиболее распространенных методов по точностным характеристикам и выработаны рекомендации по выбору их оптимальных параметров;

- доказана возможность повышения точности локализации объекта путем совместного применения нескольких методов обработки данных;
- разработан комплексный метод позиционирования объектов по данным совместного использования беспроводных сетей Wi-Fi и устройств BLE;
- показана повышенная точность позиционирования с помощью разработанного комплексного метода, в том числе при локализации местонахождения группы объектов.

Литература

1. Овчинников С. Системы позиционирования и мониторинга. // Технологии и средства связи. 2014. №2. С. 18-22.
2. Motley A.J., Keenan J.M.P. Personal communication radio coverage in buildings at 900 MHz and 1700 MHz. // Electronics Letters. 1988. V. 24, N. 12, P. 763-764.
3. Chen Y., Kobayashi H. Signal strength based in-

door geolocation. // Proceedings of the IEEE International Conference on Communications. New York, USA. 2002. V. 1, P. 436-439

4. Аверин И.М., Семенов В.Ю. Позиционирование пользователей с использованием инфраструктуры локальных беспроводных сетей. // Труды IV Всероссийской конференции «Радиолокация и радиосвязь». Москва, 2010. С. 474-479.

5. Evennou F., Marx F. Advanced integration of Wi-Fi and inertial navigation systems for indoor mobile positioning. // EURASIP Journal on Advances in Signal Processing. 2006. P. 1-11.

6. A probabilistic approach to WLAN user location estimation. / Roos T., Myllymaki P., Tirri H., Misikangas P., Sievanen J. // International Journal of Wireless Information Networks. 2002. V. 9, N. 3. P. 155-164.

7. Schrooyen F., Baert I., Truijten S. Real Time Location System over Wi-Fi in a Healthcare Environment. // Journal on Information Technology in Healthcare. 2006. V. 4, N. 6. P. 401-416.

8. Gwon Y., Jain R., Kawahara T. Robust Indoor Location Estimation of Stationary and Mobile Users. // Proceedings of the IEEE INFOCOM. 2004.

9. Collaborative localization: Enhancing WiFi-based position estimation with neighborhood links in clusters. / Chan L., Chiang J., Chen Y., Ke C., Hsu J., Chu H. // Proceedings of the 4th Conference on Pervasive Computing. 2006, P. 50-66.

УДК 51-74

СИНГУЛЯРНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ КАК МЕХАНИЗМ ДЛЯ АДАПТИВНОЙ СОГЛАСОВАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛА НА ФОНЕ БЕЛОГО ГАУССОВСКОГО ШУМА

Сергей Николаевич Шиманов

доктор технических наук, профессор
заместитель генерального директора
по АСУ и связи – главный конструктор
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел: +7(4967)35-31-93

Виктор Анатольевич Прасолов

кандидат технических наук
начальник отдела систем связи
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел: +7(4967)35-31-93

Людмила Николаевна Косарева

кандидат технических наук, доцент
доцент кафедры математики
филиал ВА РВСН им. Петра Великого
(г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
ул. Бригадная, д. 17
Тел: +7(4967)79-02-27

Сергей Викторович Франков

аспирант
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел: +7(4967)35-31-93

В статье представлен механизм адаптивной согласованной внутриполосовой фильтрации сигнала на фоне белого гауссовского шума, основанный на его сингулярном разложении.

This paper presents an adaptive mechanism agreed vnutripolosovoy signal filtering in white noise Gause, based on its singular value decomposition.

Ключевые слова: сингулярное разложение, метод «Гусеница», сингулярные компоненты, сигнал/шум, белый Гауссовский шум, внутриполосовая фильтрация.

Key words: singular value decomposition, method «Caterpillar», singular components, signal/noise, white Gauss noise, inside strip filtering.

В системах передачи информации качество приема сигналов в значительной степени определяется демодулятором, который на основе наблюдения принятого сигнала $x(t)$ выносит решение о приеме символа из числа возможных. Вероятность того, что принятое решение окажется верным зависит от отношения мощностей сигнала и шума в используемой полосе частот, от искажений сигнала, вызываемых фильтрацией и нелинейными эффектами, а также от используемой схемы демодулятора [1].

Традиционным способом повышения отношения сигнал/шум (SNR) является применение полосовых фильтров, обеспечивающих пропуск без значительного ослабления сигналов с частотами, лежащими в полосе частот полезного сигнала ΔF , и подавление сигналов с частотами, лежащими за пределами ΔF . Представляется акту-

альной задача разделения сигнальной $s(t)$ и шумовой $n(t)$ составляющей из смеси $s(t)+n(t)$, когда их спектры частот находятся в одной области значений.

В конце прошлого столетия для анализа временных рядов было предложено и использовано сингулярное разложение специально сформированной матрицы, включающей в себя результаты наблюдений различных процессов [1, 2]. Иногда этот метод называют SSA – Singular Spectrum Analysis (сингулярный спектральный анализ), возник он, по-видимому, из анализа хаотического поведения временного ряда и исследования аттракторов (при этом сингулярный спектр понимается, как набор сингулярных чисел при сингулярном разложении исходной траекторной матрицы). Часто используется отечественное название – метод «Гусеница», из-за не-

которого сходства процедуры получения траекторной матрицы с помощью скользящего окна, формирующего строки траекторной матрицы путем выделения фрагментов временного ряда.

В [3] рассмотрены основы и приведены общие критерии разделения аддитивных комбинаций различных временных рядов, согласно которым сумма гармонического колебания и белого Гауссовского шума (БГШ) являются слабо разделимыми на длине временного ряда N или асимптотически разделимыми при $N \rightarrow \infty$.

Пусть имеется аддитивная смесь узкополосного сигнала с узкополосным БГШ:

$$x(t) = s(t) + n(t), \quad (1)$$

для которой справедливо:

$$\lim_{T \rightarrow 0} \frac{1}{T} \int_0^T s(t)n(t)dt = 0, \quad (2)$$

где $s(t)$ – узкополосный сигнал, а $n(t)$ – БГШ.

Пусть непрерывные компоненты (1) на интервале $0 \leq t \leq T$ представлены дискретно в виде временных отсчетов со сколь угодно малым интервалом дискретизации τ :

$$x_i = s_i + n_i, \quad (3)$$

где $x = x(t_i)$, $s_i = s(t_i)$ и $n_i = n(t_i)$, $i = \overline{0, N}$.

Фактически (3) представляет собой временной ряд длины N аддитивной смеси отсчетов узкополосного сигнала (в дальнейшем просто сигнала) и БГШ. Поскольку БГШ имеет непрерывную спектральную плотность на интервале непрерывного спектра сигнала, то они неразделимы в полосе последнего классическими методами фильтрации, базирующимися на Фурье анализе. Напомним, что форма исходного сигнала нам неизвестна, в связи с чем не рассматривается применение согласованной фильтрации.

Рассмотрим математическую задачу разделимости представленной выше аддитивной смеси методами SSA – сингулярного анализа, для чего построим траекторную матрицу M_x интервалов L , имеющую размерность $L \times K$, где $K = N - L + 1$.

Рассматриваемая аддитивная смесь может быть представлена суммой сингулярных составляющих $x_i^{(j)}$, $j = \overline{1, K}$, получаемых в результате разложения (3) в базисе собственных векторов V_i , $i = \overline{1, K}$ его автоковариационной матрицы:

$$Kv_x = M_x M_x^T. \quad (4)$$

В соответствии с SSA

$$x = \sum_j x_i^{(j)}. \quad (5)$$

Следует заметить, что в общем случае число сингулярных составляющих лежит в пределах от 2 до K и определяется количеством положительных собственных значений λ_j матрицы Kv_x , причем сингулярные числа $\mu_j = \sqrt{\lambda_j}$ представляют собой энергетические показатели вкла-

да j -го временного ряда в исходный временной ряд.

В силу аддитивности смеси сигнала и шума (3) траекторная матрица M_x может также быть представлена как сумма траекторных матриц

$$M_x = M_s + M_n. \quad (6)$$

Учитывая некоррелированность БГШ с неизвестным узкополосным сигналом, автоковариационная матрица суммы равна сумме автоковариационных матриц сигнала и шума соответственно

$$Kv_x = Kv_s + Kv_n. \quad (7)$$

Рассмотрим особенности слагаемых (7) и их собственных значений.

Из линейной алгебры известна теорема [4], согласно которой для любой симметричной матрицы (коими являются матрицы Kv) существует ортонормированный базис, состоящий из собственных векторов этой матрицы. Матрицы Kv в этом базисе имеют диагональный вид

$$Kv' = \begin{pmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \lambda_K \end{pmatrix}. \quad (8)$$

На диагонали такой матрицы расположены собственные значения Kv , повторяющиеся столько раз, какова их кратность, причем $\lambda_i = \lambda_{min}$, а $\lambda_k = \lambda_{max}$. Матрица перевода Kv в $Kv' = P^{-1}KvP$ – невырожденная, такая, что

$$Kv' = P^{-1}KvP. \quad (9)$$

Проанализируем матрицу Kv_s . По диагонали в данной матрице расположены оценки дисперсии D_s . Значения остальных элементов будут убывать от диагонального элемента в соответствии с автокорреляционной функцией сигнала. В силу малости интервала дискретизации τ и ограниченности интервала ковариации K убывание будет незначительным. Таким образом, при достаточно большом L данная матрица представляет собой диагонально симметричную матрицу с диагональю D_s и незначительным уменьшением ее элементов от D_s по мере их удаления от диагонали. Для такой матрицы ее преобразование (9) дает матрицу Kv_s' , у которой $\lambda_K^{(s)} = \lambda_{max}^{(s)} \approx D_s K$, а все остальные собственные значения пренебрежимо малы. Таким образом, весь исходный сигнал s сосредоточен в сингулярной компоненте $s^{j=K}$ с сингулярными числами

$$\begin{aligned} \mu_K^{(s)} &\approx \sqrt{\frac{KD_s}{K}} = \sqrt{D_s}, \\ \mu_j^{(s)} &\approx 0, j < K. \end{aligned} \quad (10)$$

Матрица Kv_n в силу некоррелированности БГШ будет изначально диагональной с элементами диагонали равными дисперсии шума D_n . Рассмотрим преобразование (9) относительно Kv_s . Пусть E – единичная матрица, тогда

$$\begin{aligned} Kv_n &= D_n E, \\ Kv'_n &= P^{-1} Kv_n P = P^{-1} D_n E P = P^{-1} D_n P = \\ &= D_n P^{-1} P = D_n E = Kv_n. \end{aligned} \quad (11)$$

Таким образом, преобразование (9) не меняет матрицу Kv_n и все ее собственные значения $\lambda_j^{(n)} = D_n$. Следовательно, все сингулярные компоненты шума являются равнозначными по уровню сингулярных чисел

$$\mu_j^{(n)} = \sqrt{\frac{D_n}{K}}, \quad \forall j. \quad (12)$$

Рассмотрим применение преобразования (9) к сумме (7).

$$\begin{aligned} Kv'_n &= P^{-1}(Kv_s + Kv_n)P = P^{-1}(Kv_s P + Kv_n P) = \\ &= P^{-1} Kv_s P + P^{-1} Kv_n P = Kv'_s + Kv_n. \end{aligned} \quad (13)$$

Из (13) следует, что

$$\begin{aligned} \lambda_j^{(X)} &= \lambda_j^{(S)} + \lambda_j^{(n)} \Rightarrow \mu_j^{(X)} \approx \sqrt{\frac{D_n}{K}}, \quad j < K \text{ и} \\ \mu_K^{(X)} &\approx \sqrt{D_S + \frac{D_n}{K}}. \end{aligned} \quad (14)$$

Таким образом, энергетически только K -я сингулярная составляющая содержит в себе аддитивную смесь практически полного сигнала и ослабленного в K раз шума. Отбрасывая все остальные составляющие сингулярного разложения, мы выделяем неизвестный узкополосный сигнал на фоне БГШ. Поскольку шум полностью подавить не удастся, то можно говорить о слабой сингулярной разделимости узкополосного сигнала и узкополосного БГШ. Выигрыш по снижению в сингулярно отфильтрованном сигнале $X'(t)$ компоненты БГШ составляет $\leq K$ раз.

С другой стороны, при увеличении N до бесконечности при $L = \text{const}$ ($\Rightarrow K \rightarrow \infty$) и устремлении $t \rightarrow 0$ имеем

$$\begin{aligned} \mu_j^{(n)} &\rightarrow 0, \quad \forall j, \text{ а } \mu_j^{(s)} \rightarrow 0, \quad j < K_j < K, \\ \text{и } \mu_K^{(S)} &\rightarrow \sqrt{D_S} \Rightarrow \\ \Rightarrow \mu_K^{(X)} &\rightarrow \sqrt{D_S}, \text{ а } \mu_j^{(X)} \rightarrow 0, \quad j < K. \end{aligned} \quad (15)$$

Следовательно, узкополосный сигнал неизвестной формы и БГШ асимптотически сингулярно разделимы. То есть в пределе возможно полное выделение неизвестного узкополосного сигнала s_j из его аддитивной смеси с БГШ.

Таким образом, полученные соотношения (14) и (15) показывают возможность построения

на основе сингулярного разложения адаптивных согласованных фильтров для узкополосных сигналов неизвестной формы.

В реальных системах связи соотношение (14) не выполняется, что обусловлено не выполнением условий (10) и (2) для принимаемой смеси сигнала и шума.

В первом случае, в виду конечности частоты оцифровки сигнала и интервала $0 \leq t \leq T$ наблюдается чувствительное снижение значений автоковариации сигнала по их удалению от диагональных элементов ковариационной матрицы.

Невыполнение условия (2) обусловлено наличием слабой корреляции реальных узкополосных сигналов и узкополосного шума, что ведет к несправедливости соотношений (13) и (14).

Вследствие чего имеет место быть ситуация, когда не одна, а $m = K - v$ компонент сингулярного разложения содержат энергетику сигнала

$$\begin{aligned} \mu_j^{(s)} &\approx 0, \quad j \leq v, \\ \mu_j^{(s)} &\geq 0, \quad v < j \leq K, \end{aligned} \quad (16)$$

В соответствии с (12), энергетика шумовой составляющей распределяется приблизительно равномерно по всем компонентам сингулярного разложения. Энергия сигнала, с учетом (16), в основном сосредоточена только в последних m компонентах, неравномерно, как правило, со значительным убыванием по мере уменьшения j .

Рассмотрим сингулярное разложение аддитивной смеси сигнала и шума, прошедшей стандартную полосовую фильтрацию: $x_{\text{пф}} = s_{\text{пф}} + n_{\text{пф}}$. Результатом применения сингулярного разложения с длиной окна L будет разделение $x_{\text{пф}}$ на K составляющих $x_{\text{пф}}^j$, $v < j \leq K$, m из которых содержат энергетику узкополосного сигнала s и шума n , а $l = (K - m)$ – только шума n .

Исключением $(K - m)$ компонент из суммы можно получить сигнал $s'_{\text{пф}}$, что эквивалентно фильтрации сигнала от шума в ограниченной полосе частот ΔF . Эффективность такого способа внутриполосовой фильтрации будет определяться приростом отношения сигнал/шум SNR, в конечном итоге определяющим вероятность ошибки в приеме информации. Представляет интерес и точность восстановления формы сигнала, которую можно оценить через коэффициент корреляции r (17) и евклидово расстояние $d^{(e)}$ (18) между исходным сигналом s и $s'_{\text{пф}}$.

$$r(s(t), \hat{s}'_{\text{пф}}(t)) = \frac{\text{cov}(s(t), \hat{s}'_{\text{пф}}(t))}{\sqrt{\sigma_{s(t)}^2 \cdot \sigma_{\hat{s}'_{\text{пф}}(t)}^2}}. \quad (17)$$

$$d^{(e)}(s(t), \hat{s}'_{\text{пф}}(t)) = \sum_{k=1}^N [s_k(t) - \hat{s}'_{\text{пф}}(t)]^2. \quad (18)$$

Таким образом, задавшись значениями L и K , задачу внутриполосной фильтрации можно сформулировать следующим образом: из общего множества компонент K сингулярного разложения сигнала $x_{\text{пф}}$ необходимо исключить $l \in K$ таких, что сумма оставшихся m компонент обеспечит выполнение целевой функции

$$\begin{aligned} \text{SNR}[\hat{s}'_{\text{пф}}] &\rightarrow \max_{m \in K}; \\ l \in K: \quad r[s, \hat{s}'_{\text{пф}}] &\rightarrow \max_{m \in K}; \\ d^{(e)}[s, \hat{s}'_{\text{пф}}] &\rightarrow \max_{m \in K}; \end{aligned} \quad (19)$$

при $L = \text{const}$, $N = \text{const}$.

Решение данной задачи будем осуществлять методом полного перебора сочетаний сумм компонент сингулярного разложения сигнала, полагая известным на приемной стороне исходный сигнал s , а шум n – абсолютно белым Гауссовским. Оценка значений SNR может быть получена через отношение дисперсии сигнала $\sigma_s^2(t)$ и шума $\sigma_{n'(t)}^2$ (22) [5], при допущении, что применение полосовой фильтрации приводит к изменению сигнала $\hat{s}(t)$ так, что значение $\sigma_{\hat{s}(t)}^2$ остается неизменным, а мощность сигнала после фильтра определяется дисперсией суммы двух коррелированных случайных величин

$$\sigma_{s(t)+n'(t)}^2 = \sigma_s^2(t) + \sigma_{n'}^2 + 2 \cdot \text{cov}[s(t), n'(t)], \quad (20)$$

где $\text{cov}[s(t), n'(t)]$ может быть представлена через ковариационный момент $s(t)$ и $s(t) + n'(t)$, как

$$K_{s(t), n'(t)} = K_{s(t)+n'(t), s(t)} - \sigma_s^2(t) \quad (21)$$

$$\text{SNR} = \frac{\sigma_s^2(t)}{\sigma_{n'}^2} = \frac{\sigma_s^2(t)}{\sigma_{s(t)+n'(t)}^2 + \sigma_s^2(t) - 2 \cdot \text{cov}[s(t)+n'(t), s(t)]} \quad (22)$$

Результаты моделирования представлены на **рисунках 1–3** (для эксперимента произведено сингулярное разложение пакета одного из стандартов связи длиной $N=2040$ цифровых отсчетов на $K=8$ компонент; по оси абсцисс представлено значение SNR после полосовой фильтрации).

Анализ графиков свидетельствует об эффективности внутриполосовой фильтрации сигналов, основанной на методе сингулярного разложения. Наибольший выигрыш по параметрам SNR, r и $d^{(e)}$ наблюдается в области больших шумов.

Дальнейшие исследования в области применения методов сингулярного разложения для

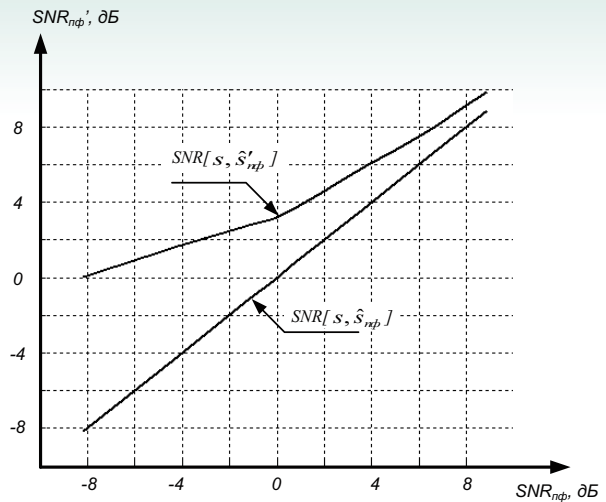


Рис. 1. График зависимости $\text{SNR}'_{\text{пф}} = f(\text{SNR}_{\text{пф}})$

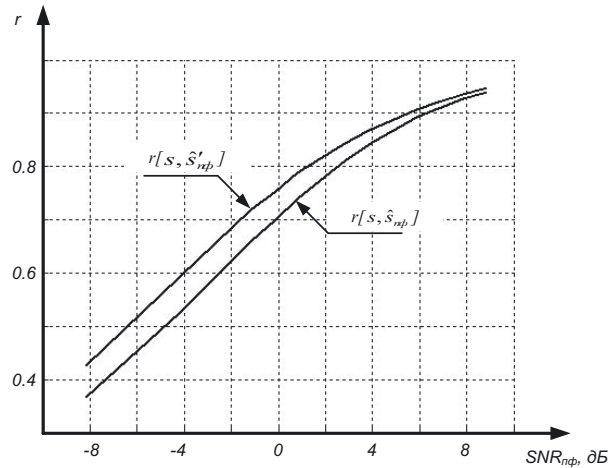


Рис. 2. График зависимости $r = f(\text{SNR}_{\text{пф}})$

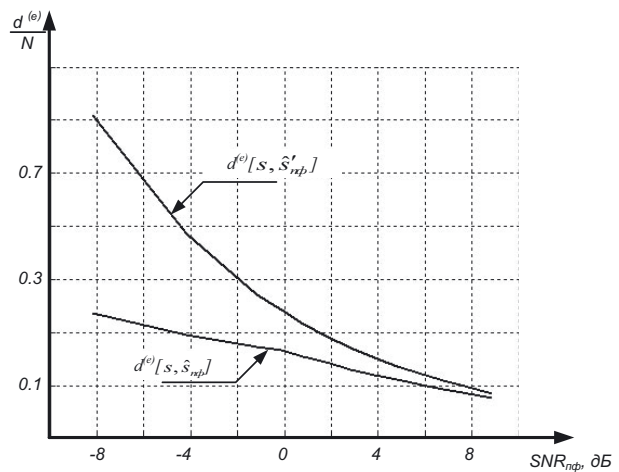


Рис. 3. График зависимости $d^{(e)}/N = f(\text{SNR}_{\text{пф}})$

фильтрации сигналов можно разделить на теоретическое (определение оптимальных значений параметров разложения L и N) и практическое (разработка методов исключения «нежелательных» компонент без наличия сведений о сигнале на приемной стороне, а также быстродействующих алгоритмов вычисления) направления.

Литература

1. Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница» / Под ред. Д.А. Данилова, А.А. Жиглявского. СПб.: Пресском, 1997. 308 с.
2. Elsner J.V. and Tsonis A.A. Singular Spectrum Analysis. A New Tool in Time Series Analysis. New York and London: Plenum Press, 1996. 164 p.
3. Голяндина Н.Э. Метод «Гусеница»-SSA: анализ временных рядов: Учеб. пособие. Спб., 2004. 76с.
4. Гельфанд И.М. Лекции по линейной алгебре.

Учебное пособие для вузов. – М.: Добросвет, Московский центр непрерывного математического образования, 1998. 320с.

5. Эффективность внутриполосной фильтрации сигналов, основанной на их сингулярном разложении // Сборник трудов международной конференции «Радиоэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий – РЭУС-2014», Москва, 2014. С. 129-132.

6. Шиманов С.Н., Ковальков Д.А., Крикунов А.А., Лапшин В.Ю. Оптимизация длительности обслуживания трафика в мультисервисной радиосети с динамическим выделением каналов по требованию // Известия Института инженерной физики, 2012. №3(25). С.49-53.

7. Ванюшин В.М., Цимбал В.А., Шиманов С.Н., Островский Д.В. Обоснования требуемой производительности аппаратно-программных средств управления узла связи с заданной оперативностью реакции при минимуме их стоимости методом рекурсии // Известия Института инженерной физики, 2013. №3(29). С. 58-61.

УДК 004.728.5

МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА АБОНЕНТОВ С ТСП ПРОТОКОЛОМ В ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ MPLS СЕТЯХ

Владимир Анатольевич Цимбал

заслуженный деятель науки РФ
доктор технических наук, профессор
ведущий научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93

Сергей Николаевич Шиманов

доктор технических наук, профессор
заместитель генерального директора
по АСУ и связи – главный конструктор
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93

Василий Евгеньевич Тоискин

кандидат технических наук
преподаватель
филиал ВА РВСН им. Петра Великого
(г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
ул. Бригадная д. 17
Тел.: +7(4967)78-92-23

Ирина Андреевна Якимова

преподаватель
филиал ВА РВСН им. Петра Великого
(г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
ул. Бригадная д. 17
Тел.: +7(4967)78-92-23

В статье представлен подход к оптимизации процесса информационного обмена по протоколу TCP при работе в сетях с MPLS.

In article the approach to process optimization of an information exchange on the protocol of TCP are present by operation in networks with MPLS.

Ключевые слова: MPLS, протокол TCP, «скользящее окно», пропускная способность сети, параметры протокола

Key words: MPLS, protocol TCP, «slid window», network transmission capacity, parameters of the protocol.

Технология MPLS разрабатывалась, развивается и широко применяется в настоящее время операторами связи с целью повышения эффективности использования имеющейся пропускной способности магистральных сетей на основе создания современной сетевой инфраструктуры. Применение MPLS также позволяет операторам гарантировать своим потребителям такие аспекты качества как временная задержка, джиттер и пропускная способность, что в свою очередь, дает возможность заключать корректные соглашения об уровне обслуживания.

Многопротокольная коммутация в MPLS имеет целый ряд преимуществ относительно традиционных IP сетей:

- возможность интеграции разнородных сетей;

- независимость от инфраструктуры существующей или создаваемой сети;
- поддержка механизмов QoS;
- предоставление сервисов, ориентированных на соединение;
- повышение эффективности передачи больших объемов трафика;
- создание VPN сетей;
- обеспечение безопасности в сети и т.д. [1]

Несмотря на довольно большой перечень достоинств MPLS, данная технология, являясь прозрачной для пользователя, не гарантирует достоверную доставку информации по сети между клиентом и сервером. Следовательно, для организации устойчивой работы приложений, требующих обязательной доставки информации в строго определенной последовательности, необ-

ходимо использование протоколов, обеспечивающих гарантированный информационный обмен и работающих поверх MPLS. Самым распространенным и известным протоколом, выполняющим данную функцию, является известный протокол TCP.

Однако данный протокол при стандартных настройках не позволяет использовать максимально все достоинства MPLS, становясь так называемым «узким местом» такой сети. Обусловлено это тем, что данный протокол создавался для работы на низкоскоростных, мелко-масштабных сетях со значительными вероятностями ошибочного приема или даже потери сегментов. Для работы в современных сетях протокол TCP необходимо адаптировать таким образом, чтобы при сохранении своих достоинств он мог максимально использовать услуги, предоставляемые современными сетями.

При этом основными параметрами, которые требуется настраивать для оптимизации работы по высокоскоростным каналам, являются [2, 3]:

- длина сегмента, на которые разбивается передаваемое сообщение;
- размер «скользящего окна»;
- таймер повторной передачи
- возможное количество повторных передач сегментов при их неподтверждении.

Указанными параметрами необходимо управлять, учитывая их строгую взаимосвязь друг с другом и с другими аспектами работы протокола, например, с алгоритмом нумерации сегментов, а также с его логикой работы.

Известно, что часть параметров оговариваются сторонами информационного обмена (хостами) в процессе установления соединения, а часть – настраивается автоматически по заранее заложенным в протокол процедурам при непосредственном обмене информацией. Так, например, при установлении соединения объявляется номер бита, с которого начнется передача, максимальный размер сегмента и размер «скользящего окна» [2, 3].

Рассмотрим на вербальном уровне указанные параметры. По умолчанию начальный номер последовательности назначается из диапазона от 0 до $2^{32}-1$. Данный номер необходим для успешной работы механизма подтверждений приема сегментов, а также для игнорирования повторно принятых сегментов из-за особенностей работы сети. Однако существует проблема, связанная с назначением номеров при работе поверх высокоскоростных технологий, таких как MPLS. Заключается она в том, что в результате большей скорости выдачи сегментов в сеть весь диапазон номеров может быть исчерпан за время,

меньшее, чем время жизни сегмента ($TTL=120$ с). Это возможно приведет к нахождению в сети сегментов с разной информационной частью, но с одинаковыми номерами и, соответственно, в случае приема двух таких сегментов один из них будет отброшен, а при этом механизм повторной передачи не сработает. Эта проблема ограничивает скорость работы TCP протокола значением 286 Мбит/с [2]. Решить данную проблему можно двумя способами. Во-первых, можно уменьшить время жизни сегмента, а во-вторых, увеличить диапазон номеров. При этом уменьшение TTL может привести к уничтожению сегмента на пути следования в случае наличия большого количества промежуточных маршрутизаторов, а увеличение диапазона номеров в явном виде не позволяет структура заголовка TCP сегмента. В RFC 1323 предложено решать данную проблему путем внедрения механизма добавления меток времени в заголовки.

Следующий параметр, который определяется в процессе установки соединения, – это максимальный размер сегмента – MSS [2, 3]. По умолчанию данный параметр может изменяться до значения 1460 байт, однако в IP сетях MSS, как правило, имеет меньшее значение. Связано это с тем, что на некоторых промежуточных узлах маршрутизации большие сегменты могут фрагментироваться на пути следования сегмента от передающей стороны к приемной, а это приводит к задержкам и, соответственно, к росту времени доведения всего сообщения. Однако, уменьшение MSS на передающей стороне приводит к росту накладных расходов при передаче (заголовки, обработка нескольких сегментов вместо одного). В связи с этим возникает следующее противоречие: с одной стороны уменьшение размера MSS приводит к исключению фрагментации сегмента на пути следования и, соответственно, уменьшению времени доведения, а с другой стороны – уменьшение числа сегментов в сообщении путем увеличения MSS дает снижение накладных расходов. Например, при использовании 128-байтовых сегментов затраты на обработку будут в 32 раза выше, чем для сегментов размером 4 Кбайт [4]. Следовательно, необходимо устанавливать такое значение MSS, которое позволит максимально сократить время передачи информации в конкретной сети.

Наиболее важным параметром протокола TCP, оговариваемым при установке соединения, является размер «скользящего окна». Именно от данного параметра зависит то, с какой скоростью будет осуществляться выдача сегментов в сеть. «Скользящее окно» изменяется в процессе информационного обмена по алгоритму рабо-

ты протокола, при этом максимальное значение, которое может принимать указанный параметр, равно $2^{16}-1=65535$ байт (в ОС Windows устанавливается параметром реестра `TcpWindowSize` [2]). Не во всех сетях этого может быть достаточно. Так, если сеть обладает высокой пропускной способностью и большим временем кругового оборота – RTT (время прохождения сегмента от абонента А, до абонента Б и обратно), применение слишком малого значения «скользящего окна» приводит к неэффективному использованию сети в целом. В связи с этим в последних реализациях протокола предусматривается возможность масштабирования окна. В ОС Windows данный алгоритм используется путем настройки параметра реестра `Tcp1323Opts` [2]. Однако не следует забывать о том, что слишком большое значение «скользящего окна» может привести к излишним повторным передачам в случае наступления перегрузки на одном из промежуточных узлов маршрутизации. В целом для высокоскоростных сетей, таких как MPLS сеть, размер окна должен быть равен, по меньшей мере, произведению пропускной способности на время задержки.

Размер «скользящего окна» не должен быть фиксированным в процессе информационного обмена, а должен реагировать на изменяющуюся обстановку в сети путем самосинхронизации протокола. Для этого в TCP протоколе применяются различные алгоритмы и механизмы, в частности, такие как подтверждения, повторные передачи и целый ряд таймеров. При этом необходимо отметить такую особенность TCP протокола как отсутствие квитанций об ошибочно принятых сегментах или об их потере. Вместо этого повторная передача сегментов осуществляется по истечению таймера повторной передачи, значение которого, в свою очередь, завязано на размер «скользящего окна» и время кругового оборота RTT. Максимальное количество повторных передач сегментов, после которого будет принято решение о разрыве соединения, устанавливается в реестре при настройке протокола (например, для ОС Windows это параметр `TcpMaxDataRetransmission`, значение которого по умолчанию равно 5 [2]).

Выбор значения таймера повторной передачи является серьезной задачей, так как при большом его значении TCP протокол в случае возрастания количества потерь сегментов или увеличении вероятности ошибки будет работать неэффективно, уменьшая оперативность реакции на прием сегмента, а при малом значении таймера – возрастет количество без надобности переданных повторно сегментов. Следовательно,

необходимо задавать такое значение данному параметру, которое будет зависеть от состояния сети в данный момент времени. Иными словами, необходимо отслеживать как факты возникновения перегрузки в сети, так и факты выхода из строя отдельных маршрутизаторов. Для этого следует осуществлять либо измерение времени RTT, либо использовать определенные в RFC 793 переменные протокола (`SND.UNA` и `SND.NXT`) с целью определения возможного времени прихода квитанции на следующем шаге информационного обмена.

Также важной составляющей задачи повышения оперативности информационного обмена по протоколу TCP является и работа принимающей стороны в части, касающейся выдачи подтверждений о приеме квитанций. Так, в TCP применяются следующие способы отправки подтверждения: немедленно – по приходу сегмента и с накоплением – когда принимается несколько сегментов и только после этого отправляется подтверждение. В сетях MPLS целесообразно применять второй способ, позволяющий эффективней использовать пропускную способность. При этом возникает вопрос: по истечении какого времени необходимо осуществлять отправку подтверждения? Это время определяется таймером отложенных подтверждений по средствам параметра реестра `TcpDelAckTicks` [2]. Значение данного параметра может меняться в диапазоне от 0 до 600 мс.

В случаях прихода сегмента не в порядке следования, либо при обнаружении ошибки в сегменте посредством контрольной суммы принимающая сторона имеет два варианта дальнейших действий. Первый – отбрасывать все последующие сегменты до момента прихода сегмента с ожидаемым номером, что приведет к повторной передаче большого объема информации и тем самым к увеличению нагрузки на сеть. Второй – сохранять все приходящие сегменты и отбрасывать только те, которые приходят либо вне очереди, либо с ошибками, а передающую сторону оповещать путем применения выборочных подтверждений – SACK. Данный механизм определен в RFC 2018 и устанавливается в параметре реестра `SackOpts` [2, 3, 4].

Также имеется возможность оповещения передающей стороны о неприходе ожидаемого сегмента путем применения алгоритма быстрой повторной передачи. Работая по данному алгоритму, приемная сторона при обнаружении сбоя начинает отправлять сплошным потоком одинаковые подтверждения о последнем верно принятом сегменте. Передающая сторона, получив установленное количество таких подтверж-



Рис. 1. Методика повышения оперативности информационного обмена абонентов с TCP протоколом в высокоскоростных MPLS сетях

дений (число подтверждений определяется параметром реестра `TcpMaxDupAcks` [2]), продолжает дальнейшую передачу с недошедшего сегмента.

Для гарантированной доставки информации путем применения механизмов подтверждения и повторной отправки TCP протоколу необходимо выделение буферного пространства как на приемной, так и на передающей сторонах. Определение необходимого объема буфера является также нетривиальной задачей, требующей своего решения, так как выбор буфера с большим объемом может ограничить возможность работы других соединений, а выбор размера буфера меньшим, чем требуется, приведет к сложностям в работе текущего соединения.

Решение указанной проблемы возможно путем использования буферов переменного размера. Однако данный подход сильно усложняет процесс управления буферами и, соответственно, требует большей производительности рабочей станции (хоста) [4].

Все выше изложенное подтверждает тесную взаимосвязь всех параметров и алгоритмов работы TCP протокола, а также технологических параметров сети и рабочих станций и требует системного подхода к оптимизации работы рассматриваемого TCP протокола под ту или иную сеть. В целом, по нашему мнению, общий подход к оптимизации на вербальном уровне может быть представлен в виде комплексной методики. Схема такой методики параметрической оп-

тимизации TCP протокола, работающего поверх сетей MPLS, представлена на *рисунке 1*.

Представленная методика заключается в следующем. До момента формирования TCP соединения (на этапе подготовки направления связи) происходит выявление необходимых исходных сведений о сети, таких как заявленная пропускная способность, временные задержки, определяемые масштабом сети, а также технические параметры рабочих станций и маршрутизаторов (например, производительность процессоров, объемы памяти и т.д.). Основываясь на этих данных, производится моделирование работы протокола с использованием одного из известных научно-методических аппаратов. Примером такого моделирования являются математические модели, представленные в [1, 5, 6, 7].

Используя результаты моделирования, осуществляется нахождение оптимальных параметров протокола (пункты 3, 4, 6, 7 методики). Например, в работе [5] производится нахождение оптимального размера «скользящего окна» для конкретной реализации сети.

Определив значения параметров, позволяющих повысить оперативность информационного обмена на этапе подготовки, производится корректировка основных алгоритмов работы протокола с целью сокращения количества операций, а соответственно, и времени на переход протокола к данным параметрам в автоматическом режиме (пункты 1-9 методики). По окончании внесения изменений в рассматриваемый протокол TCP уже на этапе информационного обмена должно осуществляться автоматическое управление всеми параметрами на основе сведений о состоянии сети (пункт 10 методики).

Таким образом, использование представленной методики позволит упорядоченно и научно-обоснованно производить изменения как в сам протокол TCP, так и в алгоритмы использования ресурсов рабочих станций и сети в целом как на этапе подготовке TCP соединения, так и во время информационного обмена.

Литература

1. Будылина Н.В., Трибунский Д.С., Шувалов В.П. Оптимизация сетей с многопротокольной коммутацией по меткам. М.: Горячая линия – Телеком, 2010. 144 с.
2. Кульгин М.В. Компьютерные сети. Практика построения. Для профессионалов. 2-е изд. СПб.: Питер, 2003. 462 с.
3. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб.: Питер, 2012. 943 с.
4. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. 5-е изд. СПб.: Питер, 2012. 960 с.
5. Цимбал В.А., Тоискин В.Е., Косарева Л.Н., Якимова И.А. Корректная математическая модель процедуры «скользящее окно» в TCP соединении // Новые информационные технологии в системах связи и управления: Тр. XIII Рос. НТК / М-во промышленности и торговли РФ, ОАО «Концерн радиоостроения «Вега», ОАО «Калужский НИИ телемеханических устройств». Калуга: ООО «Ноосфера», 2014. С. 247-252.
6. Цимбал В.А., Косарева Л.Н., Исаева Т.А., Потапов С.Е., Ваганов И.Н. Математическая модель доставки многопакетных сообщений в соединении «точка-точка» на сети передачи данных с процедурой «скользящее окно» // Известия Института инженерной физики, 2009. №3(13). С. 13-19.
7. Цимбал В.А. Информационный обмен в сетях передачи данных. Марковский подход: монография. М.: Вузовская книга, 2014. 144 с.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 519.6

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ФАКТОРИЗАЦИИ МОДУЛЯ КРИПТОСИСТЕМЫ RSA

Сергей Иванович Закатин

*кандидат технических наук,
старший научный сотрудник*

заместитель генерального директора
МОУ «ИИФ»

Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967) 35-31-93

Сергей Сергеевич Закатин

кандидат технических наук,

старший преподаватель
филиал ВА РВСН им. Петра Великого
(г. Серпухов)

Адрес: 142202, Московская обл.,
г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17

Михаил Сергеевич Закатин

кандидат технических наук

начальник отдела
МОУ «ИИФ»

Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967) 35-31-93

Сергей Валерьевич Погребан

старший офицер отдела
УПМИ и СП Министерства обороны РФ
Адрес: 119160, Москва,
Москворецкая наб., д. 9а

В статье рассматривается способ факторизации модуля криптосистемы RSA на основе шестеричной периодизации целых чисел.

The article considers method of factorization module RSA based sextuple periodization of numbers.

Ключевые слова: факторизация, криптосистема, алгоритм, RSA-модуль, шестеричная периодизация чисел.

Key words: factorization, a cryptosystem, RSA-modulus, sextuple periodization of numbers.

В криптосистемах алгоритмы с открытым ключом (ОК) – это такие, где ключи существуют в парах: один из ключей называется открытым, и он практически доступен кому угодно. Другой ключ из пары – закрытый (секретный) ключ (ЗК). Эти ключи взаимосвязаны так, что ОК может «обратить» действие ЗК (т.е. сверить подпись), а ЗК – обратить операцию ОК (расшифровать данные). Еще одно свойство асимметричных ключей состоит в том, что из ОК нельзя за полиномиальное время вычислить ЗК.

Алгоритм RSA – наиболее известный алгоритм криптосистем с ОК использует большие простые числа (ПЧ), что, по мнению его разработчиков, и обеспечивает высокую стойкость ввиду сложности факторизации RSA-модуля. Чтобы сгенерировать ключи пользователь случайным образом выбирает большие ПЧ-компоненты p и q , которые и образуют значение открыто публикуемого RSA-модуля

$$n=pq \quad (1)$$

и секретное (не публикуемое) значение функции Эйлера

$$\varphi(n) = (p-1)(q-1), \quad (2)$$

где p и q – простые положительные числа.

Так что, если удастся решить задачу факторизации RSA-модуля (1) – значение функции Эйлера (2) также становится известным, т.е. криптосистема – взломана. Сложность факторизации обусловлена, прежде всего, тем, что между числами p и q имеет место гиперболическая зависимость (1), а при программной реализации реальные значения RSA-модуля и его компонент могут быть представлены в ЭВМ только в виде строковой переменной и проведение арифметических операций с ними можно осуществлять только способами длинной арифметики.

Был разработан ряд интересных методов факторизации натуральных чисел (методы Ферма, Полларда, Шермана-Леммана, Уильямса, Шэнкса, алгоритмы Ленстры, Полларда-Штрассена и др.), обладающие экспоненциальной сложностью

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

стью. На сегодняшний день применительно к криптографии с открытым ключом RSA-модули с $n < 2^{1024}$ не являются безопасными, а задача факторизации RSA-модулей с $n < 2^{1024}$ остается актуальной.

В 1994 году П.В. Шором был разработан квантовый алгоритм факторизации [1, 2], названный его именем, который ориентирован на использование $O(\lg n)$ логических кубитов и позволяет разложить n за время $O(\lg^3 n)$. Работоспособность этого алгоритма была продемонстрирована группой специалистов IBM при помощи квантового компьютера с 7 кубитами на примере факторизации числа $15 = 3 \times 5$.

Идея алгоритма Шора очень хорошо описана Г.И. Шпаковским [3, 4] и другими авторами. Суть алгоритма заключается в использовании квантовой схемы для определения периода функции вида:

$$y_{k_0}(x) = a^x \bmod n,$$

где $x = 0, 1, 2, \dots, N=2^L$, a – любое число, не имеющее общих делителей с n .

Например [5], в случае нечетного числа $n = 15$ можно выбрать, в частности, $a = 2$ (если, в общем случае, n – четное число, то очевидно a должно быть нечетным). Тогда последовательность чи-

сел $2^0, 2^1, \dots, 2^x$ по модулю 15 будет представлена в виде 1, 2, 4, 8, 1, 2, 4, 8, ..., т.е. имеет место период $r = 4$, что удовлетворяет соотношению $2^r \equiv 1 \pmod{15}$. Таким образом $a^r = 1 \pmod{n}$, а параметр r – порядок при $a < n$. Теперь, по мнению авторов [3-5] значения p, q (1) определяются согласно алгоритма Эвклида как наибольшие общие делители чисел $p = 2^{r/2} + 1, q = 2^{r/2} - 1$ и n . В рассматриваемом примере $r=4, p=5, q=3$.

К сожалению, алгоритм П.В. Шора не всегда дает решение. Например, при $p=7, q=3$ и $a=2$ получим $r=6, p=9, q=7 \neq 3$. Иными словами, этот алгоритм носит вероятностный характер решения для ограниченных значений n .

Предлагаемый в этой статье подход основан на следующих положениях. Натуральный ряд чисел – множество простых и составных чисел, которые можно разбить на шесть подмножеств, как показано в *таблице 1*. В общем случае имеют место и отрицательные простые числа, но в нашей задаче мы их не рассматриваем.

В заголовке таблицы показаны правила отнесения чисел к каждому из подмножеств. Возможны и другие правила, но обязательно с периодом равным 6.

