№ 2 [32]
2014
научно-технический журнал

Известия
ИНСТИТУТА ИНЖЕНЕРНОЙ ФИЗИКИ



27 апреля – день основания Института инженерной физики

СЛОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ ЭФФЕКТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Межрегиональное общественное учреждение
“Институт инженерной физики”
(научное, образовательное и производственное учреждение)

В НОМЕРЕ

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

2 **С.В. Суханов, А.П. Коваленко, И.А. Игнатенко.** Сравнительный анализ конструкций кремниевых физически неклонируемых функций

6 **В.Г. Грибунин, П.Е. Стародубцев, Д.А. Токарев.** Решения по перехвату и чтению информации, передаваемой по сетевым протоколам, защищенным SSL

11 **Б.В. Хлопов, А.Ю. Митягин, М.В. Фесенко.** Исследование возможности применения косвенного метода контроля для оценки качества экстренного уничтожения информации с полупроводниковых носителей на основе микросхем с энергонезависимой памятью (флеш-памятью)

ИНФОРМАЦИОННО–РАСЧЕТНЫЕ СИСТЕМЫ

19 **О.П. Кузнецов, Н.Ю. Новиков, С.Е. Чернышёв, Е.В. Осинцева, О.А. Аплекаев, С.В. Иванушкин.** Концептуальные основы построения базы знаний о стандартных образцах состава и свойств веществ и материалов как основы информационно-аналитической системы

23 **О.П. Кузнецов, Н.Ю. Новиков, И.И. Жуков, М.В. Летуновский, А.Н. Синев.** Информационно-аналитическая система моделирования свето-темновой обстановки в регионах Российской Федерации для различных сценариев исчисления времени

28 **С.Е. Чернышёв, О.П. Кузнецов, Н.Ю. Новиков, Д.В. Буров, О.Л. Подлесный, А.Н. Фуров.** Организационно-технические и правовые проблемы контроля программного обеспечения средств измерений количества энергетических ресурсов для достоверного приборного учета

ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

33 **В.В. Зеленевский, Ю.В. Зеленевский, А.М. Вальваков, Е.В.Шмырин, К.В. Савельев.** Имитационное моделирование оптимальных недвоичных декодеров

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

39 **Л.Н. Соловьёва.** Виртуальная реальность как феномен современного информационного общества

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

43 **И.А. Бугаков.** Нейрофилософия как философия нейронауки

СИСТЕМЫ СВЯЗИ

46 **А.В. Гусев.** Метод помехоустойчивого кодирования информации каналов передачи данных телеизмерительных информационных систем с исправлением ошибок в двух байтах информации

52 **А.И. Куприянов, В.И. Злобин.** 110 лет радиоэлектронной борьбы: история, современность и перспективы

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

57 **Д.Е. Сорокин.** Тестово-кодовый метод обнаружения и коррекции ошибок статических оперативных запоминающих устройств

НАВИГАЦИЯ

61 **А.В. Шолохов, Р.Н. Садеков.** Обоснование допусков в задачах комплексной обработки информации автомобильных навигационных систем и цифровых карт дорог

МЕХАНИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

66 **Г.П. Белов.** Физические соотношения для сплошных сред и конструкционных материалов с различной степенью анизотропии

73 **В.А. Копнов, Г.П. Белов.** Оценка прочности композиционных материалов и других сред с различными видами анизотропии

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

81 **О.Н. Андрух, А.С. Сидорова, М.К. Чадунели.** Объекты технического регулирования

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

85 **И.А. Бугаков, А.Н. Царьков.** Интегрированная система непрерывного образования: направления интеграции и технология реализации

89 **А.В. Шаранов, А.А. Савочкин.** Подготовка новых военно-инженерных кадров для современной Российской армии

ПОДГОТОВКА КАДРОВ

93 **В.О. Мелихов.** Метод оптимального формирования тематики исследований для обеспечения подготовки научных кадров по приоритетным направлениям

97 **Н.М. Емелин, Е.Д. Володина.** Модель роста инновационных компетенций студентов в процессе международной академической мобильности

Научно-технический журнал

ИЗВЕСТИЯ
Института инженерной физики

№2(32)2014

Издается с апреля 2006 г. Выходит ежеквартально

Решением Президиума ВАК включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий»

Главный редактор

Алексей Николаевич Царьков
заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор

Заместитель главного редактора

Роман Леонидович Мусатов
кандидат технических наук

Редакционная коллегия

Евгений Михайлович Ананьев
кандидат технических наук

Олег Николаевич Андрух
кандидат технических наук, доцент

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
доктор технических наук

Владимир Иванович Злобин
заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор

Сергей Васильевич Иванушкин
доктор военных наук, доцент

Николай Николаевич Казаков
член Союза писателей России

Валерий Геннадьевич Маслов
кандидат технических наук

Борис Петрович Смирнов
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

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 в 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 21.04.2014. Дата выхода в свет 23.04.2014. Тираж 2000 экз. Цена свободная.
© Межрегиональное общественное учреждение «Институт инженерной физики» (ИИФ), 2014

научно-технический журнал
Известия
ИНСТИТУТА ИНЖЕНЕРНОЙ ФИЗИКИ
№ 2 (32)
2014

Редакционный совет

Александр Иванович Аспидов
доктор технических наук, профессор
Заместитель директора Нижегородского филиала Московского гуманитарного экономического института по научной работе

Валерий Петрович Баранов
генерал–полковник
доктор исторических наук, профессор

Андрей Витальевич Богословский
доктор технических наук, профессор
Заместитель начальника Тамбовского высшего военного авиационного инженерного училища радиоэлектроники по УНР

Борис Федорович Безродный
доктор технических наук, профессор
Главный инженер проектного конструкторско–технологического бюро – филиал ОАО «РЖД»

Ярослав Андреевич Ваграменко
доктор технических наук, профессор
Президент академии информатизации образования

Анатолий Николаевич Геращенко
доктор технических наук, профессор
Ректор Московского авиационного института

Сергей Григорьевич Данилюк
доктор технических наук, профессор
Ведущий научный сотрудник Института информатизации образования (РАО)

Валерий Евгеньевич Дидрих
доктор технических наук, профессор
Начальник учебного отдела Тамбовского высшего военного авиационного инженерного училища радиоэлектроники

Владимир Дмитриевич Киселев
доктор технических наук, профессор
Директор Тульского филиала Орловской академии госслужбы

Олег Александрович Козлов
доктор педагогических наук, профессор
Заместитель директора Института информатизации образования (РАО)

Сергей Викторович Ларцов
доктор технических наук,
старший научный сотрудник
Заместитель главного инженера ОАО "Гипрогазцентр"

Евгений Николаевич Надеждин
доктор технических наук, профессор
Начальник кафедры Тульского военного инженерного артиллерийского института

Сергей Алексеевич Редкозубов
доктор технических наук, профессор
Председатель экспертного совета ВАК по управлению, вычислительной технике и информатике, заведующий кафедрой высшей математики Московского государственного горного университета

Юрий Александрович Романенко
заслуженный деятель науки РФ
доктор технических наук, профессор

Валерий Николаевич Умников
доктор технических наук, профессор
Президент Академии проблем сохранения жизни

Сергей Николаевич Шиманов
доктор технических наук, профессор
Заместитель генерального директора МОУ «ИИФ» – главный конструктор



Дмитрий Вячеславович Смирнов

Генеральный директор Института
Первый Вице-президент МОУ «ИИФ»
доктор технических наук, доцент

Не так давно поймал себя на мысли о том, что дни рождения, наверное, для того и существуют, чтобы можно было оглянуться назад, проанализировать, что сделано, подвести итоги и поделиться планами на будущее. Как говорится, есть формальный повод.

27 апреля Институту инженерной физики исполняется двадцать один год. Кто-то может сказать, что срок невелик. Но для тех, кто стоял у истоков Института, – это целая жизнь! Это биография организации, которая создавалась на твоих глазах, и участником которой ты был лично.

Позволю себе небольшое образное сравнение. В теперь уже далеком 1993 году Институт, ютившийся тогда в обычной квартире рядовой пятиэтажки, был подобен небольшой лодочке, замыслившей отправиться в многотрудный путь по огромному морю. В команде, кроме нашего бессменного капитана А.Н. Царькова, было всего несколько человек – С.Н. Конева, Г.Г. Скиба и И.И. Алаторцев. И цель стояла всего одна – помочь военнослужащим, уволившимся в запас, социально адаптироваться в новых условиях жизни.

Как пишут в книгах, «шли годы». Количество задач, которые ставил перед собой и успешно решал Институт, неуклонно росло. С 1996 года ИИФ начал участвовать в выполнении Гособоронзаказа. Постепенно наша лодочка превращалась в большой корабль. И сейчас на его борту решаются задачи в сфере науки, образования и производственной деятельности высокопрофессиональной командой из 685 сотрудников. На все виды деятельности Институт имеет более 50 сертификатов, лицензий и свидетельств.

В настоящее время НИОКР в различных областях науки и техники выполняет коллектив, состоящий из 13 управлений, 21 отдела, 9 лабораторий и 3 бюро. Под эгидой Института работают учебные подразделения МАМИ и МАИ, где учатся более 900 студентов. С 2008 года у нас функционирует своя аспирантура, с 2010 – докторский диссертационный совет.

Мы полны планов и не собираемся останавливаться на достигнутом. В научной деятельности будем направлять основные усилия на реализацию и применение результатов НИР в образцах систем и элементов, разрабатываемых в рамках ОКР. С вводом в эксплуатацию к концу 2014 года нового научно-производственного здания планируем закупить уникальное оборудование для проведения сложных экспериментальных работ, а также разместить в нем собственное технологическое геодезическо-навигационное оборудование, сделанное нами и уже выпускаемое серийно. Растет производственная база; в этом году мы планируем в рамках 6 серийных контрактов поставить более 400 разных изделий.

Так что биография Института, начало которой положено двадцать один год назад, продолжается. Ведь курс корабля с гордым названием «Институт инженерной физики» проложен правильно…

УДК 681.324

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ КРЕМНИЕВЫХ ФИЗИЧЕСКИ НЕКЛОНИРУЕМЫХ ФУНКЦИЙ

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

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

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

В статье рассмотрены основные конструктивные особенности кремниевых физически неклонируемых функций, способы их построения и показаны их достоинства и недостатки.

The article considers the main design features of silicon physically unclonable functions (PUF), discusses how to build and form their advantages and disadvantages.

Ключевые слова: физически неклонируемые функции, запрос, ответ, линия задержки, СОЗУ.

Keywords: unclonable functions, challenge, response, delay line, SRAM.

Современные глобальные тенденции, такие как урбанизация, перевод правительственных документов в цифровой формат, повышение защищенности банковских карт способствуют активному, как никогда прежде, использованию микросхем безопасности для защиты пользовательских данных, прав доступа и финансовых сведений. Параллельно с этим возникают все более изощренные методы атак с целью нарушения функциональности микросхем безопасности и кражи данных.

Одним из подходов к решению данной проблемы являются физически неклонируемые функции (ФНФ).

ФНФ – функция, которая отражает ответы на запросы, реализована на физическом устройстве и обладает следующими свойствами [1]:

1) легко вычисляется: физическое устройство способно вычислить функцию за очень короткий промежуток времени;

2) трудно характеризуется: из-за ограниченного числа возможных физических измерений злоумышленник, который больше не имеет устройств и использует лишь ограниченное количество ресурсов (время, деньги и т.д.), может только извлечь незначительное количество информации об ответе на случайно выбранный запрос.

Первые подходы для построения ФНФ, которые были предложены и реально применены в цифровых устройствах, базируются на измерении задержек распространения сигнала в реконфигурируемых путях цифрового устройства.

В силу физической неоднородности кремниевой подложки, на которой реализуется цифровое устройство, а также вариаций технологического процесса его изготовления один и тот же путь на двух цифровых устройствах или в двух различных местах подложки одного устройства принципиально не может иметь одинаковую задержку распространения сигнала между его входом и выходом [2].

ФНФ типа «арбитр»

Идея ФНФ типа арбитр заключается в явном представлении ситуации гонки между дву-

мя цифровыми путями на кремниевом чипе. Оба пути заканчиваются схемой арбитра, которая способна решить исход гонки, т.е. определяет, какой из обоих путей был самым быстрым и, соответственно, выводит двоичное значение. Даже когда спроектирована и сконфигурирована одинаковая линия задержки, фактическая задержка обоих путей не будет точно равна. Вместо этого будет случайная разница задержки между обоими путями, за счет эффекта случайности, во время вариаций процесса производства, на параметры задержки. Эта случайная разница будет определять исход гонки и выходное значение арбитра. Так как эффект вариаций процесса производства случайный для различных устройств, но статичный для данного устройства, то различие задержки и последствие выходного значения арбитра будут зависеть от данного устройства. Это основа для поведения ФНФ типа арбитр [3].

Достоинства ФНФ типа «арбитр»:

- простота моделирования;
- может быть успешно использована в качестве источника энтропии с меньшими аппаратными затратами;
- подходит для ресурсно-ограниченных платформ, таких как ПЛИС.

Недостатки ФНФ типа «арбитр»:

- низкая эффективность при решении задач идентификации цифровых устройств, которая связана с большим множеством нестабильных ответов для фиксированного множества запросов;
- невысокая надежность в силу того, что изготовленная схема ФНФ имеет систематическую асимметрию в своей топологии в результате ее производства;
- для случая реализации ФНФ типа арбитр на базе FPGA, инструментальное измерение временных характеристик симметричных путей и арбитра крайне затруднительно ввиду сложности доступа к элементам кристалла.

ФНФ на базе кольцевого генератора

Данный тип ФНФ основан на применении кольцевого генератора (КГ), который представляет собой последовательно включенные инверторы, охваченные отрицательной обратной связью. Количество инверторов должно быть нечетным, что является условием формирования на выходе кольцевого генератора импульсной последовательности, частота которой определяется величиной задержки на элементах генератора, охваченных обратной связью. В силу вариаций задержек сигнала на элементах генератора два идентичных по топологии и функциональности КГ имеют отличающиеся частоты выходных импульсных сигналов. Различие частот сигналов, формируемых КГ, и является основой для формирования однобитного ответа. Действительно, две пары КГ на одном либо разных кристаллах будут иметь произвольное соотношение частот и уникально характеризовать данную пару либо соответственно кристалл [2].

Достоинства ФНФ на базе КГ [4]:

- характеризуется существенно большей стабильностью, чем ФНФ типа арбитр;
- не требуются тщательная топологическая симметрия и идентичность трассировки;
- по сравнению с ФНФ типа арбитр схема ФНФ на основе КГ проще в реализации и, что важнее всего, имеет достаточно высокую степень надежности;

Недостатки ФНФ на базе КГ [4]:

- имеет меньшее быстродействие и потребляют больше энергии для генерирования ответов, чем ФНФ типа арбитр;
- частоты кольцевого генератора значительно зависят от условий окружающей среды;
- может генерировать только относительно небольшое количество битов;
- условия окружающей среды влияют на измерение ответа ФНФ.

ФНФ на базе сбоя

Данный тип ФНФ конструкции основан на поведении сбоя комбинаторных логических схем [3]. Исключительно комбинаторная схема не имеет внутреннего состояния, это означает, что его установившийся выход полностью определяется его входным сигналом. Однако когда логическое значение на входе изменяется, может произойти переходный эффект, т.е. это может занять некоторое время, прежде чем выход примет свое установившееся значение. Эти эффекты называются сбоями, и возникновение сбоев определяется разницей в задержке различных логических путей от входных к выходным сигналам. Так как точность схем задержки конкретного экземпляра комбинаторной схемы находится под влиянием случайностей процесса вариации, возникновение, количество и форма сбоя выходного сигнала будет равноценно частично случайной и особенной. Когда точность измеряется, поведение сбоя такой схемы может быть использовано в качестве ответа ФНФ.

Достоинства ФНФ на базе сбоя:

- сложно предсказать пару запрос–ответ, так как ответы на запросы ведут себя как нелинейные функции;
- может гарантировать случайность для микросхем, находящихся на одной и той же плат-

форме, а также для микросхем на различных платформах, или из различных партий.

Недостатки ФНФ на базе сбоя:

- очень чувствительна к условиям окружающей среды;
- маленькая скорость генерации выходных бит.

ФНФ на основе статического оперативного запоминающего устройства

Статические оперативные запоминающие устройства (СОЗУ) широко используются в вычислительной технике для хранения данных. Непосредственно запоминающий элемент СОЗУ (ячейка) состоит из четырех транзисторов, реализующих два инвертора с перекрестными обратными связями [2]. Подобная ячейка всегда находится в одном из двух состояний, что, в свою очередь, позволяет использовать ее для хранения одного бита информации.

Достоинства ФНФ на основе СОЗУ [5]:

- производит бинарную строку как результат измерений, без любого процесса дискретизации или других подготовительных операций, которые делают их очень подходящими для использования на практике;
- высокая скорость формирования выходных бит.

Недостатки ФНФ на основе СОЗУ:

- в целом использование СОЗУ ФНФ на наиболее распространенных ПЛИС (программируемая логическая интегральная схема) не представляется возможным, т.к. много ячеек СОЗУ полностью сбрасываются в ноль после включения питания и следовательно, случайность теряется;
- большинство ячеек СОЗУ принимают одно из состояний чаще, чем другое, поэтому нарушается требование абсолютной непредсказуемости данного физического отпечатка;
- сильно сказывается на работе влияние шумов.

ФНФ на основе одноступенчатого триггера

Данная ФНФ является технологией основанной на оседающем состоянии двух парно-пересекающихся элементов ИЛИ-НЕ, которая представляет собой простой RS одноступенчатый триггер («latch») [5]. Утверждением сигнала сброса, триггер вынуждено переходит в нестабильное состояние и когда освобождается, он сходится в стабильном состоянии, в зависимости от внутреннего несоответствия между элементами ИЛИ-НЕ. Возможна эквивалентная схема ФНФ со структурой ячеек, основанных на парно-пересекающихся элементах И-НЕ.

Достоинства ФНФ на основе одноступенчатого триггера [3]:

- преимущество над СОЗУ ФНФ в том, что сигнал, генерируемые ФНФ, не обязательно должны храниться постоянно в течение активного времени устройства, а могут быть воссоздан в любое время;
- позволяет измерять множественные вычисления каждого ответа, что дает возможность для повышения надежности с помощью методов постобработки;
- может быть реализована на платформах ASIC и FPGA и генерирует ответы без фактического устройства питания;
- изменения температуры и напряжения не снижают.

Недостатки ФНФ на основе одноступенчатого триггера:

- с увеличением числа элементов битовый ответ становятся меньше, что уменьшает случайность;
- чувствительна к вариациям температуры.

ФНФ типа «бабочка»

Данная конструкция основывается на формировании перекрестных обратных связей с использованием стандартных триггеров, применяемых в программируемых логических матрицах. В результате структура запоминающей ячейки ФНФ типа «бабочка» оказывается настолько симметричной, насколько это возможно. Подобная ячейка строится как схема с перекрестными обратными связями, которые используются в ФНФ на базе запоминающих ячеек СОЗУ. Использование функциональность: предустановка/сброс триггера, эта схема может быть принудительно переведена в нестабильное состояние и вновь сойтись, только после сброса. Следует отметить, что в связи с дискретными опциями маршрутизации FPGA, не так просто реализовать ячейку таким образом, что бы несоответствие конструирования было мало. Это является необходимым условием, если кто-то хочет случайного несоответствия, вызванного вариациями производства [2].

Достоинства ФНФ типа «бабочка» [6]:

- симметричная структура;
- может быть легко реализована на пластине кремния, что позволяет легко включить ее в конструкцию FPGA.

Недостатки ФНФ типа «бабочка»:

- ячейки «страдают» от асимметричной природы ресурсов маршрутизации FPGA.

ФНФ типа бускипер

Бускипер – схема, на основе одноступенчатого триггера, которая хранит последнее значение шины с тремя состояниями.

Схемой, в основном, является элемент задержки с выходом, соединенным со входом через относительно высокий импеданс [3]. Это обычно достигается с помощью двух инверторов, подключенных спиной к спине. Сопротивление проходит по шине слабо, поэтому другие схемы могут перекрыть значение шины, когда она не в режиме с тремя состояниями.

Достоинства ФНФ типа бускипер:

- ячейка бускипера очень мала, по сравнению с ячейками СОЗУ;
- схема чувствительна к низким температурам и перепаду напряжения.

Недостаток ФНФ типа бускипер:

- чувствительна к высоким температурам.

MECCA ФНФ

ФНФ «MECCA» (с анг. – (ME)mory (C)ell-based (C)hip (A)uthentication – аутентификация чипа на основе ячеек памяти) – основана на концепции механизмов отказа в массиве памяти [7]. ФНФ «MECCA» использует факт, что большинство конструкций уже содержат встроенный массив памяти СОЗУ для их работы и, следовательно, может быть использована для генерации ключа. Основная идея заключается в управлении числовой шины рабочего цикла ячеек ФНФ для определения их уязвимости к отказам во время записи/считывания доступа. Контроль числовой шины позволяет нам генерировать множественные ответы из массива, и следовательно, увеличивается число пар запрос-ответ. Случайные изменения процесса в параметрах ячеек, по всей микросхеме, определяют надежность (низкую или высокую) ячеек; а надежность ячеек преобразуется в цифровые ответы.

Достоинства MECCA ФНФ:

- устойчива к вариациям напряжения и температуры;
- аппаратные затраты меньше по сравнению с другими конструкциями ФНФ.

Недостатки MECCA ФНФ

- неизвестно поведение работы от эффекта старения.

Литература

1. Pappu R. Physical One-Way Functions // Science. 2002. Vol. 297. P. 2026-2030.

2. Ярмолик В.Н., Вашинко Ю.Г. Физически неклонируемые функции // Информатика, 2011. №2. С. 92-103.

3. Maes R. Physically Unclonable Functions: Constructions, Properties and Applications: Ph.D. dissertation. Belgium. Katholieke Universiteit Leuven, 2012. P. 215.

4. Suh G.E. Physical Unclonable Functions for Device Authentication and Secret Key Generation // Proc. of 44th annual Design Automation Conf. (DAC '07). San Diego, CA, 2007. P. 9-14.

5. Deutschmann M. Cryptographic Applications with Physically Unclonable Functions. Ph.D. dissertation. Klagenfurt. Alpen-Adria-Universitat Klagenfurt, 2010. P. 93.

6. Bohm C., Hofer M. Physical Unclonable Functions in Theory and Practice. NY.: Springer, 2013. P. 270.

7. Krishna, A., Narasimhan, S. MECCA: A Robust Low-Overhead PUF Using Embedded Memory Array // «Workshop on Cryptographic Hardware and Embedded Systems». Nara, Japan. P. 407-420.



УДК 004.7

РЕШЕНИЯ ПО ПЕРЕХВАТУ И ЧТЕНИЮ ИНФОРМАЦИИ, ПЕРЕДАВАЕМОЙ ПО СЕТЕВЫМ ПРОТОКОЛАМ, ЗАЩИЩЕННЫМ SSL

Вадим Геннадьевич Грибунин
доктор технических наук
главный научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1 а
Тел.: +7(4967)35-31-93

Павел Евгеньевич Стародубцев
начальник отдела защищенных
телекоммуникационных систем и комплексов
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1 а
Тел.: +7(4967)35-31-93

Дмитрий Александрович Токарев
заместитель начальника отдела –
начальник группы УПМИ и СП
Министерство обороны России
Москва

В статье рассмотрены особенности осуществления сетевых соединений по протоколам, защищенным SSL, принципы и реализация атаки «человек посередине».

The article describes the features of the network connections protocols, secure SSL, principles and implementation of the attack «man in the middle».

Ключевые слова: локально-вычислительные сети, защищенные сетевые протоколы, атака «человек посередине».

Keywords: local area network, secure network protocols, attack «man in the middle».

Введение

В настоящее время остро стоит вопрос о защите от утечек конфиденциальной информации по каналам Интернета от пользователей в организациях разного уровня. Работа сотрудников этих организаций без подключения локальной сети к сети Интернет на текущий момент не представляется возможной. Вследствие чего каждый пользователь локальной сети представляет потенциальную опасность для организации по передаче информации ограниченного доступа как преднамеренно, так и непреднамеренно. В этих условиях локальные сети организаций строятся с применением различных средств защиты и мониторинга. Однако тенденции развития Интернета привели к повсеместному использованию при передаче данных между пользователем и ресурсом Интернета защищенных SSL протоколов.

SSL (Secure Sockets Layer – уровень защищенных сокетов) – криптографический протокол, который обеспечивает безопасность связи. Использует асимметричную криптографию для аутентификации ключей обмена, симметричное шифрование для сохранения конфиденциальности, коды аутентификации сообщений для целостности сообщений. Применение SSL протоколов приводит к невозможности мониторинга и контроля пользовательского сетевого трафика со стороны администраторов сетевой безопасности организаций. Следовательно, необходимо решать задачу раскрытия сетевого трафика, защищенного SSL протоколами.

Анализ особенностей осуществления сетевых соединений по протоколам, защищенным SSL

Криптографический протокол SSL позволяет общаться клиенту с сервером в сети, предотвращая перехват или фальсификацию.

Особенностью протокола SSL является то, что при использовании SSL вне США действуют экспортные ограничения на длину ключей шифрования, такие же ограничения относятся и к алгоритмам шифрования Web-браузеров.

Для работы протокола требуется, чтобы на сервере был установлен SSL-сертификат.

Безопасность канала связи при работе с SSL, обеспечивается с помощью:

- аутентификации: сертификат привязан к конкретному домену;
- шифрования: информация преобразуется таким образом, что расшифровать ее можно только с помощью специального ключа.

SSL-сертификат содержит следующую информацию:

- доменное имя, на которое оформлен SSL-сертификат;
- юридическое лицо, которое владеет сертификатом;
- физическое местонахождение владельца сертификата (город, страна);
- срок действия сертификата;
- реквизиты компании-поставщика SSL-сертификата.

SSL-сертификат подтверждает, что домен принадлежит реальной компании и что его владелец вправе пользоваться секретным ключом на законных основаниях.

Несмотря на все достоинства протокола SSL, существуют возможности чтения сетевого трафика, защищенного данным протоколом.

Чтение сетевого трафика, защищенного протоколом SSL с использованием атаки «человек посередине»

Одной из самых эффективных форм атаки на сетевой трафик, защищенный протоколом SSL, является метод «человек посередине», когда пользователь удаленного узла даже не знает о проводимой атаке.

Для осуществления извлечения сетевого трафика, защищенного SSL протоколом, методом «человек посередине», необходимо обеспечить следующие условия:

- осуществлять получение сетевого трафика предназначенного для определенного узла;
- обеспечить манипуляцию данными в реальном времени;
- переправлять данные реальному клиенту в реальном времени для избежания обнаружения;
- наследовать SSL/TLS соединение.

Стоит отметить, что обеспечение полностью прозрачной атаки, в некоторых случаях затруднено.

Атака «человек посередине» – термин в криптографии, обозначающий метод компрометации канала связи, при котором взломщик, подключившись к каналу между контрагентами, осуществляет активное вмешательство в протокол передачи, удаляя, искажая информацию или навязывая ложную.

Принцип атаки «человек посередине»

Атака обычно начинается с прослушивания канала связи и заканчивается тем, что криптоаналитик пытается подменить перехваченное сообщение, извлечь из него полезную информацию, перенаправить его на какой-нибудь внешний ресурс.

Предположим, объект А планирует передать объекту В некую информацию. Объект С обладает знаниями о структуре и свойствах используемого метода передачи данных, а также о факте планируемой передачи информации, которую С планирует перехватить. Для совершения атаки С «представляется» объекту А как В, а объекту В – как А. Объект А, ошибочно полагая, что он направляет информацию В, посылает ее объекту С. Объект С, получив информацию, и совершив с ней некоторые действия пересылает данные собственно получателю – В; объект В, в свою очередь, считает, что информация была получена им напрямую от А.

В случае системы с открытым ключом, каковой и является протокол SSL, криптоаналитик может перехватить сообщения обмена открытыми ключами между клиентом и сервером и изменить их. Для того чтобы оставаться незамеченным, криптоаналитик должен перехватывать все сообщения между клиентом и сервером и шифровать и расшифровывать их соответствующими ключами. Такие действия могут показаться слишком сложными для проведения атаки, однако они представляют реальную угрозу для открытых каналов связи.

Реализация атаки «человек посередине» с использованием фиктивных сертификатов

Цепочка сертификатов является процессом, при котором корневые центры сертификации делегируют полномочия выдающему сертификат промежуточному центру сертификации по причинам эффективности и масштабируемости. Такой механизм является частью доверенной вычислительной парадигмы. Когда сертификаты цепочки участвуют в проверке подтверждения подлинности сертификата для субъекта, они используется для достижения сертификата корневого центра сертификации. Сертификат корневого центра сертификации является самоподписанным. Тем не менее, подписи промежуточного центра сертификации должны быть проверены.

Большинство программ для проверки цепочки сертификатов выполняют следующий алгоритм:

1) проверка совпадения имени сертификата с именем подключающегося клиента;

2) проверка даты истечения срока действия сертификата;

3) проверка подписи сертификата.

Предположим, злоумышленник находится в расположении домена attacker.com и сертификат выдается ему CA2.

Рассмотрим следующую цепочку прохождения сертификата:

RootCA -> CA1 -> CA2 -> attacker.com -> victim.com

Любое подключения к victim.com, сначала проверяет его имя и срок действия, а затем проверяет его подпись, применяя открытый ключ attacker.com. Предполагая, что проверка завершилась успешно, то процесс повторяется с attacker.com, CA2 и CA1, пока RootCA не будет достигнут.

Когда все подписи и даты прошли тест на актуальность, Root CA будет успешно подтвержден. Поскольку RootCA всегда был доверенным, вся цепочка считается неизменной.

В не авторизированных сертификатах содержится специальное поле сообщающее о том, что узел, которому был выдан этот сертификат не является корневым центром сертификации. По этой причине, многие клиентские лицензии явно не содержат такое поле и поэтому просто игнорируются браузерами. Таким образом, любой действующий сертификат может создать сертификат для любого другого домена. Именно эта особенность используется в рассматриваемом методе.

Для осуществления подмены сертификатов, необходимо производить такую операцию как можно оперативнее. К сожалению, процесс генерации сертификатов не является достаточно быстрой операцией и требует определенного времени. Учитывая все это, а также то, что сертификаты необходимо генерировать «на лету», следует понимать, что для хранения каждого из таких сертификатов, необходимо иметь достаточно большое хранилище для их размещения. Сертификаты, сгенерированные таким образом, становятся частью цепочки любого подменного сертификата.

Используя такой метод можно выполнять атаку на HTTPS сессии. Атакующий отправляет поддельный сертификат на имя сервера. Ничего не подозревающий клиент подтверждает подлинность цепочки сертификатов и отправляет симметричный ключ, зашифрованный с помощью открытого ключа из комплекта поставки атакующего. Атакующий расшифровывает симметричный ключ, который используется в качестве ключа сеанса. Одновременно, злоумышленник открывает HTTPS сессию с сервером и перенаправляет сетевой трафик между клиентами и сервером, передавая набор «секретных» вопросов и ответов в обе стороны. При этом, все данные, которые проходят между клиентом и сервером доступны атакующему в открытом виде.

Таким образом, атакующий для каждого TCP-соединения создает две независимые SSL-сессии (*рисунок 1*). Клиент устанавливает SSL-соединение с атакующим, тот в свою очередь создает соединение с сервером.

Почти во всех случаях использования подобного вида атак необходимо получение сертификата для каждого из контролируемых узлов. В каждом конкретном случае, производится генерирование отдельного сертификата. В таком случае следует понимать, что уникальный ключ сессии будет своим для каждой из сессий. В свою очередь такой ключ может изменяться со временем в связи с устареванием, или из-за специфики обращения стандарта SSL.