Нетрудно заметить, что нечетные числа отне-

Таблица 1
Шестеричная периодизация натуральных чисел

Периоды k	Группы					
	A	B	C	D	E	F
	6k-1	6k	6k+1	6k+2	6k+3	6k+4
0	-1	0	1	2	3	4
1	5	6	7	8	9	10
2	11	12	13	14	15	16
3	17	18	19	20	21	22
4	23	24	25	26	27	28
5	29	30	31	32	33	34
6	35	36	37	38	39	40
7	41	42	43	44	45	46
8	47	48	49	50	51	52
9	53	54	55	56	57	58
10	59	60	61	62	63	64
11	65	66	67	68	69	70
12	71	72	73	74	75	76
13	77	78	79	80	81	82
14	83	84	85	86	87	88
15	89	90	91	92	93	94
16	95	96	97	98	99	100
17	101	102	103	104	105	106
18	107	108	109	110	111	112

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

сены в подмножества A, C, E, а четные – в подмножества B, D, F. Причем подмножества A и C содержат все простые числа (ПЧ).

То есть из свойств шестеричной периодизации целых чисел следует, что любое ПЧ от пяти и больше формально может быть представлено в виде:

$$ПЧ_A = 6k - 1 - \text{для подмножества A} \quad (3)$$

или

$$ПЧ_C = 6k + 1 - \text{для подмножества C}, \quad (4)$$

где $k \in \{1, 2, 3, \dots\}$.

Обратное утверждение не верно (см. *таблицу 1*). В *таблице 2* приведен фрагмент списка из первых 500 ПЧ и соответствующие значения образующих их целых чисел (ЦЧ).

Таблица 2
Список простых чисел

k	ПЧ=6k-1	ПЧ=6k+1
569		3413
572	3433	
575		3449
576	3457	
577	3463	3461
578	3469	3467
582		3491
583	3499	
585	3511	
586	3517	
588	3529	3527
589		3533

Из *таблицы* видно, что одному ЦЧ ставится в соответствие одно или два ПЧ. При этом не наблюдается какая-либо закономерность их следования.

Тем не менее, из шестеричной периодизации следует, что все простые числа, принадлежащие одному подмножеству сравнимы по модулю 6:

$$ПЧ_A \equiv -1 \pmod{6} \quad (5)$$

или

$$ПЧ_C \equiv +1 \pmod{6} \quad (6)$$

Следовательно, значение модуля RSA (1):

$$n \pmod{6} = p \pmod{6} * q \pmod{6} =$$

$$= \begin{cases} -1 \pmod{6} & |(p \in A \wedge q \in C) \vee (p \in C \wedge q \in A) \\ +1 \pmod{6} & |(p \in A \wedge q \in A) \vee (p \in C \wedge q \in C) \end{cases} \quad (7)$$

дает ответ о принадлежности компонент p и q к одному (+1) или двум (-1) подмножествам.

Если

$$p = 6k \pm 1, \quad (8)$$

$$q = 6m \pm 1 \quad (9)$$

где k и m – ЦЧ, то решение задачи факторизации модуля RSA сводится к нахождению значений чисел, каждое из которых в шесть раз меньше исходных компонент. Последнее обстоятельство позволяет на порядок сократить вычислительные процессы, что очень важно при длинной арифметике.

С учетом (8) и (9) получаем

$$n = (6k \pm 1)(6m \pm 1) = 6(6km \pm k \pm m) \pm 1 \quad (10)$$

или промежуточные значения

$$\begin{cases} K_1 = \frac{n-1}{6} = 6km \pm k \pm m \\ K_2 = \frac{n+1}{6} = 6km \mp k \pm m \end{cases} \quad (11)$$

С учетом комбинации знаков построим вспомогательные функции (ВФ)

$$F(i, j) = \begin{cases} F^{(1)}(i, j) = K_1 - (6ij + i + j) \rightarrow 0, \text{ если } K_1 - \text{целое} & (12) \\ \text{или} \\ F^{(2)}(i, j) = K_2 - (6ij - i + j) \rightarrow 0, \text{ если } K_2 - \text{целое} & (13) \\ \text{или} \\ F^{(3)}(i, j) = K_1 - (6ij - i - j) \rightarrow 0, \text{ если } K_1 - \text{целое} & (14) \\ \text{или} \\ F^{(4)}(i, j) = K_2 - (6ij + i - j) \rightarrow 0, \text{ если } K_2 - \text{целое} & (15) \end{cases}$$

$$i, j = 1, \max(m, k)$$

Целое значение K_1 или K_2 является признаком для выбора соотношений из (12)-(15) для поиска решения. Эти обстоятельства позволяют существенно сократить объем вычислений, особенно если n, p, q – длинные числа.

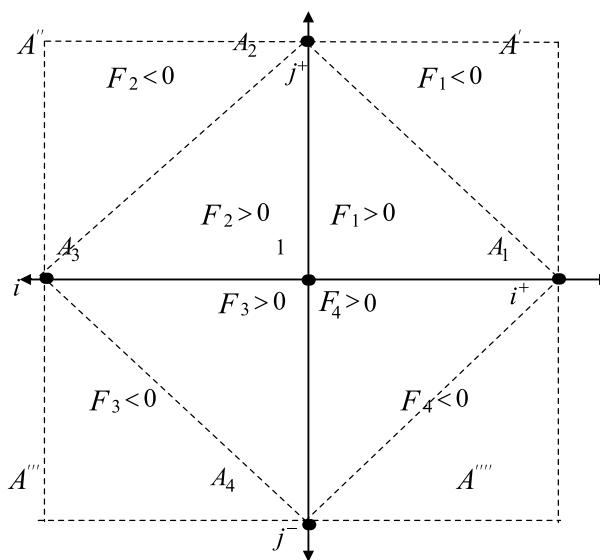


Рис. 1. Область определения вспомогательной функции

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Очевидно, что выражения (13) и (15) равносильны, поэтому в дальнейшем можно использовать только выражения (12) – (14), что также упрощает алгоритмизацию параллельных вычислительных процессов и сокращает затраты машинного времени.

Значения аргументов при табличном задании ВФ обозначим i^+, j^+, i^-, j^- в соответствии со знаком вхождения аргументов i, j в соотношения (12)-(15). Тогда область определения при совмещении всех четырех таблиц ВФ (12)-(15) как показано для наглядности на **рисунке 1** с общим началом $i^+ = j^+ = i^- = j^- = 1$. Из выражения (11) в таблицах можно определить (все оси положительные) характерные значения (точки):

На **рисунке 1** характерные точки имеют координаты:

$$A_1 \left(i_{\max}^+ = \frac{n-1}{6}; 1 \right) \quad (16)$$

$$A_2 \left(1; j_{\max}^+ = \frac{n-1}{6} \right) \quad (17)$$

$$A_3 \left(i_{\max}^- = \frac{n+1}{6}; 1 \right) \quad (18)$$

$$A_4 \left(1; j_{\max}^- = \frac{n+1}{6} \right) \quad (19)$$

Линии проекций этих точек и их пересечения ограничивают область определения в таблицах значений вспомогательной функции (12)-(15) – четырехугольник $A_1 A_2 A_3 A_4$, при этом

область внутри четырехугольника $A_1 A_2 A_3 A_4$ – область положительных значений $F > 0$; $A_1 A_2 A_2, A_2 A_3 A_3, A_3 A_4 A_4, A_4 A_1 A_1$ – области отрицательных значений $F < 0$. Нулевые значения ВФ $F = 0$ находятся на периметре четырехугольника $A_1 A_2 A_3 A_4$.

Учитывая то, что при формировании модуля RSA n и функции Эйлера $\varphi(n)$ стремятся чтобы значения p и q существенно отличались друг от друга, для построения рекуррентных соотношений воспользуемся еще одним обстоятельством, приводящим к сокращению объема вычислений, которое состоит в нахождении приближенного решения, т.е. нахождения в области определения ВФ точки $(i_{\text{нач}}, j_{\text{нач}})$ наиболее близко находящейся к точке где $F = 0$. Эта точка находится из соотношений (12)-(15).

Если принять $i_{\text{нач}} = j_{\text{нач}} = \mu$, то очевидно, что $6\mu^2 \gg \pm 2\mu$ и $n \gg 1$, то можно принять в качестве начального значения для поиска решения:

$$i_{\text{нач}} = j_{\text{нач}} = \mu \approx \sqrt{\frac{n}{36}}. \quad (20)$$

С учетом изложенного, алгоритм предлагаемого способа факторизации ОК рассмотрим на примере.

Пусть $n = 12509969$.

Вычисляем признаки:

$$\frac{n+1}{6} = \frac{12509970}{6} = 2084995,000 \text{ – целое}$$

$$\frac{n-1}{6} = \frac{12509968}{6} = 2084994,667 \text{ – не целое.}$$

Следовательно, решение находится или во втором, или в четвертом квадранте (**рисунок 1**). Принимаем для расчетов соотношение (15). Находим начальные значения индексов по формуле (20):

Таблица 2

Фрагмент вычислений вспомогательной функции

$i^{(+)} \backslash j^{(-)}$	588	589	590	591	592	593	594
584	24639,00	21134,00	17629,00	14124,00	10619,00	7114,000	3609,00
585	21112,00	17601,00	14090,00	10579,00	7068,00	3557,000	46,00
586	17585,00	14068,00	10551,00	7034,00	3517,00	0,000	-3517,00
587	14058,00	10535,00	7012,00	3489,00	-34,00	-3557,00	-7080,00
588	10531,00	7002,00	3473,00	-56,00	-3585,00	-7114,00	-10643,00
589	7004,00	3469,00	-66,00	-3601,00	-7136,00	-10671,00	-14206,00
590	3477,00	-64,00	-3605,00	-7146,00	-10687,00	-14228,00	-17769,00
591	-50,00	-3597,00	-7144,00	-10691,00	-14238,00	-17785,00	-21332,00

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

$$i_{\text{нач}} = j_{\text{нач}} = \mu = \sqrt{\frac{12509969}{36}} = 589,49 \approx 589 -$$

(ближайшее нечетное целое).

Вычисляем значение ВФ:

$F_4(n; i^{(+)} = \mu; j^{(-)} = \mu) = 3469,000 > 0$ точка начала поиска. Фрагмент вычисления значений ВФ приведен в *таблице 2*.

Из *таблицы 2* видно, что последовательно уменьшая значения индекса $j^{(-)}$ и увеличивая индекс $i^{(+)}$ мы приходим к значению ВФ $F_4(n; i^{(+)} = 593; j^{(-)} = 586) = 0$. Теперь остается вычислить значения факторов:

$$p = 6 * 586 + 1 = 3517; q = 6 * 593 - 1 = 3557$$

и проверить результат факторизации:

$$n = 3517 * 3557 = 12509969 - \text{верное значение.}$$

Тогда значение функции Эйлера (2) легко вычисляется:

$$\varphi(n = 12509969) = (3517 - 1) * (3557 - 1) = 12502896.$$

Не трудно заметить, что предложенный способ факторизации представляет собой рекуррентные вычисления на основе простых опера-

ций, которые позволяют реализовать алгоритмы параллельного вычисления, что дает возможность провести факторизацию открытого ключа криптосистемы RSA за полиномиальное время.

Литература

1. Shor P.W. Algorithms for quantum computation: discrete logarithms and factoring // Foundations of Computer Science: Conference Publications, 1994. P. 124-134.
2. Shor P.W. Polynomial-Time for Prime Factorization and Discrete Logarithms on a Quantum Computer // Foundations of Computer Science: Conference Publications, 1997. P. 1484-1509.
3. Шпаковский Г.И. Реализация параллельных вычислений: кластеры, грид, многоядерные процессоры, квантовые компьютеры. Минск: БГУ, 2010. 155 с.
4. Шпаковский Г.И. Параллельное программирование и аппаратура. Минск: БГУ, 2012. 184 с.
5. Валиев К.А., Кокин А.А. Квантовые компьютеры: надежды и реальность. Ижевск: РХД, 2001. 352 с.
6. Ананьев В.Е., Закатин М.С., Закатин С.И., Закатин С.С. Исследования числовых и алгебраических свойств элементов равновесных классов // Известия Института инженерной физики, 2014. №4(34). С. 37-42.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 533.6

ЭНТОМОПТЕР С БЫСТРОМАШУЩИМИ КРЫЛЬЯМИ

Темир Хусаинович Ахмедов

кандидат технических наук

старший научный сотрудник
МОУ «ИИФ»

Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93



В статье рассматривается механизм, воспроизводящий кинематику и аэродинамику летательного аппарата быстромашущих насекомых. Приведены результаты компьютерного моделирования тяги и мощности быстромашущего движителя, а также процессов, происходящих в пограничном слое крыла. Представлен технический облик энтомоптера – аппарата с быстромашущими крыльями.

The article covers the mechanism that reproduces kinematics and aerodynamics of the swift waving insects' flying machine. The computer simulation results of the swift waving propulsion thrust and power, as well as the processes occurring in the boundary layer of the wing are pointed out. The technical look of the entomopter – the swift waving machine with wings – is disclosed.

Ключевые слова: быстромашущий движитель, кинематика, аэродинамика, пограничный слой быстромашущего крыла.

Key words: swift waving propulsion, kinematics, aerodynamics, swift waving wing boundary layer.

Первые документальные сведения о создании летательного аппарата с машущими крыльями, подобными крыльям птиц, историки относят к трудам Леонардо да Винчи [1]. Описание различных вариантов машущих движителей, используемых в летательных аппаратах, называемых орнитоптерами, широко представлено в отечественной и зарубежной литературе. Кинематика маховых движений медленно машущих крыльев орнитоптера напоминает кинематику маховых движений птиц при горизонтальном полете. Длительный опыт изготовления орнитоптеров все же свидетельствует о существенных недостатках при их эксплуатации по следующим причинам. Основной режим полета птиц – горизонтальный. Орнитоптер не приспособлен к вертикальному взлету и приземлению. Несущие способности крыльев существующих аппаратов минимальны. Безаэродромное базирование орнитоптеров невозможно. Для их эксплуатации нужны взлетно-посадочные полосы.

Однако кинематика маховых движений крыльев птиц существенно изменяется при переходе их на режимы зависания и приземления, на-

поминая кинематику маховых движений крыльев насекомых с быстромашущими крыльями, появившихся на Земле на много раньше птиц.

Кроме птиц в природе есть другой, не менее достойный аналог для подражания – быстромашущие насекомые из отрядов перепончатокрылых и двукрылых (пчел, ос, мух, комаров), принцип действия движителя которых к настоящему времени недостаточно изучен, но таит в себе немалые потенциальные возможности. Эти насекомые в ходе эволюции успешно овладели и режимом висения на одном месте, и виртуозным полетом в пространстве. Копирование их летательного аппарата не представляется возможным.

В связи с этим актуальным является создание упрощенных физических моделей, воспроизводящих природные явления, и разработка на их основе принципиально новых технических устройств.

С целью раскрытия сущности тех аэродинамических процессов, которые происходят при функционировании быстромашущего движителя, рассматривалась следующая упрощенная ки-

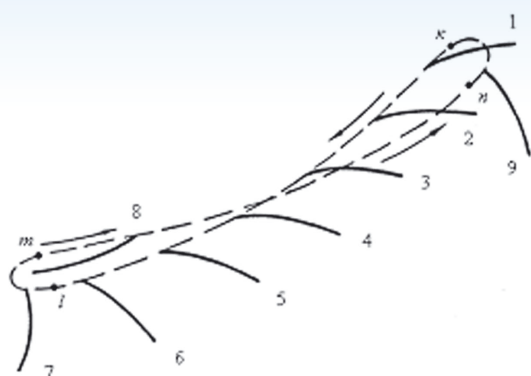


Рис. 1. Упрощенная кинематическая схема маховых движений сечения крыла быстромашущего насекомого

нематическая схема маховых движений быстромашущего крыла, **рисунок 1** [3]. Указанные на рисунке фазы движения крыла по замкнутой траектории имеют следующие названия:

мах – это опускание крыла на пути движения его от точки *k* к точке *l*;

взмах – поднятие крыла на пути движения его от точки *m* к точке *n*;

супинация – вращательное движение крыла на пути от точки *l* к точке *m*;

пронация – обратное вращательное движение крыла на пути от точки *n* к точке *k*.

При анализе этой кинематической схемы было установлено, что для обеспечения режима висения аэробийота или летательного аппарата подъемная сила – или тяга – машущих крыльев должна создаваться только в фазе маха, то есть крыло при опускании должно супинировать (вращаться относительно продольной оси) с ускорением. Такой режим движения крыла назван махово-супинационным. Это требование должно учитываться при изучении аэродинамических процессов, происходящих около крыла,

и разработке механической модели привода.

Для установления физической природы возникновения подъемной силы быстромашущих крыльев был проведен ряд экспериментов. Результаты экспериментальных исследований представлены на **рисунке 2** [5].

Динамика формирования течения около крыла при угле атаки $\alpha=90^\circ$

На **рисунке 2А** показано развитие индуктивного течения при ускоренном перемещении крыла при угле атаки $\alpha=90^\circ$. Как видно, за крылом образуется пара вихрей, размеры которых увеличиваются по мере передвижения крыла. В отличие от обращенного движения, вихри не отрываются от поверхности крыла и вихревая дорожка Кармана не наблюдается. Мертвая зона за крылом, упоминаемая в теории струй, не обнаружена.

Динамика формирования течения около крыла при угле атаки $<90^\circ$

Картина течения изменяется при углах атаки закритических, но меньших 90° . Результат такого эксперимента представлен на **рисунке 2Б**. В этом случае в структуре обтекания крыла происходят существенные изменения. Один из вихрей (кормовой вихрь *б*) отрывается от крыла и становится свободным. Но другой вихрь (носовой *а*) остается на поверхности крыла и занимает всю его поверхность. Возмущенная зона за крылом открыта. Интенсивность кормового вихря первоначально меньше интенсивности носового вихря. Но вихревая пелена, обтекающая крыло с расположенным на нем носовым вихрем, накручивается на кормовой вихрь, увеличивая его интенсивность. Расстояние между крылом и кормовым вихрем продолжает увеличиваться, и вскоре между ними появляется разрыв, в который устремляется течение. Что примечательно, взаимодействие обоих вихрей при-

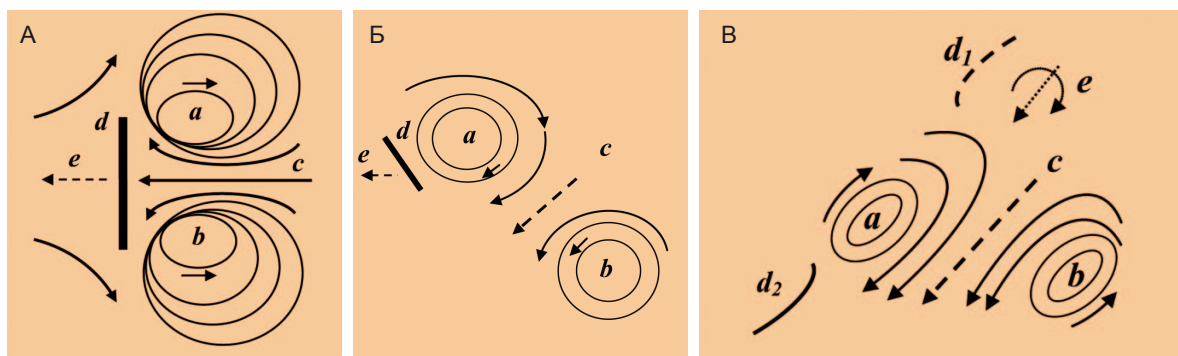


Рис. 2. Схема образования вихрей и индуктивных течений при ускоренном движении тела: А – при обтекании пластины под углом атаки, равным 90° , Б – при закритических углах атаки, В – при махово-супинационном движении крыла; *a*, *b* – вихри, *c* – индуктивные течения, *d* – пластины, *d₁* – положение крыла в начале махово-супинационного движения, *d₂* – в конце махово-супинационного движения, *e* – направления движения пластин и крыла.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

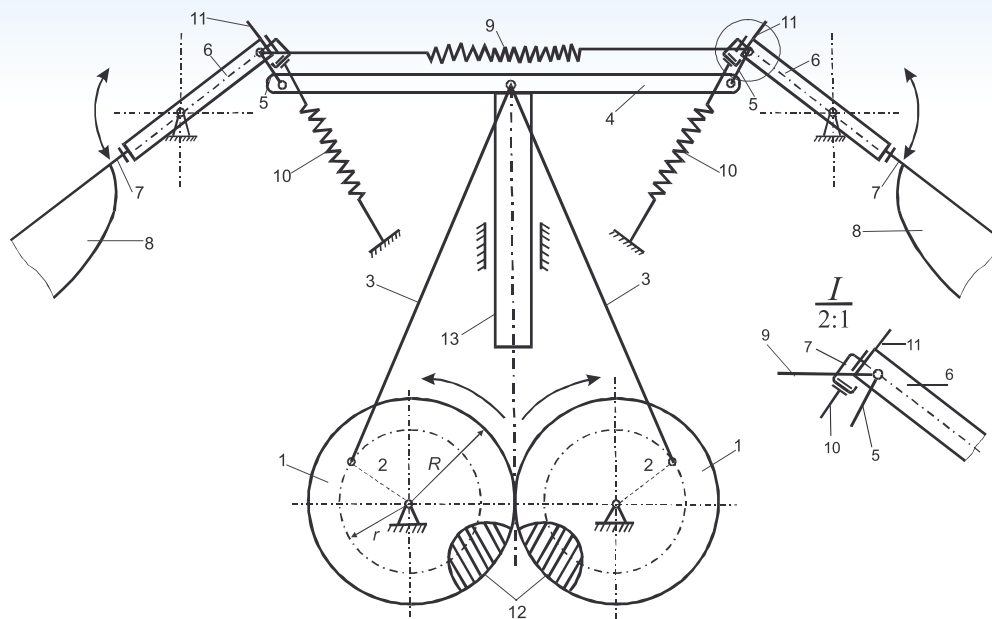


Рис. 3. Кинематическая схема механической модели привода быстромашущего движителя – механизма «Автомат супинации»

водит (в соответствии с теорией вихрей) к появлению индуктивного течения, указанного стрелкой *c*, следовательно, возникновению и тяги.

Динамика формирования течения при наклонно-маховом способе движения крыла

В эксперименте крыло совершало *ускоренное махово-супинационное движение*, рисунок 2В. Начало движения происходило с нулевым углом атаки. Затем дополнительно к крылу прикладывался крутящий момент, и оно начинало супинировать. Угол атаки увеличивался, приближаясь к 90° , но, не достигая этого значения. На рисунке представлена общая картина индуктивного течения, возникшего после завершения махово-супинационного движения крыла

Взаимодействие обоих вихрей (и того, которое находилось на поверхности крыла *a*, и свободного *b*) приводит к появлению *индуктивного течения*, указанного стрелкой *c*. Это течение названо *импульсным поступательным центробежным течением* (ИПЦ-течением). Благодаря ему создается тяга. Условием возникновения тяги является ускоренное махово-супинационное движение крыла. Это явление принципиальное, ключевое для раскрытия сущности тех физических процессов, благодаря которым создается тяга быстромашущими крыльями природных аналогов.

Таков механизм создания тяги движителей природных аналогов от комара до орла при наклонно-маховом способе движения крыла, который может быть использован в перспектив-

ных летательных аппаратах с быстромашущими крыльями.

Наиболее полно эти особенности наблюдаются у быстромашущих насекомых, которые, пройдя через «сито» естественного отбора, появились на Земле более 300 миллионов лет назад. Гораздо позже, 70 миллионов лет назад, появились птицы, летательный аппарат которых более приспособлен к полету в горизонтальном направлении. Однако при приземлении кинематика маховых движений крыльев птиц изменяется и становится похожей на кинематику движений крыльев быстромашущих насекомых.

При изучении гидромеханики и гидродинамики гидробионтов (рыб, китообразных, пингвинов) было установлено подобие образования вихрей и индуктивных течений при ускоренном движении их плавников тем схемам образования вихрей и индуктивных течений, которые изображены на *рисунке 2*. В располагаемой автором научной и технической литературе подобные сведения отсутствуют. Поэтому можно говорить о *новом разделе прикладной биологической науки – аэрогидродинамике отрывных вихревых течений, возникающих при передвижениях крыльев и плавников летающих и водных животных в импульсном режиме с малыми скоростями, но большими ускорениями на закритических углах атаки*.

Таким образом, при создании технического летательного аппарата с быстромашущим движителем должны быть учтены особенности принципа действия движителя его природного аналога.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

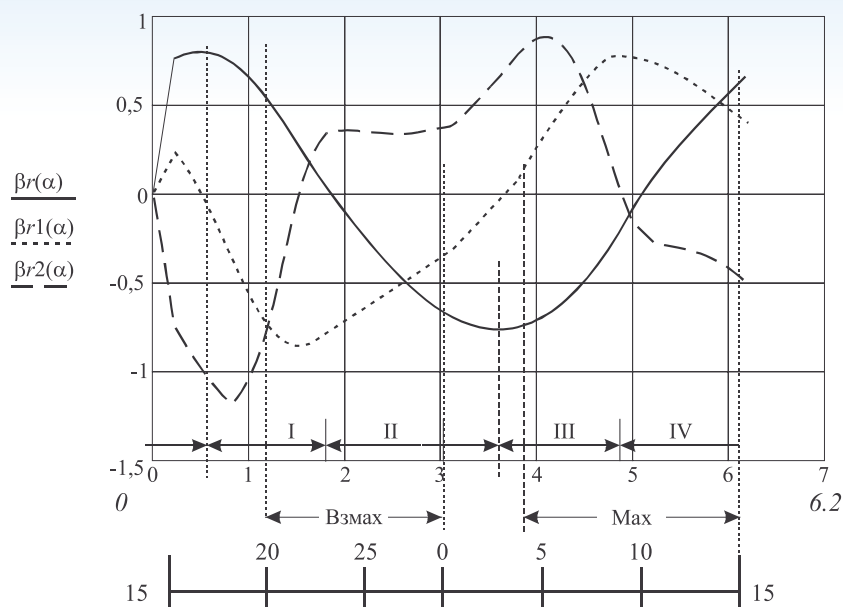


Рис. 4. Графики углового перемещения ($\beta_r(\alpha)$), аналогов угловых скоростей ($\beta_{r1}(\alpha)$) и ускорений ($\beta_{r2}(\alpha)$) ступицы автомата супинации

С учетом высказанных замечаний была разработана кинематическая схема механической модели привода быстромашущего движителя, представленная на рисунке 3. Механизм назван «Автоматом супинации» [6]. Он функционирует следующим образом. Вращение находящихся в зацеплении между собой зубчатых колес 1, 2 через шатуны 3 передается на водило 4 и далее через серьги 5 на ступицы 6, которые вместе с крыльями (звенья 8) совершают возвратно-вращательные колебательные движения. Инерционный упругий элемент 9 служит для преобразования кинетической энергии ступиц и крыльев в потенциальную энергию в конце маха и взмаха, а также обратного преобразова-

ния потенциальной энергии этого упругого элемента в кинетическую энергию ступиц и крыльев в начале их маха и взмаха. При помощи супинационных упругих элементов 10 устанавливаются режимы махово-супинационных движений крыльев, то есть режимы изменения величины и направления тяги. Кинематика движения сечения крыла указана на *рисунке 1*.

На основе разработанной методики расчета кинематических параметров элементов механической модели построены графики законов углового перемещения, угловых скоростей и ускорений продольной оси крыла, *рисунком 4* [3].

На *рисунке 4* цифрами римской нумерации указаны фазы функционирования автомата су-

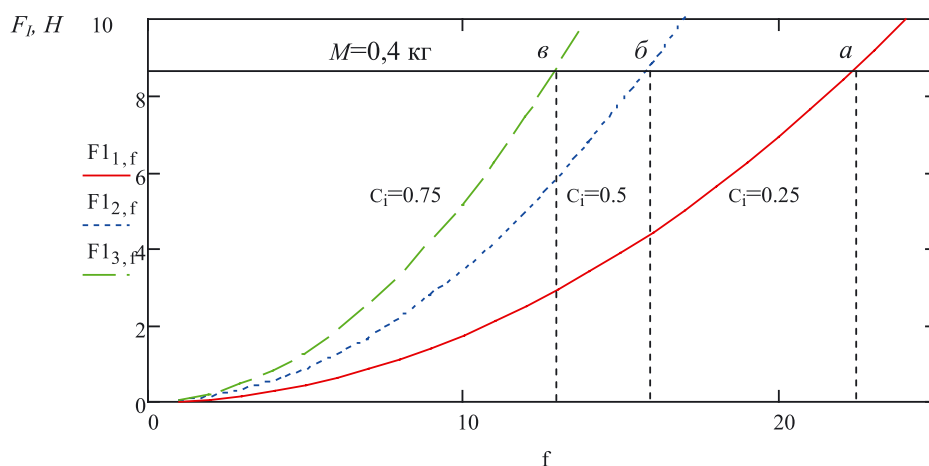


Рис. 5. Зависимость импульсной тяги движителя в режиме висения от коэффициента индуктивной скорости c_i и частоты маховых движений крыльев f при длине лопасти крыла 0,3 м

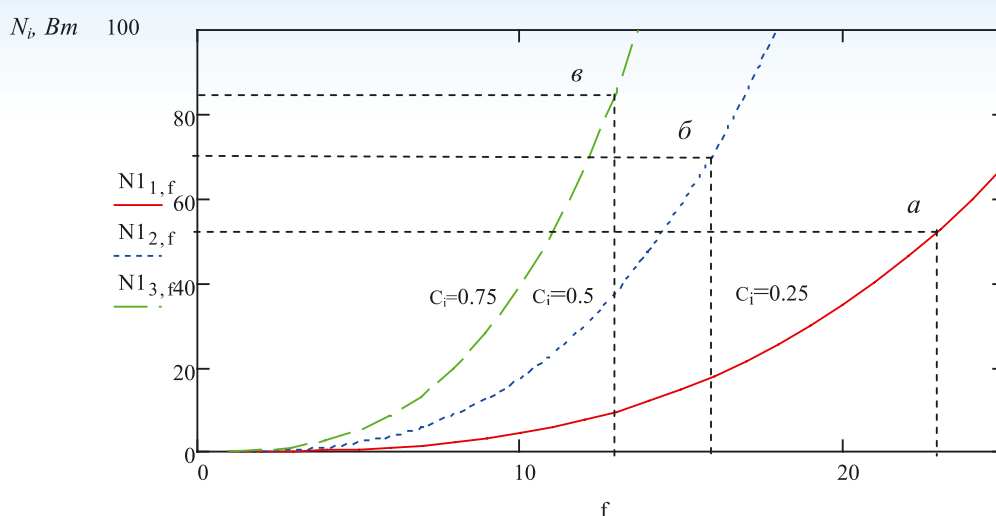


Рис. 6. Зависимость потребной импульсной мощности в режиме висения от коэффициента индуктивной скорости c_i и частоты маховых движений крыльев f при длине лопасти крыла 0,3 м

пинации, а цифры арабской нумерации соответствуют положениям крыла мухи *Phogmia regina*, зафиксированным с помощью скоростной кинокамеры в эксперименте Нахтигала [9]. Сравнивая эти расчетные графики с аналогичными графиками, полученными в результате эксперимента Нахтигала, можно установить их схожесть. Это позволяет утверждать, что механизм автомат супинации является *механической моделью привода* быстромашущего крыла природного объекта. Проведен расчет эквивалентной тяги и мощности быстромашущего двигателя, функционирующего в режиме висения, **рисунки 5, 6**. Установлено, что в режиме висения зависимость импульсной тяги двигателя от частоты маховых движений крыльев и коэффициент индуктивной скорости c_i носит квадратичный характер, а потребной импульсной мощности – кубический [3]. Коэффициент индуктивной скорости c_i , это отношение среднего значения импульсной индуктивной скорости течения воздуха к среднему значению окружной скорости концевых элементов лопасти крыла в фазе маха.

Особенности пограничного слоя быстромашущего крыла

На поверхности крыльев быстромашущих насекомых имеются структурно организованные различного типа макро- и микронеровности (**рисунки 7, 8**), размеры которых, по данным растровой микроскопии, порой не превышают 10 мкм [8]. Спорным оставался вопрос о назначении этих неровностей. Считалось, что, поскольку они «утонули» в пограничном слое, крыло насекомого остается аэродинамически гладким.

Однако проведенное компьютерное моделирование позволило установить общую структуру потока, обтекающего быстромашущее крыло, и основные закономерности течения частиц воздуха в пограничном слое этого крыла, [7].

На **рисунке 9** изображены векторные поля инерционных ускорений на поверхности крыла *комара*. Как видно, модули радиальных инерционных центробежных ускорений увеличиваются в направлении от основания к вершине крыла, а модули инерционных ускорений вдоль хор-

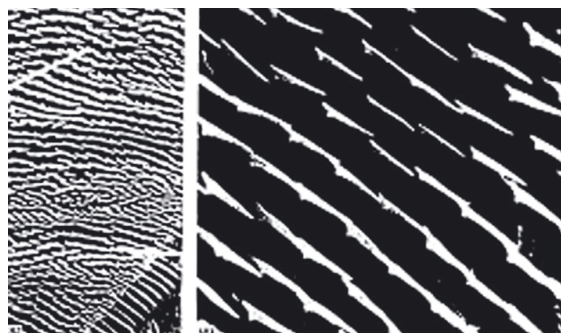
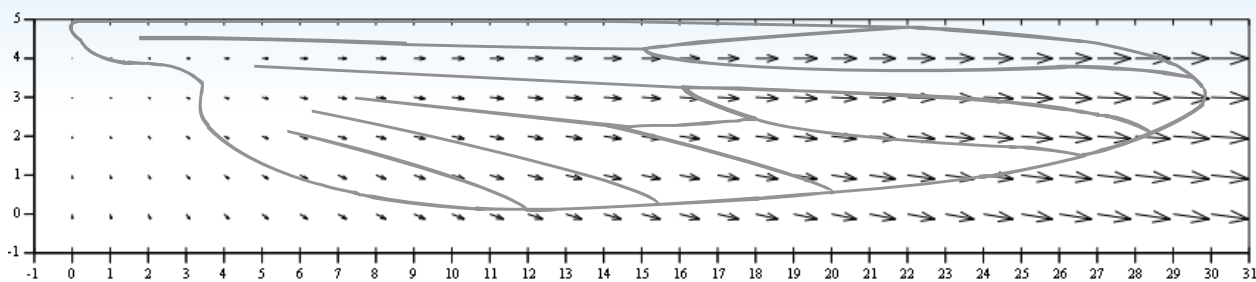


Рис. 7. Ориентация шпиков на гладкой мембране крыла жука

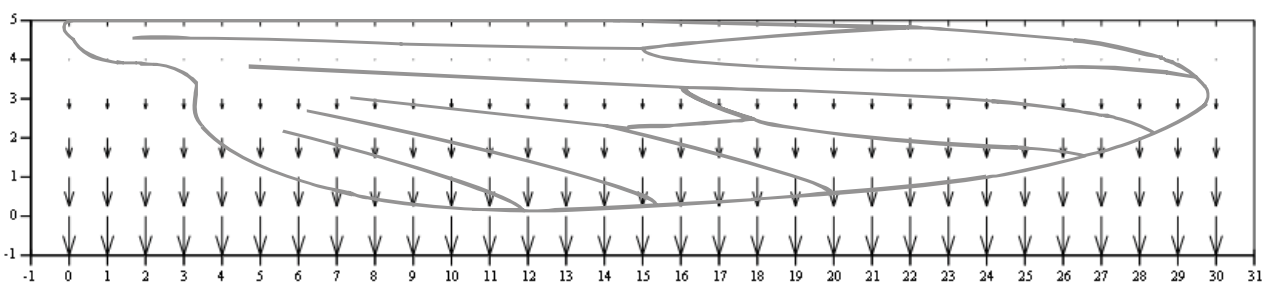


Рис. 8. Серповидные выросты на поверхности крыла комара

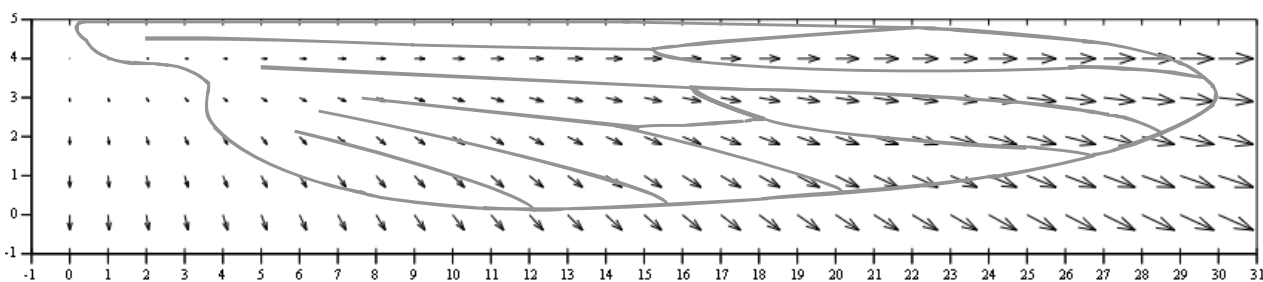
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ



Векторное поле радиальных центростремительных ускорений на поверхности крыла комара в фазе маха; $f=500$ Гц, $\omega_M=1670$ рад/с



Векторное поле центростремительных ускорений вдоль хорды на поверхности крыла комара при супинационном вращении; $f=500$ Гц, $\omega_M=1670$ рад/с, $\omega_C=2505$ рад/с



Векторное поле сумм радиальных центростремительных ускорений и ускорений вдоль хорды на поверхности крыла комара, возникающих при махово-супинационном движении; $f=500$ Гц, $\omega_M=1670$ рад/с, $\omega_C=2505$ рад/с

Рис. 9. Векторные поля инерционных ускорений на поверхности крыла комара

ды в направлении от передней к задней кромке также увеличиваются, но в направлении от основания к вершине крыла остаются неизменными. Это сказывается при сложении векторов. Совпадение направлений векторов инерционных ускорений, полученных расчетным путем, с направлениями канавок на поверхности крыла, образованными макро- и микронеровностями, подтверждает факт существования течения частиц воздуха в этих канавках.

Следует отметить также тот факт, что величины ускорений измеряются сотнями g. Поэтому эффективность функционирования механизма сброса пограничного слоя (образно – «центробежной метлы») должна быть высокой.

При проведении расчетов использовалась следующая физическая модель пограничного слоя. Во время махово-супинационного движения крыла вследствие трения слой воздуха, непосредственно прилегающий к его поверхности, под действием центробежных сил постоянно отбрасывается аналогично тому, как это происходит на поверхности вращающегося диска. А взамен в пограничный слой опускаются заторможенные частицы воздуха с внешнего потока. Следовательно, скорость частиц в пограничном слое имеет окружную, радиальную и вертикальную составляющие. В результате создаются благоприятные условия для безотрывного расположения вихрей на поверхности машущего крыла.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

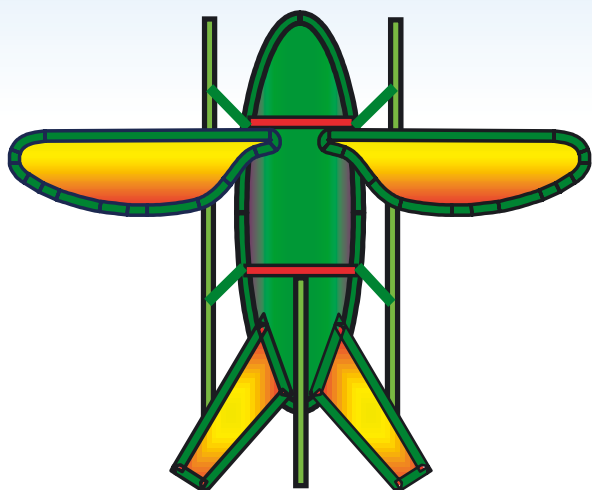


Рис. 10. Технический облик беспилотного летательного аппарата с быстромашущими крыльями

ла. Этот механизм отбрасывания слоя воздуха с поверхности машуще-супинирующего крыла в его пограничном слое назван нами «*Механизмом стабилизации пограничного слоя*».

Беспилотный летательный аппарат

На основании данных, полученных при проведении расчета тяги быстромашущего движителя, представляется, что в перспективе возможно использование этих движителей в летательных аппаратах.

Технический облик беспилотного летательного аппарата энтомоптер (вид сверху) изображен на *рисунке 10* [6].

Динамика полета аппарата должна быть подобна динамике полета ее природных аналогов – насекомых из отрядов перепончатокрылых и двукрылых (пчел, ос, шмелей, мух, комаров). При этом возможны режимы висения, вертикального взлета и маневренного полета.

Быстромашущие движители могут быть установлены и на спускаемые с космических аппаратов капсулы вместо парашютов. Это должно способствовать увеличению грузопотока между космическими орбитальными станциями и Землей.

Литература

1. Леонардо да Винчи. Избранные естественнонаучные произведения. М. 1955. 596 с.

2. Ахмедов Т.Х. Научно-методический аппарат моделирования быстромашущего движителя перспективных летательных аппаратов: Дисс... канд. тех. наук. Серпухов, 2003. 219 с.

3. Ахмедов Т.Х. Теоретические основы движителя летательных аппаратов с быстромашущими крыльями. Часть 1. Физическая, аэродинамическая, механическая, модели. Расчет тяги и мощности движителя. Серпухов, 2009. 137 с.

4. Ахмедов Т.Х. Теоретические основы движителя летательных аппаратов с быстромашущими крыльями. Часть 2. Моделирование пограничного слоя на поверхности быстромашущего крыла. Серпухов, 2009. 236 с.

5. Ахмедов Т.Х. Летательные и подводные аппараты с машущими движителями. Серпухов, 2014. 192 с.

6. Ахмедов Т.Х. Механическая модель крылового мотора насекомого. Патент на полезную модель №45363, 10.05.2005 г. 8 с.

7. Ахмедов Т.Х., Пономарева А.С. Компьютерное моделирование векторных полей ускорений и скоростей частиц воздуха в пограничном слое быстромашущего крыла // Известия Института инженерной физики, 2009. № 1(11). С. 20-23.

8. Соколов В.Е., Бочарова-Месснер О.М. Адаптивные свойства эпителия и его производных. М.: Наука, 1979. С. 72-73, 96-97.

9. Werner Nachtigall. Die kinematik der schlagflügelbewegungen von dipteren. Zoologisches Institut der Universität München. Zeitschrift für vergleichende Physiologie 52, 155-211 (1966).

10. Ахмедов Т.Х., Пономарева А.С. Влияние инерционных сил на формирование течения в пограничном слое быстромашущего крыла // Известия Института инженерной физики, 2010. №2(16). С.16-20.

11. Ахмедов Т.Х. Механическая модель привода быстромашущего движителя // Известия Института инженерной физики, 2011. №1(19). С. 17-21.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 681.324

МЕТОД УЛУЧШЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ НА ОСНОВЕ ФИЗИЧЕСКИ НЕКЛОНИРУЕМЫХ ФУНКЦИЙ

Артём Геннадьевич Букин

кандидат технических наук
ведущий научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93
E-mail: bukin.artem@gmail.com

Семён Валерьевич Суханов

аспирант
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93
E-mail: neron1987@mail.ru

Александр Павлович Коваленко

аспирант
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93
E-mail: alexfma@mail.ru

В статье рассматривается вопрос улучшения статистических свойств последовательностей случайных чисел. Основной особенностью для решения данной проблемы является применение физически неклонируемых функций. Так же предложена конструкция генератора случайных чисел, выходная последовательность которого была оценена с помощью тестов NIST.

This article discusses the issue of improving the statistical properties of sequences of random numbers. The main feature for the solution of this problem is the use of physical unclonable functions, the output sequence of which was evaluated by means of tests NIST.

Ключевые слова: генератор псевдослучайных чисел, физически неклонируемые функции, регистр сдвига с линейной обратной связью.

Key words: pseudo number generator, physical unclonable functions, linear feedback shift register.

Введение

Создание и реализация стойких криптографических алгоритмов и систем невозможно без применения последовательностей случайных чисел. В частности для решения большинства задач используются генераторы псевдослучайных чисел (ПСЧ), которые реализуются программными методами, что накладывает ряд ограничений на их конструкции. В силу того, что между значениями в последовательности, получаемой программным путем, существует связь, генерируемая последовательность чисел начинает повторяться после конечного числа итераций, которое называется периодом выходной последовательности. Данное свойство напрямую влияет на криптографическую стойкость алгоритмов, в которых применяются такие последовательности [1].

Алгоритмы формирования ПСЧ обладают различными недостатками, такими как: короткий период выходной последовательности, наличие корреляции между различными ее членами, неравномерное распределение, предска-

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

зуюмость, недостаточная скорость выполнения, сложность реализации и т.д. Поэтому актуальной научной и инженерной задачей является разработка новых генераторов, сочетающих в себе высокое быстродействие и хорошие статистические свойства формируемой ПСЧ.

Физически неклонлируемые функции

Одним из современных направлений развития криптографии является физическая криптография, в рамках которой подразумевается исследование свойств структурной сложности оптических и электронных систем, т.е. применение допустимого поведения физических объектов на уровне их шума. Очень часто в данной области авторы рассматривают физически неклонлируемые функции (ФНФ) различной природы [2].

Данные функции описываются значениями пар входных, и соответствующих им выходных, параметров (сигналов). Подобная пара, состоящая из входного параметра запроса C_i и выходного ответа R_i , называется парой запрос-ответ (Challenge-Response Pair, CRP). В простейшем случае ФНФ можно рассматривать как функцию, которая преобразует запросы C в ответы R [3]:

$$R_i = PUF(C_i). \quad (1)$$

Функции относятся к физически неклонлируемым тогда, когда они удовлетворяют следующим важным свойствам:

1) ответы R_i возможно надежно извлекать многократно;

2) количество запросов C_i должно быть настолько велико, чтобы значения всех соответствующих ответов R_i не могли бы быть получены путем перебора всех запросов C_i за допустимое время;

3) если известна пара (C_j, R_j) , то моделирование или предсказывание пар (C_j, R_j) математическими методами должно быть исключено;

4) физическое воспроизведение или клонирование аналогичной физической системы, описываемой идентичным множеством пар (C_j, R_j) , должно быть чрезвычайно сложным.

Применительно к задачам информационной безопасности, с практической точки зрения наиболее простыми для реализации являются ФНФ на основе структурной неоднородности кремниевых микросхем. Данный тип функций подразумевает использование в качестве физических параметров случайные значения временных характеристик, обусловленных незначительными различиями кремниевых подложек одинаковых микросхем.

Таким образом, рассмотрим применение ФНФ для повышения статистических свойств выходных последовательностей генераторов ПСЧ.

Конструкция генератора ПСЧ

В настоящее время во многих системах используются различные типы генераторов ПСЧ, в частности линейный конгруэнтный метод и регистр сдвига с линейной обратной связью. Данные алгоритмы имеют обратную связь и ре-

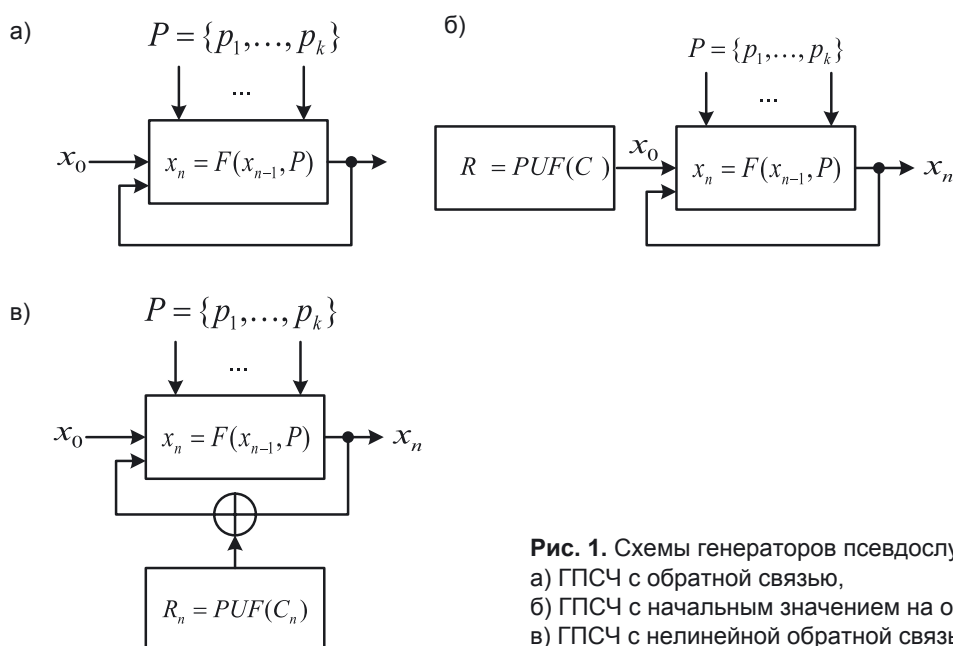


Рис. 1. Схемы генераторов псевдослучайных чисел:
 а) ГПСЧ с обратной связью,
 б) ГПСЧ с начальным значением на основе ФНФ,
 в) ГПСЧ с нелинейной обратной связью на основе ФНФ.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

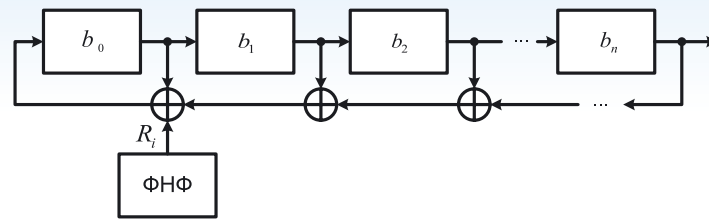


Рис. 2. Регистр сдвига с нелинейной обратной связью на базе ФНФ

ализованы в большинстве программных систем, поэтому в данной статье рассматривается метод повышения статистических свойств формируемых ими последовательностей чисел. Первый тип генераторов очень хорошо изучен и его значения предсказуемы [4, 5], поэтому он реже используется в стойких криптосистемах. Второй тип имеет хорошие свойства последовательностей и используется в большинстве криптосистем [1], поэтому в статье рассматривается данный тип генераторов.

Общая схема генератора ПСЧ на основе регистра сдвига с линейной обратной связью представлена на *рисунке 1а*.

В общем виде в начальный момент времени на вход генератора подается значение x_0 , которое задает его начальное состояние, а также набор параметров $P = \{p_1, \dots, p_k\}$, определяемых алгоритмом формирования чисел, лежащим в основе генератора. Для алгоритма на основе регистра сдвига подается конфигурация многочлена, который должен позволять формировать последовательность чисел с максимальной длиной периода.

В результате каждого такта генератора формируется псевдослучайное число x_n , которое зависит от параметров генератора и его предыдущего состояния x_{n-1} . Основным недостатком генератора ПСЧ на основе регистра сдвига с линейной обратной связью является линейность выходной последовательности чисел.

Применение ФНФ для модификации генератора ПСЧ возможно для решения следующих двух задач:

- 1) задание начального состояния генератора ПСЧ (*рисунком 1б*);
- 2) создание нелинейной обратной связи для регистра сдвига (*рисунком 1в*).

В первом случае ФНФ применяется для начальной инициализации генератора ПСЧ, которая выступает в качестве мгновенного источника энтропии. Данная задача решается для систем, где необходимо иметь предсказуемую последовательность чисел для каждого объекта по отдельности, например системы опознавания объектов.

Во втором случае модифицируется обратная связь генератора ПСЧ с помощью операции XOR и ответом ФНФ, что позволяет осуществить нелинейную обратную связь между входным и выходным значением генератора. Данное свойство позволяет исключить возможность взлома генератора с помощью алгоритма поиска кратчайшего регистра сдвига Берлкэмп-Мессе по бинарной последовательности [6].

Проверка статистических свойств ПСЧ

Рассмотрим модифицированную схему генератора ПСЧ, с использованием в качестве нелинейной обратной связи выход ФНФ, изображенную на *рисунке 2*. На данном рисунке изображен регистр сдвига размерностью 32 бита, который определяется характеристическим многочленом $(32, 31, 30, 28, 26, 1)$ имеющий вид (2).

$$x^{32} + x^{31} + x^{30} + x^{28} + x^{26} + x^1. \quad (2)$$

В качестве ФНФ в данной схеме используется конструкция на основе анализа неопределенности ячеек статической ОЗУ, которая выделяет отдельный класс функций [7].

С ФНФ СОЗУ поступает 1 бит из ячейки памяти R_i , который складывается по модулю два с суммой всех остальных отводов ячеек в соответствии со структурой полинома (2). Результат сложения поступает в ячейку b_n . При следующей итерации процесс повторяется тем же образом. За счет того, что невозможно предугадать значение, поступающее из ячейки памяти СОЗУ, обеспечивается нелинейность выходной последовательности.

Для проверки статистических свойств генератора ПСЧ с использованием ФНФ и без него использовался пакет тестов NIST, который является основным инструментом проверки статистических свойств битовых последовательностей в задачах анализа алгоритмов [8]. Контрольный пример включает в себя сформированные последовательности размером 262000 бит. В качестве источника бит использовался стенд на базе отечественного 32-х битного микроконтроллера 1986BE91T с архитектурой Cortex-M3.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Таблица 1

Результаты статистического тестирования последовательности алгоритма с ФНФ

Наименование статистического теста	Процент выборок, прошедших тест	
	ГПСЧ без ФНФ	ГПСЧ с ФНФ
Частотный тест	100,0	100,0
Частотный блочный тест	90,0	100,0
Тест на последовательность одинаковых бит	100,0	100,0
Тест на самую длинную последовательность единиц в блоке	100,0	100,0
Тест рангов бинарных матриц	не пройден	100,0
Спектральный тест	100,0	100,0
Тест неперекрывающихся шаблонов	148/148 (среднее 98,6)	148/148 (среднее 98,9)
Тест перекрывающихся шаблонов	100,0	100,0
Универсальный статистический тест Маурера	100,0	100,0
Тест на линейную сложность	не пройден	90,0
Тест на периодичность	100,0 / 100,0	100,0 / 100,0
Тест приблизительной энтропии	100,0	100,0
Тест кумулятивных сумм	100,0/100,0	100,0/100,0

С помощью микропрограммы контроллера сформированы два типа выборок, где каждая последовательность поделена пакетом на 10 выборок по 26200 бит, после чего данные выборки были протестированы. Результаты тестирования приведены в *таблице 1*.

Из *таблицы* видно, что модифицированный генератор ПСЧ с использованием нелинейной обратной связи в виде ФНФ проходит тесты на линейную сложность и ранги бинарных матриц. Также получены улучшенные частотные характеристики и показатель неперекрывающихся шаблонов. Таким образом, из 13 успешно проведенных тестов значения 4 показателей улучшены за счет применения ФНФ.

Заключение

В данной статье приведен метод повышения статистических свойств выходных псевдос-

лучайных последовательностей генераторов ПСЧ с нелинейной обратной связью для регистра сдвига на базе ФНФ. Предложенный метод позволяет улучшить реализованные генераторы ПСЧ в программно-аппаратных решениях без дополнительной переработки электронной базы устройств.

Также приведены результаты тестирования битовых последовательностей, сформированных с помощью модифицированного генератора ПСЧ. Полученные данные подтверждают, что применение ФНФ позволяет улучшить стандартные генераторы ПСЧ, реализованные в большинстве программных и аппаратных системах.

Стоит отметить тот факт, что применение ФНФ возможно для различных конструкций генераторов ПСЧ в качестве дополнительного источника энтропии уникального для каждой системы.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Литература

1. Шнаер Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си / М.: ТРИУМФ, 2013. 816 с.
2. Ярмолик В.Н. Физически неклонированные функции // Информатика, 2011. №2. С. 92-103.
3. Tuyls P. Security with Noisy Data / P. Tuyls, B. Skoric, T. Kevenaar (ed.). // London : Springer, 2007. 344 p.
4. Knuth D. The Art of Computer Programming: Vol. 2, Seminumerical Algorithms, 2nd edition, Addison-Wesley, 1981
5. L'Ecuyer P. Random Numbers for Simulation / Communications of the ACM, v. 33, n. 10, Oct. 1990, pp. 85-97
6. Kurakin V. L. Linear recurring sequences over rings and modules. / A. S. Kuzmin, A. V. Mikhalev, A. A. Nechaev // I. of Math. Science. Contemporary Math. and it's Appl. Thematic surveys, vol. 10, 1994, I. of Math. Sciences, vol. 76, № 6, 1995
7. Bohm C. A microcontroller sram-puf / Bohm C, Hofer M, Pribyl W // 5th international conference on network and system security. – Milan, 2011. – P. 269–273.
7. Мёдов И.Н. Анализ современных подходов к оценке качества генераторов случайных и псевдослучайных чисел // Известия института инженерной физики, 2012. №1(23), С. 2-6.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 519.6

ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЕКТОРА РЕАЛЬНЫХ УГРОЗ ДЛЯ УЗЛОВ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Артём Геннадьевич Букин

кандидат технических наук
ведущий научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93
E-mail: bukin.artem@gmail.com

Павел Алексеевич Сусакин

инженер-программист
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93
E-mail: pavelsusakin@gmail.com

Дмитрий Александрович Ржевский

главный эксперт 3 отдела Восьмого управления
ГШ ВС РФ, г. Москва

В статье рассматривается вопрос анализа систем защиты критически важных объектов с использованием информационно-лингвистического подхода. Основной особенностью данного подхода является рассмотрение и учет факторов разглашения (или утечки) информации во внешнюю среду. Также предложена методика определения вектора реальных угроз для системы защиты КВО и рассмотрен пример ее применения для определения вектора реальных угроз системы отопления.

Article describes security systems analysis problem for critical objects with information and linguistic approach. A key feature of this approach is using information about system parts in open sources. Article includes real threats vector searching methodic for critical objects security systems and example of use this methodic.

Ключевые слова: информационная безопасность, вектор реальных угроз, критически важные объекты, системы защиты, автоматизированные системы.

Key words: information security, real threats vector, critical objects, security systems, automation systems.

Современное общество с каждым годом все более становится зависимым от информационной инфраструктуры, в которую наряду с потребительскими службами плотно интегрируются государственные службы, автоматизированные системы управления (АСУ) в различных областях промышленности. Такая среда активно используется не только рядовыми гражданами, но и преступными лицами с целью нарушения целостности данных систем, компрометации конфиденциальной информации, а также получения несанкционированного доступа к контролю управляющих узлов систем. Таких лиц будем называть злоумышленниками.

С включением в информационную инфраструктуру критически важных объектов (КВО), актуальной задачей является обеспечение их безопасности, для чего подразумеваются автоматизированные системы управления техно-

логическим процессом защиты от несанкционированных действий. Контроль над управляющими элементами может привести к опасным последствиям для государства, граждан или окружающей среды. Таким образом, для оценки соответствия системы защиты АСУ необходимо иметь эффективные методы выявления критически важных узлов, которые требуют дополнительных мер безопасности в целях снижения риска возникновения потенциально опасных состояний системы.

Основу информационной инфраструктуры составляют глобальные и локальные вычислительные сети, которые строятся с использованием как проводных, так и беспроводных технологий. Поэтому злоумышленнику зачастую нет необходимости напрямую воздействовать на потенциальный объект системы, который выбирается не случайно, а в зависимости от наличия у

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

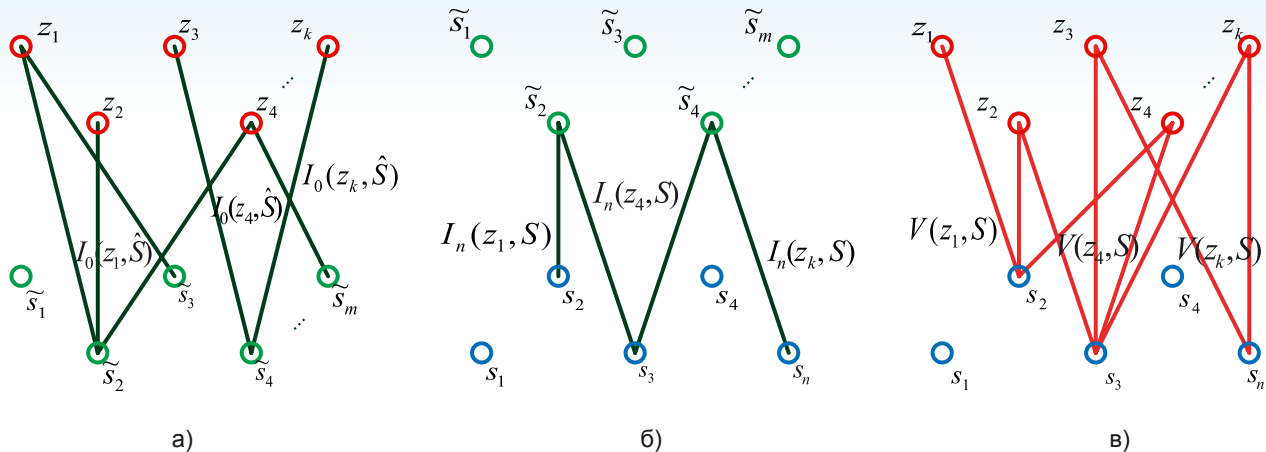


Рис. 1. Двудольные графы связей между узлами систем и угрозами

него необходимой информации об узлах системы.

Исходя из вышеизложенного, в целях определения состояния системы защиты КВО рассмотрим две задачи:

- 1) определить вектора реальных угроз для критически важных узлов системы защиты, контроль над которыми злоумышленником может привести систему в опасное состояние;
- 2) определить управляемость системы в случае реализации злоумышленником угроз на критически важных узлах системы.

Решение поставленных задач рассмотрим в терминах и предикатах информационно-линг-

вистического базиса, который также применяется для задач анализа защищенности систем в работе [1]. Пусть имеется множество EE автоматизированных систем управления $S \in E$, подмножество схожих систем с системой S выразим в виде $\hat{S} \in EEs \subset E$. Угрозы АСУ опишем в виде множества $Z = \{z_1, \dots, z_k\}$. Вся информацию, связанную с АСУ ТП защиты КВО опишем с помощью универсума I .

Выбор потенциального узла системы для реализации той или иной угрозы зависит от наличия у злоумышленника $I_n(z, S)$ информации «провоцирующей» в отношении автоматизированной системы S угрозу $z \in Z$ и $I_0(z, S)$ ин-

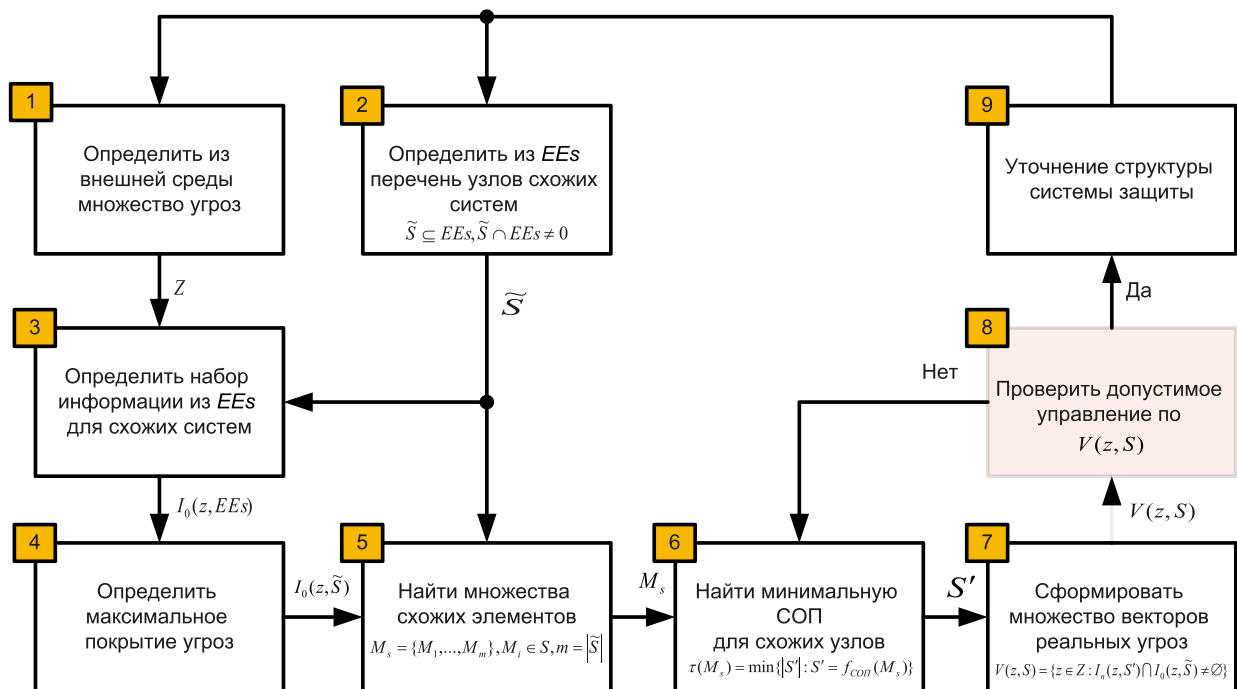


Рис. 2. Структурная схема методики определения вектора реальных угроз для узлов системы защиты

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

формации о реализации угрозы $z \in Z$ в отношении системы S .

Совокупность информации в отношении автоматизированной системы S представим в виде предиката информационного поля

$$IF(S) = I_n(S) \cup I_0(S), \quad (1)$$

$$\text{где } I_n(S) = \bigcup_Z I_n(z, S), \quad I_0(S) = \bigcup_Z I_0(z, S). \quad (2)$$

В случае рассмотрения множества схожих систем EEs анализируется общая информация о типах и способах незаконного использования активов систем, схожих с S , содержащаяся во внешней среде, способствующая возникновению угрозы $I_n(z, EEs)$, и общая информация о реализации угрозы в отношении систем, схожих с S , содержащаяся во внешне среде, $I_0(z, EEs)$, которые составляют информационное поле внешней среды

$$IF(EEs) = I_n(EEs) \cup I_0(EEs) \cup I(EEs), \quad (3)$$

где

$$I_n(EEs) = \bigcup_Z I_n(z, EEs), \quad I_0(EEs) = \bigcup_Z I_0(z, EEs), \\ I_n(z, EEs) = \bigcup_S I_n(z, S), \quad I_0(z, EEs) = \bigcup_S I_0(z, S). \quad (4)$$

Выявление критически уязвимых узлов осуществляется с помощью выявления вектора потенциальных угроз $V(z, EEs)$, характеризующего информацию о реальных угрозах, которыми злоумышленник воспользуется в своих интересах, зная информацию из внешней среды. Соответственно искомый вектор реальных угроз $V(z, S) = \{z \in Z : I_n(z, S) \cap I_0(z, S) \neq \emptyset\}$ необходимо найти, исходя из знания информации из внешней среды.

В терминах теории графов информационные связи можно представить в виде трех двудольных графов $I_0(z, EEs)$, $I_n(z, EEs)$, $V(z, S)$, которые характеризуют информационные связи между реализованными угрозами на объектах схожих систем с системой S , потенциальной информацией о реализованных угрозах и между угрозами и реальными узлами системы (рисунк 1).

Исходя из этого, решать задачу определения векторов реальных угроз можно используя следующие два подхода.

В первом случае выделим на множестве узлов \hat{S} , схожих с узлами исходной системы S , совокупность групп $M_S = \{M_S^1, \dots, M_S^n\}$ узлов, схожих с соответствующим элементом системы S . Тогда система общих представителей (СОП) для M_S это такой набор $R_S \subseteq \hat{S}$, что пересечение $R_S \cap M_S^i \neq \emptyset$ для всех i .

Заметим, что минимальных СОП может быть несколько, поэтому для решения задачи определения векторов реальных угроз необходимо исследовать все возможные варианты.

Для каждой полученной минимальной СОП R выделим на множестве угроз Z совокупность групп M_R , для которых определена информация о реализации на соответствующем узле из множества схожих систем оператором $I_0(z, EEs)$. Определим набор минимальных СОП угроз для данной совокупности. При этом каждая полученная СОП представляет собой вектор реальных угроз злоумышленника системе S , а каждой угрозе можно поставить в соответствие вероятность ее включения в атаку злоумышленника, определяемую как отношение числа СОП, включающих угрозу, к общему числу СОП угроз.

Второй подход основан на предварительном составлении двудольного графа, определяющего возможность реализации угроз Z на узлах системы S . Установим связь между $z \in Z$ и $s \in S$ в том случае, если существует хотя бы один узел $\hat{s} \in \hat{S}$ такой, что \hat{s} является схожим узлом с s , а также имеется информация $I_0(z, \hat{s})$ о реализации угрозы z на узле \hat{s} . Данные связи представляют собой двудольный граф, изображенный на рисунке 1в.

Для полученного двудольного графа составим совокупность групп $M_S = \{M_S^1, \dots, M_S^n\}$ угроз, связанных с соответствующими узлами системы S , и определим набор минимальных СОП угроз.

Аналогично предыдущему подходу каждая полученная СОП представляет вектор реальных угроз системе S , и возможно определение вероятности включения угрозы в атаку злоумышленника.

На основе полученных вероятностей $p(z)$ можно сделать вывод о том, какие меры защиты применить в первую очередь, чтобы предупредить реализацию наиболее вероятных угроз злоумышленника.

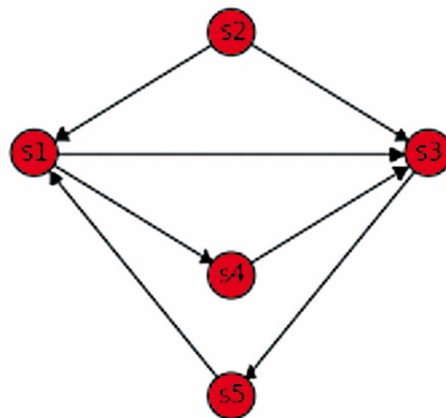


Рис. 3. Граф системы отопления

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

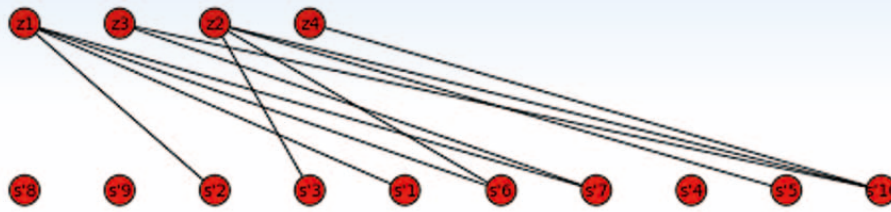


Рис. 4. Двудольный граф наличия информации о реализации угроз

Исходя из полученных выражений, схему методики выявления векторов реальных угроз для узлов системы защиты можно представить в виде, представленном на *рисунке 2*. В соответствии с данной схемой видно, что после получения множества минимальных СОП и соответствующим им векторов реальных угроз, их необходимо проверить на достоверность.

Для определения критических узлов системы введено понятие «степени критичности» узла. Пусть $E' = \{E_1, \dots, E_r\}$ – это множество максимальных паросочетаний, построенных на графе исследуемой системы. Тогда V' – это набор множеств управляющих узлов $\{V_1, \dots, V_r\}$ для каждого паросочетания. Скажем, что узел v является критическим узлом степени $k \in \overline{1, r}$, если существует такой максимальный по мощности набор $\{V_1, \dots, V_k\} \subset V'$, что

$$v \in \bigcap_{i=1}^k V_i. \quad (5)$$

Определим V^k как множество всех узлов системы со степенью критичности, равной k . Каждому узлу $v \in V^k$, где $k \in \overline{1, r}$, поставим в соответствие коэффициент критичности – число, равное отношению k/r .

Пример поиска вектора реальных угроз. Рассмотрим следующую бытовую систему отопления. Данная система состоит из горелки, водяного котла, насоса, водопроводных труб, дымохода, датчика температуры, заслонки дымохода и программируемого логического контроллера для управления горелкой и обработкой информации от датчиков.

Исследуемая система состоит из пяти взаи-

мосвязанных элементов, каждый из которых выполняет определенные функции:

s_1 является узлом управления из административного сегмента предприятия, принимает значение температуры от узла s_2 и формирует управляющие воздействия для узлов s_3 и s_4 ;

s_2 – узел из сегмента измерителей, который возвращает текущее значение температуры парового котла (датчик температуры);

s_3 – узел управления газовым оборудованием котла, принимает значение температуры от s_2 и управляющие воздействия от s_1 и s_4 на изменение режима работы газовой горелки;

s_4 – узел управления насосом, принимает управляющее воздействие от s_1 , а также формирует управляющие воздействия для узла s_3 ;

s_5 – цифровой регулятор для управления заслонкой дымохода, принимает управляющее воздействие от узла s_4 на поворот заслонки и информирует узел s_1 о своем состоянии.

Граф данной системы, отражающий передачу данных и управляющих воздействий между ее элементами, представлен на *рисунке 3*.

Также известна информация из внешней среды о потенциальных угрозах. Информация о реализации угроз и о схожести узлов других систем с исследуемой представлена в виде двух двудольных графов на *рисунках 4* и *5* соответственно. Где вершины z_i соответствуют четырем потенциальным угрозам, а вершины s'_i – десяти узлам схожих систем.

В результате анализа структуры системы с использованием представленной методики получены шесть различных максимальных паросочетаний, представленных на *рисунке 6*.

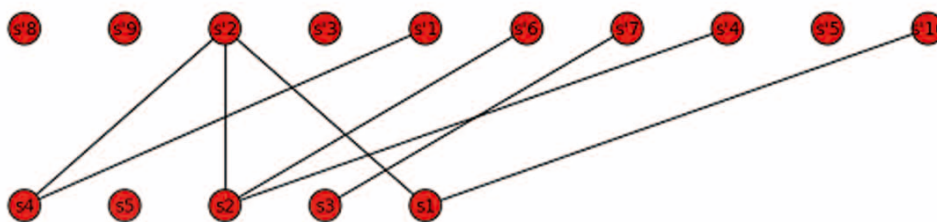


Рис. 5. Двудольный граф наличия информации о схожих узлах

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

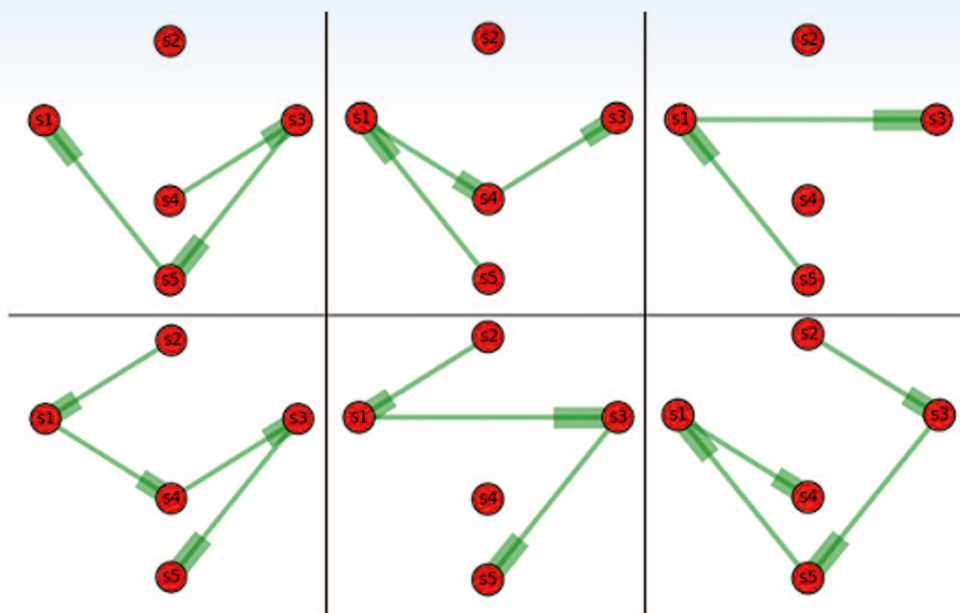


Рис. 6. Максимальные паросочетания системы

С использованием выражения (5) определим степени критичности узлов системы и сгруппируем их:

$$V^6 = \{s_2\}, V^3 = \{s_4\}, V^2 = \{s_5\}, V^0 = \{s_1, s_3\}.$$

Таким образом, согласно проведенному анализу, наиболее критичным узлом системы является датчик температуры s_2 . Вывод из строя датчика злоумышленником или неисправность, приводящая к неверным данным, нарушат работу всей системы в целом, т.к. именно на основе информации, получаемой с датчика, формируются управляющие воздействия контроллера для всей системы.

Следующим элементом по степени критичности является насос s_4 . Несмотря на то, что самым опасным элементом в системе является газовое оборудование для нагрева воды, неисправность во второстепенных приборах таких, как насос, может привести к аварии. Основные элементы системы, в большинстве своем, защищены от неисправностей, а сопровождающие элементы зачастую подвергнуты риску.

Так, например, по версии главного конструктора Чернобыльской АЭС, причиной аварии могла быть не работа системы управления и защиты реактора, а условия во внешнем контуре – неисправность главного циркулярного насоса [7].

Заключение. Таким образом, в данной статье получено решение задачи определения узлов системы защиты критически важных объектов на основе имеющейся во внешней среде информации о реализации угроз, которые были реализованы на объектах схожих систем.

С помощью полученных результатов можно создавать аналитические и программные модели определения интегральных показателей защищенности как систем защиты КВО, так и их самих в целом, что является актуальной задачей. Определение объективных критериев защищенности систем КВО в настоящее время является актуальной задачей, как для регуляторов информационной безопасности, так и для разработчиков систем и их узлов.

Литература

1. Смуров С.В., Гладков А.М., Воронов П.В. Формализованное представление субпроблемы «системности» в общей проблеме обеспечения безопасности автоматизированных систем // Известия Института инженерной физики, 2014. №4(34). С. 2-8.
2. Райгородский А.М. Экстремальные задачи теории графов и Интернет: Учебное пособие / А.М. Райгородский. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012. 104 с.
3. Райгородский А.М. Модели случайных графов и их приложения, приложение к книге «Введение в математические модели транспортных сетей», второе издание. М.: МФТИ, 2011. 26 с.
4. Райгородский А.М. Системы общих представителей в комбинаторике и их приложения в геометрии. М.: МЦНМО, 2009. 136 с.
5. Lin, C.-T. Structural controllability // IEEE Trans. Automat. Contr. 19, 1974, 201-208.
6. Y.-Y. Liu, J.-J. Slotine, A.-L. Barabasi Controllability of Complex Networks // Nature Vol 473, 2011, 167-173.
7. Авария на Чернобыльской АЭС – Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Авария_на_Чернобыльской_АЭС (Дата обращения 12.12.2014).

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 665.632+620.93

РАЗРАБОТКА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ПРОЦЕССОВ С ПЕРЕМЕННОЙ МАССОЙ ГАЗА В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМАХ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ОСНОВЕ ВЫРАЖЕНИЯ ПЕРВОГО НАЧАЛА ТЕРМОДИНАМИКИ ДЛЯ ЗАКРЫТОЙ НЕРАВНОВЕСНОЙ СИСТЕМЫ*

Виктор Васильевич Редькин

*почетный работник науки и техники РФ,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник*
ведущий научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(926)860-73-37
E-mail: oniokr@mail.ru

Олег Владимирович Кемаев

кандидат технических наук
старший научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93
E-mail: kemkonk@mail.ru

Алексей Александрович Коробков

кандидат технических наук, доцент
начальник отдела планирования НИОКР
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93
E-mail: korobkow@mail.ru

Максим Васильевич Кулик

научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93
E-mail: mklik@mail.ru

Статья посвящена разработке термодинамических уравнений некоторых процессов с переменной массой газа в низкотемпературных системах трубопроводного транспорта природного газа на основе выражения первого начала термодинамики для закрытой неравновесной системы. Показано, что уравнения процессов заполнения и опорожнения, полученные применительно к закрытой неравновесной системе с подсистемами переменной массы, более строго и полно описывают названные процессы.

Article is devoted to the development of the thermodynamic equations of some processes with variable mass of gas in the low-temperature systems, pipeline transportation of natural gas on the basis of the expression of the first law of thermodynamics for closed nonequilibrium system. It is shown that the equations

of the process of filling and emptying, received in relation to the closed nonequilibrium system with variable mass subsystems, more strictly and fully describe the processes mentioned.

Ключевые слова: закрытая неравновесная система, низкотемпературная система трубопроводного транспорта природного газа, открытая неравновесная подсистема, первое начало термодинамики, природный газ, термодинамические уравнения, термомеханическая система

Key words: closed nonequilibrium system, low-temperature system of pipeline transportation of natural gas, open nonequilibrium subsystem, the first law of thermodynamics, natural gas, thermodynamic equations, thermomechanical system.

* Исследования проводятся в рамках выполнения стипендиальных исследований Президента Российской Федерации для молодых учёных и аспирантов, осуществляющих перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики на 2013-2015 гг., № СП-1952.2013.1 «Исследование влияния содержания гомологов метана в природном газе на режимные параметры и термодинамические характеристики его низкотемпературного транспорта в состоянии недогретой жидкости».

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Понятие «открытая» система правомерно заменить понятием «открытая неравновесная подсистема» и рассматривать последнюю как элемент закрытой неравновесной системы.

Основываясь на этой главной предпосылке, для закрытой неравновесной системы (ЗНС), состоящей из нескольких подсистем, можно записать

$$\sum_{k=1}^n Q_k = \underline{U}_{c_2} - \underline{U}_{c_1} + Z_0, \quad (1)$$

где Q_k – общее количество теплоты, получаемое одной k -той подсистемой;

n – число подсистем;

\underline{U}_c – энергия системы, которая складывается из энергии подсистем;

Z_0 – произведенная системой полная работа.

Изменение энтропии в закрытой неравновесной системе

$$dS = \sum_{k=1}^n \frac{\delta Q_k}{T_k}, \quad (2)$$

где T_k – температура в k -той подсистеме.

В свою очередь,

$$\delta Q_k = \delta_e Q_k + \delta_i Q_k, \quad (3)$$

а

$$dS = \sum_{k=1}^n \left(\frac{\delta_e Q_k}{T_k} + \frac{\delta_i Q_k}{T_k} \right), \quad (4)$$

где $\delta_e Q_k$ – внешняя теплота, протекающая в k -ую подсистему за время $d\tau$;

$\delta_i Q_k$ – теплота Клаузиуса, возникающая внутри k -той подсистемы вследствие неравновесных процессов за время $d\tau$.

Заменяя $\left(\frac{\delta_e Q_k}{T_k} \right)$ на dS_k и $\left(\frac{\delta_i Q_k}{T_k} \right)$ на $d_i S_k$,

уравнение (4) можно записать следующим образом

$$dS = \sum_{k=1}^n (\delta_e S_k + \delta_i S_k). \quad (5)$$

Перепишем уравнение (3)

$$dS_k \cdot T_k = \delta_e S_k T_k + \delta_i S_k T_k. \quad (6)$$

Энергия системы в начале процесса

$$\underline{U}_{c_1} = \sum_{k_1=1}^n U_{k_1}. \quad (7)$$

Энергия системы в конце процесса

$$\underline{U}_{c_2} = \sum_{k_2=1}^n U_{k_2}. \quad (8)$$

$$Z_0 = \sum_{k=1}^n Q_k + \sum_{k_1=1}^n U_{k_1} - \sum_{k_2=1}^n U_{k_2}. \quad (9)$$

Если замыкающей подсистемой является атмосфера, в открытой подсистемой – резервуар,

то для такой двухподсистемной ЗНС уравнение (9) примет вид

$$Z_0 = \pm Q_{ae} + Q_{ai} \pm Q_{pe} + Q_{pi} + \underline{U}_{a_1} - \underline{U}_{a_2} + \underline{U}_{p_1} - \underline{U}_{p_2}. \quad (10)$$

Или, используя выражение (6)

$$Z_0 = \Delta S_a T_a + \Delta S_p T_p + \underline{U}_{a_1} - \underline{U}_{a_2} + \underline{U}_{p_1} - \underline{U}_{p_2}. \quad (11)$$

При сбросе газа в атмосферу затрачивается работа вытеснения атмосферного воздуха

$$Z_{az} = \int p_a dV_a, \quad (12)$$

где V_a – вытесненный объем атмосферного воздуха при атмосферном давлении p_a .

$$V_a = g \vartheta_a \tau, \quad (13)$$

где g – расход газа в единицу времени,

V_a – удельный объем газа при параметрах атмосферы, $\vartheta_a = \text{const}$.

τ – время процесса.

$$dV_a = \vartheta_a d(g\tau). \quad (14)$$

В общем случае

$$dV_a = d(\vartheta_a g\tau), \quad (14.1)$$

Для первой подсистемы, которой является атмосфера, согласно первому началу термодинамики, можно записать

$$Q_{ae} + Q_{ai} = \underline{U}_{a_2} - \underline{U}_{a_1} + Z_a, \quad (15)$$

где Q_{ae} – теплота, получаемая атмосферой при контакте с горячим резервуаром (или отдаваемая холодному резервуару, но тогда $-Q_{ae}$).

Подставляя в уравнение (15) вместо Z_a ее выражение по уравнениям (12) и (14), получим

$$Q_{ae} + Q_{ai} = \underline{U}_{a_2} - \underline{U}_{a_1} - \int p_a \vartheta_a d(g\tau), \quad (16)$$

откуда

$$\underline{U}_{a_1} - \underline{U}_{a_2} = -(Q_{ae} + Q_{ai}) - \int p_a \vartheta_a d(g\tau). \quad (17)$$

Перепишем уравнение (10) применительно к процессу уменьшения массы газа в открытой неравновесной системе, в котором атмосфера нагревается, а резервуар теплоту теряет (процесс выпаривания)

$$Z_0 = Q_{ae} + Q_{ai} - Q_{pe} + Q_{pi} (-Q_{ae} - Q_{ai}) - \int p_a \vartheta_a d(g\tau). \quad (18)$$

Подставим в уравнение (18) выражение (17) для $(\underline{U}_{p_1} - \underline{U}_{p_2})$ и получим

$$Z_0 = Q_{ae} + Q_{ai} - Q_{pe} + Q_{pi} (-Q_{ae} - Q_{ai}) - \int p_a \vartheta_a d(g\tau) + \underline{U}_{p_1} - \underline{U}_{p_2}, \quad (19)$$

или

$$Z_0 = -Q_{pe} + Q_{pi} - \int p_a \vartheta_a d(g\tau) + \underline{U}_{p_1} - \underline{U}_{p_2}, \quad (20)$$

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Дифференцируя, получим

$$\delta Z_0 = \delta_e Q_p + \delta_i Q_p - p_a \vartheta_a d(g\tau) - d\underline{U}_p, \quad (21)$$

Так как в резервуаре не предусмотрены контурные деформации

$$\delta Z_0 = \delta Z_\phi + \delta Z_{mi} = 0 + \delta Z_{mi} = \delta Z_{mi}, \quad (22)$$

или

$$\delta Z_{mi} = -\delta_e Q_p + \delta_i Q_p - p_a \vartheta_a d(g\tau) - d\underline{U}_p, \quad (22.1)$$

где δZ_ϕ – элементарная контурная работа резервуара (полезная работа);

δZ_{mi} – элементарная миграционная работа внутри резервуара.

Уравнение (22) предложено в работе [1] профессором М.А. Мамонтовым, которым впервые [2, 3] был получен ряд важных закономерностей для неравновесных термодинамических систем.