Все эти особенности существенно сказываются на производительности систем, занимающихся контролем передачи защищенного SSL протоколом сетевого трафика. Необходимо принимать во внимание то, что для обнаружения такого типа сетевого трафика необходим определенный промежуток времени. Выполнять вышеописанную генерацию сертификатов и ключей необходимо для каждого клиента сети Интернет. Из-за больших объемов обрабатываемых данных, контроль каждого пакета является в некоторых случаях критичным.

В настоящее время для контроля и мониторинга сетевого трафика, защищенного SSL протоколами, разработаны программные продукты. Наиболее распространенным коммерческим изделием является КП «Дозор-Джет», производства компании «Инфосистемы Джет». Также существует ряд программных решений с открытым исходным кодом, такие как:

- dsniff – инструмент для SSH и SSL атак;
- Ettercap – инструмент для проведения атак в локальной сети;
- Karma – использует 802.11 Evil Twin attacks для проведения MITM-атак;
- AirJack – программа демонстрирует основанные на стандарте 802.11 MITM-атаки;
- SSLStrip – инструмент для MITM-атаки на SSL;
- SSLSniff – инструмент для MITM-атаки на SSL;
- Mallory – прозрачный прокси-сервер, осуществляющий TCP- и UDP-MITM-атаки. Может быть также использован для атаки на протоколы SSL, SSH и многие другие;

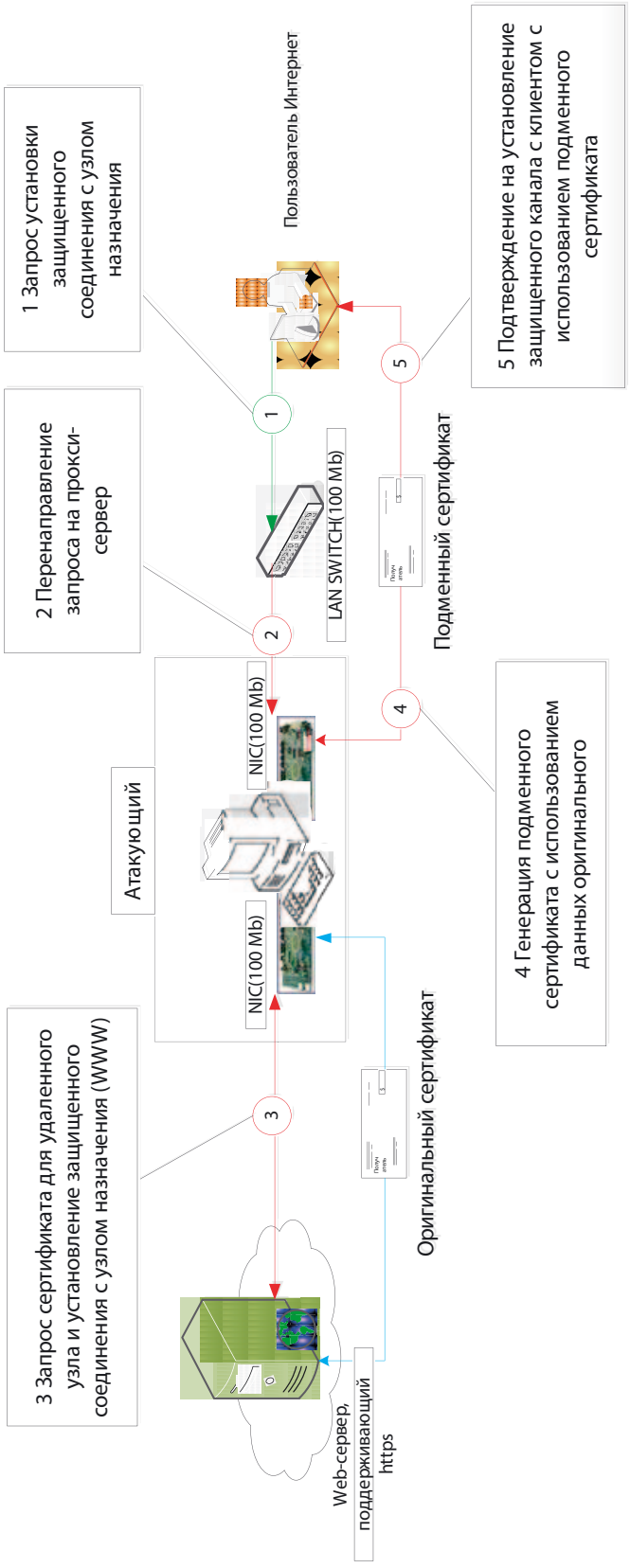


Рис. 1. Концептуальная схема реализации атаки «человек посередине» с использованием подменного сертификата

■ wsniff – инструмент для проведения атак на 802.11 HTTP/HTTPS протокол.

Выводы

Использование систем для контроля и мониторинга сетевого трафика пользователей Интернета, защищенного SSL протоколами, обусловлено развитием современных информационных технологий и необходимостью защиты информации организаций ограниченного распространения. Стоимость готовых изделий, осуществляющих атаки на SSL протоколы достаточна высока. Например, программная реализация изделия «Дозор-Джет» стоит ориентировочно 5 миллионов рублей.

Литература

1. Грибунин В.Г., Мартынов А.П., Николаев Д.Б., Фомченко В.Н. Криптография и безопасность цифровых систем. Саров, 2011. 410 с.

2. Брэгг Р., Родс-Оусли М., Страсбург К. Безопасность сетей. Полное руководство. Москва, 2006. 911 с.

3. Дуглас Э. Камер, Дэвид Л. Стивенс Сети TCP/IP Том 3. Москва, 2002. 590 с.

4. Деднев М.А., Дыльнов Д.В., Иванов М.А. Защита информации в банковском деле и электронном бизнесе. М.: КУДИЦ-Образ, 2004. 512 с.

5. Венбо М. Современная криптография. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. 768 с.

6. О некоторых приемах атаки Man in the middle // http://habrahabr.ru/post/131710.

7. Токарев Д.А., Грибунин В.Г. Стенографический анализ изображений, представленных в оптимальном базисе вейвлет-пакетов // Известия Института инженерной физики, 2013. №3(29). С. 6-11.

8. Токарев Д.А., Грибунин В.Г., Игнатенко И.А. Анализ методов уменьшения размеров изображений // Известия Института инженерной физики, 2014. №1(31). С. 40-46.

УДК 621.318.12

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОСВЕННОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЭКСТРЕННОГО УНИЧТОЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НОСИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МИКРОСХЕМ С ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМОЙ ПАМЯТЬЮ (ФЛЕШ–ПАМЯТЬЮ)*

Борис Васильевич Хлопов
кандидат технических наук, доцент
начальник отдела
ФГУП «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»
Адрес: Москва, ул. Новая Басманная, д. 20
Тел.: +7(499)263-96-25
E-mail: hlopovu@yandex.ru

Александр Юрьевич Митягин
доктор физико-математических наук, профессор
старший научный сотрудник
Фрязинский филиал Института
радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН
Адрес: г. Фрязино, Московская обл.,
пл. акад. Введенского, д. 1
E-mail: alexandr-mityagin@yandex.ru

Максим Владимирович Фесенко
кандидат технических наук
заместитель начальника отдела
ФГУП «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»
Адрес: Москва, ул. Новая Басманная, д. 20
Тел.: +7(499)263-95-38

Для проверки эффективности стирания информации приборами уничтожения информации с носителей на основе микросхем с энергонезависимой памятью создан макет изделия. Проведены теоретические и экспериментальные исследования по определению значений параметров. Рассмотрены способы воздействия на полупроводниковые электронные носители информации. Определен наиболее перспективный метод уничтожения информации.

To test the effectiveness of erasing data destruction devices with carrier-based non-volatile memory chips created a model of the product. Theoretical and experimental studies to determine the parameter values. The methods of exposure to semiconductor electronic media. The most promising method of data destruction.

Ключевые слова: комбинированный метод, косвенный контроль, полупроводниковые носители информации, флеш-память, встроенная система контроля, формирователь импульсов управления.

Keywords: combined method, indirect control, solid state storage media, flash memory, built-in monitoring system, a pulse shaper control.

Введение

Полупроводниковые носители имеют одну особенность, заключающуюся в отсутствии прямых методов контроля состояния каждой ячейки памяти после стирания информации.

Информация, содержащаяся в полупроводниковом устройстве, при контроле обнаруживается путем приложения напряжения к затвору полупроводникового элемента, значение которого лежит между двумя возможными пороговыми значениями напряжений. В одном состоянии элемент (транзистор) проводит ток, в то время как в другом не проводит, заперт. В приборах хранения заряда с изолированным затво-

* Исследования проводятся при поддержке фонда РФФИ, грант № 11-07-00301.

ром осуществляется двумя способами. Один способ основан на хранении заряда в проводящем или полупроводящем слое, окруженном диэлектриком, обычно окисью кремния [1] с плавающим затвором [2, 3]. Другой тип приборов, основан на хранении заряда на дискретных центрах (ловушках) соответствующего диэлектрического слоя. Эти устройства обычно называют приборами захвата [4, 5].

Для обеспечения контроля состояния каждой ячейки и доступа к флэш-памяти необходим программно-аппаратный комплекс, контроллер-посредник между хостом и устройствами на шине. Программные функции возложены на операционную систему.

Наиболее распространенной операционной системой, в которой реализована поддержка доступа к флэш-памяти в полном объеме, является Windows.

Недостатком этого прямого метода контроля стирания записи с устройств энергонезависимой памяти, флэш-памяти, является низкая энергетическая эффективность. Для стирания информации и контроля стирания информации необходимо иметь программно-аппаратный комплекс, операционную систему, определенный тип доступа к памяти, который определяет относительно большое время стирания информации, возможность восстановления информации. Использование программно-аппаратных средств ПЭВМ предопределяет возможность несанкционированного доступа к информации, при целенаправленном уничтожении информации с носителя, что чрезвычайно актуально. Важность данной проблемы возрастает для случаев специальных документов, которые должны быть сохранены или гарантировано и максимально оперативно уничтожены. Достоверность уничтожения информации с полупроводниковых носителей на основе микросхем с энергонезависимой памятью (флеш – памятью) в устройствах экстренного стирания информации подтверждается измеряемыми параметрами встроенной системой контроля (ВСК).

1. Методы воздействия на полупроводниковые носители на основе микросхем с энергонезависимой памятью (флеш-памятью)

В процессе исследований установлено, что из всех возможных методов воздействий наиболее эффективными методами воздействия на полупроводниковые электронные носители информации выделены:

- ❖ воздействия на носитель информации электромагнитным полем;
- ❖ воздействие магнитным импульсом высокой напряженности;
- ❖ воздействие коротким импульсом СВЧ поля;
- ❖ кратковременное воздействие электрическим импульсом высокого напряжения на интерфейсные выводы устройства хранения информации.

При разработке и изготовлении устройств экстренного уничтожения информации на микросхемах с неоднородным полупроводниковым носителем с энергонезависимой памятью использовали комбинированный вариант, совмещающий в себе два или несколько методов стирания при одновременном воздействии. В результате проведенных исследований, подробного анализа различных конструктивных и энергетических возможностей составных частей устройства экстренного уничтожения информации, обеспечивающих создание электромагнитного поля и воздействующих факторов с характеристиками, гарантирующими экстренное уничтожение записанной информации на полупроводниковом носителе информации предложены методы косвенной оценки. Оценка проведена по электронным, электрическим, частотным и конструктивным параметрам так, как с высоким быстродействием в реальном масштабе времени в малогабаритном переносном устройстве экстренного уничтожения информации с полупроводниковых носителей этим методом эффективный контроль возможно реализовать с меньшими энергетическими и экономическими потерями и проще конструктивно чем прямым измерением основных контролируемых параметров системой встроенного контроля.

2. Приборы для уничтожения информации с носителей на основе микросхем с энергонезависимой памятью

В разработанных и созданных опытных образцах приборов для экстренного уничтожения информации на носителях информации с энергонезависимой памятью по теме «Теоретические и экспериментальные исследования возможностей существующих методов уничтожения, считывания и восстановления информации на электронных носителях» использовали как индивидуальные так и комбинированные способы, совмещающие в себе методы воздействия магнитными и короткими электромагнитными импульсами с другими эффективными методами.

В устройстве стирания [6] реализован способ стирания записанной на микросхеме с неоднородным полупроводниковым носителем информации с энергонезависимой памятью, состоя-

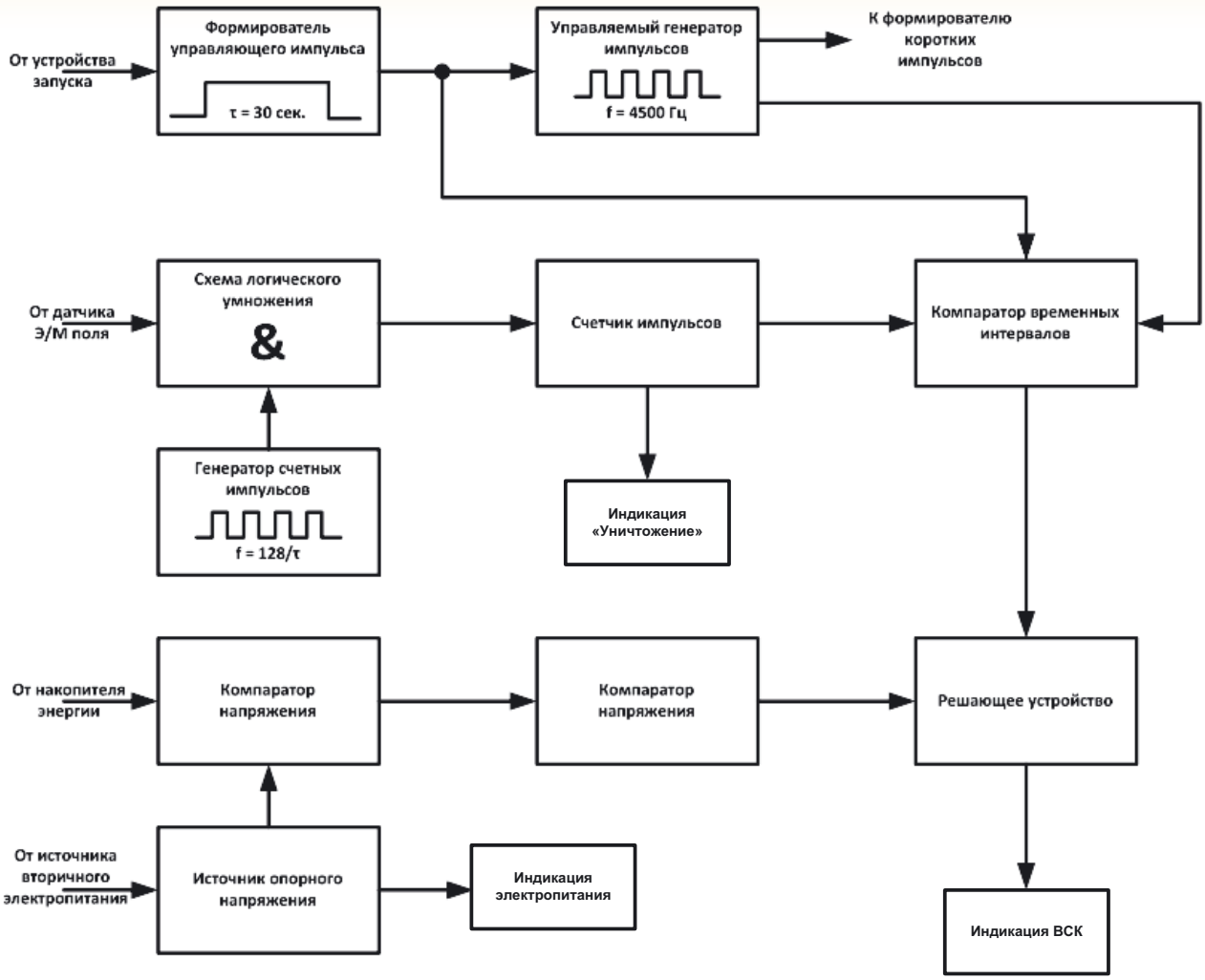


Рис. 1. Функциональная схема встроенной системы контроля

щий в том, что на микросхему и на управляющий затвор на время не менее 1,5 мс подают номинальные напряжения питания и в проводниках микросхемы, размещенных на ее подложке, возбуждают токи Фуко интенсивностью не менее 60 мА с помощью облучения проводников микросхемы двумя ортогональными переменными синусоидальными магнитными полями под углами с разными значениями.

В приборе [7] реализован способ при котором на полупроводниковый носитель через шину USB воздействуют сформированными короткими импульсами с определенным алгоритмом и количеством циклов, а по окончании генерации импульсов воздействуют импульсным током значением 2,0 А, образованным за счет разряда накопленного напряжения до 400В на накопителях энергии.

Стирание информации в полости полеобразующей системы устройств [8, 9] осуществляется путем воздействия суммарным импульсным магнитным полем образованным магнитными полями с векторами напряженности направленными под различными углами (a,b,s).

Техническая сущность устройства стирания информации с полупроводниковых носителей [10] заключается в подаче на микросхему на управляющий затвор напряжения и в возбуждении в ее проводниках токов Фуко с одновременным воздействием энергией тепла, излучаемой отражателем. Учитывая, что в разработанных и созданы опытных образцах приборов для экстренного уничтожения информации на носителях с энергонезависимой памятью используются в основном комбинированные способы уничтожения информации выбор остановлен на косвенных методах контроля как наиболее экономичных и обеспечивающих необходимую точность.

3. Описание компоновки исследуемого изделия экстренного стирания информации с электронных полупроводниковых носителей информации

Изделие представляет собой конструктивно законченное устройство, в котором предусмотрено размещение флеш-накопителей различного типа. В конструкции изделия размещены следующие модули и элементы: полеобразующая система; накопитель энергии; источник вторичного электропитания; устройства управления, запуска и обеспечения функционирования изделия; встроенная система контроля (ВСК) работоспособности изделия; генератор коротких импульсов; устройство обеспечения теплового режима; устройство заряда аккумулятора; аккумулятор; ЗИП [11]. На *рисунке 1* приведена функциональная схема встроенной системы контроля для изделия экстренного стирания информации с электронных полупроводниковых носителей информации.

Встроенная система контроля выдает информацию о функционировании изделия при каждом отдельном запуске. Система встроенного контроля работает в ключевом режиме.

Для проверки принятого решения применение комбинированного уничтожения информации проведена оценка стирания информации методом косвенного контроля. Создан макет изделия стирания информации с полупроводниковых носителей. Макет состоит из трех каналов, обеспечивающих комбинированное уничтожение информации. В схеме макета отсутствуют блоки, некритичные для процесса уничтожения информации, а также заменяемые ручной регулировкой и лабораторными приборами (датчик тока, схема автоподстройки частоты). Кроме того, макет отличается упрощенной конструкцией в целях возможности изготовления без применения специального оборудования. Устройство разделено на несколько печатных плат: источник вторичного электропитания; фильтр; задающий генератор и схема согласования; генератор коротких импульсов; схема управления; встроенная система контроля; датчик электромагнитного поля.

Остальные элементы соединены объемным монтажом. Макет располагается в алюминиевом корпусе. В макете имеются: окно загрузки носителя информации, элементы управления и кабель питания. На переднюю панель вынесены элементы управления: выключатель питания; кнопка запуска, светодиод индикации питания, светодиод индикации готовности, светодиод встроенной системы контроля.

На *рисунке 2* показан источник вторичного

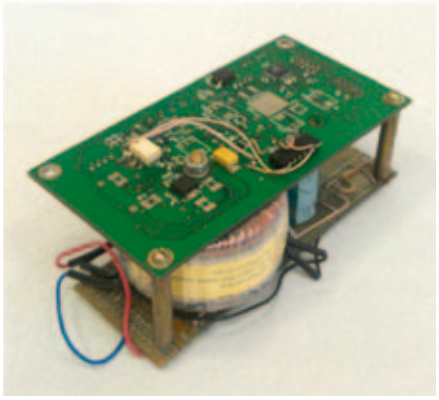


Рис. 2. Источник вторичного электропитания

электропитания. Большая часть элементов располагается на печатной плате. Фильтр источника питания расположен на отдельной плате. Транзисторы установлены на радиаторы. Для улучшения теплопроводности используется паста КПТ 8.

Управляемый задающий генератор, схема согласования, коммутатор и фильтр находятся на минимальном расстоянии друг от друга для уменьшения паразитной индуктивности, соединяющих проводов расположены на печатной плате (*рисунок 3*). Коммутатор состоит из полумоста на транзисторах MOSFET и блока конденсаторов. Также как в источнике вторичного электропитания, транзисторы установлены на радиаторы, для улучшения теплопроводности используется паста КПТ-8. Фильтр закреплен на основании.

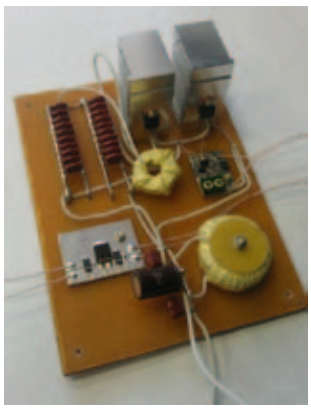


Рис. 3. Управляемый задающий генератор импульсов, схема согласования, коммутатор и фильтр

Генератор коротких импульсов показан на *рисунке 4*. Все элементы расположены на печатной плате. Используется поверхностный монтаж. Выходной сигнал поступает на облучатель по коаксиальному кабелю.

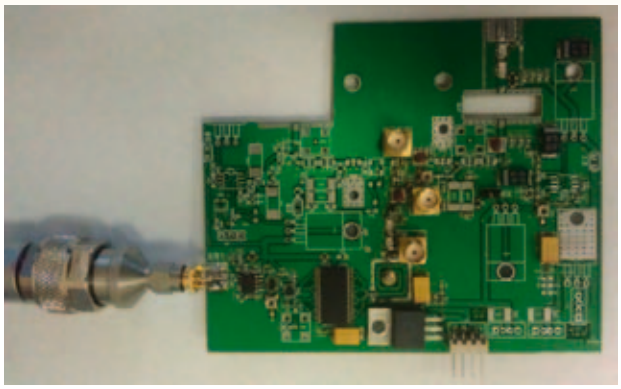


Рис. 4. Генератор коротких импульсов

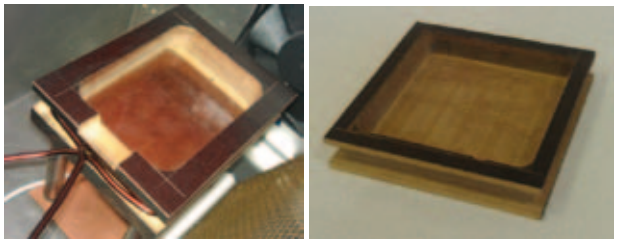


Рис. 5. Полеобразующая система (рисунок справа – рабочая камера рассчитанная под SSD)

4. Результаты испытаний составных частей макета

Целью испытаний макета является проверка расчетов и отработка схемотехнических решений.

Используемые приборы и оборудование: осциллограф Tektronix TDS 2022B; осциллограф TRIM TMR 8120; токосъемник измерительный ТИ2-3; мультиметр APPA 205; лабораторный источник питания Mastech HY3020.

Напряжение питания при испытаниях составляло 90 В, что меньше номинального, так как используются лабораторные источники питания. Это необходимо учитывать при анализе результатов измерения.

Испытание канала воздействия на носитель информации электромагнитным полем с частотой 400-500 кГц.

Поскольку создаваемое электромагнитное поле сложно измерить непосредственно вследствие наведения мощных индукционных токов и сильного нагрева проводящих элементов внутри полеобразующей системы, используется косвенный метод измерения. Оцениваемым параметром является ток в полеобразующей системе, расчетное значение которого составило 85 А. На *рисунке 6* приведена функциональная схема датчика электромагнитного поля.

Для измерений при макетировании используется токосъемник ТИ2-3, охватывающий подводящий провод полеобразующей системы. Напряжение, наводимое в токосъемнике, измеряется осциллографом TDS 2022B. Поскольку полеобразующая система представляет собой резонансный контур, требуется подстройка частоты генератора для достижения максимальной амплитуды тока. Также вследствие резонанса ток через полеобразующую систему является синусоидальным. Форма тока показана на *рисунке 7*.

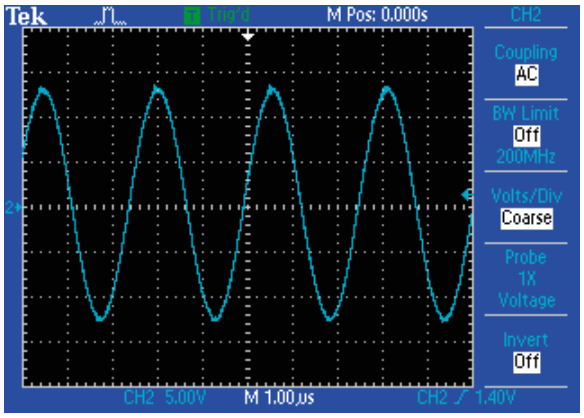


Рис. 7. Осциллограмма тока в полеобразующей системе



Рис. 6. Функциональная схема датчика электромагнитного поля

При напряжении питания 90 В получены следующие результаты измерений частоты и напряжения сигнала, снимаемого с токосъемника:

f = 422 кГц, U = 214 В. Полученная с помощью осциллографа амплитуда напряжения пересчитывается в ток, протекающий в полеобразующей системе.

Напряжение в децибелах относительно 1 мкВ рассчитывается по формуле:

$$U_0 = 20 \cdot \lg\left(\frac{U_{изм}}{1 \cdot 10^{-6}}\right), \quad (1)$$

где $U_{изм}$ – напряжение, измеренное осциллографом.

Тогда ток в децибелах относительно 1 мкА:

$$I_0 = U_0 + K,$$

где K – коэффициент калибровки токосъемника, значения которого берутся из свидетельства аттестации токосъемника.

Для частоты 420 кГц $K \approx 1{,}5$.

Абсолютное значение тока в полеобразующей системе:

$$I = 10^{\frac{I_0}{20}} \cdot 10^{-6}. \quad (2)$$

Полученный в ходе расчетов ток составил 89,9 А.

Испытание канала уничтожения информации импульсом высокого напряжения.

Поскольку длительность импульса сильно зависит от уничтожаемого носителя информации, контролю подвергается напряжение на накопителе энергии, непосредственно связанное с величиной запасенной энергии по формуле:

$$W = \frac{C \cdot U^2}{2}. \quad (3)$$

Моделирование заряда накопителя энергии проводилось с помощью программы Micro-Cap 9. График заряда показан на *рисунке 8*.

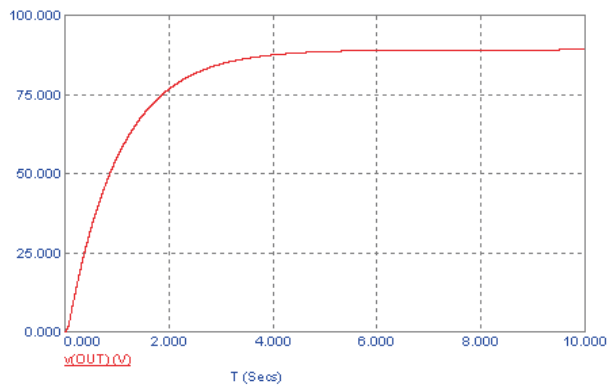


Рис. 8. График заряда накопителя энергии

По графику видно, что накопитель при энергии заряжается до напряжения 89 В за 7 с и далее это напряжение практически не изменяется. При проведении испытаний было измерено напряжение на накопителе энергии через 20 с после включения питания. Измеренное напряжение составило 87,8 В.

Испытание канала уничтожения информации коротким импульсом СВЧ поля.

При испытаниях были сняты осциллограммы сигнала в контрольных точках осциллографом TDS2022B для оценки формы импульсов, а также измерена амплитуда выходного импульса. Осциллограммы сигналов в контрольных точках показаны на рисунке 10–15. На вход генератора подаются запускающие импульсы с частотой 100 кГц и амплитудой около 1 В. Осциллограмма сигнала показана на *рисунке 9*.

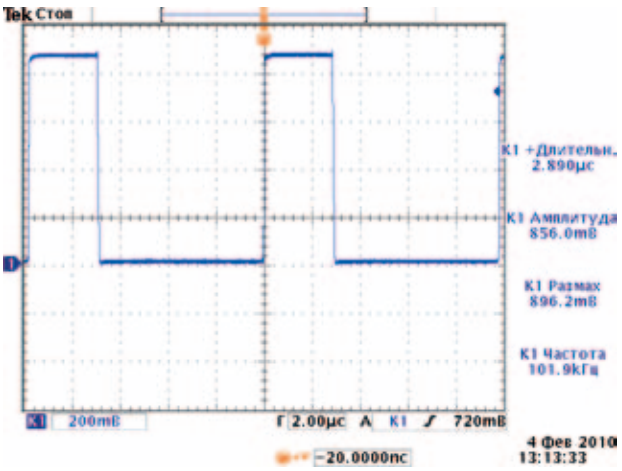


Рис. 9. Осциллограмма запускающих импульсов

Измеренные параметры запускающих импульсов приведены в *таблице 1*.

Таблица 1

Параметр	Значение	Единица измерения
Частота запускающих импульсов	101,8	кГц
Длительность запускающих импульсов	2,89	мкс
Амплитуда запускающих импульсов	0,896	В

Для оценки правильности работы устройства и необходимой настройки снята осциллограмма на выходе компаратора (*рисунок 10*). Форма и параметры импульсов практически не изменились, значительно уменьшился уровень шумов.

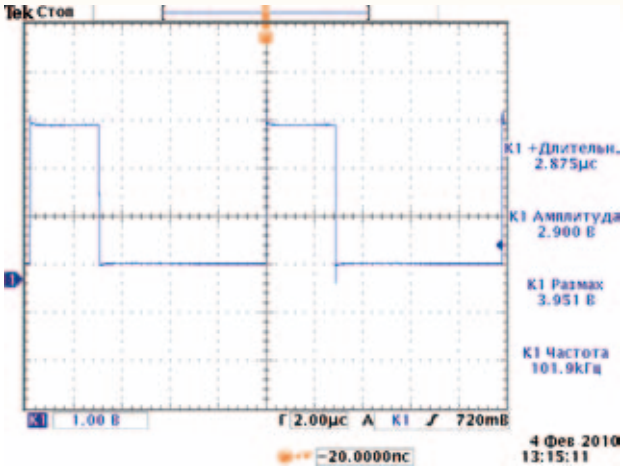


Рис. 10. Осциллограмма сигнала на выходе компаратора

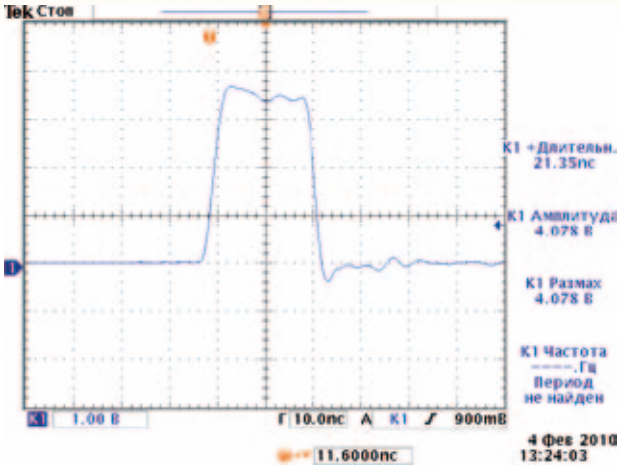


Рис. 12. Осциллограмма сигнала на выходе формирователя импульсов

Формирователь импульсов вырабатывает короткие импульсы с большой скважностью (*рисунок 11*).