Переписывая уравнение (21) с учетом выражений (6) и (22), получим

$$T_p \left(-d_{mi} S + d_{pi} S \right) = d\underline{U}_p + \delta Z_{mi} + p \vartheta_a d(g\tau). \quad (23)$$

Учтем также, что согласно М.А. Мамонтову

$$d\underline{U}_p = d(G\underline{U}), \quad (24)$$

где \underline{U} – удельная энергия газа, условно тождественная удельной внутренней энергии;

G – текущее количество газа (подлежащего удалению) в резервуаре.

При начальном количестве газа G_n в момент времени τ в резервуаре останется

$$G = G_n - g\tau. \quad (25)$$

Тогда

$$dG = -d(g\tau). \quad (26)$$

Дифференцируя уравнение (24), получим

$$d\underline{U}_p = \underline{U}dG + Gd\underline{U}. \quad (27)$$

Подставим в уравнение (27) выражения для G и dG

$$d\underline{U}_p = -\underline{U}d(g\tau) + (G_n - g\tau)d\underline{U} \quad (28)$$

и, используя полученное выражение для $d\underline{U}_p$, перепишем уравнение (23)

$$T_p \left(-d_{pe} S + d_{pi} S \right) = -\underline{U}d(g\tau) + (G_n - g\tau)d\underline{U} + \delta Z_{mi} + p_a \vartheta_a d(g\tau). \quad (29)$$

Текущее давление в резервуаре в процессе отбора (подача) газа можно определить при помощи уравнения СХ [4, 5]. Однако, вначале рассчитывается текущая молярная плотность газа

$$\rho = \frac{G_n \pm g\tau}{MV_{geom}}, \quad (29.1)$$

где M – масса моля газа,

g – расход или приход газа в единицу времени,

V_{geom} – геометрический объем 2-й подсистемы.

Текущий удельный объем газа

$$\vartheta = \frac{1}{\rho}. \quad (29.2)$$

Подставляя ρ по выражению (29.1) в уравнение СХ, можно вычислить значение давления p .

Значения (\underline{U}) для уравнений (27) и (29) могут быть получены по уравнению СХ при использовании известных термодинамических соотношений (если \underline{U} определяется только внутренней энергией).

Выражение для $d_{pe} S$ может быть представлено следующим образом

$$d_{pe} S = \frac{\delta_e Q_p}{T_p}, \quad (30)$$

Если энтропия в подсистеме возникает только в связи с наличием поля температур (при отсутствии диффузии и химических реакций), то

$$d_{pe} S = \Omega_p d\tau \overline{W}_p \text{grad} \frac{1}{T}, \quad (31)$$

где Ω_p – поверхность изотермического поперечного сечения резервуара;

\overline{W}_p – количество теплоты проходящее в единицу времени через единицу поверхности изотермического поперечного сечения;

$\text{grad} \frac{1}{T}$ – изменение $\frac{1}{T}$ на единицу длины по нормали к изотермической поверхности.

Если резервуар содержит газовую смесь, то наряду с градиентом температуры появляется градиент концентрации, то есть протекают одновременно два налагающихся друг на друга процесса: теплопроводность (1) и диффузия (2). В работе [6] показано, что

$$d_{pe} S = \left[Z_{11} \cdot X_1^2 + (Z_{12} + Z_{21}) X_1 \cdot X_2 + Z_{22} \cdot X_2^2 \right]_p d\tau, \quad (32)$$

где Z_{11} и Z_{22} – «прямые» коэффициенты пропорциональности в законах Фурье и Фика;

Z_{12} и Z_{21} – «перекрестные» коэффициенты Онзагера, описывающие интерференцию между необратимыми процессами (1) и (2);

X_1 и X_2 – обобщенные силы соответственно в процессах теплопроводности и диффузии.

Коэффициент Z_{12} соответствует термодиффузии, Z_{21} – соответствует эффекту Дюфора. Индекс « p » обозначает принадлежность к резервуару.

Основываясь на изложенные выше предположения, можно аналогичным образом получить уравнения, описывающие такие периодические процессы, как опорожнение, заполнение, простая перегонка, конденсация, абсорбция, адсорбция, увлажнение, замораживание, сублимация. Кроме того, могут быть получены уравнения, описывающие различные сочетания названных процессов.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Выводы

1. При построении термомеханических систем с мигрирующими потоками газа правомерно включать открытую систему в качестве подсистемы с изменяющейся массой газа в состав закрытой неравновесной системы. На основе предпосылки в балансе энтропии закрытой неравновесной системы, у которой замыкающей подсистемой является атмосфера, необходимо учитывать:

– энтропию, возникающую внутри атмосфе-

ры в результате неравновесного теплообмена, а также (в общем случае) в связи с обеднением атмосферы природными компонентами (O_2 , N_2 , Ar и др.) и загрязнением;

– энтропию, возникающую в миграционных процессах при переходе из одной подсистемы в другую.

2. Уравнения процессов заполнения и опорожнения, полученные применительно к закрытой неравновесной системе с подсистемами переменной массы, более строго и полно описывают названные процессы.

Литература

1. Мамонтов М.А. Основы термодинамики тела переменной массы. Тула, 1970. 88 с.

2. Мамонтов М.А. Некоторые случаи течения газа по трубам, насадкам и проточным сосудам. М.: Оборонгиз, 1951. 490 с.

3. Мамонтов М.А. Вопросы термодинамики тела переменной массы. М.: Оборонгиз, 1961. 56 с.

4. Редькин В.В. Разработка и исследование оптимизационной математической модели низкотемпературной системы трубопроводного транспорта смесей углеводородных газов: дис. канд. техн. наук: М.-Л., 1975. 151 с.

5. Редькин В.В., Кемаев О.В., Коробков А.А., Кулик М.В. Разработка метано-кислородной энерготехнологии и энерготехнологической системы производства электроэнергии, гомологов метана, этилена и пропилена из неразделенного сжиженного природного и попутного нефтяного газов. // Известия Института инженерной физики, 2013. №30(4). С. 95-102.

6. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. М.: Издательство иностранной литературы, 1960. 128 с.

УДК 519.21

МАРКОВСКИЕ МОДЕЛИ – ПРОСТОТА И ИЗЯЩЕСТВО

Николай Михайлович Емелин

заслуженный деятель науки и техники РСФСР

доктор технических наук, профессор

заместитель директора ФГБНУ «Госметодцентр»
по научной работе

Адрес: 115998, Москва, ул. Люсиновская, д. 51

Тел.: +7(499)706-81-25

Статья содержит методологические основы моделирования и оптимизации сложных технических и социальных систем с помощью математического аппарата теории марковских процессов и ее приложений.

This article contains methodological foundations of modeling and optimization of complex technical and social systems using the mathematical apparatus of the theory of Markov processes and its applications.

Ключевые слова: марковские процессы, модели, динамическое программирование, эксплуатация, образование.

Key words: Markov process, models, dynamic programming, exploitation, education.

Случайные марковские процессы уже давно привлекают внимание математиков как интересная, содержательная область творчества. В то же время эти процессы используются для решения многих задач, встречающихся при исследовании операций, в системном анализе, теории надежности, теории эксплуатации и ряда других прикладных направлений. Чем же так привлекательны случайные марковские процессы? Ведь можно привести массу ограничений, которые необходимо учитывать при моделировании процессов, происходящих в сложных (как технических, так и социальных) системах, случайными марковскими.

Уже само определение марковского случайного процесса указывает на то, что для любого момента времени t_0 вероятностные характеристики процесса в будущем зависят только от его состояния в данный момент t_0 и не зависят от того, когда и как система пришла в это состояние (как обычно говорят – отсутствие свойства памяти). И именно это объясняет тесную связь марковских процессов с пуассоновскими потоками событий, которые обладают двумя свойствами – ординарностью и отсутствием последствия. Если же пуассоновский поток обладает свойством стационарности, то такой поток называется простейшим, в котором интервал между событиями имеет экспоненциальную функ-

цию распределения, единственную, лишенную последствия. Таким образом, только системы с простейшими потоками могут моделироваться марковскими случайными процессами.

Это, казалось бы, достаточно серьезное ограничение. И если с теоретической точки зрения любой случайный процесс можно представить как марковский: для этого достаточно в понятие состояния включить всю предисторию поведения системы, то на практике это может привести к настолько сложным моделям, что их исследование будет представлять определенные трудности. Следовательно, о возможности марковской аппроксимации необходимо судить с двух позиций: насколько точно марковские модели отражают реальный характер случайных процессов и насколько сложны сами модели.

Рассмотрим несколько возможных путей сведения немарковских процессов к марковским.

Можно использовать способ введения фиктивных состояний [1], суть которого заключается в том, что распределения с возрастающей интенсивностью могут быть получены, если мы просуммируем несколько экспоненциально распределенных величин (то есть «стареющее» распределение может быть получено как свертка экспоненциальных распределений), а распределения с убывающей интенсивностью получают, если произвести «взвешивание» нескольких

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

экспоненциальных распределений. Но при этом мы, опять же, отмечаем, что, используя марковскую модель для произвольных распределений, мы, с одной стороны, упрощаем задачу (в силу относительной простоты и удобства математического аппарата теории марковских процессов, что мы обсудим ниже), с другой – усложняем, вводя дополнительные состояния, тем самым увеличивая размерность пространства состояний.

Можно обойтись и без увеличения числа состояний, представляя исследуемый процесс как кусочно-однородный. На самом деле, зная характер изменения потоков, можно выделить отдельные периоды, на которых потоки принимаются постоянными (что соответствует замене монотонно изменяющихся функций ступенчатыми), и решить ряд независимых задач для каждого периода.

Еще более упрощается задача сведения немарковских процессов к марковским, если воспользоваться выводами, сделанными в работе [2]: замена реальных функций распределения, характеризующих потоки, переводящие систему из одного состояния в другое, на экспоненциальные возможна при условии равенства их первых моментов. Заметим, что показатели, зависящие от вторых моментов, будут иными.

Так чем же тогда привлекают исследователей марковские процессы? Прежде всего простотой их аналитического описания. При решении прикладных задач наибольшее применение нашли дискретные марковские процессы с дискретным и непрерывным временем.

Дискретным марковским процессом с дискретным временем (конечной цепью Маркова) описывается «наименее случайный», наиболее регулярный вариант поведения системы: переходы из i -го в j -е состояние происходят через строго одинаковые интервалы времени, случайным образом выбирается лишь направление перехода. Такой процесс задается матрицей вероятностей переходов $P = \|p_{ij}\|, i, j \in E$. Для известной матрицы переходных вероятностей можно определить вероятности состояний $\pi_i(k)$ на каждом k -м шаге случайного процесса, которые можно использовать в качестве показателей эффективности рассматриваемой системы [3] и определить по формуле

$$\pi_i(k) = \sum_{j=1}^n \pi_j(k-1) p_{ji}, \quad (1)$$

где n – число состояний.

Дискретность по времени является достаточно жестким допущением, чем обусловлено более широкое использование марковских процессов с

непрерывным временем. Такой процесс задается интенсивностями переходов λ_{ij} из i -го в j -е состояние и вероятности состояний определяются из системы дифференциальных уравнений А.Н. Колмогоров

$$\frac{dP_i(t)}{dt} = \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot P_j(t) + \sum_{j=1}^n a_{ji} \cdot P_j(t), \quad (2)$$

а для стационарного режима – простой системой алгебраических уравнений

$$\begin{cases} -\sum_{j=1}^n \lambda_{ij} \cdot P_i + \sum_{j=1}^n \lambda_{ji} \cdot P_j = 0; \\ i = 1, 2, \dots, n-1; \\ \sum_{j=1}^n P_j = 1, \end{cases} \quad (3)$$

где λ_{ij} – интенсивность перехода из i -го в j -е состояние,

n – число возможных состояний.

С учетом нормировочного условия

$$\sum_{i=1}^n P_i(t) = 1$$

для проведения дальнейших исследований можно получить аналитические выражения для $P_i(t)$ или P_i , однако аналитический путь исследования этих вероятностей не всегда целесообразен. Уже для систем, модели которых включают более пяти состояний, конечные аналитические выражения для $P_i(t)$ или P_i оказываются громоздкими и в силу их необозримости анализу не поддаются. К тому же незначительное изменение модели требует заново проделывать всю работу по выводу формул для P_i .

Поэтому для больших моделей целесообразно ограничиться получением формул для интенсивностей переходов λ_{ij} (методика вычисления интенсивностей переходов приведена в [4]), а решение системы уравнений (2), как и (3), вести в численной форме. Модели при этом получают значительно более гибкими и менее трудоемкими.

Собственно, это и определяет простоту описания марковских процессов. Но, как мы видим, эта простота зависит от числа возможных состояний, в которых может находиться система. И построение графовой модели, адекватно отражающей процессы в рассматриваемой системе, становится сродни творческому процессу, когда мы не только должны учесть все существенные для решаемой задачи связи, выражаемые числом состояний и переходов, но и учесть возможность их простого развития, при этом понимая, что заново никаких исследований проводить не

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

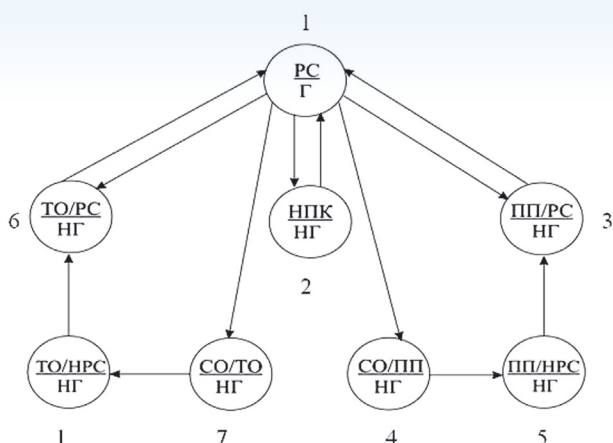


Рис. 1. Графовая модель эксплуатации технической системы

потребуется: всего лишь изменится (строго в соответствии с количеством состояний) количество уравнений в системах (1-3).

Насколько изящны марковские модели, покажем на простых примерах: на марковских моделях технических систем и марковских моделях социальных систем.

Рассмотрим техническую систему, которая в процессе эксплуатации может находиться в следующих состояниях (более подробное описание можно найти в [4]):

- 1 – работоспособное, система готова к работе;
- 2 – неработоспособное вследствие отказа непрерывно контролируемых элементов, система не готова к работе;
- 3 – проводятся периодические проверки на работоспособной системе, система не готова к работе;
- 4 – состояние скрытого отказа системы вследствие отказа элементов, контролируемых при периодических проверках, система не готова к работе;
- 5 – на неработоспособной системе проводятся периодические проверки, система не готова к работе;
- 6 – проводится ТО на работоспособной системе, система не готова к работе;
- 7 – состояние скрытого отказа системы из-за отказа элементов, контролируемых при ТО, система не готова к работе;
- 8 – на неработоспособной системе проводится ТО, система не готова к работе.

В соответствии с графом (рисунки 1) модель эксплуатации технической системы будет описываться системой из восьми уравнений. Допустим, в системе эксплуатации произошли изменения: отказались от проведения периодических проверок. Тогда всего лишь пропадут состояния А3, А4 и А5, а уравнений станет по чис-

лу оставшихся состояний – 5. И всё, не надо проводить никаких дополнительных исследований.

Возьмем пример из социальной сферы – образовательной, когда необходимо решить задачу обеспечения подготовки кадров высшей квалификации в аспирантуре. Процесс подготовки кадров в аспирантуре может быть представлен в виде графовой модели (рисунки 2), смысловое содержание всех состояний и переходов которой очевидно.

Каждый участник рассматриваемого процесса подготовки проходит индивидуальную траекторию из начального состояния 1 до возвращения в это же состояние из состояний 2, 3, 7, 8 после завершения активной работы (как связанной с научно-исследовательской деятельностью (НИД), так и не связанной с ней), при достижении предельного возраста (выхода на пенсию).

Другими словами, когда в системе освобождается место участника процесса, то система готова принять на это место очередного участника. Особо выделим состояния 4 и 5, отражающие приток молодежи (до 35 лет) в научную сферу.

Если поставить задачу обеспечения подготовки исследователей на всех уровнях высшего образования, то в рассмотренный граф достаточно добавить состояния обучения по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры

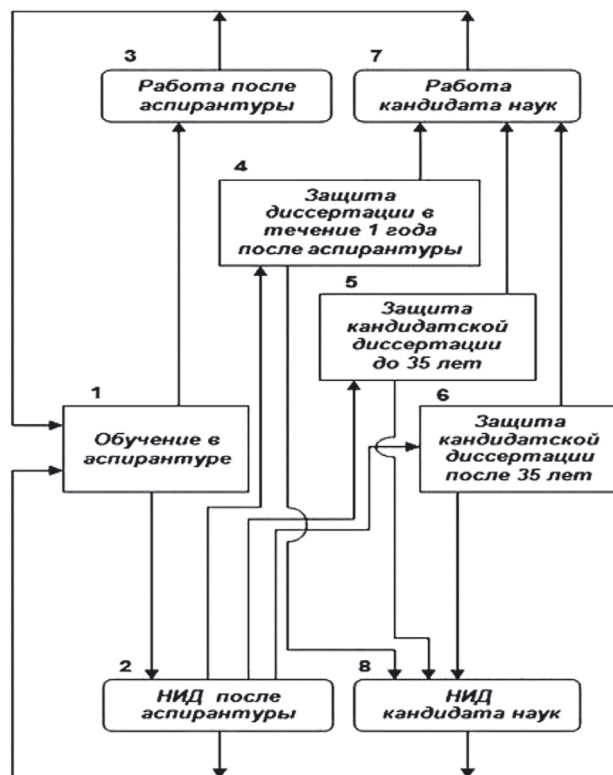


Рис. 2. Графовая модель подготовки кадров высшей квалификации в аспирантуре

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

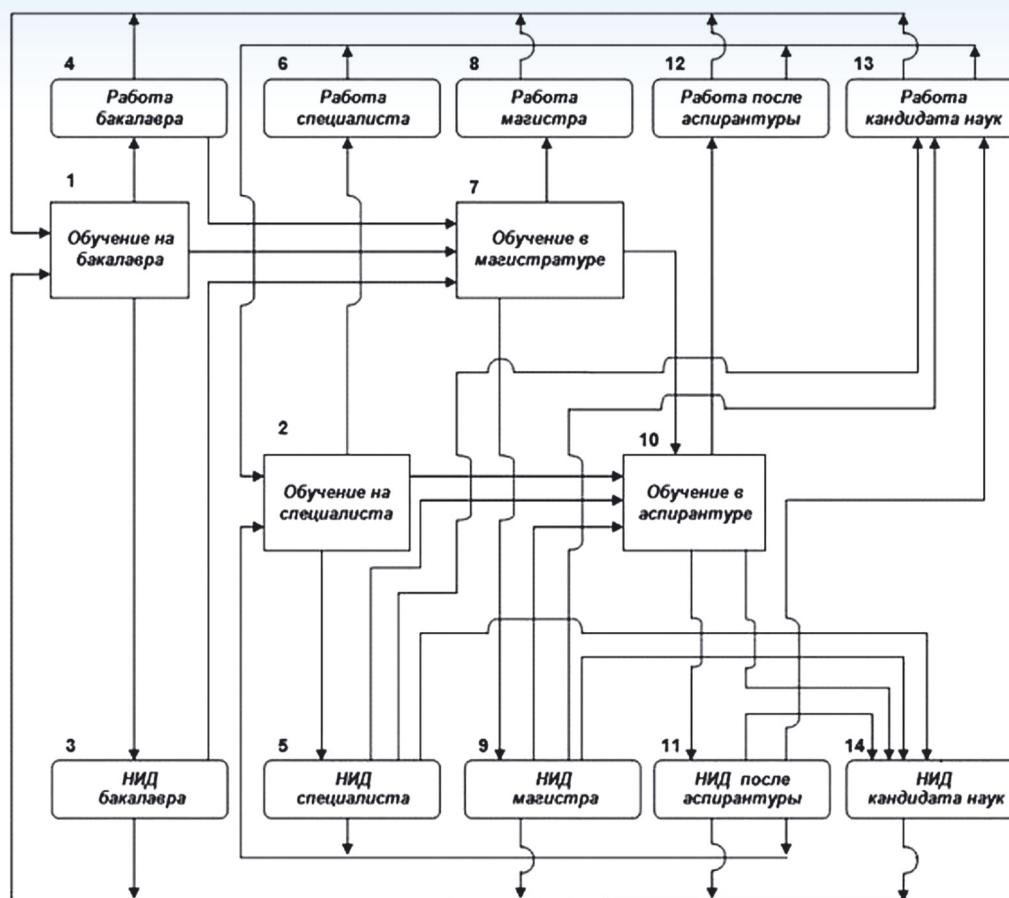


Рис. 3. Графовая модель подготовки исследователей

и соответствующие переходы (рисунок 3), что опять же приведет только к увеличению количества уравнений в системе А.Н. Колмогорова.

Используя уже упоминавшуюся методику, вычисление интенсивностей переходов не вызывает особых затруднений (к примеру, как это было сделано в работах [5, 6]).

И еще хотелось бы остановиться на одном несомненном достоинстве марковских моделей. Их использование позволяет решать достаточно сложные задачи оптимизации параметров таких моделей, так как в явном виде не присутствует аналитическое выражение целевой функции, а с учетом многошаговости марковского процесса с успехом может применен вариант динамического программирования – алгоритм Р. Ховарда [7], требующий как раз знания только значений самой оптимизируемой функции. Для использования этого алгоритма необходимо каждому возможному состоянию и переходу марковской модели поставить в соответствие некоторую величину доходов (затрат), обусловленных пребыванием в этих состояниях и возможными переходами из них. Исходными данными для использования алгоритма Р.Ховарда являются число

возможных состояний системы; число K вариантов параметров марковской модели; матрица интенсивностей переходов, характеризующая интенсивность перехода из i -го состояния в j -е состояние при выборе K -го варианта и составляемая для каждого состояния аналогичная матрица доходов. Оптимальными будут те параметры модели, при которой полный ожидаемый доход будет максимальным. Эффективность алгоритма Р. Ховарда подтверждена целым рядом исследований, обзор которых приведен в работе [4].

Таким образом, целесообразность использования математического аппарата теории марковских процессов при исследовании сложных систем вызвана большими возможностями и достоинствами марковских моделей, к которым можно отнести возможность учета всех существенных для решаемых задач связей, анализа сложного процесса по частям, а также его синтеза с использованием разработанных для марковских процессов алгоритмов динамического программирования, общность моделей, т.е. возможность их простого развития без проведения всех исследований заново.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Следует признать, что за простотой использования математического аппарата теории марковских процессов скрывается ряд «подводных камней», таких, как особенности вычисления переходных вероятностей, интенсивностей переходов, доходов (затрат) для конкретной рассматриваемой системы. Но это еще раз утверждает нас в мысли, что построение марковских моделей – это творческий процесс, реализация которого и определяет их изящество.

Литература

1. Надежность технических систем./ Под редакцией И.А.Ушакова. М: Радио и связь, 1985.
2. Беркетов Г.А., Блаженков В.В., Кравец Л.И.,

Оседедец В.И. Современные математические методы анализа и синтеза сложных систем. М.: МО СССР, 1984.

3. Володина Е.Д. Методика итеративного управления формированием в высшей школе кадрового потенциала науки // Известия Института инженерной физики, 2014. №3(33). С. 93-100.

4. Емелин Н.М. Отработка систем технического обслуживания летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1995.

5. Тараброва И.Н. Модели и алгоритмы воспроизводства научных кадров сектора высшей школы // Известия Института инженерной физики, 2014. №4(№34). С. 106-114.

6. Шведова Е.А. Марковские модели мониторинга аналитических ведомственных целевых программ // Информатизация образования и науки, 2010, №4(8).

7. Ховард Р.А. Динамическое программирование и марковские процессы. М: Сов. радио, 1964.



ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 681.5

ЛОГИКО-ЛИНГВИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МОРСКОГО ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА

Иса Алигаджиевич Магомедов

кандидат технических наук

доцент кафедры вычислительной техники
ФГБОУ ВПО «Дагестанский
государственный технический университет»
Адрес: 367030, Махачкала, РД, пр-т им. Шамиля, д. 70
Тел.: +7(928)0528-16-03
E-mail: misa1949@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы алгоритмического обеспечения нечетких систем управления траекторным движением морских подвижных объектов (МПО) и их настройка на требуемое качество управление. Приведены результаты математического моделирования процессов движения МПО по заданной траектории при оптимальном и нечетком управлениях, а также выхода МПО и его стабилизации на заданной траектории при нечетком управлении в условиях различных внешних воздействий и при изменении динамических свойств объекта управления.

The paper deals with algorithmic support of fuzzy control systems of marine traffic trajectory of moving objects (MMO) and their adjustment to the required quality control. The results of mathematical modeling of traffic on the MMO adjusted trajectory with optimal and fuzzy control, and release MPO and its stabilization in the given path in the fuzzy control under various external influences and changing the dynamic properties of a control object.

Ключевые слова: морской подвижный объект, оптимальное управление, нечеткое управление, траекторное движение, логико-лингвистические модели, динамическое программирование, математическая модель.

Keywords: sea-mobile, optimal control, fuzzy control, motion trajectory, logical-linguistic models, dynamic programming, mathematical model.

Одной из актуальных проблем судовождения является разработка эффективных алгоритмов управления высокоточным и безопасным траекторным движением морских подвижных объектов (МПО). В работах [1, 2] для решения этой задачи предложены оптимальные алгоритмы управления движением судна, исследование которых показало достаточно хорошее качество управления. Однако они имеют высокую временную сложность, не позволяющую их эффективное применение в системах управления в реальном масштабе времени. Решение этой проблемы многие исследователи связывают с новым логико-лингвистическим подходом к анализу сложных систем [3-6]. Опираясь на теорию нечетких множеств (НМ) и нечетких алгоритмов (НА), данный подход дает приближенные, но в то же время эффективные способы описания поведения систем, настолько сложных и/или плохо определенных, что они практически не под-

даются точному математическому анализу. Уже известны некоторые системы управления сложными динамическими объектами, построенные с использованием теории нечетких множеств, которые показали хорошее качество управления [5-7].

Однако более широкому применению идей этой теории препятствует, во-первых, отсутствие методики построения нечетких алгоритмов управления (НАУ) и настройки их параметров, во-вторых, отсутствие строгих математических приемов перехода от функционального описания алгоритмов в терминах этой теории к их практической реализации с использованием современных средств вычислительной техники и, в-третьих, несоответствия архитектуры существующих средств вычислительной техники параллельному характеру обработки нечеткой информации, что ухудшает эффективность нечетких алгоритмов управления или требует исполь-

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

зования вычислителей с большим объемом памяти и повышенной производительностью.

Одному из подходов к устранению первой из перечисленных проблем и посвящается настоящая работа.

Укажем на некоторые из причин, обусловивших необходимость перехода от классических моделей теории управления к логико-лингвистическим моделям:

1. Между рядом параметров, оказывающих влияние на процесс управления, не удается установить точных количественных зависимостей.

2. Процесс управления является многошаговым, и содержание каждого шага не может быть заранее однозначно определено.

3. Существующие способы описания объектов и протекающих в них процессов приводят к столь громоздким конструкциям, что их практическое использование встречает значительные вычислительные трудности.

4. Объект эволюционирует во времени, меняется его структура и функции, что приводит к эволюции самого процесса управления.

5. Не все цели управления объектом могут быть выражены в виде количественных соотношений.

Большой интерес специалистов по управлению к нечетким моделям объясняется, в основном, следующими факторами: простота реализации; функциональная устойчивость, как к внешним возмущениям, так и к изменениям параметров управляемого процесса в достаточно широких (до $\pm 30\%$) пределах изменения; возможность использования богатого практического опыта специалистов, не имеющих специальных знаний, выраженного ими в качественной форме.

Как показали результаты проведенных исследований, управление движением морским подвижным объектом (МПО) по заданной траектории сводится к решению следующих взаимосвязанных задач:

1. Определение оптимальной траектории движения МПО по критерию

$$J = \int_{t_0}^{t_1} (y^2(t) + \lambda \omega^2(t)) dt \quad (1)$$

где t_0 и t_1 – время начала и конца процесса управления;

$\omega(t)$ – угловая скорость рыскания судна на курсе;

$y(t)$ – отклонения центра тяжести судна от траектории;

$\lambda(t)$ – коэффициент, определяющий плавность движение судна;

2. Определение отклонения судна от задан-

ной оптимальной траектории и скорости изменения отклонения;

3. Преобразование значений отклонения и скорости его изменения в нечеткие подмножества;

4. Оценка текущей ситуации с использованием составного правила вывода [3,4];

5. Определение управляющего воздействия по выражению

$$U_t = \arg \max_k \{ \mu_c(u_k) \}$$

Исходя из сказанного, обобщенная схема системы управления движением МПО, реализованная на базе бортовой ЭВМ, может быть представлена в виде, двух основных блоков: формирования и реализации оптимальных траекторий движения МПО.

Основной особенностью построения нечеткого алгоритма управления является использование нечетких понятий [4, 5], содержащихся в естественном языке человека-оператора, на основании которых принимаются четкие или нечеткие решения, воплощаемые в конкретные действия.

Каждое нечеткое понятие в дальнейшем формально представляется в виде нечеткого подмножества. Это позволяет выполнить эквивалентные преобразования нечетких понятий и образовать новые понятия с помощью различных операций над нечеткими множествами. Например, типичным правилом для управления движением МПО по заданной траектории может быть: «Если отклонение от заданной траектории *положительно среднее* и скорость изменения отклонения *отрицательно маленькая*, то угол перекладки руля *отрицательно большой*, где «*среднее*» и «*маленькое*» нечеткие значения *отклонения* и *скорости его изменения*, а «*большой*» – нечеткое значение *угла перекладки руля*, т.е. управляющего воздействия. Набор таких правил, связывающих важные наблюдаемые переменные с управляющим воздействием, образует нечеткий алгоритм управления и является нечеткой моделью управляемого процесса. Реализация системы управления, использующей нечеткий алгоритм, должна быть в общем случае аналогична подходу оператора к процессу управления.

Так, состояние МПО при его движении по заданной траектории в каждый момент времени характеризуется двумя переменными: во-первых, величиной отклонения от заданной траектории β_1 и, во-вторых, скоростью изменения отклонения β_2 , которые зависят от величины управляющего воздействия β_3 , и от случайных внешних возмущений.

Можно сказать, что опытный судоводитель

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

принимает оптимальное, с его точки зрения, решение именно на основе этих двух переменных, опираясь на свой опыт и интуицию, хотя ему неизвестны математические зависимости между наблюдаемыми переменными и величиной воздействия. При этом часто опытный оператор может управлять подобными процессами более эффективно, чем автоматическая система, а когда он испытывает затруднения, это можно объяснить за счет скорости и способности отображать информацию или за счет глубины, с которой он может оценить решения.

В данной работе представлены результаты применения логико-лингвистических моделей для управления движением МПО по заданной траектории. Обоснованием для этой работы является исследование того, могут ли быть методы, аналогичные тем, которые использует человек-оператор, применимы в системах автоматического управления МПО, которые с трудом управляются обычными методами.

Для достижения поставленной цели на основе анализа результатов математического моделирования процессов управления МПО и с учетом протокола экспертного опроса судоводителя построена система лингвистических решающих правил, приведенная в *таблице 1*.

Вид применяемых правил принятия решения зависит от управляемого процесса и используемой эвристики. В случае задач с двумя входами и одним выходом, которые являются предметом исследования данной статьи, предполагается, что нечеткими входными переменными являются отклонения управляемого объекта от заданной траектории β_1 и скорость изменения величины отклонения β_2 , а управляющим воздействием – величина угла перекладки руля β_3 . Нечеткая система управления разработана для

функционирования в таких ситуациях, где имеющиеся источники информации неточны, с шумами, субъективно интерпретируются или ненадежны. В рассматриваемом примере имеются результаты измерения величины отклонения с точностью, определяемой РНС, и вычисляется скорость изменения отклонения.

Для построения нечеткого алгоритма, области определения $X, Y \subseteq Q$ переменных β_1, β_2 , характеризующие пространство состояния управляемого объекта, квантуются в 22-х точках с разделенным нулем и их значения определяются с помощью следующих множеств $A = \{A_{j_0}, j_0 = 1, \dots, J_0\}$, $B = \{B_{m_0}, m_0 = 1, \dots, M_0\}$, где A_{j_0}, B_{m_0} – базовые нечеткие подмножества, определяемые в областях X, Y соответственно (в нашем примере $J_0 = M_0 = 8$). При этом содержательный смысл нечетких подмножеств A_{j_0} и B_{m_0} определяется как ПБ, ПС, ПМ, ПН, ОН, ОМ, ОС, ОБ, где ПБ – Положительно Большое, ОБ – Отрицательно Большое, ПС – Положительно Среднее, ОС – отрицательно Среднее, ПМ – Положительно Маленькое, ОМ – Отрицательно Маленькое, ПН – Положительно Нулевое, ОН – Отрицательно Нулевое.

Заметим, что совпадение знаков переменных β_1 и β_2 , интерпретируется как движение управляемого объекта к заданной траектории, а несоответствие – от траектории.

Управляющее воздействие β_3 , характеризующее пространство управлений U , квантуется в 21 точке, охватывая интервал от минимально допустимого и до максимально допустимого значения, без дальнейшего разделения нуля. Множество нечетких подмножеств управления обозначим через $C = \{C_{s_0}, s_0 = 1, \dots, S_0\}$, где $S_0 = 7$ для нашего примера.

Ограничение на величину управляющего

Таблица 1
Нечеткий алгоритм управления движением МПО по заданной траектории

		Скорость изменения отклонения β_2							
		A_{j_0}	B_{m_0}	ПБ	ПС	ПМ	ПН	ОН	ОМ
Отклонение от траектории β_1	ПБ	ПМ	Н	ОМ	ОМ	ОМ	ОС	ОБ	ОБ
	ПС	ПС	Н	Н	ОМ	ОМ	ОМ	ОС	ОБ
	ПМ	ПС	Н	Н	Н	Н	ОМ	ОС	ОБ
	ПН	ПС	ПС	ПМ	Н	Н	ОМ	ОМ	ОС
	ОН	ПС	ПМ	Н	Н	Н	ОМ	ОС	ОС
	ОМ	ПС	ПМ	ПМ	Н	Н	ОМ	ОМ	ОС
	ОС	ПБ	ПБ	ПС	ПМ	Н	Н	ОМ	ОС
	ОБ	ПБ	ПБ	ПС	ПМ	ПМ	ПМ	Н	ОМ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

воздействия, обусловленное спецификой МПО, учитывается заданием границ соответствующей области определения, т.е. U .

Процедура принятия решения заключается в следующем:

1. Вычисление текущего отклонения и скорости его изменения;
2. Преобразование величин отклонения и скорости его изменения в нечеткие подмножества A'_j и B'_m соответственно;
3. Оценка правила принятия решения с использованием составных правил вывода и определения нечеткого подмножества управляющих воздействий C_s ;
4. Вычисление детерминированного управляющего воздействия, требуемого для реализации.

При построении систем управления наиболее надежным способом проверки теоретических решений является эксперимент, проводимый во всех этапах разработки. В связи с отсутствием в настоящее время возможности проведения многочисленных и дорогостоящих испытаний, а также из-за неимения достаточно подробной априорной информации о процессе управления движением МПО, исследование работоспособности предложенных нечетких алгоритмов управления осуществлялось методом математического моделирования на ЭВМ.

Исследование алгоритмов управления движением МПО были проведены на специально разработанном моделирующем комплексе, который включает следующие блоки (рисунком 1):

- ввода начальных условий и констант (НУ);
- формирования оптимальных траекторий движения судна (БФОТ);
- расчета величины отклонения от заданных значений;
- преобразования числовых данных в нечеткие подмножества, т.е. лингвистический преобразователь (ЛП);

- формирования управляющих воздействий (БФУ);
- настройки нечетких алгоритмов управления (БН);
- оценки качества управления (БОКУ);
- принятия решения с использованием составного правила вывода (БПР);
- поиска оптимальных управлений с использованием процедуры динамического программирования (БПОУ);
- формирования внешних возмущений (БФВВ);
- математическая модель судна (ММС);
- формирования шумов измерения (БФШИ);
- формирования изменений параметров управляемого объекта (БФИП).

Цифровой управляющий комплекс позволяет проводить эксперименты в широком диапазоне изменения начальных условий, учитывать влияние выбора констант на качество управления, задавать различные цели управления и траектории движения МПО, изменять ограничения на переменные состояния и управления и т.д.

При исследовании движения МПО в качестве модели судна использовались известные уравнения из [8, 9].

Блок формирования внешних воздействий на объект был построен на основе математических выражений, приведенных в [10]. Белый шум, возбуждающий состояние модели ветроволновых возмущений, был аппроксимирован гауссовским дискретным процессом типа белого шума с периодом квантования $T_k=0,5$ сек, что обеспечивает полосу пропускания шума, на порядок превышающую полосу пропускания частот возмущений. В этом случае дисперсия шума D может быть определена по формуле [10]

$$D=S/T_k,$$

где S – интенсивность идеального белого шума.

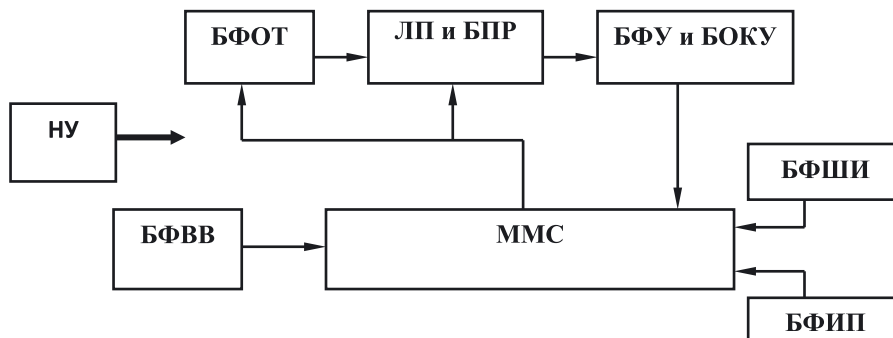


Рис. 1. Структура цифрового моделирующего комплекса

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

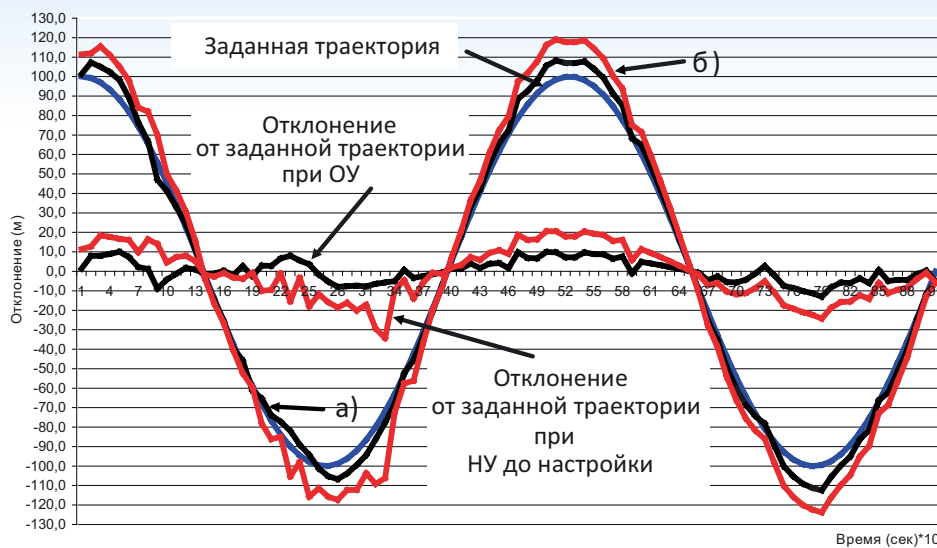


Рис. 2. Результаты математического моделирования процессов движения МПО по заданной траектории при оптимальном а) и нечетком б) управлениях до настройки параметров нечеткого регулятора

При генерации шума с нормальным распределением использовался метод Бокса и Мюллера, основанный на применении датчика случайных чисел URAN [10]. Сказанное относится и к блоку формирования шумов измерения, а также к блоку формирования изменений параметров управляемого объекта. При моделировании воздействия течения был применен детерминированный подход и полагалось, что скорость течения является квазистационарной.

Блок принятия решения реализует нечеткие алгоритмы управления, приведенные в таблице I на основе составного правила вывода.

Интегрирование системы дифференциальных уравнений, описывающих динамику суд-

на и внешних возмущений, осуществлялось численным методом Кутты-Мерсона пятого порядка с автоматическим выбором шага в зависимости от заданной точности решения.

Таким образом, разработанный моделирующий комплекс позволил осуществить в полном объеме программу исследований методом математического моделирования.

Программа исследования включала в себя:

- накопление информации об управляемом процессе, полученной посредством поисковых алгоритмов управления с использованием процедуры динамического программирования, для построения логико-лингвистической модели управляемого объекта и обучения нечетких алгоритмов;

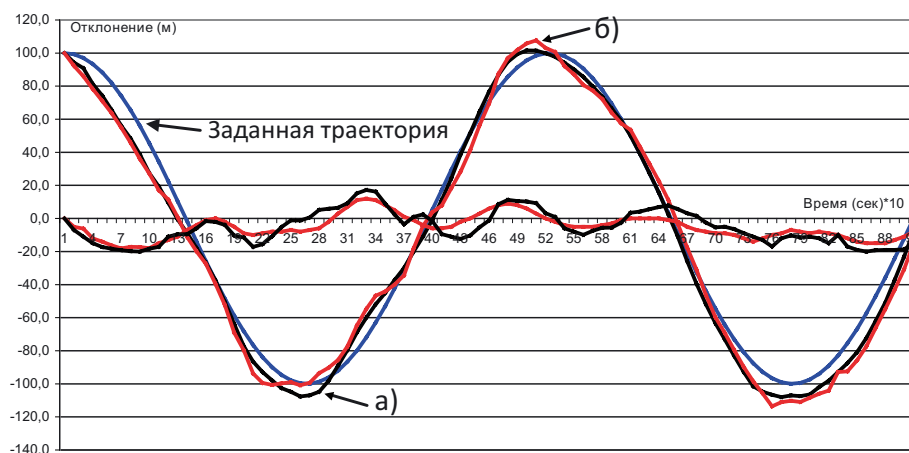


Рис. 3. Результаты математического моделирования процессов движения МПО по заданной траектории при оптимальном а) и нечетком б) управлениях после настройки параметров нечеткого регулятора

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

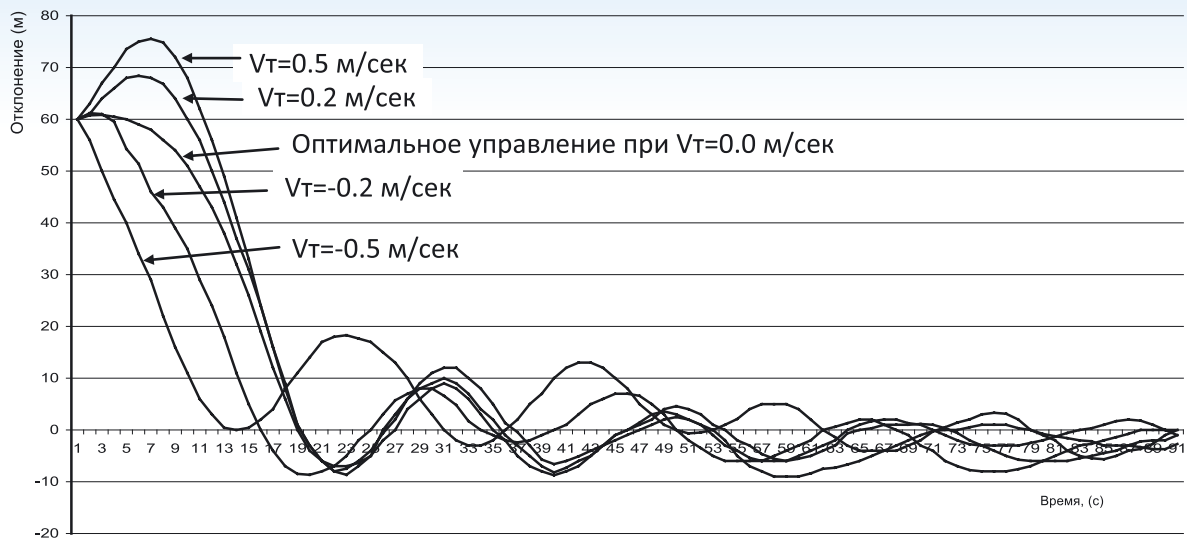


Рис. 4. Результаты моделирования процесса выхода МПО на траекторию при нечетком управлении (при различных внешних возмущениях на объект управления)

□ настройку параметров нечеткого регулятора с целью получения требуемого качества процесса управления;

□ оценку качества предложенных логико-лингвистической модели управляемого объекта и нечетких алгоритмов управления движением МПО в условиях разнообразных внешних возмущений и сравнительный анализ процессов оптимального и нечеткого управления.

Основной задачей моделирования является исследование логико-лингвистической модели управления движением МПО по заданной траектории (в том числе по траекториям, имеющим сложные формы; при случайных внешних воздействиях и дрейфе параметров управляемого объекта). Эксперимент проводился для научно-исследовательского судна «Исследователь».

Как показали результаты моделирования [6,7], качество нечеткого управления (НУ) существенно зависит от частоты формирования нового значения управляющего воздействия, равной $1/T_B$,

где T_B – интервал выборки управления.

Увеличение интервала выборки более 10 сек приводит к резкому ухудшению качества управления для судов рассматриваемого типа. При $T_B < 10$ качество управления практически не меняется, однако уменьшение интервала выборки приводит к увеличению интенсивности работы исполнительных механизмов и их преждевременному износу. Поэтому в данной работе исследования проводились для $T_B = 10$ сек.

Для получения сравнительных характеристик качества процесса управления были проведены исследования алгоритмов поиска оп-

тимальных управлений (ОУ) с использованием процедуры динамического программирования [11]. На *рисунке 2* приведены результаты математического моделирования процесса движения МПО по заданной траектории при оптимальном а) и нечетком б) управляющих воздействиях в условиях волнения моря 4 балла и при скорости течения $V_T = -0.2$ м/сек. Здесь и в дальнейшем для оценки качества управления используется критерий качества (1), обеспечивающий минимум среднеквадратичного отклонения от заданной траектории с ограничением на угловую скорость.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о целесообразности настройки параметров нечеткого регулятора на основе результатов математического моделирования оптимальных процессов управления.

Результаты моделирования процессов управления, полученные после настройки нечетких алгоритмов при тех же внешних условиях, показаны на *рисунке 3*. Значения критерия качества в режиме движения по заданной траектории после настройки равно – $J^{НП} = 41$ а до настройки $J^{НД} = 114,9$.

Для проверки функциональной устойчивости нечетких алгоритмов к случайным внешним возмущениям и к дрейфу параметров управляемого объекта в работе также проводились эксперименты по моделированию процессов выхода МПО на заданную траекторию при различных внешних воздействиях (*рисунк 4*): начальное отклонение от заданной траектории – 60 м для режима выхода на траекторию; скорость движения МПО – 2,5 м/сек; скорость течения от

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Таблица 2

Оценка качества управления при различных внешних возмущениях и алгоритмах управления

Скорость течения	Нечеткий алгоритм		Оптимальный алгоритм	
	выход на траектории J_T^H	стабилизация на траектории J_C^H	выход на траекторию J_T^O	стабилизация на траектории J_C^O
0,5	18678	53,4	16958	39,6
0,2	14008	41	11118	30,6
0,0	13096	22	10889	12
-0,2	12507	39,9	9561	32,2
-0,5	11348	58	8986	48

0 до $\pm 0,5$ м/сек; волнение моря – до 4 баллов; изменение параметров управляемого объекта – до $\pm 30\%$.

Значение критерия качества при оптимальном управлении (ОУ) в режиме выхода на траекторию (временной интервал – 6 мин.) равно $J_T^O = 11118$ а при нечетком – $J_T^H = 18528$. В режиме последующей стабилизации движения по траектории среднее значение подынтегральной функции критерия качества при оптимальном управлении равно $J_C^O = 40,6$, а при нечетком – $J_C^H = 114,9$.

В результате настройки параметров нечетких алгоритмов качество процесса нечеткого управления улучшилось (таблица 2):

- на 51% в режиме выхода на траекторию;
- на 65% в режиме стабилизации на заданной траектории, а по сравнению с оптимальным процессом меньше на 20% в режиме выхода на заданную траекторию и на 18% в режиме стабилизации на заданной траектории.

Расчет критериев качества для интервала времени 15 мин. приведен в таблице 2.

На рисунке 5 приведены результаты моделирования в режиме выхода МПО на заданную траекторию с использованием нечеткого алгоритма управления при изменении параметров управляемого объекта на $\pm 30\%$, при этом качество управления J_T^H ухудшилось в среднем на 6-10%, а J_C^H – на 8% по сравнению с оптимальным управлением.

Анализ результатов исследования нечетких алгоритмов управления траекторным движением показывает следующее:

- настройка параметров нечеткого регулятора по результатам моделирования оптимальных процессов позволяет обеспечить требуемое качество управления процессом движения МПО по заданной траектории (рисунки 3 и 4, таблица 2).
- применение нечетких алгоритмов управления позволило существенно сократить затра-

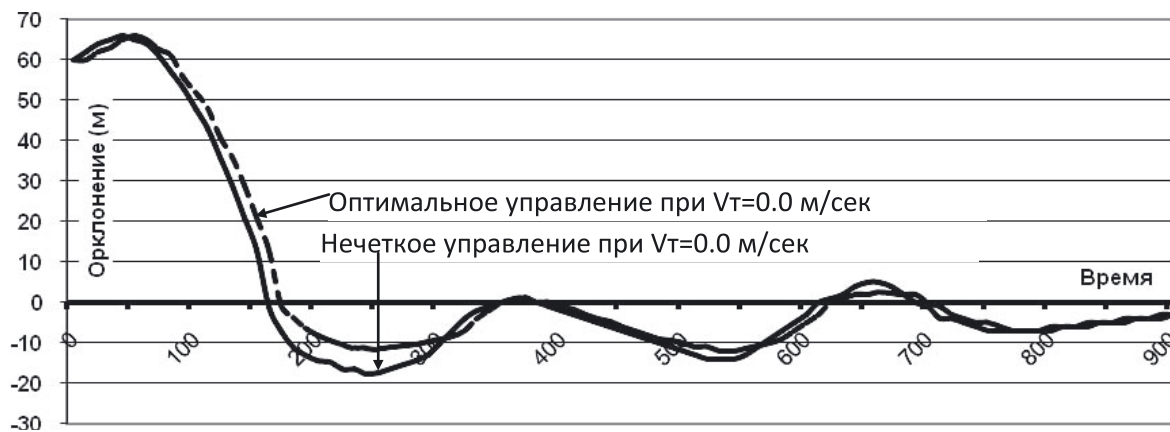


Рис. 5. Результаты моделирования процесса выхода МГК на траекторию при нечетком управлении и при изменении параметров управляемого объекта на $\pm 30\%$

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ты машинного времени по сравнению с оптимальным поисковым алгоритмом и обеспечить реализацию процесса управления в реальном масштабе времени при допустимом ухудшении качества процесса управления.

□ нечеткие алгоритмы позволяют обеспечить движение МПО по заданной траектории с достаточным для практических целей качеством управляемого процесса в условиях различных внешних возмущений и при изменении динамических свойств управляемого объекта.

Следует также подчеркнуть, что время поиска управляющего воздействия при моделировании оптимальных процессов управления на вычислительной машине составляло около 1 мин. процессорного времени, тогда как при моделировании нечеткого процесса управления – 0,002 сек.

Литература

1. Магомедов И.А., Курбанмагомедов К.Д. Оптимальные алгоритмы управления траекторным движением морского подвижного объекта // Известия Института инженерной физики, 2010. №16. С. 49-54.
2. Магомедов И.А. Построение оптимальных алгоритмов управления траекторным движением морско-

го геофизического комплекса // Вестник ДГТУ, Технические науки, 2000. №4

3. Заде Л.А. Понятие лингвистического переменного и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 168 с.

4. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решения. В кн.: Математика сегодня. М.: Мир, 1974. Вып. 7. С. 5-49.

5. Mamdani E.H., Assilian S. A fuzzy logic controller for a dynamic plant. Int. J. Man-Machine Stud., 1975, v. 7, p. 1-13.

6. Магомедов И.А., Кокаев О.Г. Применение теории нечетких множеств к задачам управления нестационарными процессами. В кн. Методы и системы принятия решений. Рига, 1984.

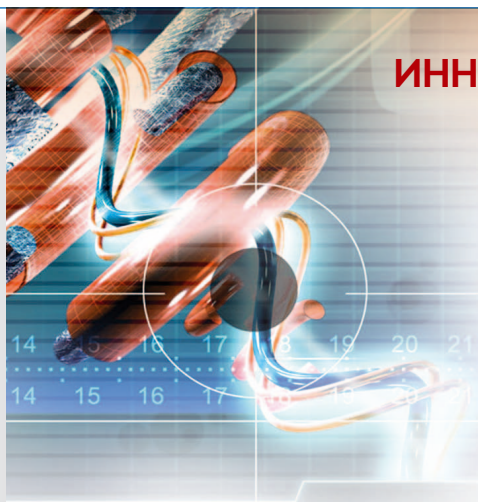
7. Магомедов И.А. Применение теории нечетких множеств к задачам управления морскими геофизическими комплексами. Рук. депонир. в ВИНТИ от 8.08.83 г. за №4358-83.

8. Басин А.М. Ходкость и управляемость судов. М.: Транспорт, 1977. 456 с.

9. Лукомский К.А., Лернер О.М., Михайлов В.А. и др. Управление морскими подвижными объектами. Л.: Судостроение, 1979. 272 с.

10. Форсайт Ож., Малькольм М. и др. Машинные методы математических вычислений. М.: Мир, 1980. 280 с.

11. Беллман Р. Динамическое программирование. М.: Иностранная литература, 1960. 400 с.



ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ

УДК 629

О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ ТОРОВЫХ АМОРТИЗАТОРОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ МОБИЛЬНОГО РК И ЛИЧНОГО СОСТАВА ОТ СТОЛКНОВЕНИЙ АГРЕГАТОВ ПРИ СОВЕРШЕНИИ МАРШЕЙ

Александр Павлович Репях

заместитель начальника кафедры
филиал ВА РВСН им. Петра Великого
(г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: +7(916)977-43-63
E-mail: sasha141078@mail.ru

Сергей Михайлович Элоян

кандидат технических наук, доцент
доцент кафедры
филиал ВА РВСН им. Петра Великого
(г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: +7(926)116-52-47

В статье приводится обоснование системы противоударной защиты мобильного ракетного комплекса на марше. Рассмотрены физические основы функционирования энергопоглощающих элементов торового типа. Разработан пластический амортизатор торового типа, построена его силовая характеристика с учетом физики механических характеристик материала и геометрических размеров.

In this paper we study the system shock protection self-propelled launcher on the March. The physical principles of functioning of the energy absorbing element tor's type. Designed plastic shock absorber tor's type and built its power characteristics taking into account the physics of mechanical characteristics of the material and geometry.

Ключевые слова: : пластический амортизатор торового типа, система противоударной защиты, самоходная пусковая установка, энергопоглощающий элемент, пластическая деформация.

Key words: plastic shock absorber tor's type, ESP protection, self-propelled launcher, energy absorbing element, plastic deformation.

Большое количество разработок в области пластических противоударных систем энергопоглощения направлено на исследование новых типов пластических энергопоглощающих устройств, которые могут найти широкое применение в специальной технике. Наиболее эффективным из них является торовый амортизатор (ТА), конструктивно-компоновочная схема которого приведена на *рисунке 1*.

Основным достоинством торового амортизатора является его способность многократно воспринимать ударные нагрузки в широком диапазоне воздействий. Кроме того необходимо отметить малые габариты и высокое массовое совершенство ТА.

ТА устроен следующим образом. Корпус 1 представляет собой толстостенную трубу, сни-

зу оканчивающуюся опорным фланцем. Шток 3 круглого поперечного сечения (сплошной или трубчатый), пластические элементы 4 – в виде торов. Направляющими штока являются шайба 5 и крышка 2 корпуса. Шток корпуса (или вставная гильза) изготовлены из углеродистой стали, на рабочих поверхностях они имеют поперечные рифления для повышения сил трения с поверхностью тора. Рабочие поверхности трубы и штока подвергаются закалке ТВЧ. Торовый элемент изготавливается из весьма пластичных сталей марок 08КП, 10КП, 15, 20, Ст.1.

На поверхности тора имеются рифления (по длине тора), соответствующие рифлениям на рабочих поверхностях штока и трубы. Пластические элементы изготавливаются горячей штамповкой с последующим отжигом.

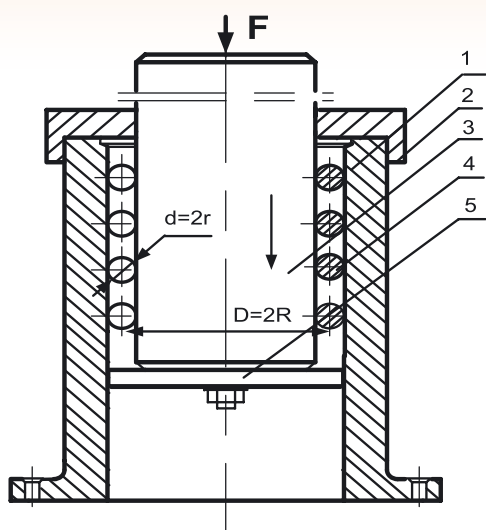


Рис. 1. Торковый амортизатор

Принцип действия ТА следующий. Под действием внешней силы F шток перемещается вниз, и плотно зажатый тор начинает обкатываться относительно внутренней стенки корпуса и наружной поверхности штока пластически деформируясь. В процессе движения, устанавливается необходимое число элементов и надевают направляющую крышку 2 на корпус. Амортизатор готов к установке и применению.

Благодаря круглому поперечному сечению тора при работе амортизатора пластическая деформация тора при одинаковом угле поворота будет одинаковой. Такая конструкция амортизатора позволяет обеспечить линейную зависимость между углом поворота ТЭ и поступательным перемещением штока относительно корпуса. Как следствие этого, будет обеспечено постоянство усилия деформирования ТЭ. Таким образом, амортизатор будет иметь идеальную рабочую характеристику, при которой усилие F на штоке имеет постоянное значение.

Достоинства торкового пластического амортизатора: возможность получения больших ходов и широкого диапазона усилий изменением числа торковых элементов; постоянство рабочей характеристики, а следовательно, наилучшая энергопоглощающая способность при заданном расчетном усилии; сравнительная простота устройства и малые габариты; возможность работы в обоих направлениях (возвратно-поступательное движение штока).

Недостатки: только прямолинейное движение штока, отсюда ограничение применения; сборка под прессом; высокие требования к точности изготовления торковых элементов; необходимость специальной обработки рабочих поверхностей.

Рассматривая работу амортизатора, необходимо отметить, что скорость точки 1 (рисунк 2) касания тора с поверхностью корпуса равна 0 – это мгновенный центр скоростей. Скорость точки 3, равная скорости штока, вдвое больше скорости центра круга, т.е. поступательного движения тора.

Так как деформация внешнего слоя тора наибольшая, необходимо рассмотреть именно эту деформацию.

При переносном поступательном движении тора его поперечные сечения поворачиваются (т.е. относительное движение сечений вращательное) и при прохождении каждого волокна от точки 0 к точкам 1 и 2 наблюдается их растяжение (рисунк 2) – это зона растяжения. При дальнейшем движении от точки 2 к точкам 3 и 4 (0) будет происходить сжатие волокон – это зона сжатия. Упругие деформации весьма и даже ничтожно малы (при $\sigma_y = 200-400$ МПа, $\epsilon = \sigma/E = 0,001-0,002$) по сравнению с пластическими ($\epsilon_{\max} = 0,222$). Поэтому, при переходе из одной зоны в другую, а также при остановке амортизатора упругими деформациями можно пренебречь.

На основе анализа диаграммы растяжения и сжатия низкоуглеродистых мягких сталей была принята предельная величина относительного удлинения $\epsilon_{\max} = 0,2 - 0,24$ (20-24%).

Для стали марки 10 относительное достаточное удлинение при разрыве составляет $\epsilon_{\text{ост}} = 31\%$. Поэтому, при относительном удлинении $\epsilon = 0,2$ (20%) материал еще не разрушится. Разрушение тора наступит через несколько циклов нагружения (до 10 и более).

На **рисунке 3** приведена типовая диаграмма растяжения низкоуглеродистой стали (марок 20, 25, Ст.2, Ст.3) с характерными участками упругих деформаций, текучести, упрочнения и разрушения [1]. При первичном нагружении образца до точки М участка упрочнения после снятия

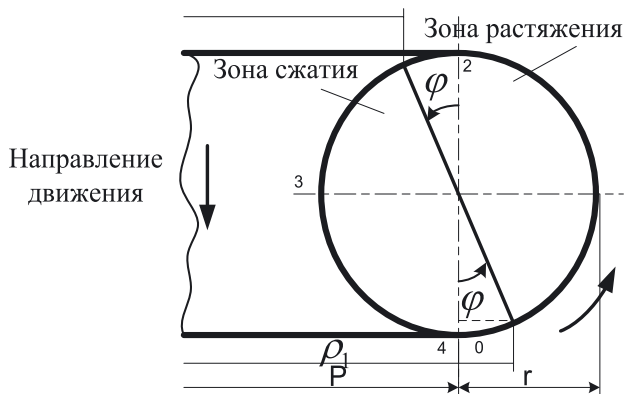


Рис. 2. Схема деформирования торкового элемента

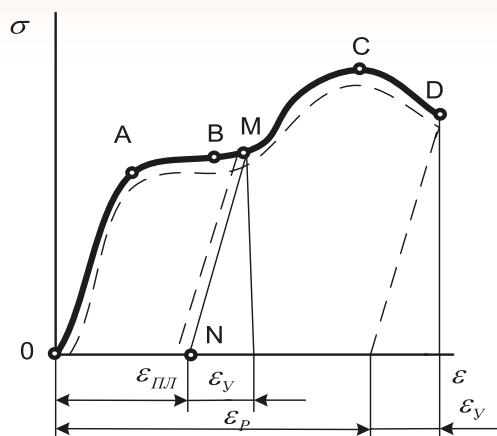


Рис. 3. Типовая диаграмма растяжения низкоуглеродистой стали

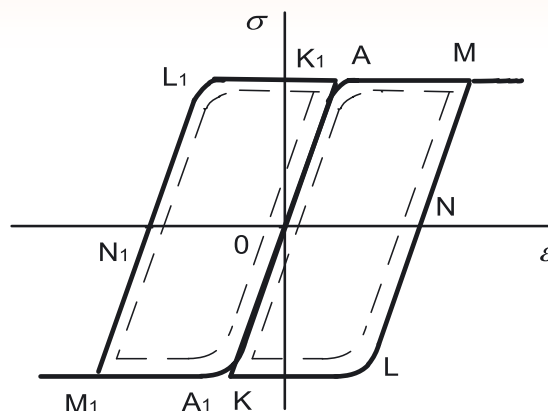


Рис. 4. Диаграмма цикла нагружения торового элемента

внешней нагрузки разгрузка образца происходит по прямой MN, параллельной прямой OA. Повторное растяжение образца происходит уже не по кривой OABM, а по прямой NM и далее оно совпадает с участком MSD полной диаграммы. Для нагружения, определяемого точкой M, относительно удлинение:

$$\varepsilon = \varepsilon_y + \varepsilon_{nl},$$

где ε_{nl} – пластическая, остаточная деформация, ε_y – упругая деформация.

Материал торового элемента испытывает знакопеременное нагружение с симметричным циклом. Диаграмма напряжений цикла нагружения торового элемента приведена на **рисунке 4**.

При растяжении напряжение σ увеличивается от начала координат до точки M по кривой OAM. При уменьшении внешней нагрузки напряжения σ уменьшается по прямой MN до нуля.

В случае знакопеременной нагрузки после растяжения происходит сжатие. Изменение напряжения σ происходит по прямой от точки N до точки L и далее по участку текучести до точки K. При этом относительная деформация ε уменьшается и меняет знак.

При уменьшении сжатия и переходе в зону растяжения напряжение изменяется по прямой KO, а затем процесс повторяется.

С учетом эффекта Баушингера диаграмма сжатия предварительно нагруженного растяжением материала несколько смещается, а при повторном нагружении и сужается.

Прохождение волокон через зону сжатия характеризуется аналогичной диаграммой: $O A_1 B_1 M_1 - M_1 N_1 - N_1 L_1 K - K_1 O$ (см. **рисунок 4**). Эти теоретические предпосылки используются с некоторыми допущениями для вывода усилия

деформирования. Таким образом, работа ТЭ проходит на участке текучести диаграммы при котором нормальные напряжения текучести материала ТЭ есть величина постоянная в широком диапазоне перемещений штока.

Для расчетов используются упрощенные диаграммы деформирования материалов. Во избежание разрушения заход на участок диаграммы MS следует избегать.

При выводе формулы для определения рабочего усилия на элемент приняты следующие допущения:

- диаграммы растяжения-сжатия приняты для идеального пластического материала (стали 08,10,15) [1];
- распределение деформаций в радиальном направлении расчетного сечения тора подчиняется линейному закону ($\varepsilon = \varepsilon_{\text{max}} \frac{r}{R}$);
- пренебрегаем упругими деформациями при переходе волокон материала из зоны растяжения в зону сжатия и наоборот;
- не учитывается эффект Баушингера;
- не учитываются потери на трение (отсутствует проскальзывание между рабочими поверхностями штока, тора и корпуса).

Установим соотношения между основными параметрами тора и максимально допустимым относительным удлинением (укорочением).

Максимальное относительное укорочение волокна при прохождении из положения 0 в положение 2:

$$\varepsilon_{p \max} = \frac{2\pi(R+r) - 2\pi(R-r)}{2\pi(R-r)} = \frac{2r}{R-r} = \frac{2}{n-1};$$

$$\varepsilon_{p \max} = \frac{2}{n-1}, \quad (1)$$

$$n = \frac{R}{r}, \text{ при } n = 10;$$

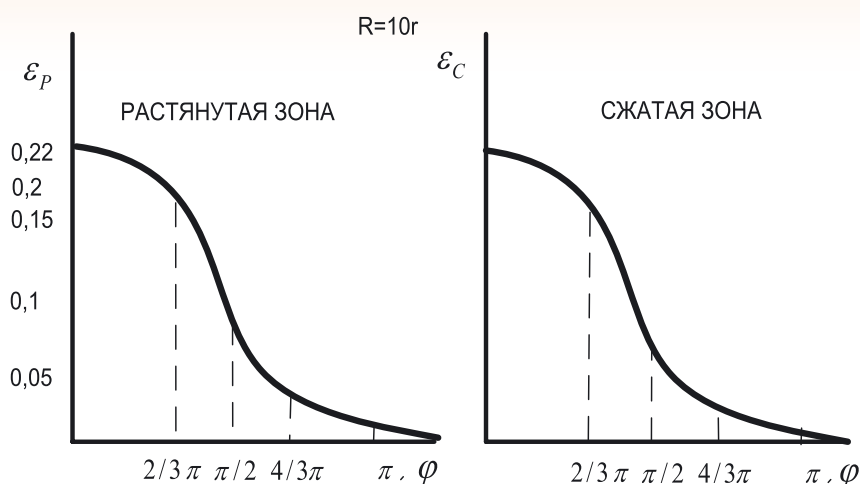


Рис. 5. Зависимость деформаций растянутой и сжатой зон торового элемента от угла его поворота

$$\varepsilon_{pi \dot{a}\dot{o}} = \frac{2}{9} = 0,222; \quad n = 15; \quad \varepsilon_{pi \dot{a}\dot{o}} = 0,143.$$

Максимальное относительное укорочение волокна при прохождении из положения 2 в положение 4 или 0:

$$\varepsilon_{n \max} = \frac{2\pi(R+r) - 2\pi(R-r)}{2\pi(R+r)} = \frac{2r}{R+r} = \frac{2}{n+1};$$

$$\varepsilon_{c \max} = \frac{2}{n+1}. \quad (2)$$

При $n=10$; $\varepsilon_{c \max} = 2/11 = 0,182$, при $n=15$; $\varepsilon_{c \max} = 0,125$.

Анализ полученных зависимостей и учет геометрических размеров показывает на то, что рекомендуемое отношение $n=R/r=10 \dots 15$.

При величине $n < 10$ получаем недопустимую деформацию, а при $n > 15$ значительно увеличиваются габариты амортизатора.

Для произвольного первоначального положения в зоне растяжения относительной деформации:

$$\varepsilon_p = \frac{2\pi(R+r) - 2\pi(R-r \cos \varphi)}{2\pi(R-r \cos \varphi)} = \frac{r(1 + \cos \varphi)}{r(n - \cos \varphi)};$$

$$\varepsilon_p = \frac{1 + \cos \varphi}{n - \cos \varphi}. \quad (3)$$

Деформация в зоне сжатия определяются соотношением:

$$\varepsilon_c = \frac{2\pi(R+r \cos \varphi) - 2\pi(R-r)}{2\pi(R+r \cos \varphi)} = \frac{1 + \cos \varphi}{n + \cos \varphi};$$

$$\varepsilon_c = \frac{1 + \cos \varphi}{n + \cos \varphi}. \quad (4)$$

Обобщая формулы (3) и (4), получаем

$$\varepsilon_{\frac{p}{c}} = \frac{1 + \cos \varphi}{n \mp \cos \varphi}, \quad (5)$$

где знак « \mp » относится к растянутой зоне, а « \mp » – к сжатой.

На **рисунке 6** приведена зависимость для растянутой и сжатой зон при

$$n = \frac{R}{r} = 10$$

С учетом принятых допущений и полученной формулы (5) значение относительной деформации одновременно для растянутой и сжатой зон $\varepsilon_{cp} = 0,1$.

Удельная энергия пластической деформации при среднем значении относительного удлинения (укорочения) для обеих зон и линейном законе распределения деформаций

$$U = \sigma_T \varepsilon_{cp}. \quad (6)$$

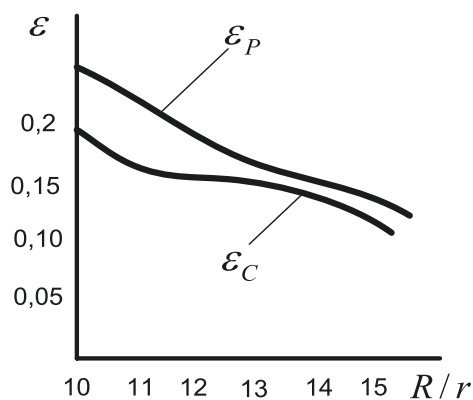


Рис. 6. Зависимость ε_p и ε_c от R/r

Энергия пластической деформации всего тора

$$U = uV = \sigma_T \varepsilon_{cp} 2\pi^2 r^2 R. \quad (7)$$

Работа A силы деформирования F за один оборот тора

$$\dot{A} = F2\pi r.$$

Приравняем энергию U пластической деформации торового элемента к работе A внешней силы F

$$A = U; \quad \sigma_T \varepsilon_{cp} 2\pi^2 r^2 R = F2\pi r.$$

Таким образом, предельное значение внешней силы F может быть определено по зависимости

$$F = 2\pi R \sigma_T \varepsilon_{cp}. \quad (8)$$

Зависимость максимальных относительных удлинений ε_p и относительных укорочений ε_c в зависимости от отношения $n = R/r = 10...15$ приведена на *рисунке 6*.

Из геометрических соображений (см. *рисунок 2*) радиус r_T тора может быть определен по зависимости

$$r_T = r \frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_{\max}}.$$

Проведенные расчеты показывают, что зона упругих деформаций в ТЭ весьма мала и ею можно вполне пренебречь. Описанная методика подлежит уточнению путем проведения испытаний амортизатора.

При проектировании амортизатора, после определения значения внешней силы, задают количество торовых амортизаторов, в частности, для сидения водителя оно равно четырем (числу опор), а также накладываются ограничения на массу и габариты амортизатора. Зная физико-механические характеристики применяемого в торовом элементе материала по вышеприведенной методике определяют основные геометрические и массовые характеристики торового амортизатора.

Необходимо отметить, что внешняя сила F на штоке амортизатора определяется из условий прочности и максимально допустимых перегрузок, получаемых на основе динамических расчетов о поведении объектов ВВТ при воздействии поражающих факторов. Для личного состава внешняя сила F , например, под сиденьем водителя, определяется из условий недопустимости травм, переломов, контузий, базирующихся на основе экспериментальных статистических данных и фундаментальных научных исследований в данном направлении [2].

Литература

1. Феодосьев В.И. Сопrotивление материалов. М.: НАУКА, 1986. 512 с.
2. Вибрации в технике. Защита от вибрации и ударов. Т. 6. Под ред. Фролова К.В. М.: Машиностроение, 1981. 456 с.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И РОБОТОТЕХНИКА

УДК 623

БАЗОВАЯ УНИВЕРСАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ВВСТ: КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ИДЕИ

Игорь Александрович Бугаков

заслуженный изобретатель РФ
доктор технических наук, профессор

Вице-президент МОУ «ИИФ»
ректор НОУ ВПО «Институт информационных
технологий и управления»

Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(916)641-45-89
E-mail: bia11@mail.ru

Алексей Николаевич Царьков

заслуженный деятель науки РФ
доктор технических наук, профессор

Президент Института –
Председатель Правления Института
МОУ «ИИФ»

Адрес: 142210, Московская область, г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7 (4967) 35-31-93
E-mail: iifrfinfo@gmail.com

В статье предложен путь создания универсальной технологии интеллектуализации ВВСТ, основанный на бионическом подходе с упором на один из основополагающих принципов природы – принцип минимальности. Ориентация на минимизацию основных природных ресурсов: энергии, пространства, времени при выполнении основных и вспомогательных задач, возложенных на ВВСТ, и единство принципов построения, функционирования и развития всех интеллектуальных средств и систем – стратегический путь создание эффективной интеллектуальной робототехники военного и специального назначения.

This paper proposes a way to create a universal technology intellectualization AMSE based on bionic approach, focusing on one of the fundamental principles of nature – the principle of minimum. Orientation to minimize the main natural resources: energy, space, time in basic and of an auxiliary tasks entrusted to weapons, military and special equipment, and unity of principles of construction, functioning and development of intelligent tools and systems – a strategic way to create an effective intellectual robotics military and special destination.

Ключевые слова: интеллектуализация, вооружение, бионика, технология, робототехника, автономность, принцип минимальности, рефлекс, мозг, предвидение, обучение, опыт, интеллект, сознание.

Key words: intellectualization, armament, bionics, technology, robotics, autonomy, the principle of minimum, reflex, brain, foresight, training, experience, intelligence, consciousness.

Ключевым направлением развития вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) является интеллектуализация – придание техническим устройствам способности выполнять присущие живым существам те или иные интеллектуальные функции, связанные с самостоятельным принятием эффективных решений в условиях неопределенности и их реализацией (при наличии такой возможности и необходимости) в виде того или иного целесообразного поведения¹. В современной войне выигрывает

¹ Это касается не только ВВСТ, но и любой другой техники, что связано с ускоряющимся ростом знаний

тот, кто быстрее и качественнее других способен получить необходимую информацию, обработать ее, принять оптимальное решение и реализовать его².

Интеллектуализация непосредственно связана с повышением качества и эффективности ВВСТ. К основным показателям качества ВВСТ следует отнести триаду условно ортогональных базисных качеств PVS, где P (precision) – точность процессов в нервной системе живого, прежде всего в мозге (21 век – век наук о мозге).

² Так называемый цикл OODA (НОРД): observe (наблюдай), orient (ориентируйся), decide (решай), act (действуй) – цикл Д. Бойда [1]

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И РОБОТОТЕХНИКА

ность (в широком смысле как способность выполнить свою задачу с заданными параметрами в нормальных условиях функционирования), V (vitality) – живучесть как способность выполнить задачу с постепенно (но не катастрофически) ухудшающимися показателями качества в экстремальных условиях функционирования, S (safety) – безопасность как способность исключить несанкционированное использование ВВСТ против (в том или ином смысле) его владельца. При этом накладывается ограничение на стоимость (C, cost) достижения заданных значений PVS. В любой момент времени своего существования объект характеризуется данной триадой качества, разные требования к значениям составляющих которой на различных этапах жизни позволяют правильно перераспределять имеющиеся ресурсы, не выходя за допустимую границу их расходования.

Особенно важна интеллектуализация применительно к робототехническим средствам и комплексам (РТСК), поскольку она обеспечивает:

- автономность поведения РТСК (как следствие – устранение основных недостатков дистанционного управления: ограниченности радиуса действия, зависимости от помеховой обстановки, проявления демаскирующих свойств канала связи, полной зависимости от «человеческого фактора»³, недостаточно высоким качеством виртуальной реальности, в которой находится оператор) и, как результат, максимальное приближение к потенциально возможным показателям качества⁴;

- большую обоснованность принимаемых решений (вследствие способности более полной и качественной обработки информации в условиях дефицита времени);

- высокую оперативность реагирования за счет более быстрого получения информации и работы на соответствующих конкретной ситуации оптимальных рефлексах и автоматизмах при использовании соответствующего уровня интеллекта робота;

- усложнение выполняемых РТСК функций;

- системную интеграцию сил и средств (объединение в единое целое средств разведки, радио-

электронной борьбы, навигации, ударно-огневых средств, управления в целом)⁵.

Учитывая некоторое отставание отечественной робототехники от зарубежных аналогов, интеллектуализацию следует рассматривать как основу асимметричного ответа страны на возможные военные угрозы.

В качестве иллюстрации можно указать на некоторые известные примеры и тенденции, имеющие отношение к перспективным системам военного применения:

- проекты DARPA (нейроинтерфейсы для управления мыслью поведением техники, беспилотники с высокими возможностями маневрирования среди препятствий, самообучающиеся дроны, самоуклоняющиеся от снарядов боевые машины, самоуправляемые пули, перчатки для лазания человека по гладким вертикальным стенам, очки дополненной реальности для солдат, усовершенствованные автопилоты для самолетов, групповое использование дронов, компьютерный неокортекс, системы автоматического прогнозирования действий, создание отдела для разработки биотехнологий и др. [2];

- проекты IARPA⁶ (Intelligence Advanced Research Projects Activity) – Агентства по перспективным исследованиям при Директоре национальной разведки США (создано около 10 лет назад). Некоторые проекты: IKARUS – самостоятельное машинное понимание и выявление смысла в условиях неполных, зашумленных и неопределенных данных; KRNS – нейроанализ разведданных; FUSE – выявление тенденций научных разработок на основе понимания и анализа научных текстов; BABEL – программа распознавания речи на любом языке мира; Metaphor Program – анализ метафорических выражений и мировоззрения представителей различных культур и субкультур; OSI – автоматизированная система непрерывного анализа доступных данных (кризисы, массовые беспорядки, эпидемии, массовая миграция и др. с целью предсказания);

- концентрация передовых разработок в компании Google, в частности приобретение в 2013 году одного из ведущих американских разработчиков роботов, компанию Boston Dynamics (робот-кошка WildCat и Cheetah, робот-собака Big Dog, гуманоид Petman, андроид Atlas, другие ме-

³ От уровня подготовки и психофизического состояния оператора, от невозможности максимально быстро реагирования на изменение обстановки в связи с пространственным разделением «головы» и «тела» (даже при управлении роботом «силой» мысли оператора).

⁴ Перспективность автономного поведения не отменяет сохранения и развитие дистанционно-управляемых роботов там, где это оправданно.

⁵ Т.е. речь идет о создании системы систем, например, для реализации современного перспективного «волнового» сценария ведения боевых операций с помощью беспилотной авиации: первая волна – разведка, вторая – радиоэлектронное подавление, третья – ударно-штормовое воздействие.

⁶ <http://www.iarpa.gov/>

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И РОБОТОТЕХНИКА

ханизмы, разработанных по заказу Пентагона), а в апреле 2014 года – британского стартапа DeerpMind (построение универсальных машинных алгоритмов обучения, включая самообучение, «глядя на экран монитора»);

- проект MADCAT (BBN Technologies) – военная система быстрого машинного перевода на английский с других языков (записки, надписи на стенах и др.)⁷;

- создание роботов с «солдатским интеллектом» – реальных помощников бойцов на поле боя, способных понимать и выполнять отдельные команды и выполняющих различные функции⁸.

Особое значение для создания перспективной робототехники имеет бионика, бионический подход – использование удачных природных решений как прообразов при конструировании техники. Основанием для такой целесообразности является, во-первых, уверенность в том, что природа за миллионы лет эволюции жизни не могла не создать оптимальные для своих условий существования структуры живого, полностью отвечающие требованиям точности, живучести и самобезопасности и, во-вторых, наличие подтверждающих эту идею многочисленных примеров из реальности, тиражируемость удачных природных решений во многих образцах жизни. А раз так, то можно положиться на природу, попытавшись понять и воспроизвести ее лучшие решения для использования в аналогичных природным условиям⁹.

В качестве доказательства приоритета природы на многие «изобретения» человека можно сослаться на идею эхолокации (летучие мыши), достижения гидродинамики (несмачиваемость и упруго-эластичная структура кожи дельфинов и китов исключает завихрения, что обеспечивает повышение скорости движения почти на четверть), борьбу с флаттером (наличие утолщений на концах крыльев самолета, аналогичных таким же птеростигмам стрекозы), реактивное движение (кальмары, каракатицы, осьминоги), самозатачивающиеся ножи (клыки у крыс и других грызунов), терминальное наведение (броса-

ние, например, камня человеком в цель как автоматический просчет попадающей траектории), аддитивные технологии (самосборка природных объектов без отходов, послойное наращивание как норма), самоочищающуюся краску (листья лотоса имеют особую структуру поверхности, благодаря которой загрязнения не могут закрепиться на ней), добычу воды из тумана (намибийский жук) и из воздуха (мокрица), движение по вертикальным поверхностям (геккон, на лапках у которого есть волоски с расщепляемыми кончиками, что обеспечивает межмолекулярное притяжение), махолета (возможности стрекозы висеть, двигаться во всех направлениях), гальваническую развязку (нейроны и синапсы), фасеточного зрения (глаз мухи, обладающий широким полем зрения и, как следствие, практически мгновенным определением скорости внешнего объекта¹⁰), вибрационного гироскопа (жужжальца мух), слоистые конструкции (чередование жестких и мягких слоев в ракушках глубоководных моллюсков) другие известные технические решения: «молнии» (репейник), «липучки» (перья птиц), высотные здания (аналогия со стеблями злаковых), оптоволокно (глубоководные губки), Эйфелеву башню (аналогия с берцовой костью) и др.¹¹

Есть ли чисто человеческие изобретения, связанные с созданием того, чего нет в природе? Да (прежде всего это те или иные материалы), однако это не потому, что природа «отстала» от человека, а потому, что ей это не нужно и она обходится иным, зачастую более правильным (и пока неизвестным) вариантом, экономя природные ресурсы и не загрязняя среду обитания (см. далее принцип минимальности).

Сложности и недостатки современного этапа интеллектуализации ВВСТ:

1. Недостаточно полное (для системного воспроизводства в технике) понимание принципов и механизмов психической (интеллектуальной) деятельности вследствие необычайной сложно-

⁷ http://zoom.cnews.ru/rnd/news/top/osmyslennyj_perevod_ot_gale_k_madcat

⁸ Лаборатория HRED (Human Research & Engineering) – подразделение Научно-исследовательской лаборатории Армии США (U.S. Army Research Laboratory) совместно с университетом Тоусона (работа ведется с 2004 год), <http://news-everyday.com/n/nauchno-issledovatel'skoj-laboratorii-armii-ssha/e> при управлении роботом «силой» мысли оператора.

⁹ Что мы и делаем, зачастую, как оказывается, изобретая велосипед, поскольку большинству наших изобретений есть природные прообразы и аналоги.

¹⁰ Что делает его незаменимым в условиях высокой динамики современного боя, там, где требуется, прежде всего, быстрота реакции.

¹¹ Даже такое известное изобретение человечества как колесо можно рассматривать (Корнев Г.В.) как упрощенный вариант ног человека (две спицы переменной длины, позволяющие идти и по ровной, и по пересеченной местности и при этом максимально экономных). Конечно, за такую универсальность и экономность приходится платить уменьшением скорости, сложностью конструкции и управления. Однако интерес к стопроцентному из-за его уникальных возможностей привлекает все большее количество разработчиков робототехники.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И РОБОТОТЕХНИКА

сти мозга: огромного количества клеток¹², закрытости подсознания, где происходит основная обработка информации, принципиальной невозможности полного познания мозгом мозга, наличие многих других «белых пятен»¹³.

2. Разобщенность и недостаточность обмена информацией представителей фундаментальной и прикладной науки, естественнонаучных, технических и гуманитарных направлений. Отсутствие регулярного обобщения междисциплинарных знаний.

3. Дублирование и ограниченность отдельных попыток практически воспроизвести некоторые интеллектуальные функции, слабая опора при их разработке на эффективные природные прообразы. Отсутствие необходимой «элементной базы».

К сожалению, сегодня, несмотря на существенное увеличение эмпирических данных и попыток их осмысления, как и почти полвека назад актуальными являются слова П.К. Анохина: «Несмотря на важность проблемы интеллекта, переход от изучения фундаментальных проблем мозговой деятельности на уровне интеллекта к использованию результатов исследований в технической кибернетике пока еще наталкивается на серьезные препятствия: отсутствует достаточно полная модель искусственного интеллекта, соответствующая современным представлениям о деятельности мозга в естественных условиях»¹⁴ [4]. Предложенная П.К. Анохиным обобщенная модель функциональной системы и сегодня является основой для разработчиков ИИ, поскольку в ней объединены и с ней связаны все основные идеи целесообразного поведения: афферентный синтез как объединение мотивации, памяти, обстановочной и пусковой афферентации, системообразующая роль цели, превращающей взаимодействие элементов системы в их «взаимоСОдействие» достижению общей цели, обратная связь, опережающее отражение, одинаковость функциональной архитектуры всех

¹² Так, у человека мозг содержит около 86 млрд нейронов, каждый из которых способен создавать до 10 000 связей с другими нейронами [3].

¹³ Чего мы не знаем о мозге: как формируются генетические программы, что и как управляет формообразованием, что есть мозговой код (мысль), как отдельные ощущения соединяются с формированием единого образа, каковы механизмы хранения и воспроизводства информации, природа (биологические основы) сознания, как в результате работы нервной системы возникает субъективное восприятие и самосознание и др.

¹⁴ Анохин П.К. Философский смысл проблемы естественного и искусственного интеллекта. В кн. [4], С. 107-124.

целесообразных систем, иерархичность как вложенность форм со своими частными, но подчиненными глобальной, целями и др.¹⁵.

Наблюдая за природой, нельзя не задаться вопросом: «Какие технологические идеи объединяют все природные конструкции? Есть ли некие общие природные принципы построения, функционирования и развития природных систем, знание которых позволит человеку понять «стратегию» и «тактику» природы и полезно ее использовать при создании искусственных объектов. Вероятнее всего, эти принципы должны быть достаточно просты, почти очевидны»¹⁶.

К одному из таких принципов следует отнести принцип минимальности (ПМ) [5]. В его основе лежит предположение, что природа – великий эконом и в процессе эволюции она оставляет только те структуры и функции, сохранение и реализация которых требует минимального расхода природных ресурсов¹⁷.