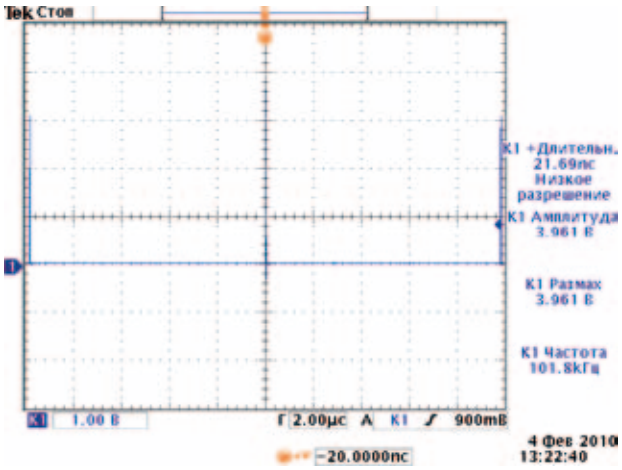


Рис. 11. Осциллограмма сигнала на выходе формирователя импульсов с сохранением временного масштаба

Длительность импульса на выходе формирователя импульсов устанавливается с помощью подстроечного резистора R равной 20 нс (*рисунок 12*).

На выходе формирователя коротких импульсов создается короткий импульс отрицательной полярности с большой амплитудой (*рисунок 13*).

Полученный короткий импульс проходит через фильтр и усиливается выходным усилителем. Амплитуда сигнала, полученная в результате расчетов должна быть не менее 5 В. Осциллограмма импульса на выходе генератора, полученная с помощью осциллографа TMR показана на *рисунке 14*. Измеренная амплитуда импульса примерно равна 5,5 В (с учетом аттенюатора).

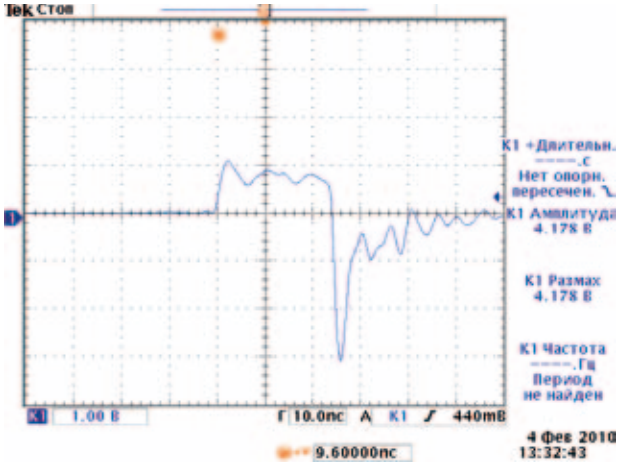


Рис. 13. Осциллограмма сигнала на выходе формирователя коротких импульсов

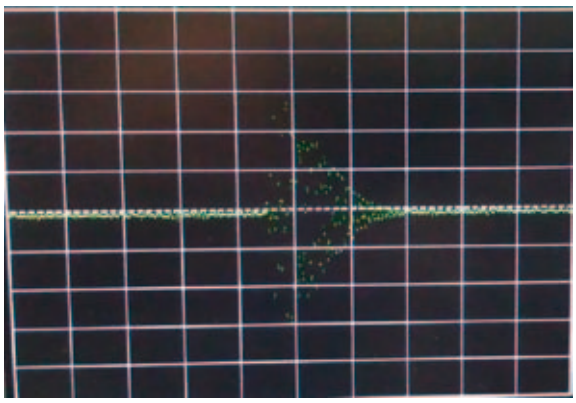


Рис. 14. Осциллограмма сигнала на выходе усилителя

Заключение

1. Полученные в ходе измерений осциллограммы соответствуют теоретическим. Измеренная частота отличается от расчетной на 4,5%, что может быть вызвано разбросом параметров конденсаторов контура и индуктора полеобразующей системы. Полученное значение тока больше расчетного на 5,7%.

2. Измеренное в ходе проведения испытаний напряжение составило 87,8 В, что на 1,3% меньше расчетного значения. Такое отклонение может быть вызвано током утечки конденсатора и вполне допустимо.

3. Суммируя, полученные в ходе проведения испытаний результаты отмечаем, что они соответствуют расчетным и свидетельствуют о правильной работе устройства. Амплитуда импульса на выходе генератора больше расчетной на 10%. Частота запускающих импульсов незначительно отличается от расчетной (на 1,8%).

4. Достоверность и надежность уничтожения информации с полупроводниковых носителей на основе микросхем с энергонезависимой памятью (флеш-памятью) в устройствах экстренного стирания информации с высокой степенью вероятности косвенным методом подтверждается измеряемыми параметрами ВСК.

5. Разработанные методики испытаний будут использованы при испытаниях изготавливаемых устройств в системах встроенного контроля.

Литература

1. Аваев Н.А., Шишкин Г.Г. Электронные приборы. М.: Изд-во МАИ, 1996. 544 с.: ил.

2. D. Frohman-Bentchkowsky, «Memory behaviour in a floating gate avalanche injection MOS (FAMOS) structure» // Appl. Phys. Lett., vol. 18, p. 332, 1971.

3. Балякин И.А. и др. Приборы с переносом заряда в радиотехнических устройствах обработки информации. М.: Радио и связь, 1987. 176 с.: ил.

4. Секен. К, Томпсет М. Приборы с переносом заряда. Пер. с англ. М.: Мир, 1978.

5. Гуляев Ю.В., Лобанов Б.С., Митягин А.Ю., Хлопов Б.В., Фесенко М.В. // Нано-микросистемная техника, 2009. №11. С. 42-46.

6. Митягин А.Ю., Хлопов Б.В., Фесенко М.В., Крутов М.М. Патент на изобретение №2323491 от 27.04.2008 г. (приоритет от 16.05.2006 г.). Бюл. №12.

7. Митягин А.Ю., Лобанов Б.С., Хлопов Б.В., Фесенко М.В., Кузминых А.С. Патент на изобретение №2428754 от 10.09.2011 г. (приоритет от 02.03.2010 г.). Бюл. №25.

8. Хлопов Б.В., Фесенко М.В. Патент на изобретение №2346345 от 10.02.2009 г. (приоритет от 26.04.2007 г.). Бюл. №4.

9. Фесенко М.В., Хлопов Б.В. Патент на полезную модель №60255 от 10.01.2007 г. (приоритет от 26.09.2007 г.). Бюл. №1.

10. Хлопов Б.В., Лобанов Б.С., Бондарев Ю.С., Фесенко М.В., Дьяков М.С. Патент на изобретение №105510 от 10.06.2011 г. (приоритет от 27.12.2010 г). Бюл. №16.

11. Митягин А.Ю., Хлопов Б.В. Аппаратура для уничтожения информации с современных носителей. Разработка и создание // Palmarium Academic Publishing, 2012. 168 с: ил.

УДК 620.11:006

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ О СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦАХ СОСТАВА И СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ КАК ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ



Олег Павлович Кузнецов
кандидат технических наук, доцент
начальник отдела прикладных исследований
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, БольшойУдарный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93

Сергей Евгеньевич Чернышёв
кандидат технических наук, доцент
главный метролог
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, БольшойУдарный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93

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

Николай Юрьевич Новиков
кандидат технических наук, доцент
заместитель директора
Департамент государственной политики в области технического регулирования и обеспечения единства измерений
Минпромторга России
Адрес: 109074, Москва, Китайгородский пр., д. 7
Тел.: +7(495)647-74-51

Елена Валерьевна Осинцева
кандидат технических наук
заведующая отделом
Государственная служба стандартных образцов ФГУП УНИИМ
Адрес: 620000, г. Екатеринбург, Красноармейская ул., д. 4
Тел: +7(343)350-60-68

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

Статья посвящена концептуальным основам построения базы знаний о стандартных образцах состава и свойств веществ и материалов как основы информационно-аналитической системы. Разработка и внедрение информационно-аналитической системы по стандартным образцам позволит автоматизировать принятие соответствующих управленческих решений и своевременно проводить актуализацию информационного фонда и таким образом повысить эффективность работы Государственной службы стандартных образцов.

Article sets out a framework for constructing the knowledge base of standard samples of composition and properties of substances and materials as the basis of information-analytical system. Development and implementation of information-analytical system standard samples will automate the adoption of appropriate management decisions and timely updating the information collection and thus enhance the efficiency of the public service of reference.

Ключевые слова: стандартный образец, единство измерений, информационно-аналитическая система, база данных, база знаний, программный интерфейс, реестр.

Keywords: standard sample, traceability, information-analytical system, database, knowledge base software interface register.

Достоверные измерения имеют стратегическое значение для развития экономики и страны в целом и служат основой для обеспечения безопасности государства, здоровья и имущества граждан, качества изделий и услуг, следовательно, состояние измерений – вопрос общенационального масштаба.

Обеспечить единство измерений невозможно без комплексного управления формированием и функционированием разнородных элементов, составляющих национальную систему измерений (НСИ). Выработка государственной политики в области обеспечения единства измерений требует охвата организационно-методической, нормативно-правовой и материально-технической составляющих НСИ.

Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов (стандартный образец, СО) – доступное и эффективное средство, позволяющее обеспечить единство и правильность измерений состава и свойств различных веществ и материалов в жизненно важных областях деятельности человека.

Основным назначением и применением стандартных образцов является:

1. Воспроизведение, хранение и передача величин, характеризующих состав и свойства вещества (материала), выраженных в значениях единиц, допущенных к применению в РФ, в процессе:

- поверки, калибровки, градуировки средств измерений;
- аттестации и контроля показателей точности методик измерений;
- оценивания метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях и сертификации;
- испытания стандартных образцов.

2. Демонстрация калибровочных и измерительных возможностей испытательных лабораторий (центров).

3. Проверка компетентности испытательных лабораторий (центров) в процессе аккредитации.

В зависимости от устанавливаемых при испытаниях величин различают:

a) стандартные образцы состава (химического, фракционного и т.д.);

b) стандартные образцы свойств (физических, химических, эксплуатационных и др.);

c) стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов.

Категории стандартных образцов определяются в процессе их утверждения (признания) и представлены на *рисунке 1*.

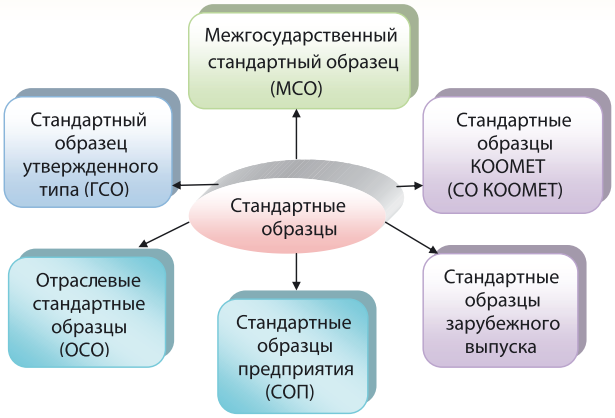


Рис. 1. Категории стандартных образцов

Решение об утверждении типа стандартных образцов ГСО принимается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в области обеспечения единства измерений.

Применение стандартных образцов регламентируется:

- национальными стандартами на методики измерений;
- нормативными документами на методики поверки, калибровки, градуировки средств измерений;
- технологической документацией на методы контроля и испытаний продукции;
- документами по аккредитации испытательных лабораторий (центров).

Сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений в стране определены Федеральным Законом РФ «Об обеспечении единства измерений» №102 ФЗ [1].

Эволюционные изменения института государственного регулирования, которые закрепляются, в соответствующих законодательных и нормативных правовых актах позволяют обеспечить реализацию полномочий различных федеральных органов исполнительной власти в пределах их компетенций. Так, деятельность Государственной службы стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов в соответствии с Положением (в ред. Постановления Правительства РФ от 04.09.2012 №882) [2] обеспечивают: Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, Министерство здравоохранения Российской Федерации, Министерство энергетики Российской Федерации, Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации

и Министерство сельского хозяйства Российской Федерации.

Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов (ГССО) осуществляет деятельность по разработке, испытанию и внедрению стандартных образцов в целях обеспечения единства измерений, а также формирование Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений в части, касающейся сведений об утвержденных типах стандартных образцов, нормативных правовых и иных документов по вопросам разработки, испытаний и применения стандартных образцов.

Создание единой для всех субъектов Государственной системы обеспечения единства измерений информационной среды, систематизация данных и автоматизация информационных массивов – является важнейшей задачей развития информационных технологий в метрологической деятельности.

В настоящее время интенсивно разрабатываются следующие направления создания единой информационной среды в области метрологии:

1. Систематизация фондов нормативных и методических документов, разработка классификаторов, каталогов объектов метрологической деятельности.

2. Создание и ведение автоматизированных реестров в области метрологии.

3. Создание автоматизированных информационных фондов по объектам метрологии и информационное обслуживание юридических и физических лиц, органов, ответственных за обеспечение единства измерений.

4. Обеспечение взаимосвязи информации об объектах метрологической деятельности, например, между информацией о средствах измерений и информацией о средствах их поверки, а также результатах поверки.

5. Разработка нормативных и справочных документов по информатизации в области метрологии.

В последнее время накопилось достаточно много проблем, связанных с решением вопросов оперативного выявления противоречий в нормативных актах различного уровня в части СО состава и свойств материалов и веществ, поиском необходимой номенклатуры СО, исследованием возможностей создания новых СО и их эффективного применения в инновационных технологиях.

Кроме того, принятые технические регламенты РФ и Таможенного союза, предъявляют достаточно жесткие требования к безопасности различного вида продукции, что требует своевременного определения перечня и состава СО, с помощью которых возможно будет оценить соответствующие свойства продукции при проведении их испытаний.

Между тем, существующие различного рода реестры СО не всегда обеспечивают подробной информацией об их физико-химических свойствах и метрологических характеристиках.

Таким образом, создание информационно-аналитической системы (ИАС) по стандартным образцам с одной стороны обусловлено необходимостью совершенствования организации работ в области создания СО, утверждения их типа, транспортирования и нормативной правовой базы, а с другой стороны повышения эффективности работы ГССО.

В современных условиях создание и функционирование любой сложной организационно – технической системы основывается на широком использовании информационных технологий.

Разработку ИАС для развития государственной системы обеспечения СО предполагается осуществлять на следующих принципах:

- обоснованность (интеллектуальность) принимаемых решений;
- непрерывность процесса анализа и управления обеспеченностью СО (непрерывность мониторинга состояния обеспеченности нормативной правовой базой создания, утверждения типа и транспортирования СО);
- устойчивость (робастность) управления обеспеченностью СО;
- открытость (возможность интеграции, реконфигурации и расширения) – в процессе дальнейшего развития системы могут быть добавлены дополнительно решаемые задачи (функции) без существенного изменения базовой архитектуры системы путем включения новых модулей и элементов;
- оперативность и быстродействие – система обладает необходимой скоростью приема, переработки, передачи информации и выработки управленческих решений в масштабе времени, соответствующем временным показателям разработки и реализации мероприятий по обеспечению СО и соответствующими нормативными правовыми актами;
- адаптивность – ИАС будет эффективно функционировать в постоянно возникающих новых условиях на основе оперативной корректировки отдельных плановых и программных заданий с сохранением основных целевых установок;
- многовариантность управления обеспечением СО – управляющие воздействия в системе вырабатываются на основе рационального вы-

бора из нескольких альтернативных вариантов с использованием формальных многокритериальных методов принятия решений;

▸ внутренняя совместимость элементов системы – заключается в согласованном функционировании модулей системы на основе интеллектуальных, формализованных и эвристических методов в целях достижения синергетического эффекта от их совместного применения.

Целью создания ИАС по СО состава и свойств материалов и веществ является автоматизация деятельности ГССО по совершенствованию нормативной правовой базы, систематизации данных о СО для определения потребности в них в соответствии с техническими регламентами.

Для реализации указанной цели необходимо решить следующие задачи:

▸ определить функции ИАС;

▸ определить структуру (совокупность взаимосвязанных модулей);

▸ установить порядок взаимодействия модулей;

▸ разработать специальное программное обеспечение;

▸ разработать интерфейс пользователей;

▸ установить режимы функционирования ИАС (полный интерактивный или частично интерактивный);

▸ обеспечить конфиденциальность информации.

ИАС структурно должна содержать:

▸ базы данных;

▸ базу знаний;

▸ модуль управления;

▸ модуль поддержки принятия решения;

▸ интерфейс ввода/вывода.

Базы данных должны включать реестры по категориям СО (*рисунок 1*), а также информационный фонд:

▸ нормативных документов (РФ, КООМЕТ, ИСО, ТС, МОЗМ);

▸ материалов выполнения программ в части СО;

▸ публикаций (изданий) по СО;

▸ материалы совещаний, заседаний Межгосударственного совета и рабочих групп;

▸ таблицы Государственной службы стандартных справочных данных.

Базы данных являются основой для построения базы знаний о СО, в которой с помощью логических выводов алгоритмически формируются новые знания о СО. Наполнение баз данных должно проводиться в автоматическом режиме с использованием поисковых систем различного уровня и системы распознавания образов.

Модуль управления обеспечивает взаимодействие между модулями ИАС.

Модуль поддержки принятия решений выполняет функцию генерации вариантов решений и представление их пользователю.

Интерфейс ввода/вывода служит для организации обмена информацией между ИАС и пользователем.

Порядок функционирования ИАС определяется структурой ГССО и решаемыми ей задачами.

В качестве платформы для веб-разработки программного интерфейса баз данных, базы знаний о стандартных образцах предлагается использовать платформу ASP.NET, позволяющую создавать сложные, и, в тоже время, быстрые веб-приложения. В будущем выбор платформы ASP.NET позволит беспрепятственно интегрировать разработанный программный продукт в информационно-коммуникационную структуру федеральных органов исполнительной власти.

Литература

1. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» (Собрание законодательства Российской Федерации от 30 июня 2008 г. №26, ст. 3021)

2. Положение о Государственной службе стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов. Утверждено Постановлением Правительства РФ от 2.11.2009 №884 (ред. от 4.09.2012).

УДК 910:006.924

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ СВЕТО-ТЕМНОВОЙ ОБСТАНОВКИ В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЕВ ИСЧИСЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ



Олег Павлович Кузнецов
кандидат технических наук, доцент
начальник отдела прикладных исследований
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, БольшойУдарный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93

Михаил Валерьевич Летуновский
начальник отдела
Департамент государственной политики в области технического регулирования и обеспечения единства измерений Минпромторга России
Адрес: 109074, Москва, Китайгородский пр., д. 7
Тел.: +7(495)647-74-51

Николай Юрьевич Новиков
кандидат технических наук, доцент
заместитель директора
Департамент государственной политики в области технического регулирования и обеспечения единства измерений Минпромторга России
Адрес: 109074, Москва, Китайгородский пр., д. 7
Тел.: +7(495)647-74-51

Игорь Игоревич Жуков
старший научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, БольшойУдарный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93

Андрей Николаевич Синев
инженер второй категории
ФГУП «ВНИИФТРИ»
Адрес: 141570, Московская обл., Солнечногорский р-он, г.п. Менделеево
Тел.: +7(495)535-93-34

Статья посвящена вопросам моделирования свето-темновой обстановки в регионах Российской Федерации для различных сценариев исчисления времени. Разработанный макет информационно-аналитической системы позволяет рассчитать интервалы светлого времени суток, периода года и региона Российской Федерации и провести анализ эффективности внедрения различных систем исчисления времени.

Article is devoted to questions of modeling of a light-dark situation in regions of the Russian Federation for various scenarios of computation of time. The developed model of information and analytical system allows to calculate intervals of light time of day, the period of year and the region of the Russian Federation and to carry out the analysis of efficiency of introduction of various systems of computation of time.

Ключевые слова: система исчисления времени, часовая зона, информационно-аналитическая система, база знаний, пользовательский интерфейс.

Keywords: system of computation of time, hour zone, information-analytical system, knowledge base, software interface.

Реформа системы исчисления времени в России, проведенная в 2011 году (переход на постоянное летнее время), вызвала бурную дискуссию в обществе, которая чаще проходит в эмоциональной плоскости. В 2013 году МОУ «ИИФ» совместно с Институтом географии и Институтом медико-биологических проблем РАН была проведена НИР «Анализ последствий отмены перехода с летнего на зимнее время и перевода субъектов Российской Федерации в другие часовые зоны» шифр «Субъект-ТР». Одним из результатов явился макет базы знаний по проблеме исчисления времени, который составляет основу информационно-аналитической системы (ИАС) моделирования свето-темновой обстановки в регионах Российской Федерации для различных сценариев исчисления времени.

Задачами любой информационно-аналитической системы являются хранение, обработка и анализ данных. Эффективное хранение информации достигается наличием в составе информационно-аналитической системы целого ряда источников данных. Обработка и объединение информации обеспечивается применением инструментов извлечения, преобразования и загрузки данных. Анализ данных осуществляется при помощи современных инструментов анализа данных.

Источники данных всегда разнообразны и не структурированы. Данные могут заноситься в систему автоматизированно и вручную. Информация, попадая в БД, консолидируется, преобразовывается и частично «очищается». Следующим этапом является прохождение данных через инструменты анализа для последующего предоставления их пользователю.

Рассмотрим подробно уровень представления данных.

Тенденции развития архитектуры ИАС базируются на применении Интернет-технологий. Современные ИАС должны обладать Web-порталом, играющим все более весомую роль в архитектуре ИАС. Возможность доступа к информации через привычный Web-браузер позволяет экономить на затратах, связанных с закупкой и поддержкой настольных аналитических приложений для большого числа клиентских мест. Реализация Web-портала позволяет снабжать аналитической информацией как пользователей внутри офиса, так и мобильных пользователей-аналитиков в любой точке мира, подключенных к порталу через Интернет.

В качестве платформы разработки уровня представления данных пользователю в макете ИАС моделирования свето-темновой обстановки в регионах РФ для различных сценариев исчисления времени использована мультимедийная платформа компании Adobe – Adobe Flash. Платформа включает в себя средство разработки Adobe Flash Professional и язык программирования Action Script 3.0.

Неоспоримым достоинством Flash является возможность получения красочно анимированных динамических интерактивных страниц очень небольшого размера, что является идеальным для использования в интернете. Разработанный пользовательский интерфейс прост и интуитивно понятен. Карта РФ поделена на часовые зоны и регионы (*рисунок 1*). Выбор соответствующего региона приведет к автоматическому расчету свето-темновой обстановки (*рисунок 2*).



Рис. 1. Основное окно приложения

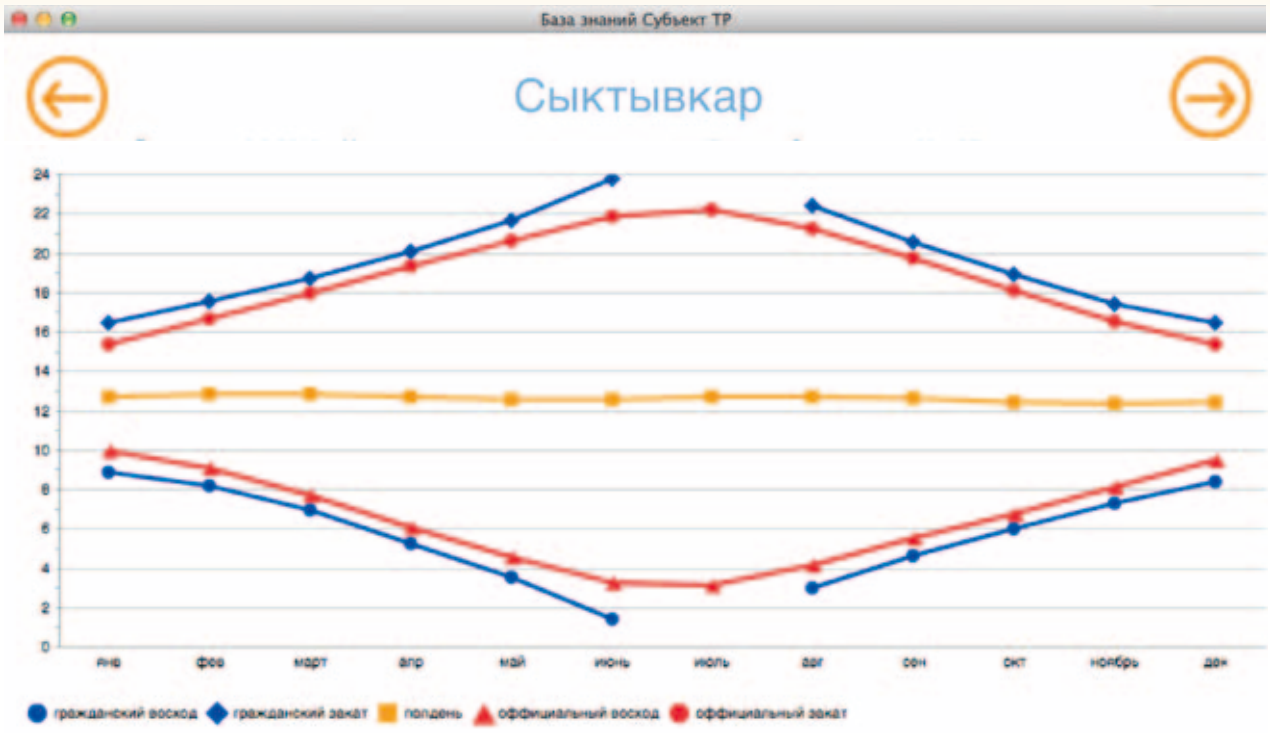


Рис. 2. Пример представления информации

Flash-технология может использоваться не только для создания веб-страниц, но и для разработки кроссплатформенных приложений, которые могут как выполняться на клиентских машинах, так и быть размещенными на интернет-порталах. Выполняются такие приложения в кроссплатформенной среде от компании Adobe – Adobe Integrated Runtime (AIR).

Для вычисления свето-темновой обстановки разработана программа расчетов интервалов светлого времени суток для выбранного периода суток, периода года и региона Российской Федерации

Разработанная программа позволяет вычислять светлое время суток для заданного города или области, учитывать переход на летнее время, вычислять количество человекочасов для заданного периода. Источник алгоритма для расчетов – Almanac for Computers, 1990, published by Nautical Almanac Office, United States Naval Observatory, Washington, DC 20392.

Алгоритм верен для периода с 1980 по 2050 год, и обладает точностью до одной минуты. Точность вычислений уменьшается для мест, лежащих на широтах выше 60 градусов северной или южной широты.

Также для высоких широт зимой и летом солнце может либо никогда не заходить (полярный день) либо никогда не восходить (полярная ночь). В этом случае в результатах указывается продолжительность дня 24 часа либо 00 часов соответственно.

Не смотря на то, что солнце скрылось за горизонтом, за счет отражения его света от атмосферы все еще довольно светло. Начинается период времени, называемый сумерками. Сумерки делятся на три этапа, и конец каждого из этапов тоже можно взять за точку заката солнца.

Первый этап называется гражданскими сумерками. Это время, когда еще достаточно светло, чтобы работать вне помещения без искусственного освещения. Концу гражданских сумерек соответствует зенитный угол в 96 градусов, после чего начинаются навигационные сумерки.

Навигационные сумерки – это время, когда на воде все еще заметна линия горизонта. Концу навигационных сумерек соответствует зенитный угол в 102 градуса, после чего начинаются астрономические сумерки.

Астрономические сумерки – это время, когда Солнце все еще является источником света и мешает видимости самых слабых звезд. Концу астрономических сумерек соответствует момент, когда Солнце полностью прекращает быть источником света, и это зенитный угол в 108 градусов.

После реализации алгоритма, выдающего результат в гринвичском времени, происходит смещение в зависимости от заданного часового пояса. Далее определяется есть ли переход на

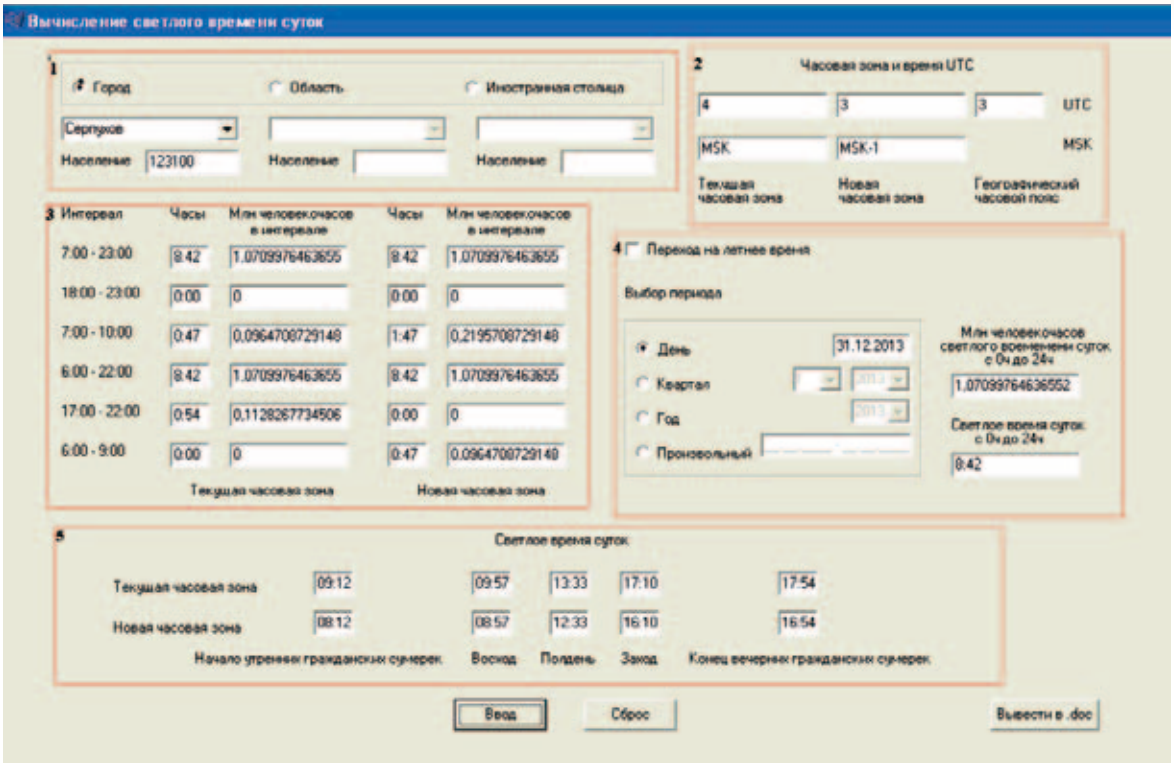


Рис. 3. Интерфейс программы

зимнее/летнее время, принятое в Европе и в России – с последнего воскресенья марта по последнее воскресенье октября.

Так же в программе осуществляется расчет времени истинного полудня, т.е. времени, когда солнце стоит в зените. Это время не совпадает с 12:00.

На *рисунке 3* представлен полный интерфейс программы.

Интерфейс состоит из 5 зон:

1) Выбор города или области;

2) Часовая зона и время UTC;

3) Светлое время суток и человекочасы в интервалах времени;

4) Выбор периода и перехода на летнее время;

5) Светлое время суток для одного дня (появляется только при переключении периода на один день).

Для работы с программой используются кнопки интерфейса «Ввод», «Сброс» и «Вывести в .doc". Чтобы произвести вычисления необходимо выбрать город/область (зона интерфейса 1), ввести новую часовую зону (зона интерфейса 2), выбрать при необходимости временной период и переход на летнее время (зона интерфейса 4) и нажать кнопку интерфейса "Ввод". Для вывода значений для городов за необходимый год надо выбрать населенный пункт из списка и нажать кнопку "Вывести в .doc". Перед использованием кнопки "Вывести в .doc" рекомендуется обнулить значения (кнопка "Сброс"). При последующем изменении населенного пункта таблица заполняется автоматически.

Результаты расчетов интервалов светлого времени могут быть использованы Федеральными органами исполнительной власти (Минпромторг России) для подготовки предложений Правительству РФ по оптимизации количества часовых зон и целесообразности перехода на летнее и зимнее время.

Оптимизация числа часовых зон в России направлена на повышение управляемости внутри страны, снижение энергопотребления, более комфортное использование населением светлого времени суток, а также на развитие социально-экономических и гуманитарных связей как между отдельными регионами страны, так и с соседними государствами.