Основания для поиска единых природных принципов и законов:

- наблюдаемое единство и целостность природы;
- единый химический состав;
- похожесть геномов всего живого, повторение в живом общих структур;
- справедливость математических моделей для описания разных процессов;
- интуитивная уверенность в существовании и простоте основных принципов мироздания¹⁸.

Принцип минимальности: «Все, что происходит в природе, направлено на минимизацию затрат природных ресурсов: энергии E , пространства V , времени T » [5].

К тому или иному варианту этой идеи обращались многие исследователи. Еще, как считают, Аристотель говорил: «Природа ничего не делает напрасно и во всех своих прояв-

¹⁵ Заметим, что так называемый «цикл Бойда», о котором шла речь в начале статьи, полностью соответствует теории функциональной системы и, по сути, подробно в ней описан.

¹⁶ Потом, когда их объяснят.

¹⁷ Действительно ли природа создает все идеальным и наилучшим для заданных условий функционирования? Как тенденция эволюции – да. Как отдельные решения – вероятнее всего, что нет. Возможно, что в природе много клуджей («Так уж случилось», Маркус [7]). Их сосуществование рядом с оптимальными конструкциями есть следствие диапазонности всего. Они вписываются в условия, потому выживают.

¹⁸ К различным вариациям этой идеи обращались многие известные в истории человечества люди: «Простота – наивысшая изысканность» (Леонардо да Винчи), «Природа довольствуется простотой» (Исаак Ньютон) и др.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И РОБОТОТЕХНИКА

лениях избирает кратчайший или легчайший путь». Наиболее близким частным вариантом ПМ является принцип наименьшего действия (ПНД), происхождение которого связывают с П. Мопертюи, который в 1746 году изложил его в следующей общей версии: «Когда в природе происходит некоторое изменение, количество действие, необходимое для этого изменения, является наименьшим возможным. Количество действия есть произведение массы тел на их скорость и на расстояние, которое они пробегают» [7]. Мопертюи рассматривал этот принцип в качестве универсального принципа, на котором основываются все законы. Эйлер представил более общий случай, показав, что тело движется по траектории, обеспечивающей минимум интеграла от массы и скорости тела по пройденному им расстоянию. Далее этот принцип стал известен как принцип Гамильтона, предложившего наиболее общий вариант его формализации, в рамках которой случай Мопертюи-Эйлера представляет собой «укороченное действие», и стал широко использоваться в классической физике, постулируя, что физическая система всегда следует траектории с наименьшим действием [6].

Отметим, что, несмотря на заявление Мопертюи об универсальности ПНД, он до сих пор рассматривается только как принцип, описывающий механическое движение тел, причем действие – мера этого движения. ПМ же применим не только к физическим, но к любым системам и потому речь в нем идет не только о механическом движении, связывающим массу m , скорость V и расстояние S , но и о любом движении материи, связанном с затратой природных ресурсов: энергии, пространства, времени¹⁹. Кроме того, расширение области приложения (справедливость не только для неживой, но и для живой природы) делает ПМ менее строгим: если ПНД для механики играет роль закона, то ПМ для всей реальности носит характер закономерности, тенденции.

Далее приведены обобщенные идеи и выводы, принципы-следствия, многие из которых непосредственно связаны с ПМ, иллюстрируют его и вытекают из него и могут быть полезны (надеюсь) разработчикам интеллектуальной робототехники [3-5, 7-29].

1. Пороговость реагирования (взаимодействия). Как следствие: сохранение (принцип инерции в разных областях), диапазонность существования и проявления свойств объектов, скачкообразный переход в новое качество.

¹⁹ Как показано в [4], в частном случае механического движения E , V , T легко приводятся к m , V , S .

2. Самоорганизация как природный «автоматизм».

3. Онтогенез: генетика + окружающая среда. Есть врожденные генетически заданные программы, раскрытие которых происходит только при наличии внешних условий. Эти программы устанавливают связи между конкретными нейронами, но сила этих связей зависит от опыта.

4. Стирание генетических программ при долгой их невостребованности.

5. Соответствие структур выполняемым ими функциям, развитие структур по мере появления новых функций (соответствие мозга телу, развитие частей мозга при развитии частей тела).

6. Интеллект – способность живого организма принимать эффективные решения и обеспечивать реализацию сложного поведения в условиях неопределенности. Он предназначен для (порождения алгоритмов) решения сложных задач. Интеллект – «сверхалгоритм» по порождению алгоритмов.

7. Основа интеллекта – индивидуальный опыт, формируемый в процессе обучения, под влиянием генетики, целей, внешней среды.

8. Взаимобусловленность интеллекта и тела: интеллект управляет телом, но развивается (в процессе своего становления) только через тело (посредством деятельности) и во имя тела²⁰. Как следствие, во-первых, обязательность взаимного соответствия уровней развития интеллекта и тела и, во-вторых, сложность (невозможность) понять интеллект без понимания тела.

9. Размер мозга зависит от того, что умеет тело. Степень представленности части тела в мозге зависит от интенсивности и сложности использования этой части тела. Самые чувствительные поверхности тела представлены наиболее обширными участками коры.

10. Иерархическое строение коры головного мозга чем «выше», тем на более сложные объекты реагируют нейроны.

11. Минимальная достаточность органов чувств, их чувствительности и динамического диапазона.

12. Динамическое восприятие внешнего мира (принцип новизны сигнала, принцип приоритета крутизны сигнала).

13. Неосознаваемая обработка большей части сенсорной информации.

14. Мозг воспринимает внешний мир целост-

²⁰ Реабилитация после инсульта, например, движение парализованной конечности через экзоскелет гораздо быстрее восстанавливает отвечающую за нее часть мозга.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И РОБОТОТЕХНИКА

но, синергетически объединяя информацию всех сенсорных систем с учетом цели и предшествующего опыта восприятия. Любое восприятие есть продукт индивидуального развития и жизненного опыта, формируемый в тех или иных рамках научения.

15. Представления и воображения вызывают в мозгу такую же активность, какую вызывают реальные действия.

16. Любое взаимодействие организма с новой ситуацией есть когнитивный акт. Жизнь – это познание и интеграция в существующее.

17. Любую последовательность действий мозг связывает между собой, запоминает и если она повторяется в той или иной ситуации, то формируется рефлекс.

18. Значительная часть входной информации обрабатывается на бессознательном уровне. Сознание «видит» не реальность, а образы, создаваемые, в основном, подсознанием с учетом опыта на основе более ранней информации и цели восприятия.

19. Предвидение как основа принятия решения и поведения.

20. Целостность восприятия как интеграция всей входной информации с учетом опыта и актуальности. Зрительная система всегда работает как интегратор и преобразователь сигналов всех модальностей.

21. Модульное (блочное) построение и глубокая специализация частей мозга, генов и нейронов. Есть часть мозга, включающая сознание (клаустрем). Есть гены, включающие и выключающие чувство холода или болевые ощущения, нейроны, реагирующие на конкретные формы или направления, признаки речи, отдельного человека.

22. Рефлекторность (по большей части) деятельности. Особая роль автоматизмов, алгоритмов.

23. Однородность и пластичность мозга.

24. Одновременность использования одних и тех нейронов в разных функциональных структурах.

25. Сохранение топологии сенсорной картины при ее «проецировании» в мозг.

26. Многократный повтор действия происходит под все меньшим контролем сознания. Сознание – инструмент формирования долговременной памяти, инструмент перевода эксплицитной (сознательной, декларативной) памяти в имплицитную (бессознательную, процедурную), способ и инструмент формирования

рефлексов и автоматизмов, «сверхрефлекс» по порождению рефлексов²¹.

27. Параллельность и распределенность обработки информации.

28. Базисность структурных элементов и выполняемых функций.

29. Особая роль идеи полярности, градиентов, инвариантов, ортогональности, обобщенного ряда и закона Фурье, работа в приращениях (дельта-подход).

Использование указанных обобщений и выводов может быть положено в основу разработки единой универсальной (базовой) технологии интеллектуализации (УТИ) робототехнических средств и комплексов (РТСК). УТИ РТСК – основанная на едином подходе, принципах и этапах (операциях) технология формирования и развития индивидуального и группового интеллекта, единая для интеллектуализации всех искусственных объектов, одновременно (локально или глобально) функционирующих с общей целью. Создание УТИ, на наш взгляд, должно стать целью перспективного проекта, в котором на основе системного подхода с опорой на междисциплинарные знания, принципы и законы поведения в нормальных и экстремальных условиях функционирования ставится задача по разработке универсальной технологии придания РТСК военного и вспомогательного назначения (ВВН) интеллекта различного исходного уровня с последующим его развитием в виртуальных и реальных средах для выполнения индивидуальных и коллективных (групповых) задач с высокими показателями качества (точность выполнения функций в нормальных условиях, живучесть в экстремальных условиях, безопасность эксплуатации).

Что можно ждать на выходе от такого проекта?

1. Концептуальное описание «технологии природы» по построению, обеспечению функционирования и развитию природных объектов неживой и живой природы (формулирование и описание природных принципов, законов, инвариантов и др.) в качестве прообраза для создания универсальной технологии системной интеграции и интеллектуализации робототехники.

2. Концептуальные основы построения унифицированных базисных элементов, узлов и систем, их интеграции в боевые и вспомогатель-

²¹ Сознание – «прожектор», работающий здесь и сейчас, под контролем которого формируются те или иные (как двигательные, так и мыслительные) полезные рефлексы (автоматизмы), постоянно пополняющие расположенную в подсознании базу рефлексов (автоматизмов), задействование которых осуществляется рефлекторно посредством ассоциативных связей.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И РОБОТОТЕХНИКА

ные РТСК с учетом современного состояния и перспектив развития робототехники и технологий ведения вооруженной борьбы.

Унифицируемые системы:

- сенсорная система (восприятие внешней среды: датчики зрения, слуха, радиации, расстояния, электромагнитной обстановки, прикосновения, температуры, химического и биологического состава и др.);

- моторная система (перемещение в пространстве и действия с внешними объектами: платформа-носитель (скелет), движитель, источник энергии, органы перемещения, захваты-манипуляторы);

- нервная система (системы управления) и формируемого на ее основе потенциального интеллекта (размер нейронной сети, исходная генетика, память, генетические программы развития во взаимодействии с внешней средой, «прививки», способность к анализу и обобщениям и др.);

- коммуникативная система (язык, способы общения между собой и с центром в нормальных и экстремальных ситуациях, защита информации и др.);

- дополнительные системы. Предложения по самоорганизации и самосборке РТСК.

3. Методологию и непосредственно саму универсальную технологию интеллектуализации боевых и вспомогательных РТСК для реализации желаемого индивидуального и коллективного поведения. Определение и содержание базисных уровней интеллекта. Технологии обучения.

4. Примеры типовых структур роботов различного назначения, «линеек» (типорядов) интеллектуальных РТСК ВВН, предложения по их унификации и стандартизации. Предложения по техническому облику отдельных базисных робототехнических элементов, узлов и систем (комплексов), алгоритмам их индивидуального и коллективного интеллектуального поведения.

5. Программные продукты и макетные образцы, научно-технические предложения по отдельным системам²².

²² Например, виртуальная среда для обучения интеллектуальных агентов и моделирования эволюции их когнитивных функций при реализации индивидуального и коллективного поведения. Или распределенный интеллектуальный робототехнический комплекс мониторинга и разведки как совокупность самоорганизующихся в сеть подвижных и неподвижных сенсоров, доставляемых к месту применения дистанционно управляемыми средствами по земле или по воздуху и использующих технологии построения беспроводных сенсорных сетей, формирования распределенного интеллекта, интеллектуального анализа данных для решения задач мониторинга, разведки, распознавания ситуаций и др.

Для разработки такой технологии нужны специалисты разных направлений, нужен междисциплинарный подход.

Литература

1. Ивлев А.А. Основы теории Джона Бойда. Принципы, применение и реализация. <http://www.milresource.ru/Boyd.html/>

2. Новости высоких технологий. ДАРПА. <http://hi-news.ru/tag/darpa/page/2>

3. Анохин К.В. Коды Вавилонской библиотеки мозга // В мире науки, 2013. № 5, С. 83-89.

4. Анохин П. К. Философские аспекты теории функциональной системы. М.: 1978. 1978.

5. Бугаков И.А. Принцип минимальности и деятельность мозга // В книге «150 лет «Рефлексам головного мозга». Сборник научных трудов юбилейного симпозиума, посвященного изданию статьи И.М. Сеченова «Рефлексы головного мозга». М.: ИИнтелЛ, 2014. С. 291-316.

6. Мопертюи П.А. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Мопертюи>

7. Маркус Г. Несовершенный человек: Случайность эволюции мозга и ее последствия / Пер. с англ. М.: Альпина нон фикшн, 2011. 255 с.

8. Бугаков И.А. Информация: появление, существование, восприятие // Датчики и системы, 2001. № 2. С. 41-47; 2001. №3. С. 61-68.

9. Матурана У., Варело Ф. Дерево познания. Биологические корни человеческого понимания // Пер. с англ. Ю.А. Данилова. М.: Прогресс-Традиция, 2001. 224 с.

10. Бугаков И.А. Информационно-синергетический подход к сознанию как основа для создания искусственного интеллекта / В книге «Новое в искусственном интеллекте. Методологические и теоретические вопросы». Под ред. Д.И. Дубровского и В.А. Лекторского. М.: ИИнтелЛ, 2005. С. 36-39.

11. Бугаков И.А. Метод динамических измерений параметров экстремальных воздействий // Датчики и Системы, 2001. № 10. С. 6-10.

12. Бугаков И.А. Обобщенный ряд Фурье как универсальный образ действия // Сборник трудов XXV Межрегиональной научно-технической конференции «Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем». Часть 2. Серпухов, 2006. С. 261-267.

13. Бугаков И.А. Понятие и сущность живучести сложных технических систем // Тематический научно-технический сборник. Часть 1. Серпухов: СВИ РВ, 2000. С.45-47.

14. Бугаков И.А. Система принципов построения сложных технических систем и их элементов, подвергающихся экстремальным воздействиям в процессе функционирования, на основе антропологического подхода // Датчики и Системы, 2000. №10. С. 67-71.

15. Бугаков И.А. Системный подход как методология научного познания // Известия Института инженерной физики, 2008. №3(9). С. 80-85.

16. Хокинс Д., Блексли С. Об интеллекте: Пер. с англ. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. 240 с.

17. Проблема сознания в философии и науке // Под ред. проф. Д.И. Дубровского. М.: «Канон +» РООИ «Реабилитация», 2009. 472 с.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И РОБОТОТЕХНИКА

18. Бугаков И.А., Царьков А.Н. Устойчивое развитие и управление целостностью: принципы обеспечения и механизмы реализации // Известия Института инженерной физики, 2012. №4(26). С.79-88.
19. Бугаков И.А., Царьков А.Н. Система управления устойчивым развитием: концептуальные идеи // Известия Института инженерной физики, 2013. №4(30). С. 79-88.
20. Кандель Э. В поисках памяти: Возникновение новой науки о человеческой психике. Пер. с англ. П.Петрова. М.: Астрель: CORPUS, 2012. 736 с.
21. Чалмерс Д. Сознательный ум: В поисках фундаментальной теории. Пер. с англ. М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРИКОМ», 2013. 512 с.
22. Хакен Г. Принципы работы головного мозга: Синергетический подход к активности мозга, поведению и когнитивной деятельности. М.: ПЕР СЭ, 2001. 351 с.
23. Бейтсон Г., Бейтсон М. К. Ангелы страшатся: К эпистемологии священного. М. Технологическая школа бизнеса, 1992.
24. Хоштадтер Д., Деннет Д. Глаз разума. Самара: Изд. дом «Бахрах-М», 2003. 432 с.
25. Chomsky N. The minimalist program. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1995.
26. Markram H. Perspectives: The Blue Brain project // Nature Reviews. Neuroscience. 2006. V.7. pp. 155–160.
27. Block N. Comparing the major theories of consciousness // The Cognitive Neurosciences IV. M. Gazzaniga (ed.), MIT Press, 2009. – pp. 1111–1122.
28. Dileep G. How the brain might work: a Hierarchical temporal model for learning and recognition. Ph.D. Thesis. Stanford University. 2008.
29. Gorder P. Computer vision, inspired by the human brain // Computing in Science & Engineering. 2008. Mar/Apr, pp. 6–11.

УДК 006: 378

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СТАНДАРТЫ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕ

Олег Николаевич Андрух

кандидат технических наук, доцент

заместитель генерального директора
по научно-методической работе МОУ «ИИФ»

Адрес: 142210, Московская обл.,

г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а

Тел.: +7(4967)35-31-93

E-mail: oandruh@mail.ru

В статье исследована эволюция национальных профессиональных стандартов, разработаны рекомендации по согласованию требований нормативно-правовых документов, устанавливающих требования к квалификации персонала.

In article evolution of national professional standards is investigated, recommendations about coordination of requirements of the standard and legal documents establishing requirements to qualification of the personnel are developed.

Ключевые слова: знания, квалификация, персонал, профессиональный стандарт, стандартизация, трудовые функции, умения, федеральный государственный образовательный стандарт.

Key words: knowledge, qualification, personnel, professional standard, standardization, labor functions, abilities, federal state educational standard.

Рынок труда РФ характеризуется рядом негативных факторов, таких как низкая квалификация персонала, несоответствие подготовки выпускников профессиональных образовательных учреждений требованиям работодателей, несоответствие структуры специальностей выпускников потребностям предприятий [6].

Одной из причин сложившегося дисбаланса на рынке труда является несовершенная нормативно-правовая база в данной сфере. Очевидно, что такой значимый объект технического регулирования, как персонал [3], требует пристального внимания с точки зрения стандартизации и унификации требований к квалификации. В данной области можно выделить две группы документов:

- нормативно-правовые документы, устанавливающие требования к квалификации с точки зрения работодателей;

- нормативно-правовые документы, устанавливающие требования к квалификации с точки зрения профессионального образовательного сообщества.

Основными нормативно-правовыми документами, устанавливающими требования к квалификации персонала, являются:

- Трудовой кодекс Российской Федерации (ТК РФ);

- подзаконные акты в области квалификации персонала;

- Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и служащих (ЕКСД) и Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих (ЕТКС);

- профессиональные стандарты;

- федеральные государственные образовательные стандарты.

Трудовым кодексом Российской Федерации введено понятие «квалификация работника», под которой понимается «уровень знаний, умений, профессиональных навыков и опыта работника».

В настоящее время основными документами, в которых представлены требования к квалификации работников, являющихся основой для разработки должностных инструкций работников, регулирования трудовых отношений и обеспечения управления персоналом организаций независимо от их форм собственности, являются ЕКСД и ЕТКС.

Так, ЕКСД содержит квалификационные характеристики должностей руководителей, специалистов и служащих, включающие должностные обязанности, требования к знаниям, требования к квалификации. Должностные обязанности

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

представляют собой основные трудовые функции, которые необходимо выполнять работнику. Требования к квалификации определяются уровнем профессиональной подготовки работника, а также требованиями к стажу работы.

С введением в 2010 году федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) третьего поколения предполагалось, что ЕКСД и ЕТКС будут кардинально переработаны с учетом компетентностного подхода, однако этого не произошло. Изменения, принятые в ЕКСД и ЕТКС в 2011-2014 годах, оказались косметическими, касались уточнения должностных обязанностей, но принципиальных изменений не содержали.

Для нашей страны профессиональный стандарт (ПС) – это нормативный документ, который до недавнего времени не находил широкого применения. До 2012 года разработкой профессиональных стандартов занимались общественные организации и бизнес-сообщество, данная деятельность координировалась Российским союзом промышленников и предпринимателей (РСПП). В 2007 году РСПП утвердил «Макет профессионального стандарта», также «Положение о профессиональном стандарте» (Распоряжение Президента РСПП № РП-46 от 28.06.2007), содержащее порядок разработки, экспертизы и введение в действие ПС. Однако темпы разработки профессиональных стандартов были низкими, за пять лет было разработано несколько десятков ПС, их влияние на кадровую политику в национальных масштабах было ничтожным.

Ситуация кардинально изменилась в 2012 году с выходом Указа Президента РФ от 7.05.2012 № 597 [16] и принятием поправок в Трудовой кодекс (ФЗ от 3.12.2012 № 236-ФЗ), которыми были введены понятие «профессиональный стандарт» и полномочия Правительства РФ по установлению порядка разработки и утверждения профессиональных стандартов [11].

Профессиональный стандарт – характеристика квалификации, необходимой работнику для осуществления определенного вида профессиональной деятельности [15]. По состоянию на март 2015 года разработано 300 профессиональных стандартов. Это количество существенно меньше плановых значений, в [16] ставилась задача к 2015 году разработать и утвердить не менее 800 профессиональных стандартов. Однако профессиональным сообществом признается, что отныне альтернативы профстандартам нет [7, 8].

Профессиональные стандарты разрабатываются для следующих целей [11]:

- разработки должностных инструкций, тарификации работ, присвоения тарифных разрядов работникам и установления систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления, применения работодателями при формировании кадровой политики, при организации обучения и аттестации работников;

- применения образовательными организациями профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ;

- разработки в установленном порядке федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования.

То есть с введением в действие профессиональных стандартов они должны заменить такие документы, как ЕКСД и ЕТКС.

Профессиональные стандарты содержат описание следующих категорий [12, 13]:

- вид профессиональной деятельности (совокупность обобщенных трудовых функций, имеющих близкий характер, результаты и условия труда), который формулируется с учетом Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД) и Общероссийского классификатора занятий (ОКЗ);

- обобщенная трудовая функция (совокупность связанных между собой трудовых функций, сложившаяся в результате разделения труда в конкретном производственном или бизнес-процессе). В ПС представлено несколько обобщенных трудовых функций, каждой из которых ставится в соответствие несколько трудовых функций;

- трудовая функция (система трудовых действий в рамках обобщенной трудовой функции). В ПС раскрывается, какие трудовые действия, умения, знания и уровень квалификации необходимы работнику для выполнения трудовой функции;

- трудовое действие (процесс взаимодействия работника с предметом труда, при котором достигается определенная задача);

- уровни квалификации. Градация уровней квалификации определена документом [14], каждый уровень определяется сочетанием требований к таким показателям, как «Полномочия и ответственность», «Характер умений», «Характер знаний», «Основные пути достижения уровня квалификации». Установлено 9 уровней квалификации, например, 1 уровень соответствует профессиональной подготовке на основе краткосрочного обучения или инструктажа, 6 уровень – профессиональной подготовке по образовательным программам бакалавриата, 9 уровень –

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

подготовке по программам аспирантуры (адъюнктуры, ординатуры, ассистентуры).

Современные требования к квалификации выпускников профессиональных образовательных учреждений сформулированы в федеральных государственных образовательных стандартах (ФГОС). Требования к содержанию и результатам освоения профессиональных образовательных программ, представленные в ФГОС, широко обсуждаются [1, 2, 4, 5]. Новый подход к результатам образовательной деятельности, названный компетентностным, был предложен в ФГОС третьего поколения, внедренных в РФ в 2010-2011 годах. Начиная с 2014 года, разрабатываются и внедряются модернизированные ФГОС, основанные на компетентностном подходе, которые условно называют ФГОС 3+. В данных стандартах представлены следующие категории, характеризующие квалификацию персонала:

- уровень квалификации (в соответствии с [17] квалификация – уровень знаний, умений, навыков и компетенции, характеризующий подготовленность к выполнению определенного вида профессиональной деятельности; ФЗ «Об образовании в РФ» устанавливает следующие уровни профессионального образования: среднее профессиональное образование; высшее образование (ВО) – бакалавриат; ВО – специалитет, магистратура; ВО – подготовка кадров высшей квалификации);

- область профессиональной деятельности (совокупность объектов профессиональной деятельности в их научном, социальном, экономическом, производственном проявлении [10]);

- объект профессиональной деятельности – системы, предметы, явления, процессы, на которые направлено воздействие [10];

- виды профессиональной деятельности (методы, способы, приемы, характер воздействия на объект профессиональной деятельности с целью его изменения, преобразования [10]);

- профессиональные задачи по видам профессиональной деятельности;

- компетенции (общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные) – способность применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в определенной области [10].

Как видно из перечисления, категорийный аппарат ФГОС существенно отличается от соответствующего понятийного аппарата ЕКСД, ЕТКС и профессиональных стандартов.

ФГОС третьего поколения включали также требования к знаниям, умениям и навыкам, которые должны были формироваться по итогам изучения дисциплин базовой части учебного

цикла; в отношении каждой базовой дисциплины указывалось, для формирования каких компетенций они предназначены. Однако во ФГОС 3+ информация о формируемых знаниях, умениях и навыках уже не представлена.

Слабая согласованность положений ЕКСД, ЕТКС, профессиональных стандартов и ФГОС с точки зрения идеологии и понятийной базы частично может быть снята в случае последовательного применения «Методических рекомендаций по разработке основных профессиональных образовательных программ и дополнительных профессиональных программ с учетом соответствующих профессиональных стандартов», утвержденных приказом Минобрнауки России от 22.01.2015 № ДЛ-1/05вн.

В данном документе представлены следующие решительные действия.

1) Приведено сопоставление не идентичных, но близких понятий, характеризующих квалификацию персонала по профессиональным стандартам и ФГОС (таблица 1).

Таблица 1
Сопоставление составляющих описания квалификации в ПС и ФГОС

Профессиональный стандарт	ФГОС ВО
Обобщенная трудовая функция или трудовая функция соответствующего уровня квалификации	Виды профессиональной деятельности
Трудовые функции или трудовые действия	Профессиональные задачи, профессиональные компетенции и (или) профессионально-специализированные компетенции
Умения, другие характеристики трудовых функций	Общепрофессиональные компетенции

2) Акцентируется внимание на положениях статьи 73 (части 8) ФЗ «Об образовании в РФ»: «...программы профессионального обучения разрабатываются на основе установленных квалификационных требований (профессиональных стандартов)...».

3) Установлен перечень нормативно-правовых документов, составляющих нормативно-методическую основу разработки образовательных программ с учетом требований профессиональных стандартов, основными документами из перечня являются документы [10-15, 17].

4) Установлен алгоритм разработки основных профессиональных образовательных программ среднего и высшего профессионального образования, дополнительных профессиональных программ с учетом соответствующих профессиональных стандартов.

Однако речь идет лишь о частичном устранении несогласованности требований ЕКСД, ЕТКС, профессиональных стандартов и ФГОС. К сожалению, компетенции, представленные в современных ФГОС, крайне слабо согласованы с перечнем трудовых функций и действий, представленных в профессиональных стандартах. Значит, по-прежнему выпускники профессиональных образовательных учреждений будут учиться не тому, что нужно в сфере производства и оказания услуг.

Для кардинального решения проблемы несогласованности нормативно-правовых документов, устанавливающих требования к квалификации персонала, необходимо:

1) согласовать подходы к идеологии и понятийному аппарату ФГОС и профессиональных стандартов двумя важнейшими министерствами – Министерством образования и науки РФ (отвечающему за национальное профессиональное образование) и Министерством труда и социальной защиты РФ (координирующим разработку профессиональных стандартов);

2) за основу согласования принять опыт международных документов, устанавливающих требования к квалификации персонала;

3) при разработке и утверждении ФГОС согласовывать его положения с Министерством труда и социальной защиты РФ или федеральным органом исполнительной власти, отвечающим за разработку родственного профессионального стандарта;

4) при разработке и утверждении профессионального стандарта согласовывать его положения с Минобрнауки РФ.

Только в случае тесного взаимодействия Минобрнауки РФ с профильными министерствами, устанавливающими требования к квалификации персонала, несогласованность документов, по которым проводится профессиональное обучение и реализуются трудовые функции, может быть ликвидирована.

Таким образом, мы наблюдаем кардинальное изменение роли профессиональных стандартов. С одной стороны, к 2016 году будет разработано достаточное количество ПС для того, чтобы отменить действие Единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих и Единого тарифно-квалификационного справочника работ и профессий

работчих. С другой стороны, существенно усилится роль профессиональных стандартов при формировании содержания и требований к результатам освоения профессиональных образовательных программ, представленных в ФГОС. Высокий статус профессиональных стандартов станет основой стандартизации и унификации требований к квалификации работников, и со стороны работодателей, и со стороны профессионального образовательного сообщества.

Литература

1. Андрух О.Н. О роли нормативных и технических документов в формировании компетентности автомобильных инженеров // Известия МГТУ «МАМИ», 2010. №2(10). С.300-303.
2. Андрух О.Н., Бугаков И.А. Основные направления по согласованию моделей выпускников общеобразовательных учреждений и учреждений высшего профессионального образования // Известия МГТУ «МАМИ», 2014. №3(21). С. 144-147.
3. Андрух О.Н., Сидорова А.С., Чадунели М.К. Объекты технического регулирования // Известия Института инженерной физики, 2014. №2(32). С. 81-84.
4. Андрух О.Н., Темникова С.С. Формирование навыков выпускников технических вузов в условиях рыночной экономики // Материалы Международного научного симпозиума «Автомобилестроение-2009». М.: МГТУ «МАМИ», 2009. С.112-116.
5. Андрух О.Н., Чадунели М.К. Обоснование требований к методическому обеспечению образовательного процесса технических вузов в современных условиях // Материалы I всероссийской научно-практической конференции «Современное непрерывное образование». Серпухов: МОУ «ИИФ», 2011. С. 128-130.
6. Андрух О.Н., Чадунели М.К. Оценка удовлетворенности потребителей услуг в сфере профессионального образования // Известия Института инженерной физики, 2014. №1(31). С. 94-97.
7. Бенмерабет А.С. Профстандарты – фикция или необходимость? // Кадровик.ру, 2015, №1.
8. Зимин В.А. Профессиональные GR-стандарты // Консультант, 2013, №23.
9. Методические рекомендации по разработке основных профессиональных образовательных программ и дополнительных профессиональных программ с учетом соответствующих профессиональных стандартов. Утв. Минобрнауки России 22.01.2015 № ДА-1/05вн.
10. Письмо Минобрнауки РФ от 13.05.2010 № 03-956 «О разработке вузами основных образовательных программ».
11. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 января 2013 г. № 23 «Правила разработки, утверждения и применения профессиональных стандартов».
12. Приказ Минтруда России от 29.04.2013 № 170н «Об утверждении методических рекомендаций по разработке профессионального стандарта».
13. Приказ Минтруда России от 12.04.2013 № 147н (ред. от 29.09.2014) «Об утверждении Макета профессионального стандарта».
14. Приказ Минтруда России от 12.04.2013 № 148н «Об утверждении уровней квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов».
15. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 11.12.2014).
16. Указ Президента РФ от 07.05.2012 № 597 «О мероприятиях по реализации государственной социальной политики».
17. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 23.07.2013) «Об образовании в Российской Федерации».

УДК 504.06+338

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Сергей Васильевич Иванушкин

доктор военных наук, доцент

Первый Вице-президент Института по развитию
МОУ «ИИФ»

Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,

Большой Ударный пер., д. 1а

Тел.: +7(4967)35-31-93

Ольга Юрьевна Чечеватова

кандидат медицинских наук

начальник отдела

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский
центр стандартизации информации и
сертификации сырья, материалов и веществ»

заведующая кафедрой

ГОУДПО «Академия стандартизации,
метрологии и сертификации»

Адрес: 117418, Москва, Нахимовский пр-т,
д. 31, корп. 2. Тел.: +7(495) 543-72-62

В статье рассмотрен методический подход к определению наилучших доступных технологий.

The article considers methodological approach to definition of the best available technologies.

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, принципы и методы определения.

Key words: the best available technologies, principles and methods of definition.

Разработка научно-методического аппарата (НМА) определения конечного перечня наилучших из всей совокупности возможных отечественных доступных технологий (ДТ) представляет собой решение комплекса взаимосвязанных и достаточно сложных научных задач с учетом специфики каждой из отраслей промышленности Российской Федерации.

Таким образом, данный НМА предполагает определение наилучших доступных технологий (НДТ) и должен включать, как минимум, 2 составные части: общую для всех отраслей промышленности и специальную для каждой из них.

Соответственно, для каждой из этих составных частей должны быть проведены исследования по обоснованию: основных принципов определения НДТ, комплекса моделей и методики проведения необходимых расчетов, положений о проведении экспертизы, разработке необходимых баз знаний и баз данных, хеджирования рисков, а также решение целого ряда других сопутствующих задач.

Разработка НМА НДТ осложняется, вследствие безусловной новизны решения данных задач, ограниченностью использования разрабо-

танной к настоящему времени критериальной базы.

Основной критерий, применяемый в программно-целевом планировании при оценивании сложных технических систем и технологий: «эффективность – стоимость» в рассматриваемой предметной области не может быть в полной мере использован ввиду необходимости учета ряда других показателей, как общих, так и частных, прежде всего экологических.

В общем случае, процесс определения НДТ зависит от множества внутренних и внешних факторов и тенденций развития, в том числе:

- социально-политических;
- экономических;
- экологических;
- опыта и результатов деятельности зарубежных стран в данной области;
- потребностей страны в развитии НДТ;
- возможности реализации различных форм государственной поддержки НДТ.

То есть, процесс определения НДТ требует оценки реализуемости с учетом влияния комплекса общих факторов технического, экономического, экологического, кадрового и социаль-

ного характера, а также частных, к примеру, ресурсосберегающих.

Если рассматривать для каждой отрасли промышленности совокупность принципиально доступных технологий и процесс их развития как сложную систему, то к ней применимы методы векторного анализа систем, прежде всего такие как:

- методы, основанные на введении результирующего показателя качества (объективного и субъективного);
- методы, основанные на введении результирующего показателя ДТ - минимаксные методы;
- методы, основанные на введении показателя эффективности;
- метод, основанный на переводе всех показателей ДТ, кроме одного, в ряд ограничений;
- метод последовательных уступок.

Рассмотрим, для примера, использование метода последовательных уступок для оценивания ДТ и определения НДТ.

Сущность методического подхода на основе ранжирования ДТ заключается в следующей последовательности синтеза:

1. Все показатели ДТ нумеруют в порядке их важности, так, что наиболее важным считается показатель k_1 , а наименее важным, k_m .

2. Отыскивают минимально возможное значение $k_{1\text{мин}}$ показателя k_1 (при заданных условиях U и ограничениях O_s) при игнорировании всех остальных показателей k_2, \dots, k_m (т.е. в предположении, что остальные показатели нас не интересуют).

3. Задают «уступку» Δk_1 , т.е. допустимое увеличение показателя k_1 по сравнению с величиной $k_{1\text{мин}}$ (эта уступка необходима для того, чтобы обеспечить на последующих этапах синтеза получение приемлемых результатов игнорированных показателей качества k_2, \dots, k_m).

4. Ищут минимум $k_{2\text{мин}}$ показателя k_2 при условии, что $k_1 \leq k_{1\text{мин}} + \Delta k_1$ и при игнорировании остальных показателей качества (k_3, \dots, k_m).

5. Вводят допустимую «уступку» Δk_2 в величине показателя k и ищут величину $k_{3\text{мин}}$ при условии, что

$$\begin{aligned} k_1 &\leq k_{1\text{мин}} + \Delta k_1, \\ k_2 &\leq k_{2\text{мин}} + \Delta k_2, \end{aligned}$$

и игнорировании остальных показателей (k_3, \dots, k_m).

6. Аналогичную процедуру продолжают вплоть до последнего этапа, при котором ищут систему, обеспечивающую

$$k_m = \min,$$

при ограничениях

$$k_1 \leq k_{1\text{мин}} + \Delta k_1$$

$$k_2 \leq k_{2\text{мин}} + \Delta k_2$$

.....

$$k_{m-1} \leq k_{(m-1)\text{мин}} + \Delta k_{m-1}$$

(естественно, что на всех этапах учитываются исходные условия U и ограничения O_s). Найденные на этом этапе система и значения ее показателей k_1, \dots, k_m и считаются окончательными (если они удовлетворяют ограничениям O_k).

Очевидно, последний этап синтеза при методе последовательных уступок отличается от подхода, применяемого при методе, основанном на переводе всех показателей ДТ, кроме одного, в ряд ограничений, большей обоснованностью выбора величин ограничений, накладываемых на $m-1$ неглавных (или менее главных) показателей ДТ. Однако, и методу последовательных уступок присущ весьма существенный произвол. Этот произвол заключается, во-первых, в субъективности ранжирования показателей, во-вторых, в значительной произвольности величин уступок $\Delta k_1, \dots, \Delta k_{m-1}$ – всегда остается сомнение в том, что, выбрав какую-либо (какие-либо) из уступок Δk_i несколько большей, мы смогли бы существенно улучшить многие из других показателей ДТ.

Следует отметить, что указанный недостаток рассматриваемого метода, безусловно, должен быть учтен при проведении исследований по определению НДТ, но в то же время он ни в коей мере не исключает применения данного метода как эффективного для определенной совокупности ДТ.

Учитывая объем и сложность задач определения НДТ в различных отраслях промышленности, представляется возможным сделать аналогичные выводы и в отношении возможности применения и других перечисленных методов в рассматриваемой предметной области.

В качестве ключевых принципов формирования концептуальной модели (рисунок 1) организации системы деятельности в области НТД (ОСД НДТ) из разнообразия принципов необходимо выбрать те, которые являются системообразующими для всех остальных и влияют как на облик ОСД НТД, так и на протекающие в них процессы.

Из числа таких принципов следует отметить следующие три:

● Принцип «единства пяти сред» – принцип, согласно которому ОСД НТД должно объединять в исследовательское пространство несколько разнородных сред определения НДТ:

- социальная;
- технологическая;
- экономическая;
- экологическая;
- политическая.

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

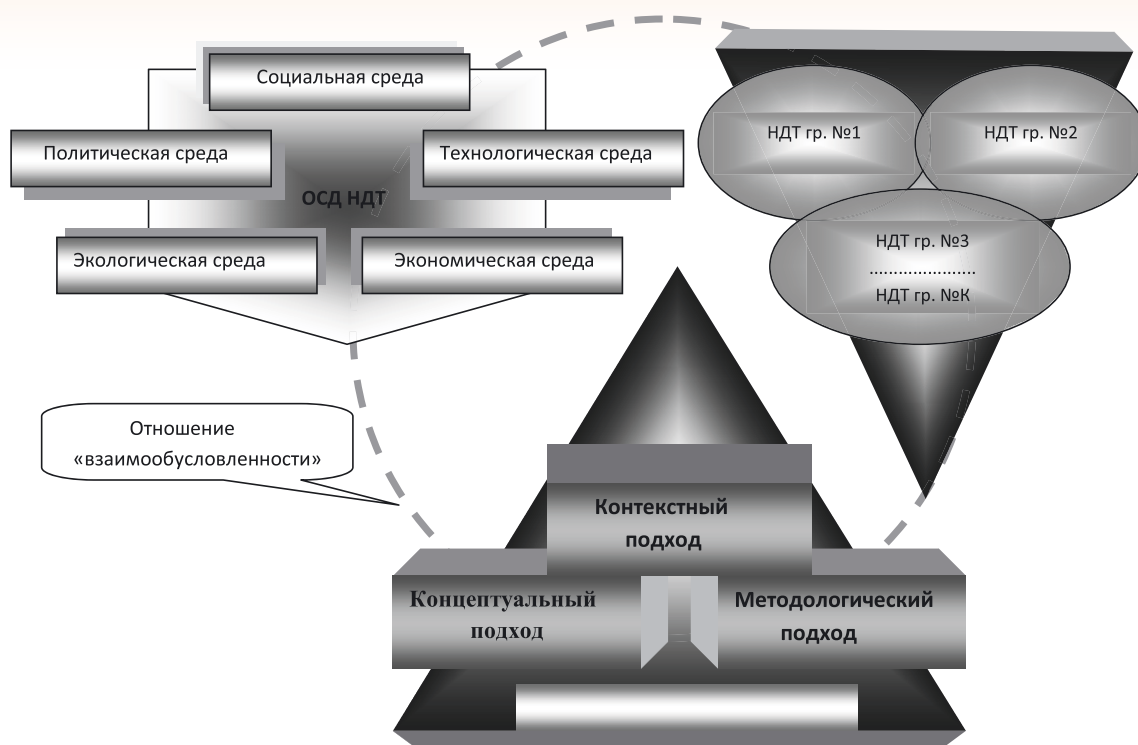


Рис. 1. Концептуальная модель системообразующих принципов организации ОСД НДТ

Этот принцип является системообразующим, поскольку определяет все формы, методы, средства осуществления исследовательской деятельности, придавая им особенный облик.

● *Принцип синтеза трех подходов* – согласно этому принципу ОСД НДТ должна строиться на основе синтеза трех основных подходов к осуществлению исследовательской деятельности:

- концептуальный подход;
- контекстный подход;
- методологический подход.

Этот принцип определяет не только ОСД НДТ, но и задает норму организации деятельности практически во всех ее аспектах.

● *Принцип сочетания трех технологий деятельности* – согласно которому ОСД ориентируются на некоторый обоснованный синтез тех технологий, которые лежат в основе осуществления основного процесса исследований:

- исследовательских;
- организационных;
- информационно-коммуникационных.

Этот принцип является ключевым с точки зрения системообразования ОСД НДТ, поскольку определяет разнообразие возможностей осуществления производства результатов научных исследований в самом широком спектре потребностей – от минимально необходимого до максимально возможного, не ограничивая ни одну из них.

Все эти принципы как ключевые принципы организации ОСД НДТ объединены отношением взаимобусловленности.

Таким образом, представляется возможным сделать вывод, что обоснование НДТ представляет собой сложный многоступенчатый процесс, требующий разработки и утверждения установленным порядком НМА НТД.

Предлагаемый методический подход может быть использован при развертывании комплекса исследований по разработке НМА НТД в качестве одной из его составных частей.

Литература

1. Иванушкин С.В., Лукьянец В.А. Военная технология как объект программно-целевого развития // Известия Института инженерной физики, 2010. №1(15). С. 66-71.
2. Иванушкин С.В., Кравчук П.В., Смирнов С.С., Стукалин С.В. Механизм формирования перечня критически важных материалов для создания и производства ВВСТ // Известия Института инженерной физики, 2010. №1(15). С. 72-80.
3. Иванушкин С.В., Еремин Б.Г., Мартынов С.В., Стукало Ю.Е., Еремин Д.Б., Шипилов А.В. Предложения по повышению эффективности обеспечения критически важными материалами программных мероприятий по созданию и производству важнейших образцов ВВСТ // Известия Института инженерной физики, 2010. №2(16). С. 72-78.
4. Кузнецов О.П., Чернышев С.Е., Иванушкин С.В., Новиков Н.Ю., Осинцева Е.В., Аплекаев О.А. Концептуальные основы построения базы знаний о стандартных образцах состава и свойств веществ и материалов как основы информационно-аналитической системы // Известия Института инженерной физики, 2014. №2(32). С. 19-22.

УДК 629.1

УПРУГАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКОЙ РЕССОРЫ

Сергей Александрович Савочкин

начальник научно-исследовательской
испытательной лаборатории
3 НИИ МО

Адрес: 140170, Московская обл.,
г. Бронницы, ул. Красная, д. 85
Тел.: +7(926)389-36-52
E-mail: sloboda84@yandex.ru

Александр Васильевич Белопол

доцент
заместитель директора
Филиал Университета машиностроения
в г. Серпухове

Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, ул. Октябрьская, д.21
Тел.: +7(917)581-47-83
E-mail: mami-s@mail.ru

В статье рассмотрен расчет упругой характеристики гидропневматической рессоры с учетом неустановившегося характера теплообменных характеристик термодинамических процессов, происходящих в газовой и жидкостной полостях при нагружении рессоры.

The article describes the calculation of the elastic characteristics of the hydro-pneumatic suspension, considering transient nature of the heat exchange characteristics of thermodynamic processes in the gas and liquid cavities while loading a spring.

Ключевые слова: упругая характеристика, гидропневматическая рессора, тепловой поток, математическая модель.

Key words: elastic characteristics, hydro-pneumatic spring, heat flow, mathematical model.