В *таблице 1* представлены результаты расчетов интервалов светлого времени суток для выбранного периода суток, периода года и региона Российской Федерации

В *таблицу 1* выводится эффект (в %) использования различных систем исчисления времени относительно существовавшей до 31 октября 2011 года системы 9 часовых зон с переходом на

Таблица 1

Результаты расчетов интервалов светлого времени суток для выбранного периода суток, периода года и региона Российской Федерации

Город	Существовавшая до 31 октября 2011 года система 9 часовых зон с переходом на летнее и зимнее время (как было в 2010 году до отмены сезонного перевода стрелок часов)	Существующая с 31 октября 2011 года система 9 часовых зон с установлением постоянного летнего времени	Возможная система 9 часовых зон с установлением постоянного зимнего времени	Возможная система 9 часовых зон с переходом к поясному времени: сдвиг на запад на 2 часа относительно действующего исчисления времени ЖИЗНЬ по ПОЯСНОМУ ВРЕМЕНИ
Калининград	817(18-23 ч; UTC+2 и 3) 4654(7-23 ч; UTC+2 и 3)	899(18-23 ч; UTC+3) (+9%) 4674(7-23 ч; UTC+3) (+0,4%)	607(18-23 ч; UTC+2) (-25%) 4458(7-23 ч; UTC+2) (-4%)	374(18-23 ч; UTC+1) (-54%) 4182(7-23 ч; UTC+1) (-10%)
Серпухов	787(18-23 ч; UTC+3 и 4) 4627(7-23 ч; UTC+3 и 4)	859(18-23 ч; UTC+4) (+8%) 4650(7-23 ч; UTC+4) (+0,4%)	575(18-23 ч; UTC+3) (-26%) 4425(7-23 ч; UTC+3) (-4%)	349(18-23 ч; UTC+2) (-55%) 4140(7-23 ч; UTC+2) (-10%)
Новосибирск	786(18-23 ч; UTC+6 и 7) 4619(7-23 ч; UTC+6 и 7)	856(18-23 ч; UTC+7) (+8%) 4643(7-23 ч; UTC+7) (+0,5%)	576(18-23 ч; UTC+6) (-26%) 4418(7-23 ч; UTC+6) (-4%)	352(18-23 ч; UTC+5) (-55%) 4134(7-23 ч; UTC+5) (-10%)
Курильск	916(18-23 ч; UTC+11 и 12) 4811(7-23 ч; UTC+11 и 12)	1068(18-23 ч; UTC+12) (+14%) 4819(7-23 ч; UTC+12) (+0,1%)	702(18-23 ч; UTC+11) (-23%) 4628(7-23 ч; UTC+11) (-3%)	401(18-23 ч; UTC+10) (-56%) 4357(7-23 ч; UTC+10) (-9%)

летнее и зимнее время (как было в 2010 году до отмены сезонного перевода стрелок часов). Из приведенных данных видно, что с точки зрения использования светлого времени населением за период бодрствования существующая с 31 октября 2011 года система 9 часовых зон с установлением постоянного летнего времени является лучшей.

Кроме указанного критерия максимума освещенности за период бодрствования в ходе определения целесообразности перехода на летнее и зимнее время и необходимого числа часовых зон в РФ должны учитываться и другие факторы, информация о которых содержится в базе данных разработанного макета ИАС.

По поручению Правительства РФ от 14 марта 2013 года №АД-П7-1611 проводился мониторинг за 3 квартал 2013 года реализации Федерального закона №107-ФЗ от 3 июня 2011 года «Об исчислении времени». По экспертным заключениям, представленным в Минпромторг России Институтом географии РАН (профессор Тишков А.А.) и Институтом медико-биологических проблем РАН (профессор Бубеев Ю.А.), и дополнительным обобщенным результатам мониторинга (МОУ «ИИФ») явных трендов за такой короткий период в связи с реформой системы исчисления времени по утвержденным индикаторам не выявлено. Поэтому наиболее информативным остается показатель эффективного использования населением светлого времени суток в течение года. Мониторинг по последствиям реформы исчисления времени в РФ целесообразно продолжать.

Литература

1. Федеральный закон от 3 июня 2011 г. № 107-ФЗ «Об исчислении времени» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2011. №23).



УДК 621.317.08

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ДОСТОВЕРНОГО ПРИБОРНОГО УЧЕТА

Сергей Евгеньевич Чернышёв
кандидат технических наук, доцент
главный метролог
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, БольшойУдарный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93

Николай Юрьевич Новиков
кандидат технических наук, доцент
заместитель директора
Департамент государственной политики в области технического регулирования и обеспечения единства измерений Минпромторга России
Адрес: 109074, Москва, Китайгородский пр., д. 7
Тел.: +7(495)647-74-51

Олег Леонидович Подлесный
генеральный директор
ООО «Центр системных проектов и инноваций»
Адрес: 115598, Москва, ул. Загорьевская, д. 10, корп. 4
Тел.: +7(495)238-27-89

Олег Павлович Кузнецов
кандидат технических наук, доцент
начальник отдела прикладных исследований
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, БольшойУдарный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93

Дмитрий Валерьевич Буров
ведущий специалист-эксперт отдела обеспечения единства измерений (метрологическая служба Минпромторга России) Департамента государственной политики в области технического регулирования и обеспечения единства измерений Минпромторга России
Адрес: 109074, Москва, Китайгородский пр., д. 7
Тел.: +7(495)632-83-97

Андрей Николаевич Фуров
кандидат технических наук
научный сотрудник МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93

В статье рассмотрены проблемы организационно-технических и правовых процедур контроля программного обеспечения средств измерений количества энергетических ресурсов. Показано, что для достоверного приборного учета программное обеспечение средств измерений должно быть аттестовано, что позволит устранить ряд проблем, связанных с учетом энергоресурсов, и таким образом повысить энергосбережение в целом.

The problems of organizational, technical and legal procedures of control software for measuring the amount of energy resources. It is shown that for reliable metering software of measuring instruments must be certified, which will eliminate a number of problems associated with taking into account the energy and thus improve energy efficiency in general.

Ключевые слова: средство измерений, прибор учета, автоматизированная система коммерческого учета, энергосбережение, энергетический ресурс, программное обеспечение, сертификация.

Keywords: measuring device, metering device, automated metering system, energy conservation, energy resource, software, certification.

Энергосбережение является одним из важнейших направлений деятельности правительства РФ, региональных и муниципальных органов исполнительной власти.

В соответствии с Федеральным законом от 23.11.2009 №261-ФЗ [1] энергетический ресурс – это носитель энергии, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также вид энергии (атомная, тепловая, электрическая, электромагнитная энергия или другой вид энергии). В то же время энергосбережение определяется через реализацию организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг).

Единственными источниками информации об отпущенном и потребленном количестве энергетических ресурсов являются приборы их учета, которые представляют собой средства измерений (СИ) или различные типы автоматизированных систем коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ).

В настоящее время применяются следующие виды учета энергоресурсов:

- учет, выполняемый при помощи СИ и АСКУЭ;
- расчетный способ учета;
- опытно-расчетный способ учета.

Во всех видах учета энергоресурсов используются унифицированные операции:

- получение и регистрация первичных показателей количества и качества энергоресурсов:

а) генерируемых;

б) отправляемых потребителям;

в) получаемой;

г) расходуемой на собственные нужды;

- первичные показатели энергоресурсов заносятся в первичную документацию учета энергоресурсов;
- оперативный учет расхода энергоресурсов осуществляется по приборам учета;
- данные, получаемые с приборов учета, используются для внесения поправок в информацию, полученную расчетным путем.

Расчеты по приборам учета (счетчикам) приобретают массовый характер. Счетчики устанавливаются практически на все коммунальные услуги и являются наиболее точным учетом потребленного объема, но вместе с этим появляются дополнительные и повышенные требования к программному обеспечению.

Расчет по счетчикам более сложен, а программное обеспечение должно обеспечить не только правильный учет потребленного объема энергоресурса, но и свести к минимуму потери, а также обеспечить возможность наиболее дешевого варианта учета и контроля.

Наличие индивидуальных счетчиков обеспечивает стимул к ресурсосбережению. Но в процессе сбора показаний могут возникать случайные или умышленные ошибки абонентов и в этом случае, задачей программного обеспечения является сведение их к минимуму.

Средства измерения и АСКУЭ отличаются от других технических устройств тем, что имеют нормированные метрологические характеристики (МХ), соответствие которых установленным требованиям технической документации определяется в процессе утверждения типа. Производители современных СИ все больше и больше включают в их состав аппаратно-программные средства с программным обеспечением различного уровня сложности. В соответствии с [2, 3] **программное обеспечение средств измерений** – программы (совокупность программ), предназначенные для использования в средствах измерений и реализующие, в том числе, сбор, передачу, обработку, хранение и представление измерительной информации, а также программные модули и компоненты, необходимые для функционирования этих программ.

Программное обеспечение СИ условно подразделяют на встроенное и автономное. Встроенное ПО является неотъемлемой частью СИ, прямой доступ к которому в процессе эксплуатации СИ осуществляется только в ходе поверки, калибровки или ремонта СИ. Механический доступ к внутренним частям, ПО и интерфейсам защищается клеймом (пломбой) поверителя. Необходимо отметить, что неправильно организованная механическая защита ПО, в процессе эксплуатации, может привести к неправильному учету энергоресурсов и их хищению (см. например видео *«Подвальный счетчик»* из YouTube).

Автономное ПО СИ предполагает использование внешнего программного обеспечения и характерно для СИ, входящих в состав АСКУЭ.

Требования к программному обеспечению средств измерений определяет ГОСТ Р 8.654-2009 [3], который частично гармонизирован с Руководством WELMEC 7.2. [4]. Предъявляемые требования разработаны с целью оценки влияния ПО на метрологические характеристики СИ и защиты обрабатываемой, в том числе измерительной, информации от непреднамеренных и преднамеренных изменений [3].

Кроме того, п. 2 ст. 9 Федерального закона

РФ «Об обеспечении единства измерений» содержит положение о необходимости обеспечения ограничения доступа к определенным частям СИ (включая ПО) в целях предотвращения несанкционированных настройки и вмешательства, которые могут привести к искажениям результатов измерений. Для выполнения указанного положения Минпромторгом России был издан приказ от 30 ноября 2009 г. № 1081, определяющий порядок проведения испытаний стандартных образцов и СИ для целей утверждения типа. В Приложении 3 к этому приказу изложен порядок проверки защиты ПО при таких испытаниях. Для конкретизации названного приказа были разработаны рекомендация Р 50.2.077-2011 [5], а также методики ВНИИМС: МИ 3286-2010 [6] и МИ 3290-2010 [7], а Росстандартом принят «Временный порядок проведения испытаний стандартных образцов и СИ для целей утверждения типа». Однако, указанные документы содержат отдельные положения, которые противоречат международным требованиям и подвергаются критике как со стороны производителей СИ, так и со стороны испытателей СИ и ПО, а рекомендация Р 50.2.077-2011 проходит процедуру пересмотра в специально созданной Росстандартом рабочей группе, а Временный порядок проведения испытаний стандартных образцов и СИ для целей утверждения типа Росстандартом же и отменен.

Наличие в составе СИ программного обеспечения сопряжено с возможным проявлением рисков [8], большинство из которых обусловлено, в первую очередь, возможностью внешних воздействий на ПО, влияющих на результаты измерений.

Безопасность программного обеспечения в широком смысле является свойством данного ПО функционировать без проявления негативных последствий для конкретного СИ или автоматизированной системы. Под уровнем безопасности ПО понимается вероятность того, что при заданных условиях в процессе его эксплуатации будет получен функционально пригодный результат. Причины, приводящие к функционально непригодному результату могут быть разными: сбои программного обеспечения, ошибки программистов и операторов, дефекты в ПО. При этом дефекты принято рассматривать двух типов: преднамеренные и непреднамеренные. Первые являются, как правило, результатом злоумышленных действий, вторые - ошибочных действий человека.

В настоящее время достаточно часто обсуждаются вопросы о правильности результатов, полученных при использовании ПО в СИ, о степени влияния программного продукта на метрологические характеристики СИ, об уровне защищенности ПО от преднамеренных и непреднамеренных воздействий и, в конечном итоге, о степени доверия к результатам, полученным с помощью программного обеспечения.

Не исключена возможность возникновения погрешностей, причиной которых является ПО само по себе. Источники погрешностей, вносимых программным обеспечением в результаты вычислений, могут быть следующими:

- неадекватность используемых алгоритмов решаемой измерительной задаче;
- перевод чисел из десятичной системы счисления в двоичную и наоборот;
- ограниченность разрядной сетки;
- округление на промежуточных этапах вычислений;
- обрыв бесконечных рядов, являющихся представлениями большинства используемых при вычислениях библиотечных функций;
- неопределенность табличных значений констант, используемых при вычислениях;
- неудачный выбор алгоритмов вычислений, в частности использование так называемых неустойчивых (необусловленных) алгоритмов и т. д.

Кроме того, при использовании АСКУЭ сложилась следующая ситуация:

1. Для создания систем АСКУЭ используются высокоточные счетчики класса 0,2 и 0,5.
2. Для каждой, сдаваемой в эксплуатацию системы разработана и аттестована методика измерений (МИ).
3. Для каждой, сдаваемой в эксплуатацию системы разработана и утверждена методика поверки.
4. Системы АСКУЭ оперируют не только первичными, но и расчетными данными.
5. Системы АСКУЭ обмениваются данными в разных часовых поясах.
6. Для передачи первичных и расчетных данных достаточно широко используются макеты (текстовые файлы регламентированного формата). При этом в ряде макетов используются данные без округления, в ряде макетов с округлением.

Причем, используется как арифметическое округление, так и варианты бухгалтерского округления, в частности, вариант «с переходящим остатком».

7. В соответствии с МИ, данные в системах АСКУЭ должны храниться с точностью, соответствующей паспортной точности СИ, а методики поверки должны предусматривать перекрестную проверку СИ различными программами опроса.

Таким образом, разнотипные подходы к точности представления как первичных, так расчетных данных неизбежно порождают ряд проблем:

- при бухгалтерском округлении – часть энергии отпущенной по одному тарифу, может быть перенесена «переходящим остатком» в другую тарифную зону. Аналогичные ситуация возникают и на границах дат, месяцев и т.д. Это приводит к противоречиям при финансовых расчетах, при взаимодействии с налоговыми органами, а при межгосударственном обмене и с органами таможни;
- при округлениях неизбежно возникают расхождения между первичными данными (например, данные со счетчиков преобразованные в кВт-ч, квар-ч), и данными, представленными в макетах с другим периодом (часовым, суточным и др.);
- представление первичных данных в преобразованном (округленном) виде создает проблемы при поверках и взаимопроверках;
- округление данных приводит к противоречиям с методикой измерений и методикой поверки.

Причина возникающих проблем в том, что применяя (выбирая) тот или иной способ округления обычно забывают о том, что алгоритмы округления разрабатывались для решения определенных задач, и не существует каких-либо общих критериев их правильности. Кроме того, применение неподходящего алгоритма округления, предназначенного для другой области, не только не снимает проблемы, но и порождает дополнительные.

При этом важно подчеркнуть тот факт, что разрозненность (даже в одной организации) расчетов за ЖКУ с населением и юридическими лицами приводит к абсолютной невозможности свести полный баланс потребления энергоресурсов. А это в свою очередь ведет к необоснованному завышению действующих тарифов, т.к. неучтенное потребление («дисбаланс») все поставщики, безусловно, относят на себестоимость, вместо тщательного их учета (поиска непроизводственных потерь).

При организации учета энергоносителей необходимо иметь в виду, что условия эксплуатации оказывают существенное влияние на метрологические характеристики средств измерений и возникающие при этом дополнительные погрешности могут значительно превышать погрешности, заявленные в технической документации. Анализ инструкций по эксплуатации, например некоторых промышленно выпускаемых измерительных преобразователей давления показывает, что погрешность, не нормируется привычным значением класса точности. Оценка влияния дополнительных погрешностей измерительных преобразователей на достоверность результата измерений расхода не приводится. Однако в зависимости от применяемого метода погрешность измерений расхода среды может составлять несколько десятков процентов, даже в случае удовлетворения всем формальным требованиям нормативной документации. Поэтому условия эксплуатации средств измерений и их влияние на точность результата измерений должны быть конкретизированы для конкретного узла учета и зафиксированы в официальном документе.

Также существенными факторами, влияющими на суммарную точность измерения расхода, являются физические свойства измеряемой среды и конфигурация измерительных трубопроводов. Конструкция измерительных трубопроводов оказывает существенное влияние на показания расходомеров за счет деформации профиля скорости. В настоящее время разработана методика, позволяющая определять метрологические характеристики измерительных комплексов в реальных условиях эксплуатации, зарегистрированных в ранге рекомендаций по метрологии МИ 3018-2006 [9]. Экспериментальная апробация методов, описанных в МИ 3018-2006, показала возможность их применения для оценки влияния конструкции измерительных трубопроводов на параметры потока среды и на результат измерения расхода в целом.

На основании вышеизложенного, для повышения достоверности измерений, удовлетворения законодательных норм и снятия противоречий между поставщиками и потребителями энергоресурсов, на наш взгляд, необходимо, чтобы в ПО были введены процедуры расчета дополнительных погрешностей для каждого измерительного комплекса в соответствии с аттестованной МИ. При этом документом на МИ может быть ГОСТ, правила, либо индивидуально разработанный документ. Индивидуальный документ разрабатывается в том случае, если измерительный комплекс не соответствует МИ, изложенной в ГОСТ, либо в правилах.

Вопросы, связанные с возможными источниками погрешностей, характерных для ПО, рассмотрены в [10].

В силу ряда причин, на текущий момент в нашей стране отсутствует приемлемая и надлежаще функционирующая система аккредитации организаций на проведение тестирования программных продуктов, используемых в СИ и АСКУЭ. В этих условиях специалисты, занима-

ющиеся тестированием ПО СИ, отвечая на вызов времени, в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» выступили с инициативой создания «Системы добровольной сертификации программного обеспечения средств измерений и информационно-измерительных систем (СДС ПО СИИИС)».

Типичная ситуация, с которой приходится сталкиваться при сертификации, характеризуется тем, что нередко опорное ПО отсутствует или недоступно. В этом случае предлагаются к использованию метод генерации так называемых эталонных данных (*англ.* reference data set) [11] или метод моделей исходных данных, предложенный методикой МИ 2174 [12].

В настоящее время испытатели СИ сталкиваются с большим числом рисков, которые должны быть приняты во внимание. В связи с этим несомненным является то, что процедура проверки (аттестации) ПО должна соответствовать технологическому развитию измерительных систем.

Однако имеется растущее противоречие между требуемыми возможностями, предлагаемыми встроенным ПО, с одной стороны, и серьезными проблемами, с которыми сталкивается испытатель, с другой стороны. Таким образом, необходимы адекватные методы и средства для решения этих проблем.

Несмотря на все трудности, процедура оценки качества ПО СИ и АСКУЭ постепенно начинает осуществляться в ходе сертификации ПО в Системе добровольной сертификации. Однако проверка уровня защиты ПО при испытаниях для целей утверждения типа в последнее время сталкивается с определенными трудностями, вызванными возражениями ряда разработчиков автоматизированных СИ против некоторых положений нормативных документов в этой области. Особенно сильное сопротивление встречают процедуры определения идентификационных признаков ПО и установления соответствия ПО утвержденному типу, описанные в Рекомендации Р 50.2.077 и в методике МИ 3286.

Так как в Российской Федерации отсутствует обязательная единая система аттестации программных комплексов, то необходимо доверять прежде всего результатам расчетов программ, прошедших сличения и имеющих свидетельство о метрологической аттестации, выданное национальными метрологическими институтами – разработчиками нормативных документов.

Нельзя не отметить, что, исходя из сиюминутных экономических соображений, некоторые производители продуктов для СИ и АСКУЭ, ссылаясь на добровольность сертификации ПО, не соглашаются на независимую оценку качества программного обеспечения.

Литература

1. Федеральный закон от 23.11.2009 №261-ФЗ (ред. от 25.12.2012) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изм. и доп., вступающими в силу с 01.01.2013).

2. OIML D 31 Edition 2008 (E) General requirements for software controlled

measuring instruments. (Общие требования к программному обеспечению, контролирующему средства измерений).

3. ГОСТ Р 8.654-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения.

4. WELMEC 7.2. Issue 1. Software Guide. (Measuring Instruments Directive 2004/22/EC). – March, 2012.

5. Р 50.2.077-2011 Испытания средств измерений в целях утверждения типа. Проверка защиты программного обеспечения.

6. МИ 3286-2010 Проверка защиты программного обеспечения и определение ее уровня при испытаниях средств измерений в целях утверждения типа.

7. МИ 2955-2010 «Рекомендация. Типовая методика аттестации программного обеспечения средств измерений».

8. Grottker U., Schwartz R. Software in legal metrology // OIML bulletin. 2003. №2. P. 24.

9. МИ 3018-2006 «ГСИ. Определение метрологических характеристик измерительных комплексов на базе сужающих устройств современными методами вычислительной гидродинамики».

10. Кудеяров Ю. А. Испытания (тестирование) программного обеспечения средств измерений: Учеб. пос. М.: АСМС, 2010.

11. МИ 2955-2010. «ГСИ. Типовая методика аттестации программного обеспечения средств измерений».

12. МИ 2174-91. «ГСИ. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения».

УДК 621.395

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ НЕДВОИЧНЫХ ДЕКОДЕРОВ

Владимир Владимирович Зеленевский
доктор технических наук, профессор
профессор кафедры
филиал ВА РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: +7(4967)35-12-31

Юрий Владимирович Зеленевский
кандидат технических наук, доцент
научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93

Александр Михайлович Вальваков
доктор технических наук
старший научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93

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

Кирилл Владиславович Савельев
адъюнкт
ВА РВСН им. Петра Великого
Адрес: 109074, г. Москва,
Китайгородский пр-д, д. 9/5
Тел.: +7(929)994-76-02

В статье сформулированы требования к структуре имитационной модели оптимального недвоичного декодера, получены аналитические выражения для оценки статистических характеристик оптимального декодирования недвоичных кодов.

Requirements to the imitative model of optimal non-binary decoder structure are formulated, analytical expressions for statistical characteristics of optimal non-binary codes decoding are received.

Ключевые слова: имитационная модель, оптимальный недвоичный декодер, статистические характеристики декодирования.

Keywords: imitative model, optimal non-binary decoder, decoding statistical characteristics.

В устройствах передачи и хранения данных систем телекоммуникаций используются недвоичные корректирующие коды Рида-Соломона с обнаружением и исправлением байтовых ошибок [5]. Их недостатком является сложная процедура декодирования и невысокая корректирующая способность [3, 5].

В работах [1, 2] получены эквидистантные недвоичные блочные корректирующие коды, у которых кодовое расстояние равно длине кодовой комбинации, а число разрешённых кодовых комбинаций равно основанию кода $q=2^m$, где m – целое число, отражающее разрядность двоичного информационного блока. Достоинством таких кодов является возможность их оптимального декодирования, что, в отличие от известных недвоичных кодов Рида-Соломона [3], позволяет получить наибольшую корректирующую способность, в том числе и по исправлению пакетов ошибок.

Однако в известных научных трудах [3, 4] по теории кодов, исправляющих ошибки, отсутствуют аналитические выражения для статистических характеристик оптимального декодирования таких недвоичных кодов, у которых $D_q=N_q=var$, $m=\log_2 q$, где N_q – длина кода в недвоичных (q-ных) символах, D_q – кодовое расстояние.

Решение задачи по определению зависимости вероятности ошибочного декодирования кодовой комбинации $P_{ош}$ от вероятности искажения помехами символа недвоичного кода на входе оптимального декодера P_q осуществля-

лось имитационным моделированием. Для этого имитатор содержит следующие функциональные модули:

- M_1-модуль алгебраического синтеза двоичных последовательностей Рида-Маллера и их недвоичного представления, реализующий процедуры в конечном расширенном поле $GF(2^m)$, где m – целые числа, $m>2$, использующие неприводимые примитивные полиномы со старшей степенью, равной m (задаются пользователем);
- M_2-модуль алгебраического синтеза недвоичных корректирующих кодовых последовательностей из двоичных последовательностей Рида-Маллера, реализующий работу генератора недвоичных символов кода в поле $GF(2^m)$; полученные новые недвоичные кодовые комбинации являются циклическими на длине $n=2^m$ символов, а длина кодовой комбинации N_q определяется числом поданных тактовых импульсов (задается пользователем);
- M_3-модуль генерации двоичного сообщения и корректирующего кодирования передаваемой двоичной информации – число передаваемых и соответствующих сообщению недвоичных кодовых последовательностей задаётся пользователем исходя из требований по достоверности и точности имитационной модели;
- M_4-модуль реализации помехового воздействия на передаваемые символы недвоичной последовательности, определяющий вероятность искажения символа недвоичной последовательности P_q (задается пользователем);
- M_5-модуль оптимальной обработки принимаемых искаженных недвоичных комбинаций, реализующий принцип декодирования принятой кодовой последовательности по максимуму правдоподобия;
- M_6-модуль сбора статистики (соответствующих оценок статистических характеристик) – вероятности правильного приема сообщения $P_{пр}$, вероятности обнаруженной ошибки в сообщении $P_{оо}$, вероятности необнаруженной ошибки в сообщения $P_{но}$, времени декодирования, определяющих в целом правильность функционирования модели, отображения расчетных оценок и формирования из них базы данных (архива).

Входными данными для имитатора являются: число бит сообщения – m; основание кода – $q=2^m$; степень и вид примитивного неприводимого полинома; число передаваемых в канал связи сгенерированных недвоичных кодовых последовательностей; длина кодовой комбинации – N_q; вероятность искажения элемента кода – P_q; доверительная вероятность – p_o.

Эти параметры формируют факторное пространство эксперимента для оценки правильно-

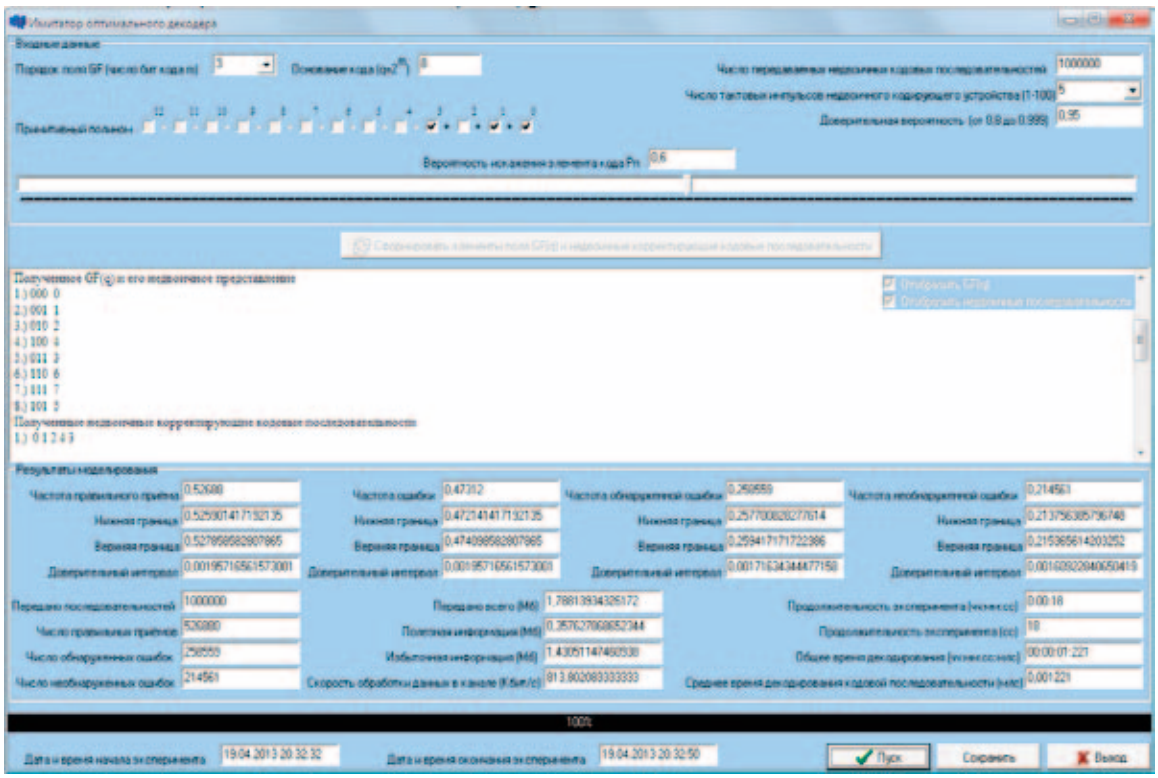


Рис 1. Интерфейс ввода исходных данных и отображения результатов моделирования

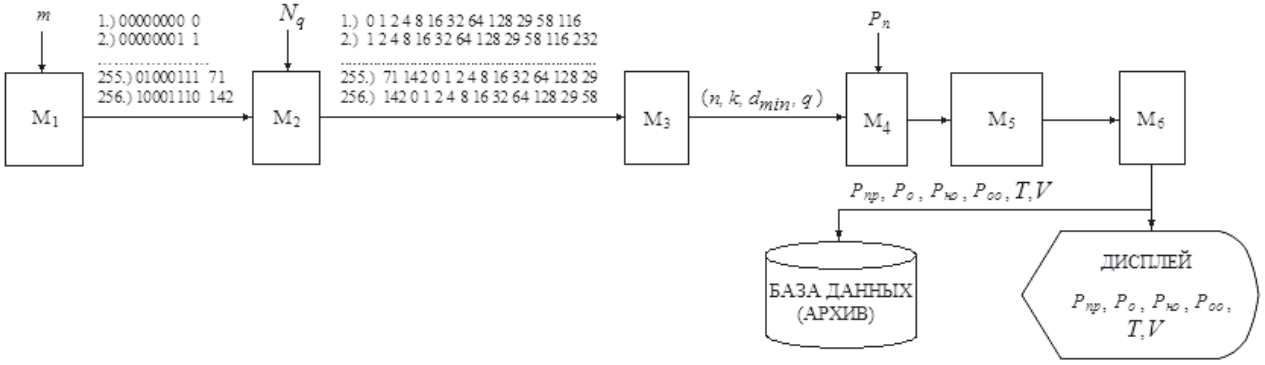


Рис 2. Структурная схема имитатора

сти функционирования имитационной модели канала связи с помехами.

Выходными данными являются: оценка вероятности правильного приема сообщения – $P_{пр}$, ее верхняя и нижняя оценки, доверительный интервал; оценка вероятности обнаруженной ошибки при декодировании сообщения $P_{оо}$, ее верхняя и нижняя оценки, доверительный интервал; оценка вероятности необнаруженной ошибки при декодировании сообщения $P_{но}$, ее верхняя и нижняя оценки, доверительный интервал; оценка вероятности ошибочного приёма при декодировании сообщения $P_{ош}$ ($P_{ош}=P_{оо}+P_{но}$), ее верхняя и нижняя оценки, доверительный интервал; продолжительность эксперимента по получению оценок целевой функции – T(с); скорость обработки данных в канале связи при кодировании, передаче и декодировании информации – V(кбит/с); общее время декодирования; среднее время декодирования одной кодовой последовательности – $T_{ср}$; объем переданной за время эксперимента информации (избыточная, полезная, общая).

Также в ходе вычислений отображаются полученное поле GF(2^m) и недвоичное представление его элементов; сгенерированные недвоичные корректирующие кодовые последовательности.

Интерфейс имитатора для ввода исходных и отображения выходных данных, а также его структура представлены на *рисунках 1* и *2*.

Отдельные результаты имитационного моделирования оптимального недвоичного декодера представлены в таблицах 1 и 2, где отражены: длина кода N_q; основание кода $q=2^m$; статистические оценки – вероятности правильного декодирования $P_{пр}$, обнаруженной $P_{оо}$ и необнаруженной $P_{но}$ ошибки, среднее время декодирования кодовой комбинации $T_{ср}$(с), вероятность искажения двоичного символа кода P_q.

Анализ *таблиц 1* и *2* показывает:

- с увеличением основания кода при $P_q=const$ вероятность правильного декодирования ($P_{пр}$) увеличивается, а вероятность ошибочного декодирования $P_{ош}=P_{оо}+P_{но}$ уменьшается (выигрыш в уменьшении $P_{ош}$ при увеличении q с 16 до 512 составляет около двух порядков);
- с увеличением основания кода среднее время декодирования кодовой комбинации увеличивается, особенно заметно увеличение времени декодирования $T_{ср}$ для q=512;
- наиболее предпочтительное основание кода q=256, так как при q=512 уменьшение вероятности $P_{ош}$ незначительное, а время декодирования увеличивается в 2 раза;
- недвоичные коды, в отличие от двоичных, позволяют обеспечивать заданные требования по вероятности правильного декодирования (или по вероятности $P_{ош}$) даже при P_q 0.5, для этого достаточно правильно выбрать основание кода и длину кода;
- оптимальное декодирование недвоичных кодов имеет преимущество по сравнению с известными алгоритмами (Рида-Соломона, Берлекэмпа-Месси) декодирования, так как допустимое значение вероятности P_q при $P_{ош}=const$ значительно выше.

Таким образом, имитационное моделирование оптимального декодера недвоичных кодов позволило экспериментально получить зависимости $P_{ош}=f(P_q,q)$ и выявить преимущества оптимального декодирования по отношению к пороговому алгоритму Рида-Соломона, установить временные параметры декодирования.

Зависимости $P_{ош}= f(P_q)$ для N_q = 5, 9, 11, 13 представлены на *рисунке 3*.

Воспользуемся известной экспоненциальной подгонкой и получим выражения:

Таблица 1. Значения P_q, $P_{пр}$, $P_{ош}$, $P_{оо}$, $P_{но}$, $T_{ср}$ при $m=8$

N_q	P_q	$P_{пр}$	$P_{ош}$	$P_{оо}$	$P_{но}$	$T_{ср}$(мс)
5	0,05	0,99992	8E-5	8E-5	0	0,01171
	0,25	0,98289	0,01711	0,01673	0,00038	0,01184
	0,35	0,94329	0,05671	0,05537	0,00134	0,01264
9	0,1	1	0	0	0	0,019629
	0,35	0,997684	0,002316	0,002155	0,000161	0,020212
	0,4	0,994304	0,005696	0,005291	0,000405	0,019917
11	0,1	1	0	0	0	0,022689
	0,3	0,999879	0,000121	0,000113	8E-6	0,022796
	0,4	0,998498	0,001502	0,001375	0,000127	0,023005
13	0,2	1	0	0	0	0,025508
	0,3	0,999981	1,9E-5	1,7E-5	2E-6	0,025006
	0,4	0,999606	0,000394	0,000367	2,7E-5	0,025568

Таблица 2. Результаты имитационного моделирования

Длина кода $n=7$						
Вероятность $P_q=0.1$						
	$q=16$	$q=32$	$q=64$	$q=128$	$q=256$	$q=512$
$P_{пр}$	0.99986	0.999915	0.999967	0.999972	0.99998	0.9999899
$P_{оо}$	1.2 E-4	8 E-5	3 E-5	2 E-5	2 E-5	9.8 E-6
$P_{но}$	2 E-5	5 E-6	3 E-6	3 E-6	0	3 E-7
$T_{ср}$, с	1.7 E-6	3.59 E-6	6.667 E-6	1.357 E-5	2.63 E-5	5.2 E-5
Вероятность $P_q=0.25$						
	$q=16$	$q=32$	$q=64$	$q=128$	$q=256$	$q=512$
$P_{пр}$	0.9918	0.994971	0.996755	0.997645	0.998123	0.998414
$P_{оо}$	7.49 E-3	4.434 E-3	2.932 E-3	2.2 E-3	1.784 E-3	1.547 E-3
$P_{но}$	1.33 E-3	5.95 E-4	3.13 E-4	1.48 E-4	9.3 E-5	3.9 E-5
$T_{ср}$, с	1.72 E-6	3.796 E-6	6.77 E-6	1.36 E-5	2.644 E-5	5.196 E-5
Длина кода $n=13$						
Вероятность $P_q=0.3$						
	$q=16$	$q=32$	$q=64$	$q=128$	$q=256$	$q=512$
$P_{пр}$	0.999616	0.999856	0.999926	0.99997	0.999981	0.999985
$P_{оо}$	3.12 E-4	1.2 E-4	6.6 E-5	2.7 E-5	1.7 E-5	1.1 E-5
$P_{но}$	7.2 E-5	2.4 E-5	8 E-6	3 E-6	2 E-6	4 E-6
$T_{ср}$, с	2.657 E-6	4.695 E-6	9.2 E-6	1.62 E-5	3.879 E-5	6.4832 E-5
Вероятность $P_q=0.2$						
	$q=16$	$q=32$	$q=64$	$q=128$	$q=256$	$q=512$
$P_{пр}$	0.9999891	0.9999965	0.9999988	0.9999991	0.99999955	0.9999996
$P_{оо}$	9.5 E-6	3.1 E-6	1.1 E-6	9 E-7	4.5 E-7	4.7 E-7
$P_{но}$	1.4 E-6	4 E-7	1 E-7	0	0	0
$T_{ср}$, с	1.667 E-6	3.776 E-6	4.986 E-6	1.62 E-5	2.1818 E-5	4.975 E-5
Длина кода $n=19$						
Вероятность $P_q=0.5$						
	$q=16$	$q=32$	$q=64$	$q=128$	$q=256$	$q=512$
$P_{пр}$	0.995746	0.998597	0.9994	0.99964	0.999812	0.99988
$P_{оо}$	3.235 E-3	1.158 E-3	5.14 E-4	3.25 E-4	1.69 E-4	1.15 E-4
$P_{но}$	1.019 E-3	2.45 E-4	8.6 E-5	3.5 E-5	1.9 E-5	5 E-6
$T_{ср}$, с	4.3 E-6	8.8 E-6	1.59 E-5	3 E-5	5.9 E-5	1.2 E-4
Вероятность $P_q=0.4$						
	$q=16$	$q=32$	$q=64$	$q=128$	$q=256$	$q=512$
$P_{пр}$	0.999704	0.999932	0.99997	0.999982	0.9999935	0.9999956
$P_{оо}$	2.33 E-4	5.7 E-5	2.7 E-5	1.7 E-5	5.9 E-6	3.9 E-6
$P_{но}$	6.3 E-5	1.1 E-5	3 E-6	1 E-6	6 E-7	5 E-7
$T_{ср}$, с	4.4 E-6	8.6 E-6	1.57 E-5	3.05 E-5	6 E-5	1.19 E-4

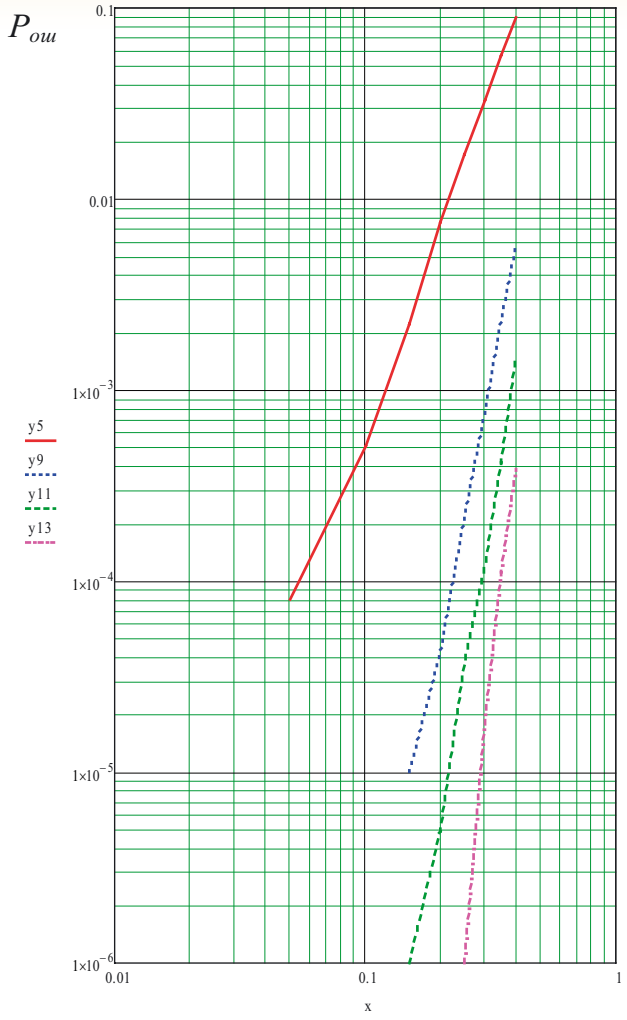


Рис 3. Зависимости $P_{ош}=f(P_q)$ для N_q=5, 9, 11, 13

$$1)\ P_{ош} = 2\sum_{i=N_q-1}^{N_q} C_{N_q}^{i} P_q^{i}\left(1-P_q\right)^{N_q-i} \text{ при } P_q \le 0.4, \quad (1)$$

которое позволяет оценить вероятность $P_{ош}=f(P_q)$ для оптимального декодирования недвоичных кодов с N_q=5,...,12, q=256.

В *таблице 3* представлены оценки вероятности $P_{ош}=f(P_q)$, полученные по выражению (1) для кода с длиной N_q=7, q=256.

Таблица 3

Оценки $P_{ош}=f(P_q)$ для кода N_q=7

P_q	0.08	0.1	0.15	0.2	0.25
$P_{ош}$	3.42 E-6	1.28 E-5	1.389 E-4	7.42 E-4	2.6 E-3

Сравнивая полученные значения вероятности $P_{ош}$ по выражению (1) и $P_{ош}$ имитационного моделирования (*таблица 2*), можно сделать вывод о достаточной для практики сходимости указанных оценок;

$$2)\ P_{ош} = \frac{1}{2}\sum_{i=N_q-2}^{N_q} C_{N_q}^{i} P_q^{i}\left(1-P_q\right)^{N_q-i} \text{ при } P_q \le 0.65, \quad (2)$$

которое можно использовать для оценки $P_{ош}=f(P_q)$ при оптимальном декодировании недвоичных кодов с N_q=13,...,21.

В *таблице 4* представлены оценки вероятности, полученные по выражению 2 и по результатам имитационного моделирования для кодов с N_q=13 и N_q=19, q=256.

Таблица 4

Оценки $P_{ош}$ для кодов с N_q=13 и N_q=19

Длина кода N_q=13					Длина кода N_q=19		
P_q	0.2	0.25	0.3	0.357	P_q	0.5	0.4
$P_{ош}$ (по выр. 5.9)	5.03 E-7	5 E-6	3.5 E-5	2.12 E-4	$P_{ош}$ (по выр. 5.9)	1.82 E-4	5.7 E-6
$P_{ош}$ (имит.мод.)	4.5 E-7	2 E-6	1.9 E-5	1.7 E-4	$P_{ош}$ (имит.мод.)	1.88 E-4	6.5 E-6

Анализ *таблицы 4* показывает, что выражение 2 отражает результаты имитационного моделирования с достаточной для практики точностью;

$$3)\ P_{ош} = \sum_{i=N_q-2}^{N_q} C_{N_q}^{i} P_q^{i}\left(1-P_q\right)^{N_q-i} \text{ при } P_q \le 0.75, \quad (3)$$

которое пригодно для оценки вероятности ошибки $P_{ош}$ при оптимальном декодировании недвоичных кодов с N_q 322, q=256.

В *таблице 5* представлены оценки $P_{ош}$, полученные по выражению (3) и по результатам имитационного моделирования для кодов с N_q=25, N_q=29, N_q=35, q=256.

Анализ *таблицы 5* показывает, что выражение 3 пригодно для оценки вероятностей $P_{ош}=f(P_q)$ указанных недвоичных кодов.

Таким образом, получить единое выражение для оценки зависимости $P_{ош}=f(P_q)$ при q=256 не представляется возможным. Задача еще больше усложняется при различных значениях основания кода q.

Полученные новые выражения (1-3) с достаточной для практики точностью отражают результаты имитационного моделирования и могут быть использованы для оценки статистических характеристик $P_{ош}=f(P_q)$ оптимального декодирования недвоичных кодов с q=256.

Таблица 5

Оценки $P_{ош}$ для кодов с $N_q=25$, $N_q=29$, $N_q=35$, $q=256$

Длина кода $N_q=25$			Длина кода $N_q=29$			Длина кода $N_q=35$		
P_q	0.5	0.6	P_q	0.5	0.6	P_q	0.55	0.679
$P_{ош}$ (по выр. 3)	9.72 E-6	4.293 E-4	$P_{ош}$ (по выр. 3)	8.14 E-7	7.398 E-5	$P_{ош}$ (по выр. 3)	3.5 E-7	1.969 E-4
$P_{ош}$ (имит.мод.)	9 E-6	3.66 E-4	$P_{ош}$ (имит.мод.)	9.3 E-7	6.4 E-5	$P_{ош}$ (имит.мод.)	3 E-7	2.511 E-4

Выводы

1. Оптимальное декодирование недвоичных кодов позволяет получить существенное уменьшение вероятности $P_{ош}$ по сравнению с известными алгоритмами декодирования (Рида-Соломона, Берлекэмпа-Месси).

2. Длина пакета ошибок, исправляемых оптимальным декодером, равна $t_П=(N_q\text{-}3)m$ двоичных символов.

3. Недвоичные коды с $N_q=D_q$ и оптимальным декодированием целесообразно использовать в каскадных платформах кодирования данных.

Литература

1. Зеленевский В.В., Зеленевский Ю.В., Шмырин Е.В. Синтез недвоичных корректирующих кодов преобразованиями двоичных последовательностей Рида-Маллера // Известия Института инженерной физики, 2013. №2(28). С. 36-39.

2. Зеленевский Ю.В., Зеленевский А.В. Энергетическая эффективность недвоичного кодирования информации в ЦСП // М.: Электросвязь, 2009. №8. С. 52-54.

3. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. 2-е изд., испр. Пер. с англ. М.: Издат. дом «Вильямс», 2003. 1104 с.

4. Мак-Вильямс Ф.Дж., Слоэн Н.Дж.А. Теория кодов, исправляющих ошибки. Пер. с англ. М.: Связь, 1979. 744 с.

5. Павлов П.А. Обнаружение и коррекция байтовых ошибок в устройствах хранения и передачи данных телекоммуникационных систем // Известия Института инженерной физики, 2012. №1(23). С. 51-56.



УДК 621.039

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ КАК ФЕНОМЕН СОВРЕМЕННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА

Людмила Николаевна Соловьёва
кандидат философских наук
доцент кафедры философии
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет) «МАИ»
Адрес: 125993, Москва, Волоколамское ш., д. 4
Телефон: +7(499)158-58-70

Статья посвящена философскому анализу виртуальной реальности как феномена современного информационного общества. В представленной работе проанализированы свойства, особенности и основные типы виртуальной реальности, выявлены негативные последствия пребывания в человека в виртуальном пространстве.

Article is devoted to the philosophical analysis of virtual reality as phenomenon of modern information society. In the presented work properties, features and the main types of virtual reality are analysed, negative consequences of stay in the person in virtual space are revealed.

Ключевые слова: виртуальная реальность, информационное общество, инфокоммуникативные технологии, виртуальный, симуляция, информация.

Keywords: virtual reality, information society, infokommunikativny technologies, virtual, simulation, information.

Специфика бытия человека начала третьего тысячелетия во многом обусловлена процессами построения информационного общества. Характерными признаками перехода к информационной стадии развития является широкое распространение и внедрение электронно-вычислительной техники, быстро конвергировавшей с техникой связи, совершенствование информационных технологий, лавинообразное увеличение объемов всех видов социальной информации, формирование информационной индустрии, построение глобальных информационных сетей и глобального информационного пространства. Информационно-коммуникативные технологии сегодня достигли такого уровня развития, который позволяет моделировать сложные пространственно-временные условия, симулировать действительность, порождая принципиально новый вид реальности – информационную, или виртуальную, качественно меняя привычный мир человека, воздействуя на психику, трансформируя его мировоззрение.

В современных условиях виртуализация выступает ключевой детерминантой социокультурных, политических и экономических процессов, а превращение техносферы в определяющую сферу бытия человека и формирование глобального информационного пространства породили целый ряд мировоззренческих проблем, требующих всесторонней философской рефлексии, таких как проблема дигитального бессмертия человека, вопрос о технологическом равенстве, проблема дальнейших цивилизационных перспектив человечества.

Виртуальная реальность в настоящее время выступает предметом изучения информатики, философии, психологии, культурологии, социологии и других отраслей научного знания, а понятие «виртуальный» прочно вошло в научный обиход и как специальный термин, и как синоним возможного. Этимология термина «виртуальный» восходит к латинскому «virtus» – сила и означает бытие в возможности, в то время как понятие «реальный», также происходящее от латинского «realis» – вещественный, действительный, означает существующее в действительности [1].

Впервые словосочетание «виртуальная реальность» употребил хакер Ж.Ланье в конце 1980-х гг. для обозначения «электронных устройств, вводящих их пользователя в новое измерение существования, в мир информации, в совершенно непривычную для человека дигитальную и интерактивную среду технологически продуци-

руемых симулякров всего того, что только может быть ему дано в опыте сенсорного восприятия действительности» [2]. Хотя в философии проблема соотношения «возможного – действительного», «потенциального – актуального» известна еще со времен античности. Актуальное – это то, что есть здесь и сейчас или существует в виде истинно-сущего мира парадигм, или в качестве актуальной бесконечности бога; потенциальное есть то, что содержится в уже существующем, но еще не возникло. В рамках психологической науки проблематики виртуальной реальности актуализировалась в свете развития информационных технологий. В наиболее общем виде виртуальная реальность понимается как выход за пределы повседневности, выражающийся в особой раскрепощенности сознания, творческом полете, недетерминированности поведения, а также в опыте измененных состояний сознания [3].

В конце XX века сформировалось самостоятельное междисциплинарное направление – *виртуалистика*, объектом изучения которого выступает виртуальная реальность как область бытия виртуальных объектов, которые порождаются объектами других реальностей: физических, психологических, социальных и других. Виртуальной реальности присущи следующие основные свойства: *порожденность* – виртуальная реальность представляет собой результат активности внешней по отношению к ней другой реальностью; *актуальность* – виртуальная реальность актуализирована только в конкретной точке пространственно-временного континуума, пока активна порождающая ее реальность; *автономность* – виртуальной реальности присущи собственные пространство и время, а также специфические законы существования; *интерактивность* – виртуальная реальность взаимодействует с другими реальностями, в том числе и с порождающей, как онтологически независимая от них [4].

Специфические характеристики виртуальной реальности современные исследователи заключили в рамки понятия «особенности памяти I»: intensive – интенсивность, interactive – интерактивность, immersive – иммерсивность, illustrative – иллюстративность, intuitive – интуитивность. *Интенсивность* обусловлена необходимостью активного взаимодействия пользователя с виртуальной средой, принимая информацию и реагируя на ее изменения. *Интерактивность* задается взаимодействием пользователя с компьютером, точнее, со средой, смоделированной им. *Иммерсивность* определяется степенью погружения субъекта в виртуальный мир, что проверяемо с помощью «теста увертывания» М. Крюгера: достоверность виртуального мира доказывается инстинктивным стремлением человека увернуться от летящего в его голову камня, несмотря на осознание им ирреальности данного объекта. *Иллюстративность* виртуальной реальности проявляется в максимально наглядной и эмоциональной форме, облегчающей ее восприятие, происходящее, в идеале, не на интеллектуальном, а на чувственно-эмоциональном, интуитивном уровне [5].

Таким образом, виртуальная реальность, с одной стороны, представляет собой закономерное следствие совершенствования информационных технологий, с другой – является социокультурным феноменом, выходящим далеко за рамки компьютерных технологий. Оказалось, что наряду с техногенной виртуальностью, синтезируемой компьютером, существуют и другие виды виртуальной реальности. *Психогенная виртуальная реальность* представляет собой результат измененных состояний психики – сновидения, непроизвольные воспоминания, галлюцинации, обладающих собственными пространственно-временными характеристиками. *Техногенная виртуальная реальность* синтезируется мультимедийными инфокоммуникативными технологиями – эффективным средством психологического воздействия на человека, которые благодаря аудиовизуальным образам, анимации, интеракции, наиболее правдоподобно имитируют реальность. *Социогенная виртуальная реальность* есть результат виртуализации, то есть любого замещения социальных реалий не только с помощью компьютерной техники и технологий, но прежде всего средствами массовой информации [6].

Закономерным результатом развития информационного общества, как уже отмечалось, является *виртуализация*, представляющая собой возможность непосредственного взаимодействия с символическими структурами. Так, изначально аудиовизуальные средства передачи информации позволяли сделать восприятие, информирование и коммуникацию независимыми от прямого присутствия на месте событий ценой отказа от возможности погрузиться в происходящее, за исключением телефона. Благодаря современным инфокоммуникативным технологиям символическая и все более возрастающая возможность распоряжения необозримым пространством и временем, приобретает еще одну опцию: тексты, изображения, музыка и информация, которые прежде лишь сохранялись, пересылались и обрабатывались, теперь могут быть интегрированы в само действие.

В настоящее время выделяется две основные формы виртуализации: *в виде гипертекста*, когда линейный текстовый поток превращается в сеть, состоящую из различных текстовых отрывков, ссылок, в которой читатели с помощью предложенных соединений могут составить собственный маршрут; и *в виде виртуальной реальности,* основанной на технике измерений, при которой человек может не только видеть изображение, но и проникать в него, воздействовать на него, не ощущая временных барьеров [7]. При вхождении в условное пространство компьютерной реальности, человек практически не имеет возможности отличать реальный мир от мира виртуального, так как последний обладает высокой степенью достоверности. Иллюзорность виртуального мира по отношению к миру константному является относительной, достоверной лишь для внешнего наблюдателя, для виртуала же, находящегося в внутри этого пространства, последнее обладает абсолютной реальностью и действительностью. Более того, сознание, благодаря конструктивной функции, позволяет достраивать, структурировать внешний мир, делая его целостным и логичным, и ограждая его от внешних деструктивных воздействий.

Перспективы виртуализации общества сводятся к тому, что социальные отношения между людьми приобретут в конечном итоге форму отношений между образами, а представления об объективной социальной реальности окончательно разрушаться. Уже сегодня стало возможным обходиться без живого общения, погружаясь в виртуальное пространство – некую искусственно созданную симуляцию объективной материальной реальности, где знаки и информация, текст и гипертекст, симулякры становятся реальностью. Реальность как таковая с живыми людьми и ситуациями перестает быть единственным исходным объектом и предметом. Использование компьютерного моделирования и имитации позволяют субъекту взаимодействовать с искусственным трехмерным визуальным и другим сенсорным окружением. Средства виртуальной реальности в виде специальных очков, шлемов, перчаток, комбинезонов погружают пользователя в синтезированную компьютером среду, симулирующую привычную реальность посредством интерактивных устройств. Суть онтологического парадокса в том, что именно эта мнимая реальность стала орудием и средством изменений реальной жизни как отдельного человека, так и общества в целом. Глубокое погружение и длительное пребывание человека в пространстве виртуального мира воздействует не только на его органы чувств, но и на воображение, интуицию, творческие способности, порождая следующие сопутствующие феномены.

Деперсонификация представляет собой результат утраты ключевых идентификационных маркеров. В виртуальном мире нет необходимости позиционировать себя в полном соответствии с действительностью, а основные идентификационные признаки, во многом определяющие отношения субъекта со средой, – пол, возраст, физические и внешние данные, социальное положение, уровень знаний и интеллекта, национальная и этническая принадлежность, утрачивают свою актуальность. В пространстве сети можно стать кем угодно, при этом реальное физическое тело никак не ограничивает степень свободы и не обусловливает восприятие его другим. К этому быстро привыкают, а в сознании постепенно формируется стереотип, допускающий разделение личности (сознания) и физических параметров (тела).

Другим важным феноменом является *киберпротезация* как замещение творческого предметно-преобразующего деятельностного начала человека кибернетическими протезами. В информационно-компьютерном континууме индивид предстает как субъект массового творчества, но виртуальный продукт его творчества, в отличие от реального, не является результатом творческой интуиции и творческих усилий автора, а есть следствие выбора из множества предложенных компьютерной программой вариантов. Таким образом, человек постепенно утрачивает не только навыки креативного мышления, но и способность самостоятельно вырабатывать и принимать решения, действовать в нестандартных ситуациях, поскольку в сознании уже коренится убеждение, что программа обязательно предложит наиболее целесообразные варианты решений, из которых всегда можно выбрать.

Еще один сопутствующий феномен – *виртуальное бессмертие*. В симулируемой реальности максимум, что может произойти с пользователем, это временный вывод его персонажа за пределы конкретной виртуальной реальности либо в виде блокирования входа на ресурс с конкретного IP-адреса, либо в виде окончания игры или виртуальной смерти. Решается эта проблема достаточно просто: можно загрузить сделанную до фатальной ошибки запись игры или осуществить вход с другого компьютера. Тем самым виртуал свободен от уязвимого тела, а в его сознании постепенно формируется стереотип, допускающий функционирование при отсутствии физической оболочки, практически без внешних ограничений [8].

Виртуальная реальность, таким образом, приставляет собой не столько конструкт параллельного мира, сколько альтернативную, более привлекательную, чем объективная реальность, сферу бытия, порождая иные культурные идентичности и модели субъективности, нестабильные и диффузные. Осуществляя виртуальные действия в виртуальном мире, человек не нуждается в теле как посреднике ощущений и может получать практически весь спектр эмоций, сопровождающий аналогичные действия в реальности. Сознание, опираясь на элементы виртуальной реальности, домысливает образы, устанавливает между ними связи, удерживает в этом поле других участников процесса, несмотря на кардинальную смену внешних обстоятельств, сохраняет способность к нормальному существованию.

С учетом вышесказанного следует констатировать, что современные информационно-коммуникационные технологии, по всей видимости, превратились в фактор дальнейшей эволюции человека и будущей информационной цивилизации. Развитие замещающих технологий обусловливает появление новых концептуальных границ познания и деятельности, изменению этических ориентиров развития, возникновению глобальных сетевых механизмов самоорганизации, новых форм самоопределения человека по отношению к собственной телесности, жизни и смерти. Виртуальная реальность является закономерным следствием развития информационного общества, порождая принципиально иное онтологическое измерение человека – информационное, что обусловливает новые экзистенциальные проблемы, требующие дальнейшего философского осмысления и научного исследования.

Литература

1. Философский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1983. 840 с.

2. Кузнецов М.М. Виртуальная реальность: взгляд с точки зрения философа // Виртуальная реальность: Virtual reality: философские и психологические проблемы / Под ред. Н.А. Носова. М.: ИПК госслужбы, 1997. 183 с.

3. Костина А.В. Массовая культура как феномен постиндустриального общества. М.: Изд-во ЛКИ, 2011. 352 с.

4. Носов Н.А. Теоретическая виртуалистика: новые проблемы, подходы и решения / Ин-т философии РАН. М.: Наука, 2008. 316 с.

5. McMillan K. Virtual Reality: Architecture and the Broader Community. URL: http://www.arch.unsw.edu.au / subjects/arch/specres2/mcmillian.

6. Соколов А.В. Информационное общество в виртуальной и социальной реальности. СПб.: Алтея, 2013. 352 с.

7. Бехманн Г. Современное общество: общество риска, информационное общество, общество знаний / Пер. с нем. А.Ю. Антоновского, Г.В. Гороховой, Д.В. Ефременко, В.В. Каганчук, С.В. Месяц. М.: Логос, 2012. 248 с.

8. Чеснокова Т.Ю. Постчеловек: От неандертальца до киборга. М.: Алгоритм, 2008. 368 с.

9. Соловьёва Л.Н., Гриценко Г.Д. Информационное общество: теоретико-методический конструкт // Известия Института инженерной физики, 2013. №2(28). С. 47-50.

УДК 004.8

НЕЙРОФИЛОСОФИЯ КАК ФИЛОСОФИЯ НЕЙРОНАУКИ*



Игорь Александрович Бугаков
заслуженный изобретатель РФ
доктор технических наук, профессор
Вице-президент МОУ «ИИФ»
по инновационным проектам,
ректор НОУ ВПО
«Институт информационных технологий
и управления»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93

В статье исследуется вопрос о месте и роли философии в современной науке. Обосновывается возможность и целесообразность возвращения философии статуса и функции метанауки в рамках современной науки о мозге – нейронауки: нейрофилософия – философия нейронауки.

In article the question on a place and a philosophy role in a modern science is investigated. Possibility and expediency of returning of philosophy of the status and function of a metascience within the limits of a modern science about a brain – neuroscience is proved: neurophilosophy – philosophy of neuroscience.

Ключевые слова: философия, целостность, нейронаука, метазнания, метафилософия, нейрофилософия, принцип минимальности.

Keywords: philosophy, integrity, neuroscience, metaknowledge, metaphilosophy, neurophilosophy, a minimality principle.

Сложность современного мира, высокая динамика жизни, лавинообразный рост информации, ускоренное создание мира искусственного без понимания на требуемом уровне мира естественного, отказ от традиционных ценностей, массовое привитие идеи «самоорганизации», кредо потребления на фоне ограниченности ресурсов Земли по истокам и стокам – все это не лучшим образом сказывается на современном обществе и его изменениях.

А что философия? Наблюдается снижение комплексной роли философии в осуществлении своего предназначения – *создания целостного восприятия человеком внешнего мира*. Снижается роль основных функций философии – *гуманистической, социальной, культурно-воспитательной, методологической*. К сожалению, время, когда философия была царицей наук, а философами восхищались как мудрецами, знающими все и владеющими цельной картиной мира, давно прошло. Отвлеченное от практики знание, проблемы мироустройства, миросозерцание далеки от современного человека. То, что нельзя продать, не пользуется спросом. Сегодня философию не критикует только ленивый, считая ее или ненужной, или даже вредной. Каждый сам себе философ. Такое вот трагикомическое самомнение.

Одна из причин этого – в самой философии, в недостаточности того объема знаний, который дает философия и который имеет современный философ. Сегодня мало владеть логикой или знать то, что относится к классической философии. Со старым багажом миросозерцания философ неинтересен миру, ибо мир стал иным. Настоящий философ сегодня должен обладать комплексными знаниями, на достаточно глубоком уровне владеть знаниями многих частных наук и направлений: теории систем, теории информации, теории управления, синергетики, физиологии, психологии, физики, математики и др. и своевременно обобщать эти знания (обобщение – сущность познания), формируя основа-

* Статья представляет собой краткое изложение доклада Бугакова И.А. «Нейрофилософия: назад в будущее», сделанного на XII Всероссийской научной конференции «Нейрокомпьютеры и их применение», секция «Нейрофилософия», 18.03.2014 года, Москва, Московский городской психолого-педагогический университет.

ния для нового движения вперед с ясным пониманием всеми участниками друг друга. Именно философия способна и призвана исключить строительства храма науки в виде Вавилонской башни. Однако, к сожалению, сегодня нет особых оснований для восхищения философскими достижениями, ее междисциплинарными идеями, демонстрирующими истинную мудрость настоящего философа как способность мгновенного постижения сути вещей на основе наличия некоторых универсальных знаний.

Потеря философией своего системного интегрирующего статуса привело теперь уже к *распаду самой философии на частные составляющие* по видам деятельности: есть философия науки, философия образования, …, философия продаж, есть даже философия обмана, а также философия самой деятельности и философия жизни. О чем это говорит? Во-первых, о том, что сегодня уже недостаточно того старого запаса обобщенных знаний, которым до сих пор оперирует философия, для того, чтобы им можно было бы как-то воспользоваться как метазнаниями при анализе отдельных направлений деятельности человека. Каждое направление теперь создает свою философию. Отчасти это не может не радовать философов, ибо это есть признание важности наличия философских оснований для обеспечения любой деятельности. Однако, и это, во-вторых, «расползание» философии по видам деятельности – это, в конечном итоге, путь к самоизоляции этих направлений, путь повторения пройденного и переоткрывания уже известного. Нужен такой путь автономного развития? По-видимому, да. Но на не очень большой период, по окончании которого нужен интегрирующий импульс со стороны «*общей философии*» или *метафилософии* как *философии философии*. И так далее с повторением циклов дифференциации-интеграции знания, результатом каждого из которых является появление *нового иерархического уровня метазнания*.