При работе гидропневматической рессоры (ГПР) возможны различные условия теплообмена между газом, находящимся в полости пневмогидравлического устройства и окружающей средой. При хорошем теплообмене процессы, протекающие в объеме камеры, могут быть близки к изотермным [2]. Однако в общем случае изменение состояния газа в зависимости от продолжительности процесса и конкретных условий окружающей среды может происходить по разным законам. Такими процессами являются политропические процессы.

Динамическая упругая характеристика ГПР рассчитывается по уравнениям [1]

$$\begin{aligned} p &= p_0 \dot{\epsilon}_n^i; \\ m &= n S_n^2 p_0 / V, \end{aligned} \quad (1)$$

где p – давление газа; p_0 – заправочное давление газа при температуре T_0 ; m – жесткость рессоры; $\dot{\epsilon}_n = V_0 / V$ – кинематическая степень сжатия газа рессоры; $V = V_0 - S_n i y$ – текущее значение объема газа; V_0 – исходный объем газа; S_n – площадь силового поршня; i – передаточное отношение подвески; y – ход опорного катка; n – показатель политропы.

Для упрощения расчетов показатель политропы обычно принимается постоянным в ди-

апазоне от 1,25 до 1,40, что приводит к существенным отклонениям в описании характеристик ГПР, поскольку при этом не учитывается неустановившийся характер теплообменных характеристик и термодинамических процессов, происходящих в газовой и жидкостной полостях при нагружении рессоры.

В газовой полости теплообразование происходит при сжатии, но при отбое поршня процесс охлаждения уравнивает температуру газа. Поэтому нагрев газовой полости происходит в основном за счет подвода тепла извне. При тепловом расчете схема распределения тепловых потоков в ГПР с поршнем-разделителем газа и жидкости показана на *рисунке 1*

Рабочая жидкость нагревается при работе амортизатора, и тепловые потоки направлены от амортизатора к поршню и рабочему газу.

Для построения математической модели используются система дифференциальных уравнений теплового процесса в рабочих полостях жидкости и газа, а так же уравнения теплопередачи через корпус.

В качестве граничных принимаются условия теплообмена рессоры с окружающей средой, определяемые экспериментально, и условия не-

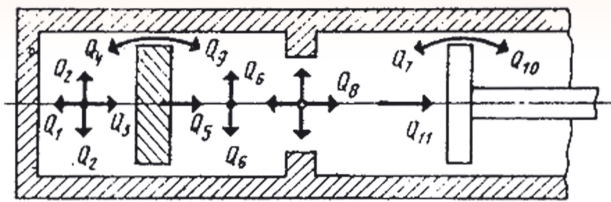


Рис. 1. Схема распределения тепловых потоков при сжатии газа в ГПР с поршнем-разделителем: Q_1 – тепловой поток к переднему торцу поршня-разделителя; Q_2 – тепловой поток к боковой поверхности цилиндра; Q_3 – тепловой поток к сжатому газу; Q_4, Q_9 – тепловой поток, образующийся при трении поршня-разделителя в направляющих; Q_8 – тепловой поток от гидроамортизатора; Q_7, Q_{10} – тепловой поток от трения поршней в направляющих; Q_5 – тепловой поток от газа через поршень-разделитель; Q_6 – тепловой поток в окружающую среду через боковую поверхность; Q_{11} – тепловой поток через поршень.

прерывности тепловых потоков и температур на границах между деталями и средой.

Принимаемые допущения:

- тепловые потоки, связанные с жидкой и газовой средой, рассматриваются отдельно;
- на основе первого начала термодинамики предполагается независимость соответствующих параметров газовой и жидкой среды от пространственных координат и рассматривается их изменение во времени, так как турбулентный характер гидродинамических процессов в рабочих полостях позволяет считать температуру жидкости и газа одинаковой по всей полости.

Схема физической модели ГПР для расчета показана на *рисунке 2*.

Начало неподвижной системы координат xoy помещается на внутренней поверхности пневмобаллона, начала подвижных систем координат $x'o'y'$ и $x''o''y''$ – в центре поршня разделителя и силового поршня соответственно.

Тепловой поток в стенках корпуса предпола-

гается двухмерным, зависящим от времени и поперечной координаты y и не зависящим от угла φ . Так как толщина стенок значительно меньше длины и диаметра корпуса, тепловыми потоками в стенках корпуса по координате x и соответствующими осевыми градиентами температуры пренебрегаем и используем декартову систему координат.

Жидкость считается несжимаемой, поскольку работа сил давления Λ ($\Delta_\Lambda = 0,65$ кДж) существенно меньше изменения энтальпии жидкости ($\Delta_{\Lambda ж} = 7,5$ кДж) вследствие разогрева ее при дросселировании в каналах гидроамортизатора. Сжатый газ считается упругим телом.

Тепловые потоки, возникающие в результате трения о стенки цилиндра, принимаются равными друг другу, т.е. $Q_4 = Q_9 = Q_{10} = Q_7$.

С учетом принятых допущений на основе первого начала термодинамики уравнения энергии сжатого газа и рабочей жидкости будут иметь следующий вид:

$$c_{p,2} m_r \left(\frac{dT_1}{dt} + (K-1) \frac{T_1}{x_r - x} \frac{d(x_r - x)}{dt} \right) = Q_1 - Q_2 + Q_3 + Q_4; \quad (2)$$

$$c_{ж,3} m_{ж} \frac{dT_3}{dt} = -Q_6 - Q_{11} + Q_8 + Q_7 + Q_9 + Q_5, \quad (3)$$

где $K = c_p / c_v$;

c_p, c_v – средняя изобарическая и изохорическая удельная теплоемкость газа соответственно;

T_1, T_3 – температура газа и жидкости соответственно;

x – координата перемещения поршня-разделителя;

$c_{ж}$ – средняя удельная теплоемкость жидкости;

$m_{ж}$ – масса рабочей жидкости в ГПР.

Для решения дифференциальных уравнений

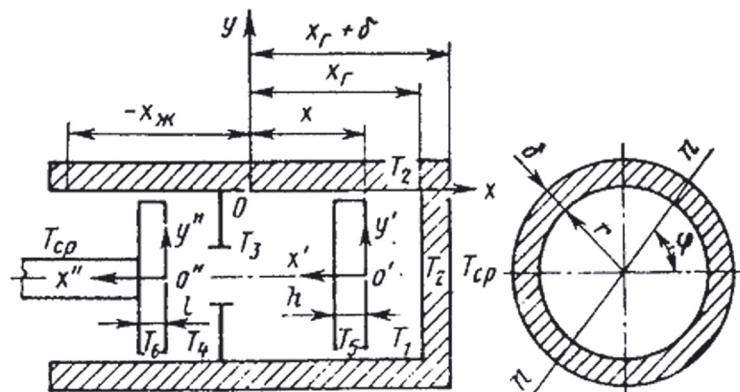


Рис. 2. Схема физической модели ГПР: r – радиус внутренней поверхности цилиндра ГПР; σ – толщина стенок корпуса; l – толщина силового поршня; h – толщина поршня-разделителя

ТЕХНИКА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

(2), (3) относительно температуры газа и жидкости предварительно определяются тепловые потоки, входящие в правую часть уравнений. С учетом принятых допущений:

$$Q_7 = Q_4 = Q_9 = Q_{10} = \\ = \gamma_1 F_{mp} \left| \frac{dx}{dt} \right| = \gamma_2 F_{mp} \left| \frac{dx}{dt} \right| = \gamma_3 F_{mp} \left| \frac{dx}{dt} \right| = \gamma_4 F_{mp} \left| \frac{dx}{dt} \right| = 1/2 F_{mp} \left| \frac{dx}{dt} \right|$$

где γ – коэффициент пропорциональности;
 F_{mp} – сила трения поршней в направляющих.

Тепловой поток от амортизатора определяется по формуле (4)

$$Q_8 = b_0 |x|^3; \quad (4) \\ b_0 = \xi \rho_{ж} (S_n/f)^2 S_n/2,$$

где $\rho_{ж}$ – плотность жидкости; ξ – коэффициент гидравлического сопротивления; S_n – площадь поверхностей силового и разделительного поршней; f – площадь проходного сечения канала гидроамортизатора.

Сила трения поршней в направляющих и коэффициент гидравлического сопротивления определяются экспериментально.

Тепловой поток к переднему торцу поршня-разделителя:

$$Q_1 = -S_n \lambda_2 \frac{dT_2}{dx}. \quad (5)$$

Тепловой поток к боковой поверхности цилиндра:

$$Q_2 = -2\pi r(x_r - x) \lambda_2 \frac{dT_2}{dy}. \quad (6)$$

Тепловой поток к сжатому газу:

$$Q_3 = S_n \lambda_2 \frac{dT_3}{dx'}. \quad (7)$$

Тепловой поток от газа через поршень-разделитель:

$$Q_5 = -S_n \lambda_2 \frac{dT_5}{dx'}. \quad (8)$$

Тепловой поток в окружающую среду через боковую поверхность:

$$Q_6 = -2\pi r |x_{жк}| \lambda_2 \frac{dT_4}{dy}. \quad (9)$$

Тепловой поток через поршень:

$$Q_{11} = -S_n \lambda_2 \frac{dT_6}{dx''}, \quad (10)$$

где λ_2 – теплопроводность стенки корпуса; T_2 – температура корпуса пневмобаллона в зоне контакта со сжатым газом; T_4 – температура стенки рессоры в зоне контакта с рабочей жидкостью; T_5 – температура поршня-разделителя; T_6 – температура силового поршня.

Для расчета тепловых потоков предварительно определяются значения градиентов температуры $\partial T_i / \partial x$ и $\partial T_i / \partial y$, для чего в каждом конкретном случае решается уравнение теплопроводности.

Уравнение теплопроводности для поршня-разделителя имеет вид:

$$\frac{dT_5}{dt} = \alpha_2 \frac{d^2 T_5}{d(x')^2}, \quad (11)$$

где α_2 – температуропроводность материала поршня-разделителя.

Начальные условия:

$$T_5(h, 0) = T_{cp},$$

где T_{cp} – температура окружающей среды;
 h – толщина поршня-разделителя.

Граничные условия:

$$T_5(0, t) = T_1(t);$$

$$-\lambda_2 \frac{dT_5}{dt} \Big|_{x'=h} = \alpha_2 (T_5 - T_3) \Big|_{x'=h}, \quad (12)$$

где α_2 – коэффициент теплообмена между торцом поршня-разделителя и жидкостью;
 t – временной фактор.

Для решения уравнения (11) примем в первом приближении характер изменения температуры по сечению поршня-разделителя близким к параболическому определяемому выражением:

$$T_5 = T_1 + Ay + By^2, \quad (13)$$

где A и B – коэффициенты, изменяющиеся по времени.

Используя граничные условия (12) и уравнение теплопроводности (11) определим выражение для расчета коэффициентов A и B , подставив которые в уравнение (13), получим с учетом принятых допущений формулу:

$$T_5 = T_1 - \frac{\alpha_2 h}{\lambda_2 + \alpha_2 h} (T_1 - T_3) \frac{x'}{h} + 3 \left[\frac{(x')^2}{h^2} - \frac{x'}{h} \times \frac{2\lambda_2 + \alpha_2 h}{\lambda_2 + \alpha_2 h} \right] \cdot \exp(-12a_2 \frac{\lambda_2 + \alpha_2 h}{4\lambda_2 + \alpha_2 h} \frac{1}{h^2} t) - \\ - \frac{2\lambda_2 + \alpha_2 h}{4\lambda_2 + \alpha_2 h} \int_0^t \frac{dT_1}{d\tau} \exp\left(12a_2 \frac{\lambda_2 + \alpha_2 h}{4\lambda_2 + \alpha_2 h} \frac{1}{h^2} \tau\right) d\tau, \quad (14)$$

где τ – переменная дифференцирования по времени.

Тепловой поток от газа в стенку поршня-разделителя

$$Q_3 = \left\{ \frac{\alpha_2 \lambda_2}{\lambda_2 + \alpha_2 h} \cdot (T_1 - T_3) - \frac{3\lambda_2 (2\lambda_2 + \alpha_2 h)^2}{h(\lambda_2 + \alpha_2 h)(4\lambda_2 + \alpha_2 h)} \cdot \int_0^t \frac{dT_1}{D\tau} \exp\left[-12\alpha_2 \frac{\lambda_2 + \alpha_2 h}{(4\lambda_2 + \alpha_2 h)h^2} (t - \tau) d\tau \right] S_n \right\}$$

Определив аналогичным образом значения

остальных тепловых потоков, подставим их в уравнения (13) (14). Изменяя амплитуду перемещения штока рессоры по синусоидальному закону $x = x_0 \sin \omega t$ и выражая действительные переменные через безразмерные

$$\frac{T_1 - T_{cp}}{T_{cp}} = v_1; \quad \frac{T_2 - T_{cp}}{T_{cp}} = v_2; \quad t = t^- - t_0^- = t^- \frac{2\pi}{\omega}; \quad \tau = \tau^- \frac{2\pi}{\omega};$$

$$x = x_0 \sin \omega t = x_0 \sin 2\pi t^- = x_0 x^-; \quad x_0^- = x_0 / x_z$$

Система безразмерных уравнений имеет вид

$$\frac{dv_1}{dt^-} - (v_1 + 1) \frac{(K-1) \cdot x_0^-}{1 - x_0^- x^-} \cdot \frac{dx^-}{dt^-} + A_1 v_1 - A_2 x_0^- x^- v_1 +$$

$$+ A_3 \cdot \int_0^{t^-} \frac{dv_1}{d\tau^-} \exp[-a_4(t^- - \tau^-)] d\tau^- -$$

$$- A_4 x_0^- x^- \int_0^{t^-} \frac{dv_1}{d\tau^-} \exp[-a_4(t^- - \tau^-)] d\tau^- - A_5 v_2 +$$
(15)

$$+ A_6 \int_0^{t^-} \frac{dv_1}{d\tau^-} \exp[-a_5(t^- - \tau^-)] d\tau^- - A_5 v_2 +$$

$$+ A_6 \int_0^{t^-} \frac{dv_1}{d\tau^-} \exp[-a_5(t^- - \tau^-)] d\tau^- - A_7 x_0^- \left| \frac{dx^-}{dt^-} \right| = 0$$

$$\frac{dv_2}{dt^-} + B_1 v_2 - B_2 v_1 + B_3 \int_0^{t^-} \frac{dv_2}{d\tau^-} \exp[-a_4(t^- - \tau^-)] d\tau^- +$$

$$+ B_4 \int_0^{t^-} \frac{dv_2}{d\tau^-} [-b_1(t^- - \tau^-)] d\tau^- +$$

$$+ B_5 \int_0^{t^-} \frac{dv_1}{d\tau^-} \exp[-a_5(t^- - \tau^-)] d\tau^- -$$
(16)

$$- B_6 x_0^- \left| \frac{dx^-}{dt^-} \right| - B_7 x_0^{-3} \left(\frac{dx^-}{dt^-} \right)^3 = 0$$

Постоянные коэффициенты в уравнениях (15) и (16) характеризуют конструктивные особенности подвески и режимы ее нагружения

Решив систему уравнений (15) (16) относительно температуры газа и жидкости T_1 и T_3 , можно проанализировать влияние условий нагружения и конструктивных особенностей подвески на характер термодинамических процессов в рабочих полостях ГПР.

Установив на начальных стадиях проектирования основные особенности термодинамических и теплообменных процессов в рабочих полостях ГПР, можно оценить теплонапряженность конструкции. По результатам испытаний опытного образца ГПР, уточняется математическая модель рабочих процессов корректировкой коэффициентов в уравнениях.

Литература

1. Белоусов Б.Н., Попов С.Д. Колесные транспортные средства особо большой грузоподъемности. Конструкция. Теория. Расчет / Под общ. ред. Б.Н.Белоусова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2006. 728 с.
2. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. М.: Машиностроение, 1987. 232 с
3. Рождественский С.В. Направления совершенствования систем поддрессоривания ВГМ // Зарубежная военная техника, 1986. №1.
4. Дмитриев А.А., Чобиток В.А., Тельминов А.В. Теория и расчет нелинейных систем поддрессоривания гусеничных машин. М.: Машиностроение, 1976. 207 с.

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

УДК 378

ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ ОРГАНИЗАЦИЙ ОПК

Анна Сергеевна Сидорова

младший научный сотрудник

МОУ «ИИФ»

Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,

Большой Ударный пер., д. 1а

Тел.: +7(4967)35-31-93

Олег Николаевич Андрух

кандидат технических наук, доцент

заместитель генерального директора

по научно-методической работе

МОУ «ИИФ»

Адрес: 142210, Московская обл.,

г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а

Тел.: +7(4967)35-31-93

E-mail: oandruh@mail.ru

Майя Константиновна Чадунели

старший специалист

МОУ «ИИФ»

Адрес: 142210, Московская обл.,

г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а

Тел.: +7(4967)35-31-93

E-mail: maiakonst@mail.ru

В статье проанализировано текущее и перспективное выполнение Государственного плана подготовки научных работников и специалистов для организаций оборонно-промышленного комплекса. Сформулированы цели и принципы формирования промышленных рот как инструмента повышения эффективности реализации Государственного плана подготовки работников для организаций оборонно-промышленного комплекса.

In article the current and perspective implementation of the State plan of training of scientists and experts for the organizations of defense industry complex is analysed. The purposes and the principles of formation of industrial companies as instrument of increase of efficiency of implementation of the State plan of training of workers for the organizations of defense industry complex are formulated.

Ключевые слова: государственная поддержка, кадры, научные роты, промышленные роты, научные работники, оборонно-промышленный комплекс, персонал, профессиональное образование, специалисты, целевое обучение.

Key words: state support, personnel, scientific companies, industrial companies, scientists, defense industry complex, staff, professional education, specialists, target training.

Деятельность оборонно-промышленного комплекса (ОПК) РФ напрямую влияет на уровень обороноспособности страны, уровень ее экономического развития, поэтому государство принимает комплекс мер, направленных на сохранение и развитие кадрового потенциала организаций ОПК, основными из которых являются:

- целевая подготовка научных работников и специалистов для отрасли [6];
- повышение квалификации инженерных кадров [8];
- назначение стипендий за выдающиеся достижения в области прорывных технологий и

разработку современных образцов вооружений, военной и специальной техники [7];

- создание условий для формирования жилищно-строительных кооперативов в целях обеспечения работников жильем [10] и другие.

Однако оборонные предприятия по-прежнему испытывают кадровый голод в квалифицированных инженерах-технологах, конструкторах, научных работниках и т.д.

Комплекс мер по подготовке персонала для оборонной отрасли реализуется на основе Государственного плана подготовки научных работников и специалистов (далее – Государственный план) для организаций ОПК

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

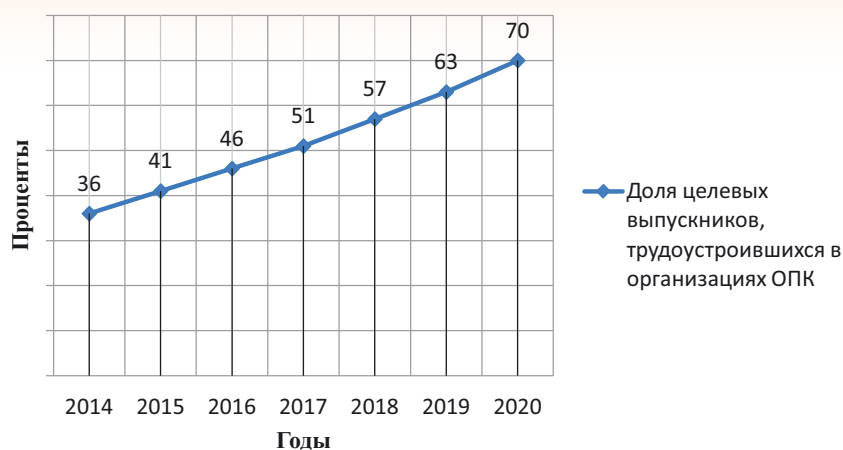


Рис. 1. Плановая доля выпускников, обучавшихся в рамках Государственного плана по очной форме обучения, трудоустроившихся после окончания обучения по полученной специальности в организации ОПК, в общей численности от поступивших (%)

[6, 9]. В настоящее время добиться высокой эффективности выполнения Государственного плана не удалось. Причины низкой эффективности выполнения Государственного плана анализировались в ряде работ [1, 2], основными из них являются:

- невыполнение плана набора целевых абитуриентов;
- низкое качество подготовки целевых абитуриентов;
- низкий уровень мотивации целевых абитуриентов, студентов и выпускников;
- призыв выпускников целевого обучения на службу в ряды Вооруженных сил (ВС);
- уровень заработной платы в оборонной отрасли и другие.

В настоящее время осуществляется поиск способов и средств по повышению эффективности реализации Государственного плана. В целях совершенствования системы профессионального образования в интересах организаций ОПК планируется ежегодно увеличивать на 5% количество выпускников, обучавшихся в рамках Государственного плана по очной форме обучения и трудоустроившихся после окончания обучения по полученной специальности в организации ОПК. Тем самым, количество целевиков, трудоустроившихся к 2020 году в организации ОПК, должно достигнуть 70% от общей численности поступивших [10] (*рисунок 1*).

Выполнение поставленного плана – задача сложная, так, планируемая на 2014 год цифра – обеспечить 36% трудоустроившихся «целевиков» – не выполнена практически на 10%. Нужны новые идеи и подходы по повышению эффективности реализации Государственного плана.

Интересным примером может быть опыт создания научных рот в ВС РФ, сформированных в соответствии с поручением Президента РФ от 25.03.2013 № Пр-673, на основании приказа Министра обороны РФ от 28.05.2013 № 404 «Об утверждении положения о научных ротах в Вооруженных Силах РФ» и указаний начальника Генерального штаба ВС РФ от 24.05.2013 № 307/2248 «О порядке комплектования научных рот и организации их деятельности».

Научные роты были созданы для решения следующих задач:

- 1) участия в научной работе в интересах ВС;
- 2) получения научных результатов при решении прикладных задач в интересах ВС;
- 3) подготовки научных кадров для военно-научного и оборонно-промышленного комплексов РФ.

Третья задача в отношении организаций ОПК сформулирована декларативно, поскольку научные роты создаются на базе научно-исследовательских учреждений и высших военно-учебных заведений видов и родов Вооруженных сил и реальных задач ОПК рядовые научных рот не выполняют, с оборонными предприятиями не взаимодействуют.

В отношении создания научных рот было много опасений: высказывались предположения, что их личный состав будет состоять из детей начальников, а не талантливых выпускников вузов; было не ясно, о каком результате можно говорить, если на реализацию проекта новобранцу отводится только год службы; предсказывалась невозможность индивидуального руководства и постановки научных задач всем рядовым роты и т.д.

На сегодняшний день в Вооруженных силах

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

создано и укомплектовано восемь научных рот, в которых проходят службу 366 человек. Всего с момента создания научных рот в них отслужил по призыву 171 человек. Отзывы командования Минобороны России, руководства технических вузов, и рядовых о научных ротах в основном позитивные [3, 4, 5]. В научные роты приходят действительно подготовленные выпускники, решающие поставленные задачи. Конкурс в научные роты составляет от 5 до 20 человек. В 2014 году научные роты дали неплохой эффект. Военнослужащие оформили 10 заявок на выдачу патента на изобретение, разработали 37 рационализаторских предложений, подготовили 16 моделей функционирования радиоэлектронного оборудования, разработали 25 компьютерных программ, написали более 120 научных статей. 24 человека заключили контракт и назначены на должности научных сотрудников с присвоением первичного офицерского звания «лейтенант», дела еще 16-ти рассматриваются. [3].

Профессиональное сообщество ОПК давно выступает за законодательные изменения в отношении выпускников высших и средних технических учебных заведений, трудоустроившихся на предприятиях ОПК. Предложения здесь самые разные:

- освобождение от службы в армии;
- предоставление отсрочки от службы в армии на три-пять лет;
- «служба» на предприятии ОПК, то есть служба в промышленной роте – в аналоге научной роты.

Привлекательность последнего предложения в том, что оно, как и в случае с научными ротами, не требует изменений в ФЗ «О воинской обязанности и военной службе», необходимы только соответствующие подзаконные акты.

База для организации промышленных рот существует: это военные представительства Минобороны, роль которых сейчас существенно возрастает, или базовые кафедры ведущих технических вузов страны на оборонных предприятиях, численность и качество деятельности которых ежегодно увеличивается.

К основным целям создания промышленных рот следует отнести:

- повышение эффективности Государственного плана подготовки научных работников и специалистов для организаций ОПК;
- повышение качества подготовки молодых работников оборонной сферы;
- повышение мотивации обучения студентов на специальностях, востребованных оборонными предприятиями;
- адаптация работников (после службы в

промышленной роте молодой специалист полностью готов к работе на данном предприятии).

В марте 2015 года Председатель правительства РФ Д.А. Медведев поручил Минобороны совместно с Минпромторгом и заинтересованными ведомствами рассмотреть возможность внесения изменений в законы о военной службе по призыву. В частности, поручено изучить возможность «создания промышленных рот (по аналогии с научными ротами), обеспечивающих эксплуатацию сложных образцов вооружения, военной и специальной техники в воинских частях, например, в военно-морском флоте, или ремонт таких образцов непосредственно в организациях ОПК (в частности, судостроительной отрасли), для прохождения в них военной службы по призыву работников этих организаций».

По примеру научных рот ВС РФ, созданных для каждого вида и рода Вооруженных сил, авторы статьи предлагают сформировать промышленные роты в Государственной корпорации (ГК) «Роскосмос», ГК «Росатом», департаментах Минпромторга России (в Департаменте радиоэлектронной промышленности; Департаменте авиационной промышленности; Департаменте промышленности обычных вооружений, боеприпасов и спецхимии; Департаменте судостроительной промышленности и морской техники; ГК «Ростех»).

По аналогии с научными ротами комплектование промышленных рот должно осуществляться выпускниками профессиональных образовательных учреждений, завершающими обучение со средним баллом не менее 4,5, склонными к научной, конструкторской или технологической работе, подтверждающими высокие результаты обучения научными публикациями, подготовкой личных научных или конструкторско-технологических проектов, участвующими в целевой подготовке в рамках государственного плана.

Основное внимание при службе в таких ротах следует уделять, прежде всего, проведению фундаментальных научных исследований по заказу организаций ОПК, а также решению конструкторских и технологических задач на производстве. Благодаря промышленным ротам, предприятия ОПК получают грамотных, умных специалистов, способных после года службы работать на качественно новом уровне.

Формирование промышленных рот будет выгодно всем заинтересованным сторонам:

- предприятиям ОПК – они гарантированно получат положительно зарекомендовавших себя специалистов;
- профессиональным образовательным учреждениям – они повысят свой рейтинг за счет

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

обеспечения новых условий профессиональной деятельности талантливых выпускников;

■ Вооруженным силам РФ – сократится количество «уклонистов», повысится престиж силового ведомства, создающего перспективные условия для талантливой технической молодежи;

■ выпускникам – они пройдут военную службу, после обучения в вузе смогут остаться работать на оборонном предприятии по своей специальности, не только не растеряют полученные профессиональные знания и компетенции, но существенно их повысят.

Литература

1. Андрух О.Н., Колтунов И.И., Чадунели М.К. Формирование системы профориентации в интересах предприятий ОПК // Известия Института инженерной физики, 2013. №3(29). С. 102-105.

2. Андрух О.Н., Сидорова А.С., Чадунели М.К. Повышение конкурентоспособности вуза на основе организации целевой подготовки работников для оборонно-промышленного комплекса страны // Известия Московского государственного технического университета МАМИ, 2013. Т. 6. №1(15). С. 145-150.

3. Бойко А. В Минобороны России будет восемь научных рот // Комсомольская правда, 11.12.2014.

4. Кобылецкий О.Д. Работа и наука – понятия совместимые // Ориентир, 2014. №2.

5. Пинчук А. В войска будут направлены более 150 тысяч человек // Красная звезда, 31.03.2015.

6. Постановление Правительства РФ от 09.06.2010 № 421 «О Государственном плане подготовки научных работников и специалистов для организаций оборонно-промышленного комплекса на 2011-2015 годы»

7. Постановление Правительства РФ от 22.12.2012 № 1381 (ред. от 03.12.2014) «О стипендиях работникам организаций оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации».

8. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 295 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» на 2013-2020 годы».

9. Приказ Министерства образования и науки РФ от 16.05.2011 №1621 «Об утверждении Порядка реализации Государственного плана подготовки научных работников и специалистов для организаций оборонно-промышленного комплекса на 2011-2015 годы» (в ред. от 12.08.2014 №987).

10. Приказ Минпромторга России от 29.04.2014 №812 «Об утверждении Плана деятельности Минпромторга России по практической реализации комплекса мер по совершенствованию системы профессионального образования, повышению уровня жизни и решению жилищных проблем работников организаций ОПК с определением критериев и показателей, характеризующих эффективность решения поставленных задач в 2014-2020 годах».

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

УДК 378.2

ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ В МЕЖВУЗОВСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЮЖНОГО ПОДМОСКОВЬЯ

Татьяна Сергеевна Романишина

кандидат технических наук

доцент

Учебный центр МАИ «Интеграция»

при МОУ «ИИФ»

Адрес: 142210, Московская обл.,

г. Серпухов, ул. Октябрьская, д. 21

Тел.: +7(915)232-00-57

E-mail: romanishina-t@rambler.ru

В статье представлен авторский взгляд на возможности повышения эффективности подготовки кадров для инновационной экономики. Анализируются возможности создания интегрированных образовательных межвузовских площадок для формирования междисциплинарных инновационных команд молодых ученых и предпринимателей. Исследуются возможности адаптации данной модели на пространстве Южного Подмосковья. Предлагается механизм реализации проекта совершенствование качества образования с использованием инфраструктурных площадок поддержки бизнеса.

The article presents the author's view on the possibility of increasing the effectiveness of training for the innovation economy. The possibilities of creating integrated educational intercollegiate sites for the formation of multidisciplinary teams of innovative young scientists and entrepreneurs. The possibilities of adapting this model in the space of the Southern Moscow area. Proposes of the project improving the quality of education with business support infrastructure platforms.

Ключевые слова: межвузовские программы образования; интегрированной технологии подготовки инновационных кадров; эффективная образовательная интеграция.

Key words: interuniversity program of education; integrated technologies training of innovative personnel; effective educational integration.

Развитие Российской экономики в современных условиях неразрывно связано с развитием экономики знаний, эффективным использованием интеллектуальных ресурсов, формированием инновационной среды. В условиях усиливающейся конкуренции выигрывают те, кто обеспечивает благоприятные условия для инновационной деятельности, при этом инновационное развитие страны это не только экономическая, но и социально-политическая задача. Данное утверждение подтверждается необходимостью максимально использовать возможности инновационной экономики со стороны наиболее развитых стран мира, давно и серьезно работающих в этом направлении.

Для Московской области в целом и Южного Подмосковья в частности, эта задача наиболее обострена, так как климатические и транспортные условия существенно увеличивают затраты на производство продукции. Серьезная конкуренция крупных промышленных районов России и огромное противостояние насытивших рынок иностранных продуктов также осложняют ведение деятельности в данном направлении. Наличие крупных научных центров, научных школ, развитой системы образования, конкурентоспособных научно-инновационных результатов требует более активных мер по развитию в регионе инновационной экономики. В Подмосковном регионе насчитывается несколько

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

ко наукоградов и более 50 НИИ, ежегодно выпускающих реальный наукоёмкий продукт. Более 50 вузов Подмосквья, так или иначе, готовят специалистов для инновационной экономики. Этот потенциал, несомненно, позволяет реализовать инновационные и инвестиционные проекты национального масштаба.

В настоящее время, понятие «инновационная деятельность» имеет часто поверхностное понимание, тем более что в современной нормативно-правовой базе отсутствуют четкие определения в сфере инноваций. Например, в официальных правительственных источниках представлено более 15 определений. Поэтому важно определить понятийный аппарат, что и отмечено в документе «Основы инновационной политики Российской Федерации для 2010 года и дальнейшую перспективу». В дальнейшем под инновационной деятельностью будем понимать деятельность, связанную с трансформацией научных исследований и разработок, либо иных научно-технических достижений в новый или усовершенствованный продукт, потенциально востребованный рынком.

В развитии профессионального образования можно выделить три направления инновационной деятельности:

1. Системная подготовка кадров для инновационной экономики, начиная от стратегического планирования до сопровождения инновационного продукта или услуг.
2. Развитие образовательных инновационных подходов, методик и приемов, а также методов контроля знаний и формирования компетенций.
3. Разработка, создание и коммерциализация инновационного продукта, востребованного рынком.

В этих условиях, основными принципами государственной региональной инновационной политики и экономики является:

- а) инновации управления, науки, образования, экологии, культуры и социума;
- б) реализация инновационной готовности субъектов экономики создавать, производить, применять продукт, а также перейти на путь инновационной экономики, то есть формирования инновационной культуры;
- в) трансферт инноваций, инновационной культуры и организация производства;
- г) разработка нормативно-правовой базы инновационной деятельности и определение ответственности за результаты внедрения нововведений;
- д) определение механизмов финансирования и стимулирования инновационных проектов;

е) развитие научно-исследовательских, образовательных, экономических и инженерных школ, обеспечивающих инновационные аспекты развития профессионального образования.

Любой инновационный процесс начинается с научного результата. Экспериментальные оценки показывают, что из всех успешных инноваций лишь 20% реализованы на основе научного прорыва в сферу производства, а появление остальных продиктовано рынком. Это необходимо учитывать уже на стадии постановки задач курсовых и дипломных работ студентов.

Для реализации принятой Стратегии развития России до 2020 года и перехода к инновационному пути развития необходимо эффективное, национально ориентированное сообщество руководящих кадров, способных управлять глобальными процессами и координировать отдельные усилия различных государственных структур, общественных и бизнес организаций.

Сегодняшние выпускники управленческих факультетов:

- не подготовлены профессионально (ни опытом своей работы, ни образованием) к принятию эффективных управленческих решений в масштабах страны;
- не обладают способностью к среднесрочному и долгосрочному прогнозированию последствий своих шагов;
- имеют недостаточные представления о политической ответственности за свои действия.

Разработка модели подготовки, которая (в отличие от существующей) будет в состоянии обеспечить адекватную подготовку управленческих кадров для инновационного развития социально-экономической сферы.

На современном этапе развития профессионального образования большое распространение получило создание научно-производственных лабораторий и центров, объединяющих два инновационных аспекта:

- 1) разработку, создание и коммерциализацию инновационного продукта;
- 2) внедрение в образовательный процесс новых технологий, использование в процессе подготовки кадров новейших достижений науки и техники.

Инновационные аспекты развития профессионального образования в регионе обеспечиваются следующими направлениями деятельности.

1. Подготовка полного спектра специалистов инновационной деятельности:
 - а) научных кадров, способных создавать научные знания, инновации и доводить их до востребованного рынком продукта;

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

б) инженеров-конструкторов, технологов, дизайнеров, разрабатывающих продукцию, удовлетворяющую новые потребности сегментов рынка, адаптированную к требованиям рынка;

в) менеджеров – управляющих проектами;

г) менеджеров для сопровождения, продвижения на рынок и организации сервисного обслуживания инноваций;

д) педагогов-новаторов, способных развивать творческое мышление студентов, стремление к самореализации, а также профессиональные и коммуникационные компетенции.

2. Разработка и реализация программ подготовки и переподготовки кадров для инновационной деятельности (например, обучение специалистов, принимающих решение о развитии инновационных проектов, методам технологического аудита, защите интеллектуальной собственности и т.д.); государственных образовательных стандартов, научно-методическому и учебному обеспечению образовательного процесса.

3. Использование интеллектуального, научно-технического и производственного потенциала высшей, средней и начальной профессиональной школы в формировании инновационной инфраструктуры в регионе, включающей в себя систему инновационных, научно-исследовательских комплексов, научно-производственных центров и лабораторий, студенческих бизнес-инкубаторов, технопарков и т.д.

Для повышения эффективности подготовки кадров для инноваций в Южном Подмоскowie возможно рассмотреть применение интеграционной технологии, в рамках которой необходимо сформировать рабочую группу из запустить программу создания системы межвузовской подготовки инновационных кадров. Данная задача может быть реализована решением нескольких этапов:

1. Сформировать команду вузов – лидеров межвузовской подготовки кадров для инновационной деятельности и инфраструктурную базу предприятий-партнеров (производителей, инвесторов, государственных структур), способных сформировать концепцию подготовки инновационных кадров для целей экономического развития территории.

2. Совместно с партнерами разработать требования к кадровому составу, который необходимо готовить для формирования в России культуры инновационной деятельности (специализации, количество специалистов, компетенции), а также концепцию межвузовской системы подготовки кадров, способной обеспечить необходимый объем и качество подготовки кадров.

3. Разработать комплекс образовательных

технологий и учебно-методических комплексов, необходимых для межвузовской подготовки инновационных кадров.

4. Подготовить программу создания системы межвузовской подготовки инновационных кадров на 2015-2020 годы и привлечь средства для её реализации.

5. Реализовать опытный проект межвузовской подготовки. Создать прецедент и получить опыт межвузовской подготовки. Обратит внимание на возможности использования пространства индустриальных парков и площадок.

В межвузовском интеграционном проекте может быть собрана команда участников из различных ВУЗов для решения аналитических задач в рамках реального проекта. Этот формат участия рассчитан, в первую очередь, на студентов старших курсов.

Общая схема проведения межвузовских интеграционных проектов может быть представлена следующим образом:

1. Находится несколько государственных и негосударственных структур готовых предложить для анализа задачи из реальных проектов.

2. Формируется пакет аналитических задач.

3. Формируются межвузовские команды.

4. Команды получают задачи для проведения аналитической работы.

5. В командах выбираются руководители проектов.

6. С каждой командой работает куратор и группа общественных консультантов.

7. Организуется рабочая среда команд в сети интернет.

8. Организуется база для периодической очной работы команд.

9. Команды, совместно, с кураторами выполняют аналитический проект. В том числе: разрабатывают техническое задание на результат аналитического проекта; планируют проектные работы; распределяют задачи между собой; собирают информацию по проекту; проводят анализ и систематизацию информации; формализуют задачи; ищут решения.

10. В процессе выполнения проекта команды действуют в различных форматах, развивающие компетенции командной работы и работы в межпредметной сфере: ведут совместный поиск информации, распределяют между собой задачи, меняются лидерством в зависимости от решаемых задач, работают с внешними консультантами, ведут непрерывный обмен информацией.

11. Формируют и совместно анализируют общую информационную базу – банк информации, банк идей, реестр проблем, реестр возможностей, реестр удачных решений и т.п.

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

12. В качестве результата проекта команды представляют итоговый аналитический отчет, и защищают его экспертными группами, включающими представителей организаций, предложивших проекты.

В случае если команды представляют интересные результаты, организация, предложившая задачу, может использовать эти результаты для реализации реального проекта.

Опыт реализации подобной программы был предложен преподавателями Подмоскownого региона на научной конференции в феврале 2014 года. Разработка и апробация модели подготовки руководящих кадров для инновационного развития социально-экономической сферы включила в себя ряд важных наблюдений, используя опыт которых можно было бы создать эффективную систему в Южном Подмоскownье.

На сегодняшний день имеются отдельные элементы системы подготовки управленческих кадров. Но их недостаточно для формирования сообщества руководителей в сфере политического и государственного управления, бизнеса, образования, науки, массовых коммуникаций в контексте реализации стратегических направлений социально-экономического развития России до 2020 года.

Возникает необходимость построения комплексной системы отбора, подготовки и продвижения руководящих кадров в различных сферах, обеспечивающей формирование лидерских компетенций и стратегического мышления.

Подготовка руководящих кадров должна быть основана на следующих принципах:

- Фокусировка на передовых технологических разработках и кадрах, способных работать с новыми технологиями.

- Система подготовки как часть мирового образовательного пространства: в соответствии с мировыми стандартами в высшем профессиональном образовании и тесном взаимодействии с зарубежными образовательными учреждениями.

- Максимальная мобильность в подготовке кадров (оперативная реакция на запросы рынка труда и способность формировать данный рынок).

- Эффективность системы управления качеством образования.

Таким образом, перспективы применения интегрированной технологии подготовки инновационных кадров в Южном Подмоскownье очевидны. Данная технология позволит создать уникальный проект межвузовского взаимодействия, который позволит интегрировать научный знания и практический опыт разных отраслей науки и промышленности, с целью повышения эффективности подготовки кадров для инновационной экономики.

Литература

1. Зинов В. Менеджмент инноваций: кадровое обеспечение. М.: ДЕЛО, 2012. 496 с.
2. Сапожников Г. Приоритеты партнерства: Наука-власть-бизнес // Технополис XXI, 2011. №1. С. 14-17.
3. Первушин В.А. Практика управления инновационными проектами. М.: ДЕЛО, 2010. 208 с.



ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

УДК 65.011

СОТРУДНИЧЕСТВО РОССИЙСКИХ ВУЗОВ И ПРЕДПРИЯТИЙ ОБОРОННО- ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА И ОЦЕНКА ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

Николай Михайлович Емелин

заслуженный деятель науки и техники РСФСР
доктор технических наук, профессор

заместитель директора ФГБНУ «Госметодцентр»
по научной работе

Адрес: 115998, Москва, ул. Люсиновская, д. 51
Тел.: +7(499)706-81-25

Юрий Николаевич Артамонов

кандидат технических наук

ведущий научный сотрудник
ФГБНУ «Госметодцентр»

Адрес: 115998, Москва, ул. Люсиновская, д. 51
Тел.: +7(499)706-81-25

В статье рассмотрены направления взаимодействия вузов и предприятий ОПК. Предложен метод комплексной оценки эффективности мероприятий этого взаимодействия.

The article considers directions of cooperation between universities and enterprises of military-industrial complex. Method of comprehensive assessment of the effectiveness of this cooperation is proposed.

Ключевые слова: взаимодействие, ОПК, вузы, эффективность, принцип Парето, сингулярное разложение.

Key words: cooperation, military-industrial complex, universities, efficiency, Pareto principle, singular decomposition.

В настоящее время оборонно-промышленный комплекс (ОПК) находится в стадии реформирования. Идут процессы структурной перестройки, вместе с этим актуальными проблемами остаются сокращение потенциала наукоемких производств, исчерпание созданных ранее прорывных технологий. Все это приводит к снижению качества опытно-конструкторских работ, увеличению сроков и расходов на создание новых технологий и образцов техники, снижению научно-технического уровня наукоемкой продукции и услуг, снижению их конкурентоспособности, разрушению кадрового потенциала за счет снижения престижа научных исследований. Наблюдается слабое внедрение инновационных разработок в производство, слабое взаимодействие вузовской науки и производства.

В этой связи целесообразно проведение анализа возможных направлений по расширению взаимодействия вузовской науки с предприятиями ОПК. Говоря о формах взаимодействия, при котором участвуют и вузы, и предприятия, министр образования и науки РФ Д. Ливанов (в докладе на заседании Правительства 21 августа 2013 г.), отметив их разнообразие, определил в

качестве *ключевого принципа интеграции – возникновение партнерских отношений.*

В условиях становления и развития Национальной инновационной системы России все более явной и востребованной становится инновационная функция высшего образования и роль вузов в инновационном обновлении российской промышленности, обеспечивающая расширение масштабов производства, распространение научно-технических достижений и, как следствие, значительное повышение доли наукоемких, инновационно ориентированных предприятий.

Обеспечение эффективной синергии [1] между системой образования и реальным производством сегодня относится к задачам государственного масштаба. Кооперация российских высших учебных заведений и производственных предприятий, стимулирование использования производственными предприятиями потенциала российских высших учебных заведений для развития наукоемкого производства и стимулирования инновационной деятельности в российской экономике способствует укреплению их конкурентных преимуществ, развитию иннова-

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

ционных форм предпринимательства и пользуется государственной поддержкой.