Породив в свое время множество частных наук и дав им самостоятельно развиться, философия сегодня призвана на основе междисциплинарности заботливо собрать полученный «урожай» и соединить воедино в целостную картину разрозненные до сих пор отдельные фрагменты знания, обобщить достигнутое и увидеть «за деревьями лес» (в виде новых принципов и законов мироздания, конкретизирующих и развивающих уже известные и наиболее общие), создав тем самым базу для понимания специалистами разных направлений друг друга, и на основе этого соединить известные и сформировать новые направления познания, дав старт новому этапу дифференциации знания (кстати, и саму философию такое углубление приближает как к нахождению ответов на свои «вечные вопросы», так и к расширению списка этих вопросов, а также к росту глубины проникновения в философской системе «человек – мир»). Философское обобщение лежит в основе дальнейшей формализации истинного, обладающего высокой степенью общности, знания. В этом смысле философия не только сродни математике (обе области оперируют в большинстве случаев абстракциями), но и питает ее исходными обобщениями[1].

Сегодня крайне необходим возврат философии к идее *метанауки*, главным предназначением которой являлось бы формирование *обобщенных знаний*, пригодных для всех наук о природе, человеке и обществе, организация междисциплинарного диалога и постановка новых задач перед частными науками. Необходимо от частного мудрствования, размножения философских направлений[2] (что позволяет отнести современную философию скорее к современному искусству, чем к строгой теории), вернуться к общей мудрости[3]. Именно такой подход дает философии шанс вернуть себе статус «царицы наук», завершив очередной цикл дифференциации-интеграции знания.

Фундаментом для осуществления такого междисциплинарного возврата может стать уско-

1 Пример такого важного обобщения – принцип инерции. Каждая наука открывает его для себя заново: сначала физика – инерция движения (первый закон Ньютона, потом электродинамика – электромагнитная инерции (правило Ленца), потом химия – инерция химических реакций (принцип Ле Шательье Брауна), потом – … Сколько еще? Ясно, что все материальное обладает инерцией и потому «противится» изменениям, причем чем больше материи, тем больше инерция (и мышление, кстати, тоже подчиняется принципу инерции). Все. Не надо новых имен «первооткрывателей».

2 Одно перечисление (а тем более запоминание) которых достаточно утомительно. По каким только основаниям не идет классификация: идеализм и материализм, антропологизм и натурализм, рационализм и иррационализм, сциентизм и антисциентизм, модернизм и постмодернизм. Характерная черта современной философии – отсутствие ярко выраженного господствующего направления, многообразие (плюрализм) *конкурирующих* философских школ и направлений. Наиболее влиятельные среди них — экзистенциализм, неопозитивизм, постмодернизм, синергетика, … Например, экзистенциализм – «философия существования». Тогда что есть существующая еще и «философия жизни»?

3 Такую или близкую к ней задачу философы, естественно, не могли не ставить (например, постмодернизм как попытка создать интегративную философию или неопозитивизм – как возврат философии к реальной жизни, к науке, разработка методологии научного познания и ее языка).

ренно (благодаря техническим возможностям – МРТ, ПЭТ и др.) развивающееся направление, получившее название «нейронаука», в котором «нейрофилософии» должна быть отведена роль «метазнания о нейро»[4], роль методологии нейронауки. О том, что необходимость интеграции настала, говорит лавинообразный (зачастую, впрочем, неоправданный, напоминающий недавнее увлечение идеей «нано») рост частных нейронаправлений (нейропсихология, психотерапия, педагогика, генетика, менеджмент, маркетинг, экономика, социология, политика, право, медицина, …, даже демократия и эстетика). Если нейронаука исследуют функции и структуру мозга, то нейрофилософия дает ответы на вопросы о том, какие общие принципы лежат в основе всех этих направлений, какие принципы и механизмы лежат в основе формирования и поддержания структур мозга, в основе их функционирования и развития. То есть нейрофилософия – философия нейронауки, философия науки о мозге. Эта философия не сводится ни к «редукции психологии к нейронаукам», ни к поиску «нейробиологических основ сознания», ни к «молекулярным биологическим основаниям когнитивных функций». Ее задача – нахождения философских основ частных знаний нейронаук, их обобщение и дополнение в виде наиболее общих принципов и законов мозговой деятельности.

В докладе рассматривается один из таких основных принципов, которому подчинено все существующее в природе (в том числе и мозговая деятельность), – принцип минимальности, согласно которому условием реализации любого природного действия является минимизация расходов основных природных ресурсов – энергии, пространства (объема), времени. Рассматриваются проявления-следствия этого принципа применительно к деятельности мозга: сохранение (инерция), пороговость взаимодействия и диапазонность существования, самоорганизация как «природный автоматизм», однородность и пластичность мозга, предвидение на основе рефлексов и ассоциаций, интеграция как механизм и сущность развития, динамическое восприятие, минимальная достаточность органов чувств, фрактальность и иерархичность, сознание как способ и инструмент формирования рефлексов и автоматизмов, базисность и инвариантность, параллельность и распределенность и др. [1-8].

Литература

1. Бугаков И.А. Информация: появление, существование, восприятие // Датчики и системы: 2001, №2, С. 41-47 (часть 1); 2001, №3, С. 61-68 (часть 2).

2. 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.

3. 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.

4. Бугаков И.А. Системный подход как методология научного познания // Известия Института инженерной физики, 2008. №3(9). С. 80-85.

5. 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.

6. Бугаков И.А., Царьков А.Н. Система управления устойчивым развитием: концептуальные идеи // Известия Института инженерной физики, 2013. №4(30). С. 79-88.

7. Матурана У., Варело Ф. Древо познания. Биологические корни человеческого понимания. Пер. с англ. Ю.А. Данилова. М.: Прогресс-Традиция, 2001. 224 с.

8. Бугаков И.А. Принцип минимальности и деятельность мозга // Сб. научных трудов юбилейного симпозиума, посвященного 150-летию издания статьи И.М. Сеченова «Рефлексы головного мозга. М.: ИИнтеЛЛ, 2013. С. 252-275.

4 Мозг человека и устройство Вселенной – два вечных ключевых вопроса, требующих периодического осмысления и интеграции достигнутого, причем в структуре Вселенной и мозга много общего («как наверху, так и внизу»).

УДК 004. 056: 061. 68.50

МЕТОД ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ТЕЛЕИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ИСПРАВЛЕНИЕМ ОШИБОК В ДВУХ БАЙТАХ ИНФОРМАЦИИ

Александр Викторович Гусев
старший специалист отдела
информационной безопасности
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93

Предлагается метод повышения помехоустойчивости каналов передачи данных телеизмерительных информационных систем за счет коррекции ошибок в двух байтах информации при минимальных временных затратах.

A method of obtaining better noise immunity of data transmission channels telemetric information systems due to the correction of errors in the two bytes of information with minimal time cost.

Ключевые слова: корректирующий алгебраический код, корректирующий циклический код, одиночные байты ошибок , двойные байты ошибок.

Keywords: algebraic correcting code correcting cyclic code , single byte error, double error bytes.

1. Введение и постановка задачи

Информационно-измерительная система (ИИС) представляет собой совокупность функционально объединенных измерительных, вычислительных и других вспомогательных технических средств для получения измерительной информации [1].

Отличительной особенностью телеизмерительных информационных систем (ТИИС) от обычных является длина канала связи. Канал связи является наиболее дорогой и наименее надежной частью этих систем, поэтому для ТИИС резко возрастает значение таких вопросов, как надежность передачи информации [1].

Эффективным средством повышения достоверности информации каналов передачи данных ТИИС является помехоустойчивое кодирование [1, 3].

Во многих случаях для обнаружения и исправления ошибок используются коды с обнаружением и исправлением байтов ошибок (в этом случае, под байтом ошибок понимаются ошибки, кратность которых не превышает число разрядов b блока информации).

Для этих целей широко используются коды Рида-Соломона, исправляющие b блоков информации и реализующих циклическую процедуру кодирования и декодирования информации.

Основным недостатком данных кодов является большое время задержки, связанное с циклической процедурой кодирования и декодирования информации.

Устранения данного недостатка может быть обеспечено на основе кодов, реализующих алгебраическую процедуру кодирования и декодирования информации, однако в настоящее время не известны методы построения данных кодов, корректирующих ошибки в заданном числе байтов информации.

Предлагается метод построения корректирующего кода, исправляющего ошибки в двух байтах информации, реализующий линейную процедуру построения корректирующего кода с синдромным декодированием.

2. Разработка линейного корректирующего кода с исправлением ошибок в двух байтах информации

Правила кодирования информации

Правило 1. Двоичный набор Y, содержащий k информационных символов, разбивается на w=k/b байтов информации (под байтом информации понимается число информационных разрядов не превышающих значение b и пусть b кратно k).

Под байтом ошибок понимаются ошибки, кратность которых не превышает число разрядов b блока информации.

В результате двоичный набор может быть представлен в виде:

$$Y=x_1\,x_2\ldots.\,x_{b1},\,y_1\,y_2\ldots.\,y_{b2},\ldots\ldots\ldots,z_{1\,z}\ldots.\,z_{bw}. \quad (1)$$

Определение 1. Вектор ошибки, полученный относительно сложения одноименных разрядов переданных и полученных байтов информации будем называть аддитивным вектором ошибки.

Правило 2. Для формирования первого аддитивного вектора ошибки осуществим сложение по mod2 одноименных разрядов байтов информации начиная с первого по (b-1) – блок информации, а для формирования второго аддитивного вектора ошибки осуществим сложение по mod2 одноименных разрядов байтов информации начиная с второго по b – блок информации (осуществим операцию перемежения) и результат суммирования добавим к двоичному набору Y.

В результате получим кодовый набор Y_{K1}:

$$Y_{K1}=x_1\,x_2\ldots.x_b,\,y_1\,y_2\ldots y_{b,}\ldots,\,z_1\,z_z\ldots z_b,\,p_1\,p_2\ldots p_{b,}\;\underset{r_1^{\,f}\,r_2^{\,f}\ldots\,r_b^{\,f}}{x_1\,x_2\ldots.\,x_{b1}\;\ldots\ldots\ldots\ldots\;z_1\,z_z\ldots.\,z_{b(w-1)}}\;\oplus\;\underset{r_{b+1}^{\,f}\,r_{b+2}^{\,f}\ldots\,r_{2b}^{\,f}}{y_1\,y_2\ldots..\,y_{b1}\;\ldots\ldots\ldots\ldots\;p_1\,p_z\ldots..\,p_{bw}} \quad (2)$$

Для исправления ошибочных разрядов информации, возникает необходимость формирования совокупности проверок (разработки правила кодирования информации), позволяющих определить блок (байт) информации, содержащий ошибку.

С этой целью, осуществим кодирование блоков информации, используя w матриц кодирования.

Свойство 1. Каждая матрица кодирования содержит $g_H=[\log_2(k+1)]$ сток при нечетном значении b и $g_ч=[\log_2(k+1)]+1$ – при четном значении b.

Свойство 2. Каждая строка матрицы кодирования содержит b разрядов.

Примечание. Квадратные скобки означают округление результата в большую сторону.

Правило 3. Представим одноименные строки матриц кодирования двоичным набором, соответствующим одному из значений множества $\{2^b\}$ таким образом, чтобы результат проверки на четность строк матрицы кодирования в двоичном наборе образовывал номер u_i, принадлежащий множеству $\{2\,g_H\}$ при нечетном значении b и множеству $\{2\,g_ч\}$ – при четном значении b и при этом для полученных значений номеров выполнялось условие $u_j-u_i\geq 2t$.

Правило 4. Значения контрольных проверок (значений контрольных разрядов) матрицы кодирования формируются сложением по mod2 элементов строк матрицы, имеющих единичные значения.

Свойство 3. Для исключения совпадения синдромов ошибок (при $k=b2^b$) для второй части синдромов ошибок требуется $r_{gч}=[\log_2(2b2^b)+1]$ – контрольных разрядов при четном значении b, и $r_{gH}=\log_2(2b2^b)$ – при нечетном.

В этом случае, число дополнительных контрольных разрядов (строк матрицы кодирования) составит $r_{допч}=[\log_2(2b2^b)+1-b]$ при четном значении b, и $r_{допчн}=[\log_2(2b2^b)-b]$ – при нечетном.

Граница числа контрольных разрядов для кода, корректирующего ошибки в двух байтах информации с формированием аддитивного вектора ошибки, оценивается выражением:

$$r=3b+r_{допi}. \quad (3)$$

Правило 5. Объединяя по mod2 одноименные контрольные проверки для всех матриц кодирования, получим значения второй части контрольных разрядов

$$\begin{aligned} r_1^{\,O}&=r_1^{\,1}\oplus r_1^{\,2}\oplus r_1^{\,3}\oplus\ldots\ldots\ldots\oplus r_1^{\,w};\\ r_2^{\,O}&=r_2^{\,1}\oplus r_2^{\,2}\oplus r_2^{\,3}\oplus\ldots\ldots\ldots\oplus r_2^{\,w};\\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ r_g^{\,O}&=r_g^{\,1}\oplus r_g^{\,2}\oplus r_g^{\,3}\oplus\ldots\ldots\ldots\oplus r_g^{\,w}. \end{aligned} \quad (4)$$

Таким образом, имеем регулярную процедуру построения кодового набора с аддитивным формирование вектора ошибки:

$$\begin{aligned} &Y_K=x_1x_2\ldots x_b,\,y_1\,y_2\ldots y_{b,}\ldots,z_1\,z_z\ldots z_b,\\ &r_1^{\,f}\,r_2^{\,f}\ldots\,r_b^{\,f},\,r_{b+1}^{\,f}\,r_{b+2}^{\,f}\ldots\,r_{2b}^{\,f},\\ &r_1^{\,g}\,r_2^{\,g}\,r_{b+1}^{\,g}\,r_{b+2}^{\,g}\ldots..\,r_{допi}^{\,g}. \end{aligned} \quad (5)$$

Результат сложения по mod2 переданных значений контрольных разрядов $r_{i1}^{\,f}$, $r_{i2}^{\,f}$, $r_i^{\,g}$ и

контрольных разрядов $r_{i1}^{fп}$, $r_{i2}^{fп}$, $r_i^{gп}$ сформированных относительно полученных информационных разрядов даст значение синдрома ошибки, включающего две части:

$$\begin{array}{l} r_1^f\, r_2^f \ldots \ldots r_b^f \quad r_{b+1}^f\, r_{b+2}^f \ldots\ldots r_{2b}^f \quad r_1^g\, r_2^g \ldots \ldots\ldots r_{ДОПi}^g \\ \oplus\ r_1^{fп}\, r_2^{fп} \ldots\ldots r_b^{fп} \quad r_{b+1}^{fп}\, r_{b+2}^{fп} \ldots\ldots r_{2b}^{fп} \quad r_1^{gп}\, r_2^{gп} \ldots\ldots\ldots r_{ДОПi}^{gп} \\ \hline S= \underbrace{s_1^0\ s_2^0 \ldots .s_b^0}_{S_1^f} \quad \underbrace{s_{b+1}^0\, s_{b+2}^0 \ldots\ldots s_{2b}^0}_{S_2^f} \quad \underbrace{s_1^1\, s_2^1 \ldots\ldots\ldots\ldots s_{ДОПi}^g}_{S^g} \end{array} \qquad (6)$$

Значение синдрома ошибки S_1^f, S_2^f представляют собой аддитивные векторы ошибки (указывают ошибочные разряды в блоках информации), а значение синдрома ошибки S^g определяет номера ошибочных блоков (байтов) информации.

Свойство 4. Возникновение ошибок в соседних байтах информации приводит к искажениям векторов ошибок.

Следствие 1. При возникновении ошибок в соседних байтах вектора ошибок формируются в соответствии с синдромом ошибок.

Правило 6. декодирования включает следующую стратегию:

1. $S_1^f=0$; $S_2^f=0$; $S^g=0$. Ошибок нет.
2. $S_1^f=0$; $S_2^f=0$; $S^g1 0$. Произошла ошибка в контрольных разрядах
3. $S_1^{fg}1 0$; $S_2^f=0$; $S^g1 0$. Произошла ошибка в одном байте информации.

($S_1^{fg}=0$; $S_2^f 1 0$; $S^g1 0$).

4. $S_1^{fg}1 0$; $S_2^f 1 0$; $S^g1 0$. Произошла ошибка в двух байтах информации, корректируемая аддитивными векторами ошибок или вектором ошибок, сформированным в соответствии с синдромом или некорректируемая ошибка (обнаруживаемая).

Аналогичным образом строится код, корректирующий ошибки в заданном n-числе байтов информации ($n \le b$).

Граница числа контрольных разрядов корректирующего кода, исправляющего ошибки в заданном числе байтов информации (при нечетном значении b), оценивается выражением:

$$r = (n+1)b + \log_2(nb2^b). \qquad (7)$$

При четном значении b, к данному выражению прибавляется единица.

Таким образом, предлагаемый метод коррекции ошибок в заданном числе байтов информации с аддитивным формированием вектора ошибки имеет регулярную и относительно простую процедуру матричного кодирования. Позволяет сократить временные затраты на кодирование и декодирование информации (исключить циклическую процедуру кодирования).

По отношению к коду Рида-Соломона позволяет исключить временные затраты на нахождения корней полинома локаторов ошибок. Так для решения ключевого уравнения кода РС (78,8) по алгоритму Евклида потребуется 96 тактов работы декодирующего устройства.

Временные затраты на кодирование информации предлагаемым методом сопоставимы с временными затратами при контроле информации на четность (требующим минимальных временных затрат), что дает возможность обеспечить работу канала передачи данных в реальном масштабе времени

Предлагаемый метод позволяет сократить аппаратурные затраты на построение декодирующего устройства, т.к. в большинстве случаев не требует аппаратурных затрат на вычисление вектора ошибки.

Использование предлагаемого метода позволяет повысить достоверность передаваемой информации за счет обнаружения некорректируемых ошибок. В отличие кодов РС, использующим для коррекции полином ошибок наименьшей степени (при реализации декодирования по методу «максимума-правдоподобия»), что в некоторых случаях приводит к ошибочной коррекции.

Пример. Допустим, требуется осуществить коррекцию ошибок в двух байтах информации кратности 4, в двоичном наборе, содержащем 64 информационных разряда, т.е. построить код (84,20).

Используя полученные правила, построим матрицы кодирования информации для формирования второй части контрольных разрядов: $r_1^g r_2^g \ldots\ldots r_{ДОПi}^g$ (*таблица 1*).

Контрольные проверки (значения второй части контрольных разрядов), полученные относительно полученных матриц кодирования имеют вид:

В *таблице 2* представлена часть значений синдромов ошибок для кода (84,20).

Примечание: В *таблице 2* значения информационных разрядов, контрольных разрядов и значения ошибки в байтах информации представлены в шестнадцатеричной системе счисления, а значения синдрома ошибки – в двоичной.

Таблица 1

Матрицы кодирования

№ п/п	0	1	2	3	4	5	6	7
	A	B	C	D	E	F	G	H
0	0,0,1,1,	0,0,1,0,	0,0,1,1,	1,1,0,0,	0,1,0,1,	0,1,1,0,	0,0,1,1,	1,0,0,0,
1	0,0,1,0,	0,0,0,1,	0,1,0,0,	0,1,0,1,	0,1,1,0,	0,1,1,1,	1,0,0,1,	1,0,0,1,
2	0,1,0,0,	0,1,1,1,	0,1,1,0,	0,1,1,0,	1,0,0,0,	1,0,0,1,	1,0,1,0,	1,0,1,1,
3	1,0,0,1,	1,0,0,1,	1,0,1,0,	1,0,1,1,	1,1,0,1,	1,1,0,1,	1,1,1,0,	1,1,1,1,
4	1,0,0,0,	0,0,1,1,	1,0,1,1,	1,0,0,1,	0,1,1,0,	1,0,1,0,	1,1,0,0,	1,1,1,1,
5	0,0,1,1,	1,0,0,1,	1,0,0,1,	0,1,1,0,	0,0,0,1,	0,0,1,0,	0,0,0,1,	0,1,1,1,
6	1,1,1,1,	1,0,0,1,	1,0,1,1,	1,1,0,0,	1,1,1,0,	0,0,1,1,	0,1,0,1,	1,0,0,0,
7	1,0,0,1,	0,1,1,1,	1,1,1,0,	0,0,0,1,	0,0,1,1,	1,0,1,1,	0,0,1,1,	0,1,0,0,
8	1,1,1,0,	0,0,0,0,	1,1,1,1,	1,1,0,1,	1,1,0,1,	0,1,1,0,	1,1,1,1,	1,1,0,0,
9	1,0,1,1,	0,0,1,1,	0,0,0,1,	1,1,0,1,	0,1,1,0,	0,0,0,1,	0,0,1,0,	0,1,0,0,
10	1,1,0,1,	0,1,0,1,	1,0,0,0,	1,0,1,1,	1,1,0,0,	1,0,1,0,	0,1,1,1,	0,1,0,1,
11	0,1,1,0,	1,0,0,1,	1,1,0,1,	1,1,1,0,	0,0,0,1,	0,0,1,1,	1,0,1,1,	1,0,1,1,

Продолжение таблицы 1

№ п/п	8	9	10	11	12	13	14	15
	I	J	K	L	M	N	O	P
0	1,0,0,1,	1,0,1,0,	1,0,1,1,	1,1,0,0,	1,1,0,1,	1,1,1,0,	1,1,0,1,	0,0,0,0,
1	1,0,1,0,	1,0,1,1,	1,1,0,0,	0,1,0,1,	1,1,1,0,	1,1,0,1,	0,0,0,0,	0,0,0,1,
2	1,1,0,0,	1,1,0,1,	0,1,1,0,	1,1,1,0,	0,0,0,1,	0,0,0,1,	0,0,1,0,	0,0,1,1,
3	0,0,0,0,	0,0,0,1,	1,0,1,1,	0,0,1,1,	0,1,0,0,	0,1,0,1,	0,1,1,0,	0,1,1,1,
4	1,1,0,0,	0,1,1,0,	0,1,0,0,	1,0,1,0,	0,1,1,1,	1,0,1,1,	1,1,0,1,	1,1,1,0,
5	1,0,1,0,	1,1,0,1,	0,0,1,1,	0,1,1,1,	0,1,0,1,	1,0,0,0,	1,1,1,0,	1,0,1,1,
6	1,0,0,1,	1,0,1,0,	0,1,0,0,	1,1,1,0,	1,1,0,0,	1,1,0,1,	1,1,1,1,	0,0,0,1,
7	1,0,1,1,	0,1,1,1,	1,0,1,0,	1,1,0,0,	1,0,0,1,	0,0,0,1,	1,0,1,0,	0,1,1,0,
8	1,1,1,0,	0,1,1,1,	0,0,1,0,	0,1,0,1,	1,0,0,0,	0,1,1,1,	1,1,1,0,	1,1,0,1,
9	0,1,1,1,	0,1,1,0,	1,1,0,0,	1,1,1,1,	0,0,0,0,	0,1,0,1,	1,1,0,0,	1,1,1,0,
10	1,0,1,0,	1,0,0,1,	1,0,1,0,	0,1,0,0,	1,1,1,0,	1,1,0,0,	1,0,1,1,	1,0,1,1,
11	0,1,0,1,	0,1,0,1,	1,0,1,1,	1,0,1,0,	1,0,0,1,	1,0,0,1,	1,0,0,1,	1,1,0,1

Контрольные проверки (значения второй части контрольных разрядов), полученные относительно полученных матриц кодирования имеют вид:

$$r^g_0=a_2\oplus a_3\oplus b_2\oplus c_2\oplus c_3\oplus d_0\oplus d_1\oplus e_1\oplus e_3\oplus f_1\oplus f_2\oplus g_2\oplus g_3\oplus h_0\oplus i_0\oplus i_3\oplus j_0\oplus j_2\oplus k_0\oplus k_2\oplus k_3\oplus l_0\oplus l_1\oplus m_0\oplus m_1\oplus m_3\oplus n_0\oplus n_1\oplus n_2\oplus o_0\oplus o_1\oplus o_3;$$

$$r^g_1=a_2\oplus b_3\oplus c_1\oplus d_1\oplus d_3\oplus e_1\oplus e_2\oplus f_1\oplus f_2\oplus f_3\oplus g_0\oplus g_3\oplus h_0\oplus h_3\oplus i_0\oplus i_2\oplus j_0\oplus j_2\oplus j_3\oplus k_0\oplus k_1\oplus l_1\oplus l_3\oplus m_0\oplus m_1\oplus m_2\oplus n_0\oplus n_1\oplus n_3\oplus p_3;$$

$$r^g_2=a_1\oplus b_1\oplus b_2\oplus b_3\oplus c_1\oplus c_2\oplus d_1\oplus d_2\oplus e_0\oplus f_0\oplus f_3\oplus g_0\oplus g_2\oplus h_0\oplus h_2\oplus h_3\oplus i_0\oplus i_1\oplus j_0\oplus j_1\oplus j_3\oplus k_1\oplus k_2\oplus l_0\oplus l_1\oplus l_2\oplus m_3\oplus n_3\oplus o_2\oplus p_2\oplus p_3;$$

$$r^g_3=a_0\oplus a_3\oplus b_0\oplus b_3\oplus c_0\oplus c_2\oplus d_0\oplus d_2\oplus d_3\oplus e_0\oplus e_1\oplus e_3\oplus f_0\oplus f_1\oplus f_3\oplus g_0\oplus g_1\oplus g_2\oplus h_0\oplus h_1\oplus h_2\oplus h_3\oplus j_3\oplus k_0\oplus k_2\oplus k_3\oplus l_2\oplus l_3\oplus m_1\oplus n_1\oplus n_3\oplus o_1\oplus o_2\oplus p_1\oplus p_2\oplus p_3;$$

$r^g_4=a_0\oplus b_2\oplus b_3\oplus c_0\oplus c_2\oplus c_3\oplus d_0\oplus d_3\oplus e_1\oplus e_2\oplus f_0\oplus f_2\oplus g_0\oplus g_1\oplus h_0\oplus h_1\oplus h_2\oplus h_3\oplus i_0\oplus i_1\oplus j_1\oplus j_2\oplus k_1\oplus l_0\oplus l_2\oplus m_1\oplus m_2\oplus m_3\oplus n_0\oplus n_2\oplus n_3\oplus o_0\oplus o_1\oplus o_3\oplus p_0\oplus p_1\oplus p_2;$

$r^g_5=a_2\oplus a_3\oplus b_0\oplus b_3\oplus c_0\oplus c_3\oplus d_1\oplus d_2\oplus e_3\oplus f_2\oplus g_3\oplus h_1\oplus h_2\oplus h_3\oplus i_0\oplus i_2\oplus j_0\oplus j_1\oplus j_3\oplus k_2\oplus k_3\oplus l_1\oplus l_2\oplus l_3\oplus m_1\oplus m_3\oplus n_0\oplus o_0\oplus o_1\oplus o_2\oplus p_0\oplus p_2\oplus p_3;$

$r^g_6=a_0\oplus a_1\oplus a_2\oplus a_3\oplus b_0\oplus b_3\oplus c_0\oplus c_2\oplus c_3\oplus d_0\oplus d_1\oplus e_0\oplus e_1\oplus e_2\oplus f_2\oplus f_3\oplus g_1\oplus g_3\oplus h_0\oplus i_0\oplus i_3\oplus j_0\oplus j_2\oplus k_1\oplus l_0\oplus l_1\oplus l_2\oplus m_0\oplus m_1\oplus n_0\oplus n_1\oplus n_3\oplus o_0\oplus o_1\oplus o_2\oplus o_3\oplus p_3;$

$r^g_7=a_0\oplus a_3\oplus b_1\oplus b_2\oplus b_3\oplus c_0\oplus c_1\oplus c_2\oplus d_3\oplus e_2\oplus e_3\oplus f_0\oplus f_2\oplus f_3\oplus g_2\oplus g_3\oplus h_1\oplus i_0\oplus i_2\oplus i_3\oplus j_1\oplus j_2\oplus j_3\oplus k_0\oplus k_2\oplus l_0\oplus l_1\oplus m_0\oplus m_3\oplus n_3\oplus o_0\oplus o_2\oplus p_1\oplus p_2;$

$r^g_8=a_0\oplus a_1\oplus a_2\oplus c_0\oplus c_1\oplus c_2\oplus c_3\oplus d_0\oplus d_1\oplus d_3\oplus e_0\oplus e_1\oplus e_3\oplus f_1\oplus f_2\oplus g_0\oplus g_1\oplus g_2\oplus g_3\oplus h_0\oplus h_1\oplus i_0\oplus i_1\oplus i_2\oplus j_1\oplus j_2\oplus j_3\oplus k_2\oplus l_1\oplus l_3\oplus m_0\oplus n_1\oplus n_2\oplus n_3\oplus o_0\oplus o_1\oplus o_2\oplus p_0\oplus p_1\oplus p_3;$

$r^g_9=a_0\oplus a_2\oplus a_3\oplus b_2\oplus b_3\oplus c_3\oplus d_0\oplus d_1\oplus d_3\oplus e_1\oplus e_2\oplus f_3\oplus g_2\oplus h_1\oplus i_1\oplus i_2\oplus i_3\oplus j_1\oplus j_2\oplus k_0\oplus k_1\oplus l_0\oplus l_1\oplus l_2\oplus l_3\oplus n_1\oplus n_3\oplus o_0\oplus o_1\oplus p_0\oplus p_1\oplus p_2;$

$r^g_{10}=a_0\oplus a_1\oplus a_3\oplus b_1\oplus b_3\oplus c_0\oplus d_0\oplus d_2\oplus d_3\oplus e_0\oplus e_1\oplus f_0\oplus f_2\oplus g_1\oplus g_2\oplus g_3\oplus h_1\oplus h_3\oplus i_0\oplus i_2\oplus j_0\oplus j_3\oplus k_0\oplus k_2\oplus l_1\oplus m_0\oplus m_1\oplus m_2\oplus n_0\oplus n_1\oplus o_0\oplus o_2\oplus o_3\oplus p_0\oplus p_2\oplus p_3;$

$r^g_{11}=a_1\oplus a_2\oplus b_0\oplus b_3\oplus c_0\oplus c_1\oplus c_3\oplus d_0\oplus d_1\oplus d_2\oplus e_3\oplus f_2\oplus f_3\oplus g_0\oplus g_2\oplus g_3\oplus h_0\oplus h_2\oplus h_3\oplus i_1\oplus i_3\oplus j_1\oplus j_3\oplus k_0\oplus k_2\oplus k_3\oplus l_0\oplus l_2\oplus m_0\oplus m_3\oplus n_0\oplus n_3\oplus o_0\oplus o_3\oplus p_0\oplus p_1\oplus p_3.$

Анализ *таблицы 2* показывает, что 94% синдромов ошибок имеют разные значения, т.е. не корректируется 6% ошибок в двух блоках информации.

Введение дополнительных контрольных разрядов позволяет осуществить коррекцию до 100% ошибок, однако это ведет к значительному росту аппаратурных затрат, поэтому целесообразно ограничиться коррекцией данного числа ошибок.

Таким образом, разработанный метод коррекции ошибок в двух байтах информации отличается от существующих тем, что:

- позволяет осуществлять коррекцию ошибок с алгебраически-синдромным декодированием (исключить циклическую процедуру кодирования и декодирования информации);
- имеет регулярную и относительно простую процедуру кодирования информации;
- позволяет сократить временные затраты на кодирование и декодирование информации и обеспечить работу канала передачи данных в реальном масштабе времени.

Таблица 2. Значения синдромов ошибок для кода (84,20)

Информационные разряды	контр. разр.	ошибка в байте	Синдром ошибки
0000000000000000	00000	0000	00000000000000000000
0000000000000000	00000	0001	00000001011101101011
0000000000000000	00000	0002	00000010001111010110
0000000000000000	00000	0003	00000011010010111101
0000000000000000	00000	0004	00000100000110011101
0000000000000000	00000	0005	00000101011011110110
0000000000000000	00000	0006	00000110001001001011
0000000000000000	00000	0007	00000111010100100000
0000000000000000	00000	0008	00001000000011001111
0000000000000000	00000	0009	00001001011110100100
0000000000000000	00000	000A	00001010001100011001
0000000000000000	00000	000B	00001011010001110010
0000000000000000	00000	000C	00001100000101010010
0000000000000000	00000	000D	00001101011000111001
0000000000000000	00000	000E	00001110001010000100
0000000000000000	00000	000F	00001111010111101111
0000000000000000	00000	0010	00010000100010100011
0000000000000000	00000	0011	00010001111111001000
0000000000000000	00000	0012	00010010101101110101
0000000000000000	00000	0013	00010011110000011110
0000000000000000	00000	0014	00010100100100111110
0000000000000000	00000	0015	00010101111001010101
0000000000000000	00000	0016	00010110101011101000
0000000000000000	00000	0017	00010111110110000011
0000000000000000	00000	0018	00011000100001101100
0000000000000000	00000	0019	00011001111100000111
0000000000000000	00000	001A	00011010101110111010
0000000000000000	00000	001B	00011011110011010001
0000000000000000	00000	001C	00011100100111110001
0000000000000000	00000	001D	00011101111010011010
0000000000000000	00000	001E	00011110101000100111
0000000000000000	00000	001F	00011111110101001100
0000000000000000	00000	0020	00100000001101111010
0000000000000000	00000	0021	00100001010000010001
0000000000000000	00000	0022	00100010000010101100
0000000000000000	00000	0023	00100011011111000111
0000000000000000	00000	0024	00100100001011100111
0000000000000000	00000	0025	00100101010110001100
0000000000000000	00000	0026	00100110000100110001
0000000000000000	00000	0027	00100111011001011010
0000000000000000	00000	0028	00101000001110110101
0000000000000000	00000	0029	00101001010011011110
0000000000000000	00000	002A	00101010000001100011
0000000000000000	00000	002B	00101011011100001000
0000000000000000	00000	002C	00101100001000101000
0000000000000000	00000	002D	00101101010101000011
0000000000000000	00000	002E	00101110000111111110
0000000000000000	00000	002F	00101111011010010101
0000000000000000	00000	0030	00110000101111011001
0000000000000000	00000	0031	00110001110010110010
0000000000000000	00000	0032	00110010100000001111
0000000000000000	00000	0033	00110011111101100100
0000000000000000	00000	0034	00110100101001000100

Литература

1. Алиев Т.М., Тер-Хачатуров А.А. Измерительная техника. М.: Высшая школа 1991, 384 с.

2. Борисов К.Ю., Павлов А.А., Павлов П.А., Царьков А.Н., Хоруженко О.В. Метод построения линейных кодов, обнаруживающих и корректирующих ошибки в байтах информации // Метрология, 2011. №10. С. 3-16.

3. Борисов К.Ю., Павлов А.А., Царьков А.Н., Хоруженко О.В., Гусев А.В. Оценка эффективности помехоустойчивого кодирования информации каналов передачи данных телеизмерительных информационных систем // Метрология, 2013. №10. С. 8-15.

4. Куликовский К.Л., Купер В.Я. Методы и средства измерений. М.: Энегоатомиздат, 1986. 447 с.

5. Сердюков П.Н., Бельчиков А.В., Дронов А.Е., Григорьев А.С., Волков С.С. Защищенные радиосистемы цифровой передачи информации. М.: АСТ, 2006. 403 с.

6. Павлов А.А., Ващенко А.П., Хоруженко О.В., Никулин В.С. Контроль ошибок в телекоммуникационных устройствах // Известия Института инженерной физики, 2010. №3(17). С. 37-38.



УДК 623.62

110 ЛЕТ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Александр Ильич Куприянов
доктор технических наук, профессор
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) «МАИ»
Адрес: 125871, Москва, Волоколамское ш., д. 4
Телефон: +7(499)158-58-70

Владимир Иванович Злобин
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)36-20-48

Рассматриваются история зарождения, цели, задачи, состав методов и средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Роль и место РЭБ в вооруженной борьбе, актуальность методов и средств РЭБ в конфликте информационно-телекоммуникационных систем авиационных и ракетно-космических комплексов.

The history of origin, the purpose, problem, structure of methods and means of radio-electronic struggle are considered. A role and place of radio-electronic struggle in the armed struggle, an urgency of methods and means of radio-electronic struggle in the conflict of information and telecommunication systems of aviation and space-rocket complexes.

Ключевые слова: радиоэлектронная борьба, радиоэлектронная разведка, радиоэлектронная защита, информационный конфликт, авиационные и ракетно-космические комплексы.

Keywords: radio-electronic struggle, radio-electronic investigation, radio-electronic protection, the information conflict, aviation and space-rocket complexes.

Сто десять лет тому назад, в начале прошлого века, в 1904 году, сформировалось первое звено цепи событий, которые обозначили начало развития конфликта радиоэлектронных систем в информационном пространстве. XXI век начался под знаком бурного, опережающего развития информационных систем и информационных технологий. Основной движущей силой этого развития было и остается конфликтное взаимодействие радиоэлектронных систем и средств, являющихся основой информационной среды прошлого и нынешнего столетия, с противодействующими факторами и явлениями. Наиболее очевидны проявления конфликта информационных систем с природой. Именно природа ограничивает скорость и помехоустойчивость передачи сообщений по каналам связи, эффективность систем извлечения информации, производительность источников и емкость хранилищ информационного ресурса.

Природа, как афористично утверждал Альберт Эйнштейн, изощренна, но не злонамеренна. В соревновании коллективного инженерного интеллекта создателей информационных систем с природой чаще всего побеждают инженеры. Другое дело – конфликт информационных систем с противодействующими системами антропогенной природы, когда сталкиваются интересы разных людей (групп, коалиций). Исход этого конфликта совсем не так однозначен, как в конфликтном взаимодействии с природой. Формы проявления информационного конфликта развиваются и изменяются. Но самое устойчивое название для него «Радиоэлектронная борьба» (РЭБ) – совокупность взаимосвязанных по цели, задачам, месту и времени мероприятий, действий, направленных на выявление радиоэлектронных средств и систем (РЭС) противника, их радиоэлектронное подавление (РЭП), а также на радиоэлектронную защиту (РЭЗ) своих радиоэлектронных систем и средств от радиоэлектронного подавления (РЭП). Емкое синтетическое понятие РЭБ включает и радиоэлектронную разведку (РЭР) – именно она выявляет РЭС противника и добывает о них сведения, нужные для РЭП, а также радиоэлектронную маскировку (РЭМ), противостоящую радиоэлектронной разведке противника.

Диалектическое единство и конфликтное взаимодействие таких противоположностей, как РЭР и РЭМ, РЭП и РЭЗ в основном определяет динамику бурного развития средств и методов радиоэлектронной борьбы. Не будет большим преувеличением и утверждение о том, что единство и борьба этих противоположностей во многом определяет как характер современного этапа развития теории и техники информационных систем, так и трансформацию значимости радиоэлектронной борьбы в войнах нынешнего и будущих поколений [1, 2]. Зародившись практически одновременно с иными радиоэлектронными системами военного назначения, средства РЭБ сразу заявили о своей исключительной важности. Так, сразу после окончания русско-японской войны причины и обстоятельства Цусимской трагедии стали предметом особого рассмотрения специальной комиссии, созданной при Главном морском штабе. При этом самым внимательным образом анализировались и вопросы применения радиопомех. Выводы комиссии в этой части были совершенно конкретны: «Несколько мощных, умело примененных радиотелеграфных станций [постановщиков помех] на русской эскадре, нарушив связь между отрядами, сделали бы большее дело, чем десятки пушек» [2].

По современным воззрениям радиоэлектронная борьба трансформируется из вида, обеспечивающего боевые действия, в самостоятельный род войск, проводящий свою форму оперативно-стратегических действий – операцию РЭБ. При этом, скорее всего, операции РЭБ будут согласовываться и совмещаться с широкомасштабным информационным конфликтным взаимодействием, противоборством в рамках операции стратегических ударных или стратегических оборонительных сил. Это будет комплексное воздействие на систему государственного и военного управления противостоящей стороны, на ее военно-политическое руководство и экономическую инфраструктуру [1].

Основываясь на анализе опыта войн и локальных вооруженных конфликтов последних лет, можно предвидеть, что составными частями новой в военном искусстве операции РЭБ будут радиоэлектронные удары, направленные на подавление всей системы радиоэлектронных средств и информационного ресурса противника. А также радиоэлектронная оборона (защита) собственных объектов и средств от подавления противником [2]. Радиоэлектронные удары (РЭУ) скорее всего будут представлять собой мероприятия и действия, проводимые войсками (силами) РЭБ, другими взаимодействующими силами и средствами по заградительному и прицельному радиоэлектронному подавлению, а также адресному огневому поражению всех радиоизлучающих, теплоконтрастных, инфраконтрастных средств и дезинформации всей системы радиоэлектронных средств (РЭС) и информационного ресурса противника.

Проблема РЭБ характеризуется широтой, глубиной и многообразием. В конфликтное взаимодействие вовлечены информационные системы всех известных классов: передачи и извлечения информации, радиоуправления и разрушения информации. Эти системы работают во всех освоенных к настоящему времени диапазонах волн – от сверхдлинных радиоволн и инфранизкочастотных колебаний земной коры до волн ультрафиолетового излучения. Информационные системы используют все известные в технических приложениях физические поля (электромагнитные, акустические, сейсмические и др.).

Проблема РЭБ четко стратифицирована. Она предусматривает разделение на уровни и объединение множества уровней описания. На этих уровнях располагаются описания физических и технических принципов построения и функционирования средств, участвующих в конфликте; описания и модели системных принципов их проектирования и организации взаимодействия; принципы тактики и оперативного искусства применения средств и методов РЭБ в мирное время и на разных этапах развития вооруженных конфликтов.

Многообразные проявления конфликта информационных систем и систем разрушения информации объединяют как довольно простые взаимодействия типа создания помех и обеспечения помехозащиты, так и изощренные способы обеспечения достоверности, надежности и аутентичности (подлинности) сообщений. Разумеется, разрушение информации может достигаться не только помехами. В арсенале РЭБ предусматриваются методы технической дезинформации. Они используют управляемую демонстрацию ложных демаскирующих признаков РЭС, объектов и обстановки, преднамеренное вторжение в радиосети и радионаправления противника для внедрения в них ложной информации и команд, искажение сведений, сигналов и позывных, имитация интенсивности работы РЭС на второстепенных и ложных направлениях при сохранении скрытного режима работы на главном. Организация технической дезинформации в операциях РЭБ также представляет серьезную системную проблему. Дезинформация будет иметь успех только при одновременной и комплексной работе средств,

имитирующих наличие и движение радиолокационных целей, работу средств массовой информации, а также средств, маскирующих передаваемые сигналы для введения в заблуждение РЭС противника.

Важное направление развития РЭБ – снижение заметности средств вооружения и военной техники. Решение этой комплексной проблемы, далекое от завершения, предусматривает проведение поисковых исследований как в области электродинамики, аэро- и гидродинамики, прочности и технологии производства средств военной техники, так и поиски новых принципов построения и организации работы информационных датчиков, обеспечивающих скрытность функционирования систем управления войсками и оружием.

Средства и системы РЭБ допускают комплексирование с информационными средствами иного функционального назначения. Различные устройства РЭБ могут использоваться для решения задач навигации, связи, управления оружием и т.д. В свою очередь ряд устройств и систем может привлекаться для решения задач РЭБ. Например, фазированная антенная решетка и передатчики РЛС могут применяться для целей РЭБ на этапе прорыва ПВО, а при нанесении удара передатчики станции активных помех могут использоваться для наращивания энергетического потенциала РЛС или решения задач управления оружием. В интегрированных РЭК ресурсы различных комплексов и систем будут перераспределяться между собой в интересах выполнения конкретной задачи [2].

Обычные, традиционно рассматриваемые методы и средства РЭБ, предусматривают работу с малой или большой энергией. С малой энергией работают средства подавления РЭС противника помехами. Разумеется, энергия помех мала только в том смысле, что ее уровни соизмеримы с энергией подавляемых сигналов. Такие средства РЭБ осуществляют информационное подавление. Рассеяние значительно большей энергии сопровождает огневое поражение радиоэлектронных и вообще информационных средств противника. Но технологические успехи развития электроники последних лет позволяют создавать средства РЭБ, занимающие промежуточное энергетическое окно между системами информационного и огневого поражения. Это средства функционального поражения, наносящие ущерб радиоэлектронным компонентам информационных систем противника, создавая мощные электромагнитные поля [5]. Среди подобных новейших средств РЭП можно назвать электромагнитные боеприпасы оборудованные взрывомагнитными генераторами или ударноволновым источником электромагнитного излучения, с помощью которых химическая энергия взрывчатого вещества боеприпаса и электрическая энергия, запасенная в сверхпроводящих системах, преобразуются в мощные электромагнитные излучения, способные выводить из строя РЭС в радиусе десятков метров [5].

Широкое внедрение в военные радиоэлектронные системы информационной техники, функционирование которой поддерживается вычислительными системами и средствами, стимулировало появление нового типа радиоэлектронного подавления, основанного на использовании деструктивных программных воздействий.

Во-первых, это компьютерные вирусы, которые сами не являясь программами, внедряются в рабочие программы и нарушают работу компьютерных систем, искажают данные. Кроме того, компьютерные вирусы, как правило, обладают способностью к самовоспроизведению, размножению и это их свойство многократно умножает опасность вирусных атак, усложняет их обнаружение и парирование. События последних лет убедительно показали, что преднамеренное использование деструктивных вирусных воздействий на компьютерные системы и среды не только возможно в принципе, но и может привести к полному нарушению работы вычислительных систем и сред, автоматизированных систем управления, информационно-телекоммуникационных систем [3].

Во-вторых, деструктивные программные воздействия (иначе называемые программными закладками). Эти вредоносные программы по принципу действия отличаются от вирусов. Они не обладает способностью к размножению, к самодублированию. Но, получая несанкционированный доступ к данным в памяти или в каналах информационного обмена, перехватывают эти данные. Для перехвата данные несанкционированно копируются и сохраняются в специально созданных разделах памяти или передаются по сети потребителям, не имеющим на то законного права. Такие программы могут перехватывать, искажать или уничтожать данные, осуществляя тем самым разведывательные или террористические и диверсионные действия в информационных средах.

Новейшие средства РЭБ и маскировки могут на порядки снизить потери войск (сил) и повысить их боевую эффективность, а также обеспечить защиту от поражения промышленных предприятий, портов, электростанций и других критически важных объектов. В связи с этим

РЭБ становится важнейшим способом и составной частью не только вооруженной, но и гражданской защиты страны.

Высокотехнологичные средства поражения, прежде всего системы обычного высокоточного и информационного оружия, а также средства РЭБ изменяют и характер вооруженной борьбы. В современных условиях в любых операциях в первую очередь наносятся массированные высокоточные удары по объектам экономики и ее инфраструктуры при предварительной дезорганизации систем ПВО, государственного и военного управления. Так, в войнах в Ираке в 1991, 1998 и 2003 гг., в Сербии и Косово в 1999 г. с помощью высокоточного оружия поражалось от 60 до 90% объектов экономики, систем государственного, высшего военного управления и ПВО.

Поэтому, анализируя опыт РЭБ, можно обоснованно предполагать, что победы в бою, сражении и операции добьется та сторона, которая лучше подготовлена к боевым действиям в условиях РЭБ, имеет более эффективные средства РЭП, подготовленных специалистов, способных грамотно действовать в условиях радиоэлектронной и оперативно-тактической обстановки. Можно также сделать вывод о том, что РЭБ со времени зарождения трансформировалась из эпизодических действий по созданию радиопомех отдельным линиям радиосвязи, к радиоэлектронному подавлению информационных каналов во всем используемом диапазоне электромагнитных волн. От применения отдельных средств радиопомех к применению комплексов и систем радиоэлектронной разведки и РЭП, в один из важнейших способов вооруженной борьбы и межгосударственного противоборства. В настоящее время можно утверждать: победы в эфире предопределяют успех во всех физических сферах вооруженной борьбы: на суше, на море, в воздушно-космическом пространстве, а также в межгосударственном противоборстве [1].

Важной особенностью современных войн и военных конфликтов является стремительное развитие теории и практики информационного противоборства. Владение информацией необходимого качества является залогом успешного выполнения боевых задач. Потери от нарушения целостности или конфиденциальности информации могут носить катастрофический характер. В США директивой президента страны введена в действие «Концепция информационного противоборства», которая направлена, прежде всего, на ведение разведки с использованием различных технических средств и получение информации, передаваемой по каналам управления и связи. Военное ведомство США планирует в приоритетном порядке в области НИОКР создание на новой технологической базе эффективных боевых средств разведки и управления.

По взглядам военных специалистов США и НАТО боевые действия в информационной сфере, лишающие возможности использования пятидесяти процентов радиоэлектронных средств и компьютерных сетей, являются побуждающим условием для начала и ведения боевых действий. Кроме того, в США введен в действие «Национальный план обеспечения безопасности информационных систем». Цель плана – обеспечение информационной безопасности инфраструктуры США путем фиксации факта воздействия на информационные системы, определение целей воздействия, географическую изоляцию субъекта воздействия и его дезактивацию. Большие надежды западные военные специалисты возлагают на применение в ходе боевых действий высокоэффективных автоматизированных комплексов РЭБ, в которых совмещаются функции средств разведки, управления и радиоэлектронного подавления РЭС [6, 7].

Дальнейшим развитием концепции информационного противоборства является разработка в США электромагнитного оружия, характеризующего начало наступающей «эпохи войн новейших технологий». Такие виды оружия предназначены для поражения как радиоэлектронных, так и нерадиоэлектронных объектов. Уже введена в строй система электромагнитного оружия HAARP и проведены испытания электромагнитного оружия высокой мощности HPMW. Прошел успешные испытания в качестве мобильного войскового комплекса ПВО разработанный США совместно с Израилем тактический высокоэнергетический лазер. Во время агрессии стран НАТО против Югославии были применены американские авиационные бомбы, в большом радиусе поражающие радиоэлектронные объекты сверхмощным электромагнитным импульсом. Такого рода электромагнитное оружие значительно усиливает наступательную составляющую РЭБ [7].

В тоже время необходимо отметить, что риски применения электромагнитного оружия очень велики. Время жизни этих средств ограничивается практически мгновенным временем реакции систем радиоэлектронной разведки и средств поражения противника. Активные средства РЭБ становятся одноразовыми по возможностям их применения. Функциональное предназначение средств РЭБ вооруженных сил США заключается в регулировании электромагнит-

ного спектра в боевых условиях. Анализ опыта реального применения средств РЭБ ВС США в локальных конфликтах показывает, что распорядительные мероприятия проводятся во всем электромагнитном спектре частот [7].

Таким образом, приведенные материалы анализа направлений развития средств РЭБ США показывают, что в современных условиях применение средств РЭБ ориентировано не на дуэльное противостояние РЭС и средств РЭБ, а на привентивные меры зачистки всего радиочастотного спектра от всех излучений искусственного происхождения, учета естественных излучений и недопущения в эфир РЭС противника с началом военных действий. Ресурс сил и средств РЭБ в вооруженных силах США достаточно большой. Реально до начала боевых действий на протяжении нескольких суток «выжигается» весь электромагнитный спектр частот, и в дальнейшем он распределяется между своими РЭС. Тем самым во многом решается проблема выбора свободных частот, электромагнитной совместимости РЭС, подавления излучателей противника непосредственно в ходе боевых действий. То есть основное предназначение сил и средств РЭБ США заключается в создании благоприятных условий для функционирования собственных радиоэлектронных средств и систем в зоне боевых действий [8].

Рассмотренные вопросы свидетельствуют, что проблема дальнейшего развития сил и средств РЭБ вооруженных сил нашей страны остается весьма важной и актуальной. Свой вклад в решение этой проблемы вносит Межрегиональное общественное учреждение «Институт инженерной физики». Сотрудниками Института совместно с предприятиями промышленности проведены НИР и ОКР по разработке технического облика комплекса разведки и управления на автомобильном шасси, передатчика радиопомех с использованием излучателей электромагнитного импульса высокой мощности. Проводятся работы по защите компьютерных сетей от несанкционированных воздействий.

Формат журнальной публикации не позволяет рассмотреть комплексную проблему радиоэлектронной борьбы с более основательной степенью подробности. Тем не менее, авторы надеются, что им удалось перечислить основные обстоятельства, определяющие актуальность этой проблемы, ее практическую значимость для укрепления обороноспособности России.

Литература

1. Слипченко В.И. Войны шестого поколения. Оружие и военное искусство будущего. М.: Вече, 2002. 384 с.

2. Палий А.И., Куприянов А.И. Очерки истории радиоэлектронной борьбы. М.: Вузовская книга, 2006. 284 с.

3. Перунов Ю.М., Фомичев К.И., Юдин Л.М. Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием / Под. ред. Ю.М. Перунова – М.: Радиотехника, 2003. 800 с.

4. Куприянов А.И., Сахаров А.В. Радиоэлектронные системы в информационном конфликте. М.: Вузовская книга, 2003. 582 с.

5. Добыкин В.Д., Куприянов А.И, Пономарев В.Г., Шустов Л.Н. Радиоэлектронная борьба. Силовое поражение радиоэлектронных систем. М.: Вузовская книга, 2007. 486 с.

6. Злобин В.И. Интеллектуальные адаптивные системы и комплексы в связи и управлении: монография / В.И. Злобин, М.В. Иващенко. М.: МО РФ, 2005. 276 с.

7. Любин М.Д. Исход боевых действий будет определяться потенциалом РЭБ // Независимое военное обозрение, 2005. №37.

8. Кудрявцев А.М. Теневые стороны радиоэлектронной борьбы // Независимое военное обозрение, 2013. №47.



УДК 519.725(047)

ТЕСТОВО-КОДОВЫЙ МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ И КОРРЕКЦИИ ОШИБОК СТАТИЧЕСКИХ ОПЕРАТИВНЫХ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

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

Предлагается метод обнаружения ошибок в статических запоминающих устройствах, отличающийся от известных методов тем, что для обнаружения возникающих ошибок используется корректирующий линейный код, исправляющий одиночную ошибку (требующий минимальных аппаратурных затрат), а определение конфигурации (ошибочных разрядов) кратной ошибки и ее коррекция проводятся по результатам анализа ответной реакции, полученной на основе подачи одного тестового воздействия (требующего минимальных временных затрат).

It is proposed a method of error detection in static memory devices , different from the known methods that for the detection of errors arising from using a linear correction code correcting a single error (requiring minimal hardware cost), and the definition of the configuration (erroneous bits) times the error and its correction based on the results analysis of response obtained by the action of a test action (requiring minimal time-consuming).

Ключевые слова: статическое оперативное запоминающее устройство, корректирующий линейный код, одиночная ошибка, кратные ошибки, скрытая ошибка.

Keywords: static random access memory, correcting linear code, single error, multiple errors, hidden error.

Введение и постановка задачи

Для повышения достоверности функционирования запоминающих устройств (ЗУ), широко применяются коды, корректирующие одиночные ошибки [1-4]. При этом предполагается, что в дискретных устройствах наиболее вероятно возникновение одиночных ошибок.

На практике данное предположение являются не всегда оправданным, так как с увеличением объема памяти ЗУ, а также в тяжелых условиях работы, например, при уходе от номинальных значений напряжений питания, влиянии внешних воздействий электромагнитных или радиационных излучений и т.п., возрастает вероятность неправильной коррекции из-за появления ошибок произвольной кратности, имеющих такой же синдром ошибки, как и корректируемая (появления кратных ошибок, корректируемых как одиночная ошибка).

Поэтому при построении отказоустойчивых ЗУ возникает необходимость использования корректирующих кодов, исправляющих кратные ошибки. Однако осуществление коррекции кратных ошибок на основе линейных кодов приводит к резкому увеличению избыточности кода и большим аппаратурным затратам на кодирование и декодирование информации, что не только не позволяет повысить надежность и достоверность функционирования отказоустойчивого вычислителя, но и снижает данные показатели.

Основная идея устранения указанного противоречия состоит в апостериорной коррекции ошибок, которая заключается в том, что для обнаружения возникающих ошибок используется корректирующий линейный код, исправляющий одиночную ошибку (требующий минимальных аппаратурных затрат), а определение конфигурации (ошибочных разрядов) кратной ошибки и ее коррекция проводятся по результатам анализа ответной реакции, полученной на основе подачи одного тестового воздействия (требующего минимальных временных затрат).

Основные понятия и определения

Пусть исправление ошибок кодового набора обеспечивается на основе корректирующего линейного кода, исправляющего одиночную ошибку.

Каждому рабочему входному набору X_H соответствует кодовый набор

$$Y = \{y_1, y_2, ..., y_k, r_{k+1}, r_{k+2}, ..., r_n\}, \quad (1)$$

где y_i – значения сигналов в информационных разрядах;

r_i – значения сигналов в контрольных разрядах.

Вектор контрольных разрядов R является функцией информационных разрядов и определяется правилом кодирования информации выбранного кода:

$$R = \{r_{k+1}, r_{k+2}, ..., r_{n-k}\} = f(y_1, y_2, ..., y_k). \quad (2)$$

После приема сообщения относительно информационных разрядов повторно формируется вектор контрольных разрядов $R^{П}$ и определяется синдром ошибки

$$E_C = R \oplus R^{П}. \quad (3)$$

Каждому рабочему входному набору X_H, обеспечивающему определенное значение сигналов в информационных и контрольных разрядах $Y_k = \{y_1, y_2, ..., y_k, r_{k+1}, r_{k+2}, ..., r_n\}$, поставим в соответствие тестовый набор $T_H = \{\overline{Y}_k, \overline{R}^{П}\} \Rightarrow Y_T$, порождающий противоположное значение сигналов в информационных и контрольных разрядах.

Определение 1. Инверсное значение результата суммирования значений информационных и контрольных разрядов $Y_k = \{y_1, y_2, ..., y_k, r_{k+1}, r_{k+2}, ..., r_n\}$, полученных на рабочем входном наборе с информационными и контрольными разрядами Y_T полученными на тестовом наборе, будем считать тестовым вектором ошибки:

$$B = \overline{Y_k \oplus Y_T}. \quad (4)$$

Если ошибок нет, то тестовый вектор ошибки принимает нулевые значения.

Определение 2. Скрытой будем называть ошибку, которая не проявляется на рассматриваемом входном рабочем наборе.

Пример. Варианту единичных значений в информационных разрядах кода Хемминга ($r_1 r_2 y_2 r_3 y_1$) соответствует безошибочный кодовый набор 01111. При наличии ошибки *const*1 в первом информационном разряде для рассматриваемого входного набора имеем выходной кодовый набор 01111^{+} (знаком "+" помечен ошибочный разряд), который не отличается от безошибочного кодового набора.

Определение 3. Ошибочный кодовый набор будем называть «правильным», если он не содержит скрытых ошибок и «неправильным» в противном случае.

Утверждение 1. Исправление «неправильного» ошибочного кодового набора на основе тестового вектора ошибки приводит к псевдокоррекции.

Доказательство. При подаче тестового воздействия, обеспечивающего противоположное значение информационных разрядов, обнаруживаются любые ошибки. В этом случае, тестовый вектор ошибки указывает номера ошибочных информационных разрядов, в том числе и разрядов, содержащих скрытые ошибки. Так как значения скрытых ошибок соответствуют рабочему входному набору, то их исправление на основе тестового вектора ошибки в свою очередь приведет к ошибке в корректируемом кодовом наборе.

Следствие 1. Апостериорная коррекция кратных ошибок возможна при условии выявления скрытых ошибок (формирования поправки к тестовому вектору ошибки).

На основе приведенных понятий и определений ставится задача выявления конфигурации кратных ошибок по результатам алгебраических операций со значениями синдрома ошибки E_C и значениями тестового вектора ошибки B, полученным в результате подачи тестового воздействия.

Правила формирования значений вектора ошибки

Процедура определения вектора ошибки основана на следующих теоретических положениях.

Кодирование информационных разрядов тестового вектора ошибки по правилам рассматриваемого кода дает код ошибки тестовых разрядов

$$E_И = f(B_И). \quad (5)$$

В результате суммирования синдрома ошибки и кода ошибки тестовых разрядов получим код адреса поправки на скрытую ошибку

$$E_K = E_C \oplus E_И. \quad (6)$$

На основе полученных значений E_C, $E_И$, и E_K принимается решение на коррекцию ошибок в информационных разрядах, при выполнении условия, что количество ошибок в информационных разрядах d ≤ k-1.

В этом случае стратегия декодирования включает следующие положения:

- коррекция возможна если разряды тестового вектора ошибки, соответствующие контрольным разрядам имеют нулевые значения;
- разрешается передача информационных разрядов без коррекции, если тестовый вектор

ошибки содержит нулевые значения в информационных разрядах и единичные значения (ошибки) в контрольных разрядах;

- коррекция запрещается (формируется сигнал «Отказ устройства») если, все разряды тестового вектора ошибки, соответствующие информационным разрядам имеют единичные значения (k-кратная ошибка) или, наличии единичных значений сигналов одновременно в информационных и контрольных разрядах тестового вектора ошибки;
- при возникновении скрытой ошибки, вектор ошибки формируется путем добавления поправки к тестовому вектору ошибки.

Правила формирования значений поправки при возникновении скрытой ошибки

Для определения поправки в тестовый вектор ошибки построим таблицу решений (поправок на каждую скрытую ошибку).

В этом случае число поправок образует множество мощностью $|S_M| = 2^k$.

Каждой скрытой ошибке поставим в соответствие значение поправки и соответствующий код адреса поправки.

Данную совокупность представим в виде определяющей матрицы

$$E_O = \begin{vmatrix} c_{01}c_{02}....c_{0k} & e_{0k+1}\,e_{0k+2} & ... & e_{0n} \\ c_{11}c_{12}....c_{1k} & e_{1k+1}\,e_{1k+2} & .... & e_{1n} \\ ..... & & & \\ c_{2^K1}\,c_{2^K2}....c_{2^Kk} & e_{2^Kk+1}\,e_{2^Kk+2} & .... & e_{2^Kn} \end{vmatrix}, \quad (7)$$

где c_{ij} – значения разрядов вектора поправок ($i = 0,1,2,...,2^k$ – номер строки; j=0,1,2,…k – номер столбца);

e_{ij} – значения разрядов кода адреса поправки.

Свойство 1. Каждому коду адреса поправок (правой группе элементов определяющей матрицы) соответствует прямое и обратное значение разрядов вектора поправок

$$E_{\Pi i} = f(e_{ik+1}, e_{ik+2}, ..., e_{in}) \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \{c_1, c_2, ...c_k; \overline{c}_1, \overline{c}_2, ..., \overline{c}_k\},$$

где c_i – прямое значение разряда вектора ошибки;

$\overline{c}_i$ – инверсное значение разряда вектора ошибки.

Данное свойство вытекает из определения двойственного ошибочного кодового набора (противоположным значениям ошибочного кодового набора соответствует одинаковое значение синдрома ошибки).

Выберем из определяющей матрицы (7) те строки, у которых номер (двоичный эквивалент) значений вектора поправок соответствует 2^i, $(i = 1,2,...,k)$, и построим таблицу поправок:

$$E_{\Pi} = \begin{vmatrix} 0\,0....\;0 & e_{0k+1}\,e_{0k+2} & ... & e_{0n} \\ 0\;\;0....\;1 & e_{1k+1}\,e_{1k+2} & .... & e_{1n} \\ 0\;\;0....10 & e_{2k+1}\,e_{2k+2} & .... & e_{2n} \\ ..... & & & \\ 1\,0\;\;\;....0 & e_{2^Kk+1}\,e_{2^Kk+2} & .... & e_{2^Kn} \end{vmatrix}. \quad (8)$$

Свойства таблицы поправок

Свойство 2. Для выбора значений поправки необходимо формировать признак поправки – V (прямого или обратного значения разрядов поправки относительно рассматриваемого кода адреса поправки).