Основные задачи сотрудничества российских вузов и предприятий ОПК можно сформулировать следующим образом:

1. Разработка и организация системной интеграции научного и инновационного потенциалов российских вузов и предприятий ОПК, обеспечивающая перспективными инновациями как потребителей ОПК, так и иных потребителей РФ, в том числе за счет расширения областей применения новых инновационных решений.

2. Создание благоприятных условий (нормативно-правых, организационных и экономических), необходимых для успешного эффективного научно-инновационного сотрудничества ведущих вузов и предприятий ОПК.

3. Повышение конкурентоспособности на мировом рынке за счет расширения и удержания рыночных ниш путем разработки и вывода на рынок инновационной продукции и услуг нового поколения, внедрения в производство инновационных технологий и технических решений через развитие инновационного сотрудничества ведущих вузов и предприятий ОПК.

4. Формирование и развитие высококвалифицированной кадровой базы как ведущего фактора национальной конкурентоспособности России.

5. Обеспечение динамичного, долговременного, устойчивого развития ОПК на основе сохранения и укрепления конкурентных позиций на мировом рынке за счет эффективной совместной инновационной деятельности ведущих вузов и предприятий ОПК.

В целях организации эффективного сотрудничества российских вузов и предприятий ОПК можно выделить стратегические инициативы, ориентированные на:

I. Разработку долгосрочных отношений и стратегического взаимодействия «вуз – предприятия ОПК» по использованию потенциала вузовской науки для инновационных решений в ОПК и ее систематическая корректировка.

II. Достижение синергетического эффекта в ОПК через организацию эффективного сотрудничества российских высших учебных заведений с предприятиями ОПК.

III. Создание и обеспечение функционирования информационно-коммуникационной электронной площадки для обеспечения эффективного взаимодействия всех субъектов инновационной деятельности, заинтересованных в создании и применении инновационных решений в ОПК.

К основным мероприятиям, обеспечивающим эффективное сотрудничество российских вузов и предприятий ОПК, направленное на динамичное совершенствование научно-технического и кадрового потенциалов ОПК, развитие инновационной инфраструктуры, накопление научно-технического и технологического потенциалов, можно отнести:

1. Определение направлений совместной деятельности по созданию эффективного сотрудничества «вузов – предприятий ОПК».

2. Разработка организационно-методического обеспечения совместной инновационной деятельности вузов и предприятий ОПК.

3. Формирование нормативно-правовой базы, включающей совокупность взаимоувязанных нормативных правовых актов, стимулирующих и регламентирующих вопросы инновационного сотрудничества «вузов и предприятий ОПК».

4. Проведение организационных мероприятий по повышению конкурентоспособности кадрового потенциала ОПК.

5. Развитие системы многоуровневого непрерывного образования в инновационной сфере для ОПК и связанного с ним процесса формирования инновационной культуры в научном сообществе и предпринимательском секторе.

6. Концентрация ресурсов на эффективную инновационную совместную деятельность.

7. Создание системы мониторинга сотрудничества российских вузов и предприятий ОПК и её экспертно-аналитического обеспечения.

Для оценивания организуемого сотрудничества российских вузов и предприятий ОПК целесообразно ориентироваться на используемые в практике показатели [2, 3], характеризующие инновационную направленность программ развития по следующим направлениям:

1) показатели финансирования и результативности НИОКР: • общий бюджет инновационных проектов, реализуемых предприятием ОПК (совместно с вузами, самостоятельно); • количество договоров на НИОКР, выполняемых вузами по заказам предприятий ОПК; • общий объем финансирования НИОКР, выполняемыми вузами по заказу предприятия ОПК (в процентах к выручке, без учета бюджетных средств, используемых для проведения НИОКР); • общий объем финансирования НИОКР за счет собственных средств предприятия ОПК (в процентах к выручке, без учета бюджетных средств, используемых для проведения НИОКР); • количество инновационных проектов, реализуемых и реализованных предприятием ОПК (совместно с вузами, самостоятельно).

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

но); • количество патентов и иных нематериальных активов (свидетельств), поставленных на баланс по результатам проведенных НИОКР (всего, вузами); • количество разработанных и внедренных в производство технологий и продуктов по результатам выполненных НИОКР (всего, вузами);

2) показатели технологического лидерства:

- количество патентов, полученных за последние 3 года (всего, в отчетном году, вузами);
- количество отечественных и/или зарубежных патентов (свидетельств), полученными за последние три года, на реализацию которых заключены лицензионные соглашения (всего, в отчетном году, вузами);
- количество продуктов, защищенных патентами, полученными за последние три года;
- качество инновационного портфеля – баланс между прорывными (технологии, продукты и услуги, создающие новые рынки и новые категории продукции) и улучшающими проектами (направленными на развитие имеющихся на рынке продуктов);

3) показатели эффективности инновационной деятельности:

- процент от продаж новых продуктов (не старше трех лет) в общем объеме продаж;
- показатель эффективности внедрения – отношение объема продаж продукции, произведенной с использованием результатов НИОКР к величине расходов на их проведение;

4) показатели эффективности образовательной деятельности:

- выполнение государственного заказа на подготовку обучающихся для ОПК;
- трудоустройство выпускников по полученной специальности в ОПК;
- разработка образовательных программ по повышению квалификации и переподготовке в интересах ОПК;

5) показатели результативности корпоративной системы управления инновациями:

- количество инновационных предложений и проектов, полученных от сотрудников компании и ожидаемый потенциал их окупаемости;
- количество проектов, переходящих с одного этапа процесса разработки и выведения на рынок инновационной продукции и услуг на следующий;
- продолжительность цикла инновационного процесса или его отдельных стадий (например, время, требуемое на создание прототипа продукции или выпуска опытной партии);

6) показатели эффективности взаимодействия с внешними источниками разработок и инноваций:

- количество инновационных предложений от сторонних организаций;
- процент продаж от реализации разработок, полученных извне.

Предлагаемые показатели оценки сотрудничества российских вузов и предприятий ОПК достаточно разнородны и естественным обра-

зом приводят к вопросам многокритериальной оптимизации. Однако по большинству объектов анализа низкая результативность по одному показателю часто сочетается с достаточно высокой результативностью по другим показателям. Таким образом, возникает задача комплексной оценки результативности сотрудничества российских вузов и предприятий ОПК (а в сопоставлении с затратами на получение результата – задача оценки эффективности). Классическим аппаратом анализа многокритериальных задач является выделение в пространстве решений множеств решений оптимальных по Парето [4]. Отметим, что в различных ведомственных методиках оценки эффективности (результативности) используют два основных принципа:

- при оценке эффективности (результативности) вводится пороговое значение, и все объекты анализа делятся на две группы – эффективные, неэффективные (такой принцип используется, например, в уже рассмотренной системе оценки эффективности вузов);

- при оценке эффективности (результативности) все объекты анализа упорядочиваются по убыванию или возрастанию их эффективности, результативности.

Это позволяет проводить многокритериальную оптимизацию на двух типах критериальных функций:

- на множестве векторов $p \in R^m$, где m – количество показателей, для любого j -го объекта анализа составляющая вектора p_j равна значению показателя R_j ;

- на множестве вершин единичного m -мерного куба $p \in \{0,1\}^m$, где m – количество показателей, для любого j -го объекта анализа составляющая вектора $p_i = 1$, если по i -му показателю объект анализа является эффективным, иначе $p_i = 0$ (булева критериальная функция).

Для более детальной характеристики полученных Парето оптимальных решений наиболее часто используют сведение к задаче скалярной оптимизации, формулируя условия оптимальности через введение различных сверток критериев.

Исходя из этих предпосылок, для двух типов критериальных функций предложим метод комплексной оценки эффективности.

Вначале рассмотрим подход к проведению комплексной оценки эффективности для булевых критериальных функций: для каждого объекта анализа критериальная функция, соответствующая показателю, принимает значение 1, если данный объект эффективен, 0 – иначе. В этом случае наиболее естественным является использование метода отклонения от идеаль-

ной точки, поскольку в качестве идеальной точки можно взять вектор, все компоненты которого равны 1. В качестве метрики можно использовать:

- евклидову метрику:

$$\forall i: p_i \in \{0,1\}, \rho(z, z^\vee) = \sqrt{\sum_{i=1}^m (1-p_i)^2};$$

- расстояние Хемминга: на множестве двоичных слов длины m расстоянием между словами a, b называется число несовпадающих позиций этих слов (например, расстояние между словами $a=1111, b=1010$ равно 2).

Заметим, что за счет имеющейся специфики (все p_i – булевы переменные), евклидову метрику можно упростить к виду:

$$\rho(z, z^\vee) = \sum_{i=1}^m (1-p_i),$$

что, как легко понять, совпадает с расстоянием Хемминга. Поэтому в дальнейшем для характеристики решений можно использовать только расстояние Хемминга.

Перейдем теперь к рассмотрению комплексной оценки эффективности для критериальных функций, заданных в пространстве $p \in R^m$. Фактически задача характеристики состоит в более детальном расслоении исходного множества решений по сравнению с тем бинарным расслоением, которое предлагает Парето оптимизация. Для этого рассмотрим имеющуюся критериальную матрицу:

$$X = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nm} \end{pmatrix}.$$

Для характеристики используем сингулярное разложение матрицы

$$S = X \cdot X^T,$$

где X^T – транспонированная матрица X [5].

Поскольку в нашем случае значения каждого столбца матрицы X нормированы и лежат внутри отрезка $[0,1]$, матрица S является аналогом ковариационной матрицы. Кроме этого, поскольку матрица S симметрична и все ее элементы – действительные числа, то все ее собственные значения также являются действительными числами. В литературе [6, 7] рассматривается множество методов формирования группового решения по полному ранжированию сравниваемых объектов. Оказывается, можно доказать, что описанное ранжирование сравниваемых объектов с использованием сингулярного разло-

жения оценочной матрицы при нормировании объектов рангами совпадает с правилом Борда:

По каждому признаку p_j каждому объекту q_i выставляется балл:

$$r_i(q_i) = |\{q_l \in Q : a_{ij} < a_{lj}, l = i\}|.$$

Итоговый балл объекта q_i подсчитывается как сумма оценок по всем признакам.

Таким образом, достаточно обоснованным является следующее простое правило оценки эффективности на различных перечнях показателей:

1. Для каждого признака объекты анализа ранжируются в порядке возрастания, причем по соответствующему признаку объекту анализа присваивается балл, равный номеру объекта в отсортированной последовательности.

2. Суммарный балл объекта – это сумма его баллов по всем признакам.

Инструментом, способствующим достижению национальных стратегических целей создания эффективной инновационной системы ОПК, может служить «Дорожная карта взаимодействия российских вузов и предприятий ОПК». Совместная деятельность всех участников планируемых в дорожной карте мероприятий позволит повысить эффективность процессов выявления, оценивания, отбора и финансирования наиболее перспективных инноваций, их разработки и внедрения, будет способствовать инновационному и технологическому развитию ОПК, повышению качества подготовки квалифицированных специалистов для ОПК и конкурентоспособности предприятий ОПК.

Литература

1. Брыкин А.В. Взаимодействие предприятий ОПК, вузов, научных организаций при формировании кластеров – синергия успеха (на примере электронной промышленности). Суздаль: Материалы Второго Российского экономического конгресса, 2013.
2. Емелин Н.М., Артамонов Ю.Н. Методический подход к формированию стратегий управления деятельностью неэффективных образовательных учреждений высшего профессионального образования // Известия Института инженерной физики, 2014. №1(31). С. 98-101.
3. Макашина О.В., Чистилина М.А. Создание системы показателей эффективности деятельности высшего учебного заведения // Экономический анализ: теория и практика. 2011. №2(209).
4. Лотов А.В., Поспелова И.И. Многокритериальные задачи принятия решений: Учебное пособие. М.: МАКС Пресс, 2008.
5. Артамонов Ю.Н. Метод оценки результативности научно-технических проектов целевых программ // Известия Института инженерной физики, 2012. № 1(23). С. 78-81.
6. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. М.: Наука, 1974.
7. Миркин Б.Г., Орлов М.А. Методы многокритериальной стратификации и их экспериментальное сравнение. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2013.

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ



УДК 378:004(045)

РОЛЬ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

Анатолий Васильевич Золотарюк

кандидат технических наук, доцент

профессор кафедры

«Информационные технологии»

ФГОБУ ВПО «Финансовый университет

при Правительстве Российской Федерации»

Адрес: 125993, Москва, Ленинградский пр-т, д. 49

Тел.: +7(499)277-21-37 E-mail: AZolotaryuk@fa.ru

Анна Иосифовна Кижнер

кандидат экономических наук, доцент

доцент кафедры

«Информатика и программирование»

ФГОБУ ВПО «Финансовый университет

при Правительстве Российской Федерации»

Адрес: 125993, Москва, Ленинградский пр-т, д. 49

Тел. +7(499)277-21-37 E-mail: AKijner@fa.ru

Татьяна Леонидовна Фомичева

кандидат экономических наук, доцент

доцент кафедры «Информационные технологии»

ФГОБУ ВПО «Финансовый университет

при Правительстве Российской Федерации»

Адрес: 125993, Москва, Ленинградский пр-т, д. 49

Тел. +7(499)277-21-37 TFomicheva@fa.ru

Интеграция российской системы образования в глобальную образовательную среду, наряду с положительными моментами, обнажила ряд проблем. В статье, развивая опыт отечественных и зарубежных исследователей, на примере Финансового университета, оценивается целесообразность и эффективность применения облачных сервисов в учебном процессе для формирования профессиональных информационно-технологических компетенций – при проведении внеаудиторной работы и обучении студентов в зарубежных университетах-партнерах по программам «двойного диплома».

Integration of the Russian system of education in the global learning environment, along with the positive aspects, has exposed a number of problems. In this article, while developing the experience of domestic and foreign researchers, with the Financial University as an example, assessed the feasibility and effectiveness of cloud services in the educational process for the formation of professional information technology competencies - during extracurricular activities and the training of students in foreign universities partner program «double degree».

Ключевые слова: реформирование системы образования, проблемы образовательного процесса, облачные среды и технологии, информационно-технологические компетенции, эффективность применения облачных технологий в образовании.

Key words: education reform, the problems of the educational process, cloud environments and technology, information technology competences, the effectiveness of cloud technologies in education.

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Необходимость соответствия глобальным экономическим процессам обусловили проведение реформы российской системы образования, ориентацию на активное и повсеместное использование в учебной и научно-исследовательской деятельности инновационных средств и технологий, способствующих формированию у обучаемых высокого уровня информационно-технологических компетенций, позволяющих выпускникам вузов качественно планировать, разрабатывать и реализовывать сложные профессионально-ориентированные проекты – как самостоятельно, так и в коллективе специалистов.

В результате реформирования российская система образования приобрела транснациональные черты унифицированной структуры, направленной на формирование единого подхода к обучению, гармонизацию и стандартизацию учебного процесса на всех этапах многоуровневой образовательной цепочки. Появилась возможность оперативного динамического реагирования вузов на постоянно изменяющиеся потребности экономики в молодых профессионалах того или иного профиля, что является особенно важным в условиях рынка и существенного снижения объемов государственного финансирования. Акцентируется внимание на усилении роли внеаудиторной самостоятельной работы студентов, направленной не только на закрепление изученного во время плановых учебных занятий материала. В значительно большей степени – на проведение творческой научно-исследовательской работы, ориентированной на развитие профессиональных компетенций, поиск инновационных решений актуальных прикладных задач, использование современных математических методов и моделей, возможностей информационных комплексов, систем и технологий в соответствующей предметной области. Прежде всего, уделяется внимание [1, 2, 3]:

1) освоению интеллектуальных технологий решения трудно-формализуемых задач, извлечения из массивов информации новых, ранее не известных знаний (Data Mining), выполнения нейросетевого прогнозирования бизнес-процессов;

2) оперативной аналитической обработке баз и многомерных хранилищ данных (OLAP-технологии, On-line Analytical Processing);

3) имитационному моделированию хозяйственной деятельности на основе движения денежных потоков (Cash Flow);

4) усвоению методологических основ менеджмента – принципов построения корпоративных систем управления эффективностью бизнеса (BPM-системы, Business Performance

Management), управления взаимоотношениями с клиентами (CRM-системы, Customer Relationship Management) и управления ресурсами и внешними отношениями предприятия (ERP-системы, Enterprise Resource and Relationship Processing).

С целью адаптации в мировое образовательное сообщество российские вузы все чаще вступают в партнерские отношения с известными зарубежными университетами. Осуществляется межвузовский обмен профессорско-преподавательским составом, что способствует учебно-методическому и научно-исследовательскому взаимообогащению. Согласовываются учебные планы и программы, что служит необходимым условием взаимопризнания дипломов, полученных в вузах разных стран. Реализуется совместная подготовка обучаемых, когда студенты, кроме родного учебного заведения, несколько семестров обучаются в партнерском университете, а по окончании учебы получают два диплома.

Финансовый университет на протяжении многих лет активно сотрудничает по различным направлениям с ведущими университетами мира. Достигнут определенный опыт, в том числе по обучению студентов по программам «двойного диплома»: за последние 10 лет более 300 человек стали обладателями двух дипломов – Финансового университета и зарубежного университета-партнера [4].

Несмотря на согласование учебных планов и программ, обучение по программам «двойного диплома» создает ряд проблем:

- находясь в заграничном вузе, студенты не могут выполнять работы по дисциплинам, имеющим российскую специфику;

- затруднено освоение студентами информационно-технологических компетенций работы с отечественными программными пакетами и системами;

- для преподавателей, оставшихся в России, до минимума сведена возможность общения со студентами и практически исключен контроль со стороны отечественных педагогов за ходом обучения и проведения научных исследований.

К указанным проблемам добавляются «свои». Объемность задач, выносимых на внеаудиторную работу, делает затруднительным ее контроль и управление со стороны преподавателя. Кроме того, далеко не всегда удастся обеспечить студентов необходимыми информационно-технологическими ресурсами, специализированными программами и пакетами, если они по каким-то причинам при выполнении самостоятельной работы не могут воспользоваться лабораторной базой вуза [5, 6].

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Предлагается для решения указанных проблем использовать возможности облачных сред и технологий и коммуникативные Интернет-ресурсы, обеспечивая:

- дистанционное руководство внеаудиторной и научно-исследовательской работой студентов путем использования электронных средств общения для обсуждения и консультирования по актуальным и проблемным вопросам;

- для студентов, обучающихся в университетах-партнерах, параллельное, под непрерывным преподавательским контролем, удаленное изучение дисциплин, не входящих в согласованный перечень предметов взаимозачета.

Поддержка различных аспектов научно-образовательного процесса может осуществляться с использованием сервисных возможностей многофункционального образовательного портала кафедры информационных технологий Финансового университета <http://fa-kit.ru> (© Чистов Д.В., Шуремов Е.Л.) [7, 8]. Портал выполняет многогранные функции, представляя собой публичный, динамически развивающийся облачный сервис. Здесь можно найти информационно-справочные, учебно-методические, научные, информативно-познавательные и иные материалы по различным дисциплинам, читаемых кафедрой, презентации лекций, описание практических и лабораторных заданий и рекомендации по их выполнению. Реализована возможность самопроверки студентами своих компетенций, теоретических знаний, практических навыков и умений, а также размещение студентами отчетов о выполненных работах, – как для проверки преподавателем, так и для организации публичного обсуждения на форуме. Преподаватель, используя простые, не затратные по времени оригинальные средства, самостоятельно формирует виртуальную учебно-методическую среду по читаемой дисциплине, размещая и оперативно обновляя необходимые материалы. Через портал он может проводить удаленное консультирование студентов, выполнять контрольное тематическое тестирование по теоретическим и практическим вопросам дисциплины. На основе статистики обращений студентов к информационным ресурсам портала можно оценить систематику и качество самостоятельной работы обучаемых. Студенты, где бы они не находились, могут использовать кафедральный портал как облачный сервис.

Непосредственное общение преподавателя со студентами может осуществляться по электронной почте, посредством сервиса Skype, а в особо важных случаях – с помощью видеоконференций.

Для поддержки практических занятий планируется использовать корпоративное «университетское облако», через которое можно будет получить доступ к требуемому специальному программному обеспечению. Например, в случае дисциплины «Профессиональные компьютерные программы» для студентов, обучающихся по направлению 080100.62 «Экономика», – программной платформе «1С: Предприятие 8» и конфигурациям соответствующих прикладных решений (© Фирма «1С»), автоматизированной банковской системе «Управление кредитной организацией» (© Компания «Бизнес ИТ»), программе инвестиционного моделирования хозяйственной деятельности Project Expert (© Компания Expert Systems), аналитической платформе Contour BI (© Компания Contour Components), пакету интеллектуальной обработки данных Deductor Studio (© Компания BaseGroup) и др.

Следовательно, модель формирования профессиональных информационно-технологических компетенций с использованием облачных сервисов на примере подготовки экономистов имеет реальные очертания. Имеющаяся практика подтверждает данное заключение о целесообразности применения облачных сервисов в учебном процессе [9, 10, 11, 12].

Тезис эффективности требует дополнительного обоснования, поскольку не все потенциальные преимущества применения облачных технологий (эластичность, упрощение управление ИТ-системами по развертыванию и поддержке программного обеспечения и технических средств, включая сетевое оборудование) могут быть определяющими в условиях вуза.

Бесспорно, облачные сервисы удобны, так как они обеспечивают возможность удаленной работы с профессионально-ориентированными пакетами корпоративного облака. Но являются ли они эффективными по сравнению с применением локальных информационно-вычислительных ресурсов?

По мнению ряда отечественных и зарубежных исследователей, включая участников международной конференции «Hot Cloud 2011» (Портленд, США), эффективность внедрения и функционирования облачных сред зависит от множества факторов [13, 14, 15]:

- интенсивности рабочих потоков;
- количества одновременно используемых и планируемых к применению в будущем приложений;
- стоимости лицензирования используемого программного обеспечения;
- потребностей в объемах хранения информации.

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Моделируя многоуровневую рабочую нагрузку, ученые Пенсильванского университета (США) оценили стоимость функционирования рабочих потоков на протяжении десяти лет при использовании различных видов программно-аппаратных сред – локальных, облачных (Amazon EC2 / Microsoft Azure) и гибридных. Исследования проводились в предположении о необходимости обновления локального оборудования и программных приложений раз в четыре года и увеличения мощности серверов для обслуживания рабочих потоков на основе закона Мура. Анализировались различные виды программного обеспечения – открытое, лицензионное, коммерческое, научное, с необходимостью обработки больших и малых массивов исходных данных. Использовались облачные службы IaaS (инфраструктура как услуга) и SaaS (программное обеспечение как услуга) с разными объемами нагрузки – возрастающей, снижающейся, равномерной и пиковой. Обобщенные результаты исследований представлены в *таблице 1*.

Таблица 1

Эффективность программно-аппаратных сред в зависимости от рабочей нагрузки

Рабочая нагрузка, транзакций/сек	Локальные сервисы	Облачные сервисы
До 20	Неэффективны	Эффективны (в 10 раз)
100-200	Эффективны при больших сроках обновления приложений	Эффективны при обновлении приложений через 2-3 года
Более 900	Эффективны (в 10 раз)	Неэффективны
Гибридные сервисы		Эффективны при пиковых нагрузках

Вторым важным фактором сравнения различных сред обработки информации является стоимость хранилища данных. Локальное размещение требует значительных первоначальных затрат, которые, впрочем, через 2-3 года выравниваются с расходами на облачное хранение, а с начала 5 года становятся меньше облачных затрат.

Распространяя приведенные оценки исследований ученых на образовательные учреждения, заметим, что учебный процесс в вузах достаточно стабилен, так как учебные планы и ра-

бочие программы базируются на долгосрочных государственных образовательных стандартах подготовки бакалавров и магистров различных направлений и профилей. Темпы роста обращений к облачным ресурсам после выхода в режим стабильного их использования не представляются слишком большими: они никак не будут экспоненциальными в соответствии с законом Мура. Расчетная стоимость облачных услуг со временем, как подтверждает практика, будет оставаться стабильной, в крайнем случае, возможны незначительные колебания. Поэтому применение облачных технологий в вузах представляется достаточно эффективным и в экономическом плане, а для крупных университетов с разветвленной территориально-распределенной сетью факультетов и филиалов – и вовсе необходимо.

Таким образом, активное внедрение в учебный процесс облачных сервисов является велением времени глобализации образовательной сферы. Этим будет достигнут не только экономический эффект, что важно в нынешних условиях сокращения бюджетного финансирования образования. Будет обеспечено более высокое качество формирования профессиональных информационно-технологических компетенций бакалавров и магистров различных направлений и профилей, в результате чего повысится конкурентоспособность выпускников на российском и международном рынках труда, поднимется рейтинг российских вузов.

Литература

1. Заложнев А.Ю., Чистов Д.В., Шуремов Е.Л. Применение аналитических методик в информационных системах маркетинга и CRM-системах // Инновационные технологии в финансово-экономической сфере: прошлое, настоящее, будущее: Материалы международной научной конференции / Под ред. О.В. Голосова, Д.В. Чистова. М.: ООО «1С-Пабблишинг», 2013. С. 102-112.
2. Золотарюк А.В. Управление взаимоотношениями с клиентами (CRM-системы) // Методика применения современных информационных технологий при подготовке бакалавров экономики: Материалы круглого стола 15 декабря 2010 г. М.: Финансовый университет, кафедра «Информационные технологии», 2011. С. 92-101.
3. Чистов Д.В., Гобарева Я.Л., Золотарюк А.В., Кочанова Е.Р. и др. Автоматизация деятельности кредитной организации на платформе «1С: Предприятие 8» / Под общ. ред. Д.В. Чистова. М.: ООО «1С-Пабблишинг», 2012. 436 с.
4. Золотарюк А.В. Облачные технологии как фактор разрешения проблем глобализации образования // Инновационные технологии в финансово-экономической сфере: прошлое, настоящее, будущее: Материалы международной научной конференции /

Под ред. О.В. Голосова, Д.В. Чистова. М.: ООО «ИС-Паблишинг», 2013. С. 68-73.

5. Золотарюк А.В. Проблемы образовательного процесса и их разрешение // Новые информационные технологии в образовании (НИТО-Байкал): Материалы международной научно-практической конференции 12-14 июля 2010 г. Улан-Удэ: Изд-во БГСА, 2010. С. 58-59.

6. Золотарюк А.В. Облачные сервисы как средство повышения результативности самостоятельной работы студентов // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов 14-й международной научно-практической конференции «Применение технологий «ИС» для повышения эффективности деятельности организаций образования» 28-29 января 2014 г. Ч. 1. М.: ООО «ИС-Паблишинг», 2014. С. 494-497.

7. Гобарева Я.Л., Городецкая О.Ю., Золотарюк А.В. Инновационные Интернет-технологии в образовательном процессе кафедры // II Всероссийская научно-практическая конференция «Информационные технологии в образовании XXI века (ИТО-XXI)»: Сборник научных трудов. Т. 2. М.: НИЯУ МИФИ, 2012. С. 235-238.

8. Гобарева Я.Л., Городецкая О.Ю., Золотарюк А.В., Кочанова Е.Р. Многофункциональный образовательный портал в инновационной системе обучения и развития компетенций // Информационные технологии в образовании и науке: Материалы международной научно-практической конференции «ИТО-Самара-2011». Самара-М.: Изд-во МГПУ, 2011. С. 393-394.

9. Андреев И.А., Гладштейн И.А., Чистов Д.В. О реализации пилотного проекта по использованию облачных сервисов в процессе обучения // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов 14-й международной научно-практической конференции «Применение технологий «ИС» для повышения эффективности деятельности организаций образования» 28-29 января 2014 г. Ч. 1. М.: ООО «ИС-Паблишинг», 2014. С. 26-30.

10. Гобарева Я.Л., Кочанова Е.Р., Медведева М.Б. Возможности облачных технологий для бизнеса и в сфере образовательных услуг // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов 14-й международной научно-практической конференции «Применение технологий «ИС» для по-

вышения эффективности деятельности организаций образования» 28-29 января 2014 г. Ч. 1. М.: ООО «ИС-Паблишинг», 2014. С. 484-488.

11. Чистов Д.В. Методические и практические аспекты использования «ИС: Бухгалтерии» в режиме облачных вычислений. // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов 12-й международной научно-практической конференции «Формирование новой информационной среды образовательного учреждения с использованием технологий «ИС» 31 января – 1 февраля 2012 г. / Под общ. ред. Д.В. Чистова. Ч. 1. М.: ООО «ИС-Паблишинг», 2012. С. 19-22.

12. Чистов Д.В. Существующие возможности и перспективы использования облачных решений «ИС» в учебном процессе при подготовке экономистов // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов 13-й международной научно-практической конференции «Технологии «ИС» для эффективного обучения и подготовки кадров в целях повышения производительности труда» 29-30 января 2013 г. / Под общ. ред. Д.В. Чистова. Ч. 1. М.: ООО «ИС-Паблишинг», 2013. С. 804-810.

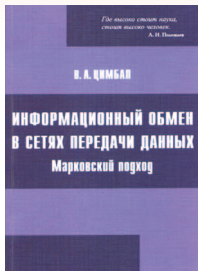
13. Демин И.С. Облачные технологии в экономическом образовании // Инновационные технологии в финансово-экономической сфере: прошлое, настоящее, будущее: Материалы международной научной конференции / Под ред. О.В. Голосова, Д.В. Чистова. М.: ООО «ИС-Паблишинг», 2013. С. 270-273.

14. Дериева Е. «Облачные» сервисы удобны. А выгодны ли? URL: http://ko.com.ua/oblachnye_servisy_udobny_a_vygodny_56995 (дата обращения 30.10.2013).

15. Заложнев А.Ю., Чистов Д.В., Шуремов Е.Л. Оптимизации цен и объемов предоставления облачных услуг в модели SaaS // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов 14-й международной научно-практической конференции «Применение технологий «ИС» для повышения эффективности деятельности организаций образования» 28-29 января 2014 г. Ч. 1. М.: ООО «ИС-Паблишинг», 2014. С. 321-327.

16. Золотарюк А.В., Фомичева Т.Л., Кижнер А.И. Модели взаимодействия преподавателей и студентов при реализации различных форм учебной деятельности // Известия Института инженерной физики, 2014. №4(34). С. 47-50.

НОВИНКИ НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ



Цимбал В.А.

Информационный обмен в сетях передачи данных. Марковский подход: монография. М.: Вузовская книга, 2014. 144 с: ил. ISBN 978-5-9502-0516-3

Рецензенты:

заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор В.И. Злобин; заслуженный работник высшей школы РФ, доктор технических наук, профессор В.П. Пашинцев

В издательстве «Вузовская книга» вышла монография заслуженного деятеля науки РФ, доктора технических наук, профессора Владимира Анатольевича Цимбала «Информационный обмен в сетях передачи данных. Марковский подход».

Одной из важных составляющих телекоммуникационных систем, определяющих качество предоставляемых ими пользователю услуг, является своевременность (оперативность) информационного обмена. Как правило, она оценивается временными и вероятностно-временными характеристиками (ВХ и ВВХ) доведения сообщений. Нахождение данных характеристик в аналитическом виде в монографии выполнено на базе математического аппарата конечных марковских цепей (КМЦ). При этом автор обобщил существующий методический аппарат КМЦ на случай разных по длине шагов перехода, что позволило корректно описать информационный обмен сообщениями в сети передачи данных (СПД) с протоколом Х.25 для случая

«точка-многоточка» при разной длине пакета и квитанции. Кроме того, на этой базе автор разработал теоретические основы для оценивания чувствительности КМЦ, что позволило ему решить задачу параметрического синтеза СПД с заданной своевременностью информационного обмена. Также автор впервые ввел понятие «параллельные конечные марковские цепи» для описания одновременно протекающих процессов в иерархических СПД. Монография содержит конкретные примеры как анализа ВХ и ВВХ иерархических радиально-узловых сетей, так и синтеза параметров данных сетей, обеспечивающих требуемую своевременность информационного обмена.

Материал монографии является методической основой для анализа информационного обмена во многих СПД, построенных, например, на стеке протоколов ТСП/IP. Основные научные результаты монографии реализованы в ОАО «Концерн «Созвездие» (г. Воронеж), в ФГУП «Калужский НИИ телемеханических устройств» (г. Калуга), в 4 ЦНИИ МО РФ, в в/ч 08310.

Монография будет полезной для научных работников, преподавателей, слушателей и курсантов военных вузов, изучающих дисциплины, непосредственно связанные с построением инфотелекоммуникационных систем, а также разработчикам конкретных систем и сетей передачи данных.

С.Н. Шиманов, доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора МОУ «ИИФ» по АСУ и связи – главный конструктор



Об авторе:

Цимбал Владимир Анатольевич – заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор по кафедре «Автоматизированные системы управления» филиала Военной академии РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов, Московской области), ведущий научный сотрудник управления АСУ и связи Межрегионального общественного учреждения «Институт инженерной физики» (г. Серпухов).

В 1974 году окончил Ленинградскую военную инженерную Краснознаменную академию (ЛВИКА) им. А.Ф. Можайского по специальности «Автоматизированные системы управления и связь». Проходил службу в РВСН на инженер-

ных должностях. В 1981 году после окончания адъюнктуры при ЛВИКА им. А.Ф. Можайского и защиты кандидатской диссертации был назначен преподавателем в Серпуховское высшее военное командно-инженерное училище ракетных войск им. Ленинского комсомола. До увольнения в запас 16 лет руководил кафедрой «Автоматизированные системы боевого управления». Полковник запаса. Автор более 350 научных и учебно-методических трудов, из них 45 изобретений. Подготовил 3 докторов и 40 кандидатов технических наук. Действительный член Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова. Действительный член Академии информатизации образования. Почетный член РНТОРЭС им. А.С. Попова. Член экспертного совета ВАК. Область научных интересов – анализ и синтез инфокоммуникационных систем с заданным качеством функционирования.



AUTHORS

Temir H. Ahmedov. Cand.Tech.Sci., senior scientist. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Oleg N. Andruh. Cand.Tech.Sci., docent. General director Deputy. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Yuriy N. Artamonov. Cand.Tech.Sci. Lead scientist. Federal state scientific institution «Gosmetodcentr». Moscow, Lusinovskaya st., 51.

Oleg S. Assur. Postgraduate student. National research university «MPEI». Moscow, Krasnokazarmennaya st. 14.

Alexander V. Belopol. Associate professor. Deputy director. State University of mechanical engineering. Moscow reg., Serpukhov, Oktiabrskaya st., 21.

Igor A. Bugakov. Dr.Sci.Tech., professor. Honoured devisor of Russia. Vice-President of Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Artem G. Bukin. Cand.Tech.Sci. Lead scientist. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Maya K. Chaduneli. Chair of Department. The branch of Moscow state university of mechanical engineering. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Olga Y. Chechevatova. Candidate of medical sciences. All-Russian research center of standardization information and certification of raw, materials and substances. Moscow. Nakhimovskiy av., 31-2.

Nikolay M. Emelin. Honoured scientist of RSFSR, Dr.Sci.Tech., professor. Federal state scientific institution "Gosmetodcentr". Moscow, Lusinovskaya st., 51.

Sergey M. Eloyan. Cand.Tech.Sci., docent. The Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Gennady F. Filaretov. Dr.Sci.Tech., professor. National Research University «MPEI». Moscow, Krasnokazarmennaya st. 14.

Tatiana L. Fomicheva. Candidate of economic sciences, docent. Financial University under the Government of the Russian Federation. Moscow, Leningradskiy av., 49.

Sergey V. Frankov. Postgraduate student. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Sergry V. Ivanushkin. Doctor of military sciences. Vice-President of Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Oleg V. Kemaev. Cand.Tech.Sci., senior scientist. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Anna I. Kinzher. Candidate of economic sciences, docent. Financial University under the Government of the Russian Federation. Moscow, Leningradskiy av., 49.

Alexey A. Korobkov. Cand.Tech.Sci., associate professor. Senior scientist. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Lioudmila N. Kosareva. Cand.Tech.Sci., docent. The Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Alexander P. Kovalenko. Graduate student. Institute of

Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Isa A. Magomedov. Cand.Tech.Sci. Associate professor. Dagestan state technical university. Republic of Dagestan, Makhachkala, Imama Shamilia av., 70.

Sergey V. Pogreban. Ministry of Defence of the Russian Federation.

Victor A. Prasolov. Cand.Tech.Sci. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Victor V. Red'kin. Cand.Tech.Sci., Senior scientist. Institute of Engineering Physics. Bolshoy Udarny I., 1a.

Alexander P. Repiakh. The Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Dmitriy A. Rzhavskiy. General staff of the Armed Forces of the Russian Federation.

Tatiana S. Romanishina. Ph.D., Associate Professor of chair "Information technology in the economy and management", Moscow Aviation Institute.

Sergey A. Savochkin. Ministry of Defence of the Russian Federation.

Igor A. Sheremet. Dr.Sci.Tech, professor. Military-Industrial Commission of Russia. Moscow.

Sergey N. Shimanov. Dr.Sci.Tech., professor. Deputy of general director. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Anna S. Sidorova. Jr. scientist. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Pavel. A. Susakin. Engineer. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Semion V. Sukhanov. Graduate student. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Alexey N. Tzar'kov. Honoured scientist of Russia, Dr.Sci. Tech., professor. President of Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Vasily Y. Toiskin. Cand.Tech.Sci. Lecturer. The Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Vladimir A. Tsimbal. Honoured scientist of Russia, Dr.Sci.Tech., professor. Head scientist at Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Irina A. Yakimova. Lecturer. The Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Mikhail S. Zakatin. Cand.Tech.Sci. Deputy of department. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Sergey I. Zakatin. Cand.Tech.Sci. Senior scientist. Deputy of general director. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny I., 1a.

Sergey S. Zakatin. Cand.Tech.Sci. Senior lecturer. The Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Anatoly V. Zolotaryuk. Cand.Tech.Sci, Associate professor. Financial University under the Government of the Russian Federation. Moscow, Leningradskiy av., 49.

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ!



11 апреля Президенту МОУ «Институт инженерной физики», заслуженному деятелю науки РФ, доктору технических наук, профессору Алексею Николаевичу Царькову исполнилось 60 лет.

Профессионализм, талант этого выдающегося ученого, настоящего русского офицера, его душевная щедрость, доброта, честность снискали уважение и авторитет коллег, партнеров, руководителей министерств и ведомств. Он руководитель большого коллектива (более 700 человек), заботливый семьянин, любящий муж, отец, дедушка.

Алексей Николаевич – офицер-ракетчик, прошел путь от курсанта до полковника. Он выпускник факультета «Физико-энергетические установки» 1977 года СВВКУ имени Ленинского комсомола. Проходил службу на космодроме «Байконур», в Серпуховском училище в должностях курсового офицера, преподавателя, начальника НИО, заместителя начальника СВ И РВ по учебной и научной работе. В 1985 году защитил кандидатскую диссертацию, в 1995 – докторскую, в том же году ему присвоено ученое звание «профессор». В 2003 году Указом Президента РФ Алексею Николаевичу присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

Алексей Николаевич – выдающийся ученый, опубликовавший более 300 научных трудов, он автор более 70 патентов на изобретения, полезные модели, промышленные образцы. Им подготовлены 5 докторов и 16 кандидатов наук. Он действительный член Академии изучения проблем национальной безопасности, Академии военных наук, Академии информатизации образования, член рабочих групп Совета Военно-промышленной комиссии при Правительстве РФ.

Родина высоко оценила ратную и трудовую деятельность А.Н. Царькова. Он награжден орденом «За военные заслуги», 13 медалями, знаком Губернатора Московской области «За труды и усердие», медалью ФСТЭК России «За укрепление государственной системы защиты информации» I степени, знаком отличия «За заслуги перед городом Серпуховом», медалью «За заслуги в предпринимательстве», Знаком мини-

стра обороны РФ «За заслуги в области развития и внедрения инновационных технологий», медалью «За инновации и развитие», почетным знаком Роспатента «Во благо России».

В связи с 60-летним юбилеем Алексей Николаевич удостоен ряда высоких наград.

За отличия в выполнении трудовых обязанностей, продолжительную и безупречную работу А.Н. Царьков награжден министром обороны генералом армии С.К. Шойгу медалью МО РФ «За трудовую доблесть».



За многолетний добросовестный труд, значительные успехи в профессиональной деятельности, большой личный вклад в развитие сотрудничества с организациями атомной отрасли генеральный директор «Росатома» С.В. Кириенко награждает А.Н. Царькова Знаком отличия Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» «За вклад в развитие атомной отрасли» второй степени.

Руководитель Федерального космического агентства (Роскосмос) И.А. Комаров награждает А.Н. Царькова «За личный творческий вклад в реализацию космических программ и проектов» Знаком Циолковского – высшей ведомственной наградой Роскосмоса.



А.Н. Царьков награжден грамотой и памятной медалью от командующего ВДВ, генерал-полковника Героя России В.А. Шаманова.

«За укрепление обороноспособности страны, личный вклад в развитие военной науки, верную службу России, активное участие в ветеранском движении Вооруженных сил РФ» А.Н. Царьков награжден грамотой от депутата Государственной думы, председателя Российского союза ветеранов, генерала армии М.А. Моисеева.

Примите, уважаемый Алексей Николаевич, самые искренние пожелания крепкого здоровья и семейного счастья, силы духа и терпения, неиссякаемой энергии, новых успехов и свершений во благо науки и нашего Отечества – великой России!

Коллектив
МОУ «Институт инженерной физики»

ТРЕБОВАНИЯ К АВТОРАМ СТАТЕЙ

Для публикации принимаются статьи на русском языке. Рекомендуемый объем статьи – 0,2–0,4 п.л. (8000–16000 знаков).

Тексты должны быть представлены:

○ в электронном виде (Win Word 6.0 или 7.0).
Иллюстративный материал (сложные формулы, рисунки, фотографии и т.д.) кроме размещения в тексте обязательно должны предоставляться отдельными файлами!

○ на бумажном носителе формата А4.

Текст статьи должен быть набран через 1,5 интервала (гарнитура «Times New Roman»), кегль 14.

Простые символы и формулы не набирать в математическом редакторе!

Напечатанный текст должен иметь поля: верхнее и левое – 2,5 см, правое и нижнее – 2 см.

Вверху первой страницы статьи размещаются:

- рубрика журнала (см. Приложение 1);
- УДК;
- название статьи;
- имя, отчество, фамилия автора (авторов), ученая степень, ученое звание, должность и место работы.

Список литературы (Литература) размещается в конце статьи.

После литературы помещается:

- список ключевых слов;
- краткая аннотация (1–2 абзаца, но не более одного листа А4) на русском и английском языках.

Завершает рукопись полная информация об авторе (авторах):

- ФИО;
- ученая степень, ученое звание, должность и место работы с переводом на английский язык;
- адрес места работы, контактные телефоны, электронный адрес (по желанию автора – домашний адрес и телефон).

Обращаем особое внимание на:

○ точность и правильность библиографического оформления списка литературы (в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008);

- выверенность статьи в компьютерном наборе;
- полное соответствие файла на электронном носителе (диске, дискете) и бумажного варианта. Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей, при этом с точки зрения научного содержания авторский вариант сохраняется.

Статьи, не принятые к публикации, не возвращаются.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается!

Приложение 1

РУБРИКАЦИЯ ЖУРНАЛА

«Известия Института инженерной физики»

Постоянные рубрики

- **Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы.**
- **Радиотехника и связь.**
- **Информатика, вычислительная техника и управление.**

Разовые рубрики

- **Техника специального назначения.**
- **Инновационные проекты.**
- **Техническое регулирование.**
- **Профессиональное образование.**
- **Искусственный интеллект и робототехника.**
- **Новинки научной литературы.**

В соответствии с Решением Межведомственной комиссии РФ по защите государственной тайны №69 от 26 февраля 2001 г., требованиями законов №5485-1 «О государственной тайне» от 21 июля 1993 г., №149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и защите информации» от 27 июля 2006 г. статьи для публикации принимаются только при наличии экспертного заключения с разрешением на открытое опубликование.