Таким образом, коррекция кратных ошибок предлагаемым методом осуществляется на основе значений информационных разрядов тестового вектора ошибки и значений поправки на скрытую ошибку, т.е. вектор ошибки равен:

$$\begin{matrix} b_1 b_2 .... b_k \\ \oplus\;\; \tilde{c}_1 \tilde{c}_2 .....\tilde{c}_k \\ E = \;\; e_1 e_2 .....e_k \end{matrix}, \quad (9)$$

где $\tilde{c}$ – значение разряда вектора поправки (прямого или обратного).

Свойство 3. Поправка имеет обратное значение, если все значения разрядов вектора поправки совпадают со значениями соответствующих информационных разрядов тестового вектора ошибки и прямое в обратном случае.

Пример. Рассмотрим процедуру построения корректирующего кода A(n,k) с апостериорной коррекцией кратных ошибок на примере порогового кодирования

A(5,3): ($r_1 = y_1 \oplus y_2$; $r_2 = y_1 \oplus y_3$)

Построим определяющую матрицу :

$$E_O = \begin{vmatrix} 0\,0\,0 & 0\,0 \\ 0\,0\,1 & 0\,1 \\ 0\,1\,0 & 1\,0 \\ 0\,1\,1 & 1\,1 \\ 1\,0\,0 & 1\,1 \\ 1\,0\,1 & 1\,0 \\ 1\,1\,0 & 0\,1 \\ 1\,1\,1 & 0\,0 \end{vmatrix}.$$

По определяющей матрице построим таблицу поправок:

$$E_{П} = \begin{vmatrix} 0\,0\,0 & 0\,0 \\ 0\,0\,1 & 0\,1 \\ 0\,1\,0 & 1\,0 \\ 1\,0\,0 & 1\,1 \end{vmatrix}.$$

Допустим, необходимо закодировать сообщение $Y=\{y_1,y_2,y_3\}\Rightarrow 001$. В этом случае проверочные разряды имеют значения $r_1r_2 \Rightarrow 01$. Таким образом, кодовый набор передается в виде Y_K=001 01.

Если ошибка не возникла, то синдром ошибки E_C имеет нулевые значения. В результате подачи тестового воздействия, обеспечивающего противоположное значение информационных разрядов, получим тестовый вектор ошибки B=000 00, т.е. код ошибки тестовых разрядов $E_И$=00, E_K=00 и значения контрольных разрядов тестового вектора $R_b^{П}$ =00. Так как обратное значение поправки C=111, полученное по коду адреса поправки E_K=00, не совпадает со значениями информационных разрядов вектора B, то берется прямое значение поправки C=000. Таким образом вектор ошибки равен: $E=B\oplus C=$ ^)0.

Пусть при передаче сообщения возникла ошибка в первом и втором информационных разрядах: $Y_K^* = 1^*1^*1\ 01$. Используя приведенные выражения, для данного случая имеем:

$B=110\ 00;\ E_И=01;\ E_C=01;\ E_K=00;\ C=000;E=110.$

Вектор ошибки равен тестовому вектору ошибки, который указывает на ошибку в первом и втором информационных разрядах.

Допустим, в кодовом наборе возникла «правильная» ошибка в первом информационном разряде и скрытая ошибка во втором информационном разряде $Y_K^* = 1^*0^+1\ 01$, тогда:

$B=110\ 00;\ E_И=01;\ E_C=11;\ E_K=10;\ C=010;E=100.$

Так как обратное значение поправки C=101 (полученное из таблицы поправок по коду адреса поправок E_K=10) не совпадает с значением третьего информационного разряда тестового вектора ошибки, то берется прямое значение поправки C=010. Тогда E=100, т.е. корректируется первый информационный разряд.

Предлагаемый метод позволяет:

- обнаруживать правильн : и скрытые ошибки произвольной кратности;
- корректировать ошибки в информационных разрядах кратности d≤k–1.

Литература

1. Мак-Вильямс Ф.Дж., Слоэн Н.Дж. Теория кодов, исправляющих ошибки. М.: Связь, 1979. 744 с.

2. Павлов А.А., Павлов П.А., Царьков А.Н., Хоруженко О.В. Метод контроля ошибок в устройствах хранения и передачи информации автоматизированных систем измерительной техники // Измерительная техника, 2010. №11. С. 21-25.

3. Сагалович Ю.Л. Кодовая защита оперативной памяти ЭВМ от ошибок // Автоматика и телемеханика, 1991. №5. С. 3-45.

4. Щербаков Н.С. Самокорректирующиеся дискретные устройства. М.: Машиностроение, 1975. 214 с.

5. Павлов А.А., Ващенко А.П., Хоруженко О.В., Никулин В.С. Контроль ошибок в телекоммуникационных устройствах // Известия Института инженерной физики, 2010. №3(17). С. 37-38.



УДК 621.391

ОБОСНОВАНИЕ ДОПУСКОВ В ЗАДАЧАХ КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ЦИФРОВЫХ КАРТ ДОРОГ

Алексей Викторович Шолохов
доктор технических наук, профессор
начальник кафедры
филиал ВА РВСН им. Петра Великого
(г. Серпухов)
Адрес: 142202, Московская обл., г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: +7(4967)78-97-22
E-mail: sholav@yandex.ru

Ринат Наилевич Садеков
кандидат технических наук, доцент
докторант
филиал ВА РВСН им. Петра Великого
(г. Серпухов)
Адрес: 142202, Московская обл., г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: +7(926)392-03-92
E-mail: sadekovlar@mail.ru

В статье исследуется вопрос обоснования допусков при отсутствии ограничений на движение автомобиля. Показана невозможность повышения точности оценок, определения навигационных параметров, путем использования каких-либо допусков для распознавания факта нахождения автомобиля на дороге, посредством информации только навигационной системы и цифровой карты дорог. Для определения факта нахождения автомобиля на дороге предлагается использовать системы технического зрения.

In this article we investigate question substantiate misclosure in the car navigation correction problem without restriction to the character car movement. Showing impossibility increase accuracy estimates by using anything misclosure for determining car location in the road if we only have information by car navigation system and digital map. For determining fact location car in the road, propose used computer vision system.

Ключевые слова: автомобильная навигация, цифровая карта дорог, невязка координат, допуск, плотность распределения, средняя квадратическая погрешность, техническое зрение.

Keywords: car navigation, digital road map, misclosure, clearance, density distribution, mean square error, computer vision.

Введение

Координаты и ориентация автомобилей, определяемые спутниковыми навигационными системами и/или системами счисления пути, часто уточняются за счет привлечения дополнительной информации о дорожной сети. Известные подходы к коррекции навигационных систем (НС) с привлечением информации цифровых карт дорог (ЦКД) позволяют находить оптимальные оценки координат как с учетом погрешностей ЦКД [2, 4, 5, 7, 9] так и без них [1, 3, 6]. Вторая группа алгоритмов, использует допущение о движении автомобиля строго по дорогам, а первая допускает свободный маневр, при этом решение задачи коррекции показаний НС включает также, механизм определения факта нахождения объекта на дороге.

Поскольку на практике, автомобиль действительно может отклониться от маршрута или осуществлять свое передвижение по дорогам, не записанным в памяти, то существует реальная необходимость проверки гипотез о нахождении автомобиля на дороге.

В основу таких проверок, как правило, положено формирование соответствующих статистик и сравнение их с заданными допусками. Важно, что при этом используется только априорная статистическая и текущая измерительная информация НС и ЦКД [2, 4, 9]. Однако в известных подходах отсутствуют обоснования выбора допусков (или соответствующих уровней доверительных вероятностей), которые обеспечива-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант №14-08-31436.

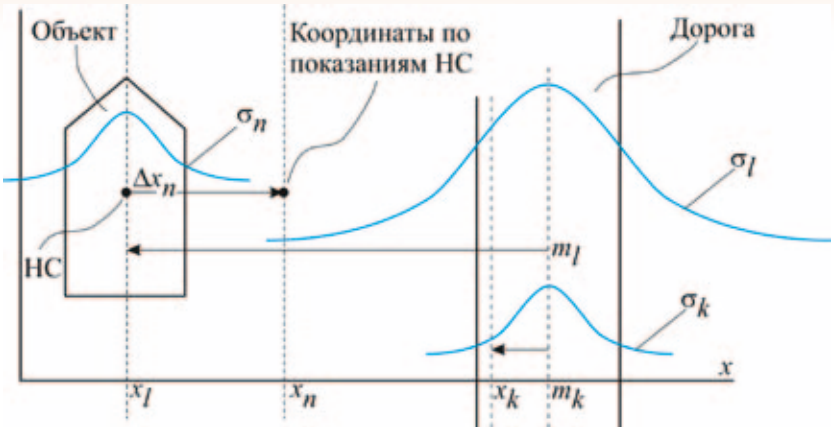


Рис. 1. К постановке задачи обоснования допуска

ли бы наивысшую точность получаемых оценок координат автомобиля в действительности.

Настоящая работа посвящена исследованию вопроса выбора значений допусков при комплексной обработки информации НС и ЦКД и выработке предложений, в случае необходимости, по введению в состав НС дополнительных измерителей, чувствительных к расположению автомобиля на дороге. Уменьшение значений допусков, с одной стороны, увеличивает вероятность своевременного обнаружения схода объекта с маршрута при движении автомобиля по отсутствующей в ЦКД траектории. С другой стороны, в случае действительного перемещения объекта по дороге, точность получаемых оценок снижается из-за исключения части дополнительной измерительной информации о ЦКД (увеличение вероятности ошибки 1-го рода). Наличие двух факторов, влияющих противоположно друг другу на точность в зависимости от величины допуска, порождает вопрос о существовании некоторого «оптимального» значения допуска, которому соответствует минимальная погрешность НС.

В работе доказана невозможность повышения точности оценок, получаемых в результате оптимальной обработки информации системы навигации и ЦКД, путем использования каких-либо допусков для распознавания факта нахождения автомобиля на дороге. Этим обоснована необходимость использования дополнительных независимых от НС и ЦКД источников информации о положении автомобиля на дороге, например систем технического зрения, или введении дополнительных априорных предположений характеризующих однозначное нахождение объекта на «дороге/не на дороге» в каждый момент времени.

Постановка задачи

Траектория автомобиля может пролегать по нескольким участкам дороги, задаваемым в ЦКД прямолинейными отрезками [2-9]. На произвольном отрезке ЦКД принципиально возможным является уточнение местоположения в направлении нормали к отрезку [2, 4, 5, 9]. Учитывая это, и в целях упрощения изложения существа вопроса рассмотрим решение задачи в одномерном случае.

На координатной оси $\boldsymbol{x}$, направленной перпендикулярно некоторому произвольному отрезку ЦКД, истинное положение точки осевой линии дороги обозначим $\boldsymbol{m}_k$ (*рисунок 1*). Оно может быть определено с некоторой погрешностью, зависящей от качества ЦКД. Поэтому доступным для обработки информации в НС является значение координаты $\boldsymbol{x}_k$, отличающееся от $\boldsymbol{m}_k$ на величину погрешности ЦКД. Последнюю будем считать случайной величиной с известной гауссовой функцией плотности распределения (ПР) вероятностей (далее – ПР), средней квадратической погрешностью (СКП) s_k.

Истинное положение автомобиля $\boldsymbol{x}_l$ удобно математически представить случайной величиной, принимая во внимание произвольный характер движения автомобиля по дороге, либо бездорожью. Ее ПР также предположим гауссовой с большим значением СКП s_l и математическим ожиданием $\boldsymbol{m}_l = \boldsymbol{m}_k$.

Навигационная система вырабатывает «приборную» координату $\boldsymbol{x}_n$ истинного положения автомобиля $\boldsymbol{x}_l$ с погрешностью $\Delta\boldsymbol{x}_n$

$$\boldsymbol{x}_n = \boldsymbol{x}_l + \Delta\boldsymbol{x}_n \qquad (1)$$

Данную погрешность будем считать центрированной и гауссовой, характеризующейся СКП s_n.

Все введенные в рассмотрение случайные величины $\Delta\boldsymbol{x}_n$, $\boldsymbol{x}_l$, $\boldsymbol{x}_k$ статистически взаимно не-

зависимы, что позволяет легко сформировать их совместную нормальную ПР в общем виде $f_И(\Delta x_n, x_l, x_k)$ – исходную в решаемой задаче.

Предположим, что в целях повышения точности НС реализуется следующий алгоритм нахождения уточненного местоположения автомобиля – координаты x_A. Если автомобиль находится вне дороги ЦКД ($x_l \neq m_l$), то $x_A = x_n$. В противоположном случае $x_A = x_o$, где оптимальная оценка $x_o = x_n \times k_n + x_k \times k_k$ находится известными методами [10], доставляющими минимум дисперсии этой оценки, например

$$k_n = (\sigma_k/\sigma)^2, \quad k_k = (\sigma_n/\sigma)^2, \quad \sigma^2 = \sigma_n^2 + \sigma_k^2 .$$

Истинные значения x_l, m_k на практике неизвестны, поэтому для установления события нахождения автомобиля на дороге ЦКД используем допуск $\Delta>0$. Будем считать, что автомобиль находится на дороге, если выполняется условие $|x_\Delta| \le \Delta$, где

$$x_\Delta = x_n - x_k \qquad (2)$$

Таким образом,

$$x_A = \begin{cases} x_n \cdot k_n + x_k \cdot k_k & если \quad |x_n - x_k| \le \Delta \\ x_n & если \quad |x_n - x_k| > \Delta \end{cases}. \qquad (3)$$

Мерой точности оценки x_A будем считать ее дисперсию D_A, определяемую относительно истинного положения автомобиля x_l. Тогда задача состоит в нахождении зависимости $D_A(\Delta)$ и исследовании ее на экстремум (минимум D_A по Δ) при различных характеристиках точности НС и ЦКД и предположениях относительно движения автомобиля по дороге.

Общее решение задачи

Найдем погрешность определения местоположения объекта Δx_A по показаниям НС относительно истинного положения автомобиля x_l, т.е.

$$\Delta x_A = x_A - x_l . \qquad (4)$$

Тогда, с учетом (3) запишем

$$\Delta x_A = \begin{cases} x_n \cdot k_n + x_k \cdot k_k - x_l & если \quad |x_n - x_k| \le \Delta \\ x_n - x_l & если \quad |x_n - x_k| > \Delta \end{cases}.$$

Используя формулу (1) получим

$$\Delta x_A = \begin{cases} \Delta x_o = \dfrac{\sigma_k^2}{\sigma_n^2 + \sigma_k^2}(\Delta x_n + x_l) + \dfrac{\sigma_n^2}{\sigma_n^2 + \sigma_k^2} x_k - x_l \\ \Delta x_n \end{cases}$$

$$\begin{matrix} если & |x_n - x_k| \le \Delta \\ если & |x_n - x_k| > \Delta \end{matrix}, \qquad (5)$$

где Δx_o – погрешность оптимальной оценки координаты автомобиля по информации НС и ЦКД относительно истинного положения объекта x_l.

Случайные события, определяемые неравенствами в (3) и (5), характеризуются некоторыми вероятностями исхода, позволяющими в конечном счете найти $D_A(\Delta)$. Чтобы получить их, необходима совместная ПР $f(\Delta x_n, \Delta x_o, x_\Delta)$, которую сформируем на основе исходной ПР $f_И(\Delta x_n, x_l, x_k)$ и линейной связи между случайными величинами – аргументами этих двух ПР

$$\begin{vmatrix} \Delta x_n \\ \Delta x_o \\ x_\Delta \end{vmatrix} = H \cdot \begin{vmatrix} \Delta x_n \\ x_l \\ x_k \end{vmatrix}, \quad H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \dfrac{\sigma_k^2}{\sigma_n^2 + \sigma_k^2} & \dfrac{\sigma_k^2}{\sigma_n^2 + \sigma_k^2} - 1 & \dfrac{\sigma_n^2}{\sigma_n^2 + \sigma_k^2} \\ 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}. \qquad (6)$$

В общем виде выражение для дисперсии D_A дается формулой [10]

$$\begin{aligned} D_A = & \int_{-\Delta}^{\Delta} \iiint \Delta x_o^2 \cdot f(\Delta x_n, \Delta x_o, x_\Delta) d\Delta x_n d\Delta x_o dx_\Delta + \\ & + \int_{-\infty}^{-\Delta} \iiint \Delta x_n^2 \cdot f(\Delta x_n, \Delta x_o, x_\Delta) d\Delta x_n d\Delta x_o dx_\Delta + \\ & + \int_{\Delta}^{\infty} \iiint \Delta x_n^2 \cdot f(\Delta x_n, \Delta x_o, x_\Delta) d\Delta x_n d\Delta x_o dx_\Delta . \end{aligned} \qquad (7)$$

Бесконечные пределы интегрирования в (7) и далее не записываются для краткости. Полученную формулу можно упростить, исключив некоторые переменные

$$\begin{aligned} D_A(\Delta) = & \int_{-\Delta}^{\Delta} \iint \Delta x_o^2 \cdot f_{o\Delta}(\Delta x_o, x_\Delta) d\Delta x_o dx_\Delta + \\ & + \int_{-\infty}^{-\Delta} \iint \Delta x_n^2 \cdot f_{n\Delta}(\Delta x_n, x_\Delta) d\Delta x_n dx_\Delta + \\ & + \int_{\Delta}^{\infty} \iint \Delta x_n^2 \cdot f_{n\Delta}(\Delta x_n, x_\Delta) d\Delta x_n dx_\Delta , \end{aligned} \qquad (8)$$

где частные ПР $f_{o\Delta}(\Delta x_o, x_\Delta)$, $f_{n\Delta}(\Delta x_n, x_\Delta)$ могут быть легко получены из $f(\Delta x_n, \Delta x_o, x_\Delta)$. Заметим, что оптимальная оценка Δx_o и невязка x_Δ здесь не являются взаимно независимыми, поскольку $D_A(\Delta)$ определяется согласно (5) относительно истинного положения автомобиля.

Анализ возможностей повышения точности путем выбора допуска

Конкретизируем выражение (8), учитывая гауссовость входящих в него частных ПР. Опуская выкладки, запишем $D_A(\Delta)$

$$D_A(\Delta) = \sigma_n^2 + \frac{\sigma_n^4}{(\sigma_k^2+\sigma_n^2)^2}\cdot(2\sigma_l^2-\sigma^2)\cdot$$

$$\cdot\left[\begin{array}{c} erf\left(\frac{\Delta}{\sqrt{2\cdot\sigma^2}}\right)+\ldots \\ +\frac{-2\Delta}{\sqrt{2\cdot\pi\cdot\sigma^2}}\cdot\exp\left(\frac{-\Delta^2}{2\cdot\sigma^2}\right)\end{array}\right], \qquad (9)$$

$$\sigma^2 = \sigma_l^2+\sigma_k^2+\sigma_n^2 \ .$$

Из полученной формулы следует, что дисперсия координаты НС, уточняемая согласно алгоритму (5), представляет собой сумму квадрата СКП координаты автономной НС σ_n^2 и второго слагаемого, зависящего от допуска D. Дисперсия $\boldsymbol{D}_A(\Delta)$ будет меньше исходной σ_n^2 только в случае отрицательного второго слагаемого, которое далее рассмотрим более подробно.

Первый множитель в (9) всегда положителен. Второй множитель положителен вследствие сделанного ранее предположения о большом значении СКП s_l. Покажем, что и третий множитель всегда неотрицателен. Для этого найдем его производную по Δ

$$\frac{dD(A)}{d\Delta} = \frac{-2\cdot\sigma_l\cdot\Delta^3}{\sigma^4}\cdot\frac{1}{\sqrt{2\cdot\pi\cdot\sigma^2}}\cdot\exp\left(\frac{-\Delta^2}{2\cdot\sigma^2}\right), \qquad (10)$$

который, как видно, всегда отрицательнен. Найдем, к чему стремится монотонно убывающая функция $dD(\Delta)/d\Delta$ при увеличении своего аргумента. Нетрудно видеть, что предел

$$\lim_{\Delta\to\infty}\frac{dD(\Delta)}{d\Delta} = 0 \ ,$$

следовательно, третий множитель в (9) всегда положителен, т.к. его производная отрицательна (функция убывает) а предел в бесконечности равен 0.

Таким образом, при сделанных относительно всех СКП предположениях и любых Δ второе слагаемой в (9) больше нуля. Это доказывает, что невозможно повысить точность НС за счет использования ЦКД, только путем установления какого-либо допуска Δ на невязку координат НС $\boldsymbol{x}_n$ и ЦКД $\boldsymbol{x}_k$. Из этого утверждения вытекает необходимость поиска и использования дополнительных, независимых от НС и ЦКД, источников информации в целях идентификации факта нахождения автомобиля на дороге ЦКД. В качестве одного из вариантов возможно использование систем технического зрения, учитывая опыт их практического применения в автомобилестроении.

Уменьшить дисперсию $\boldsymbol{D}_A$ выбором допуска Δ формально можно при условии, что второй множитель в (9) $\sigma_l^2-\sigma_k^2-\sigma_n^2$ меньше нуля. На практике это означает априорное предположение о движении автомобиля на незначительном удалении от дороги ЦКД, которое может быть выражено, например, неравенством $\sigma_l^2 < \sigma_n^2+\sigma_k^2$. Подобные условия или предположения использованы неявно при обоснованиях упомянутых выше алгоритмов и при анализе их эффективности [1-9]. Сравнительная простота последнего условия объяснима использованием гауссовых ПР для описания всех погрешностей. При использовании ПР, отличающихся от гауссовых, и/или нелинейных связей в выражениях, подобных (6), выражения для условий могут существенно усложниться. Поэтому авторы предлагают в дальнейшем использовать нормальную плотность распределения в качестве вероятностной модели, описывающей движение объекта по дорогам ЦКД.

Заключительный важный для практики вывод связан с монотонностью функции $\boldsymbol{D}_A(\Delta)$. В случае, если эта функция является возрастающей, ее минимальное значение имеет место при Δ=0. Для убывающей функции $\boldsymbol{D}_A(\Delta)$ минимальное значение достигается при Δ→∞. Оптимального значения Δ, определяющего в общем случае целесообразность использования информации ЦКД в целях коррекции координат НС, не существует. Решение об использовании ЦКД может быть принято только исходя из априорных предположений о движении автомобиля по дорогам ЦКД. Заметим, однако, что это не означает отмену необходимости и целесообразности использования допусков в целях исключения аномальных измерительных данных (выбросов) НС и ЦКД.

Выводы

В статье исследован вопрос обоснования допусков в задачах комплексной обработки информации автомобильных НС и ЦКД при отсутствии априорных ограничений на движение автомобиля по дороге или бездорожью. Показана невозможность повышения точности оценок, получаемых в результате оптимальной обработки информации НС и ЦКД, путем использования каких-либо допусков для распознавания нахождения автомобиля на дороге ЦКД. Этим обоснована необходимость использования дополнительных независимых от навигационной системы и ЦКД источников информации о положении автомобиля на дороге, например систем технического зрения, либо дополнительных априорных предположений о движении только по дорогам ЦКД.

Литература

1. Дмитриев С.П. Оптимальное решение задачи автомобильной навигации с использованием карты дорог / Дмитриев С.П., Степанов О.А., Ривкин Б.С., Кошаев Д.А., Чанг Д. // Гироскопия и навигация, 2000. №2(29). С. 57-69.

2. Беркович С.Б Формирование и использование псевдоизмерений боковых отклонений объекта в задачах автомобильной навигации / Беркович С.Б, Котов Н.И., Каменский Л.П., Рудаков В.М., Шолохов А.В. // Измерительная техника, 2001. №11. С. 19-22.

3. Mezentsev O. Vehicular navigation in urban canyons using a high sensitivity GPS receiver augmented with a medium-grade IMU /O. Mezentsev, J. Collin, G. Lachapelle // X St.-Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems. SPb.: CSRI “Elektropribor”, 2003. P. 64-70.

4. Шолохов А.В. Коррекция наземных навигационных систем по цифровой карте дорог с учетом ее погрешностей / Сб. докладов V Научно-технической конференции молодых ученых “Навигация и управление движением”. СПб: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2004. С. 227-233.

5. Шолохов А.В. Определение текущего местоположения объекта по цифровым картам дорог без начальной настройки навигационной системы счисления пути /Сб. докладов III Научно-технической конференции молодых ученых “Навигация и управление движением”. СПб: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2001. С. 157-163.

6. Andreas G. Lost! Leveraging the Crowd for Probabilistic Visual Self-Localization // 2013, 8 p.

7. Садеков Р.Н. Базовая технология построения и испытаний, интегрированных инерциально-геоинформационных навигационных комплексов / Беркович С.Б., Садеков Р.Н., Котов Н.И., Шолохов А.В. и др.// НПЦ АП, Труды ФГУП «НПЦ АП», 2013. №1. С. 89-96.

8. Беркович С.Б. Алгоритм распознавания нахождения наземного объекта на заданном маршруте движения / Беркович С.Б., Яковлев Д.В. //Сб. трудов XXI Межведомственной научо-технической конференции. Ч. 2. Серпухов: СВИРВ, 2002. С. 127-131.

9. Шолохов А.В. Байесовский подход к формированию избыточности информации в наземных навигационных системах с привлечением данных о положении априорно известных траекторий объекта // Авиакосмическое приборостроение, 2005. №3. С. 35-40.

10. Степанов О.А. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Ч.1. Введение в теорию оценивания / О.А. Степанов. СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2009. 496 с.

11. Шолохов А.В., Кушнерчук В.В., Волков М.А. Анализ потенциальной точности «возимого» азимута, реализуемого путем комплексирования наземной навигационной системы с цифровой картой дороги // Известия Института инженерной физики, 2010. №1(15). С. 24-27.

12. Шолохов А.В., Садеков Р. Н., Махаев А.Ю., Лейба Е.Г. Спутниковая навигационная система, корректируемая с использованием параметров векторной цифровой карты дороги // Известия Института инженерной физики, 2010. №3(17). С. 54-56.



УДК 620.10

ФИЗИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ СПЛОШНЫХ СРЕД И КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ АНИЗОТРОПИИ

Геннадий Петрович Белов
кандидат технических наук, доцент
профессор кафедры
филиал ВА РВСН им. Петра Великого
(г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: +7(4967)78-95-98

В статье выполнена систематизация законов упругого деформирования в тензорных и обычных обозначениях для наиболее распространенных конструкционных материалов и сред, обладающих различной степенью анизотропии физико-механических характеристик.

This article is made of an elastic deformation of the systematization of laws and customary in tensor notation for the most common construction materials and environments, with varying degrees of anisotropy of physical and mechanical characteristics.

Ключевые слова: физические соотношения, обобщенный закон Гука, напряженное состояние, тензор напряжений, тензор деформаций, анизотропные материалы, полимерные армированные композиционные материалы.

Keywords: physical relations, the generalized Hooke's law, stress state, the stress tensor, strain tensor, anisotropic materials, polymer-reinforced composite materials.

При построении решений задач теории упругости в процессе изучения механики сплошной среды исследователи вынуждены учитывать особенности физико-механических свойств сплошных сред и конструкционных материалов, обладающих различной степенью анизотропии упругих характеристик.

Как правило, при формировании математической модели составляются [1]:

- уравнения равновесия малого элемента среды, материала;
- геометрические соотношения (уравнения Коши);
- уравнения неразрывности деформаций Сен-Венана;
- физические соотношения (обобщенный закон Гука).

Решая совместно эти уравнения, получают уравнения в перемещениях для элементов исследуемой конструкции или среды. Из перечисленных исходных уравнений наиболее важен обоснованный учет особенностей упругих характеристик в обобщенном законе Гука, поскольку математическая модель будет неоправданно усложнена или, наоборот, упрощена, что может привести к потере важной информации при анализе результатов расчета.

Уравнения обобщенного закона Гука имеют и самостоятельное значение, например, при обработке результатов экспериментального измерения компонентов тензора деформаций и пересчете их в компоненты тензора напряжений, необходимые для оценки прочности испытываемого материала.

Известно, что наиболее эффективным инструментом для описания физико-математических свойств изотропных и анизотропных материалов является тензорный анализ [2]. Методы тензорного исчисления широко применяются в современной механике, физике и других дисциплинах.

Так, например, в теории упругости [3] принято производить суммирование по одинаковым индексам от 1 до 2 в случае плоской деформации или напряженного состояния и от 1 до 3 в пространственном случае, при этом знак суммы

Таблица 1
Обозначения в механике сплошной среды

Наименование параметров и соотношений	Обозначения	
	Традиционные	**Тензорные**
Оси координат	$x,\ y,\ z$	$x_1,\ x_2,\ x_3$
Вектор смещения	$u,\ v,\ w$	$u_1,\ u_2,\ u_3$
Тензор напряжения	$\begin{pmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \sigma_{23} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_{33} \end{pmatrix}$
Тензор деформации	$\begin{pmatrix} \varepsilon_x & \frac{1}{2}\gamma_{xy} & \frac{1}{2}\gamma_{xz} \\ \frac{1}{2}\gamma_{yx} & \varepsilon_y & \frac{1}{2}\gamma_{yz} \\ \frac{1}{2}\gamma_{zx} & \frac{1}{2}\gamma_{zy} & \varepsilon_z \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \varepsilon_{13} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \varepsilon_{23} \\ \varepsilon_{31} & \varepsilon_{32} & \varepsilon_{33} \end{pmatrix}$
Уравнение равновесия	$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x}+\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y}+\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z}=0;$ $\frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x}+\frac{\partial \sigma_y}{\partial y}+\frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z}=0;$ $\frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x}+\frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y}+\frac{\partial \sigma_z}{\partial z}=0.$	$\frac{\partial \sigma_{ik}}{\partial x_k}=0,$ $k=1,2,3.$
Уравнение Коши (геометрические соотношения)	$\varepsilon_x=\frac{\partial u}{\partial x};\ \varepsilon_y=\frac{\partial v}{\partial y};\ \varepsilon_z=\frac{\partial w}{\partial z};$ $\gamma_{xy}=\frac{\partial v}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial y};$ $\gamma_{xz}=\frac{\partial w}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial z};$ $\gamma_{yz}=\frac{\partial v}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial y}.$	$\varepsilon_{ik}=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_k}+\frac{\partial u_k}{\partial x_i}\right),$ $i,k=1,2,3$
Уравнение неразрывности Сен-Венана для плоской деформации	$\frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial x^2}-\frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x \partial y}=0$	$\frac{\partial^2 \varepsilon_{11}}{\partial x_2^2}+\frac{\partial^2 \varepsilon_{22}}{\partial x_1^2}-$ $-2\frac{\partial^2 \varepsilon_{12}}{\partial x_1 \partial x_2}=0$

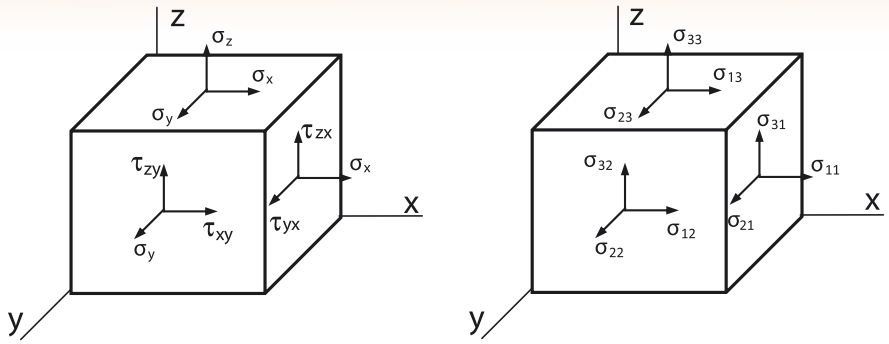


Рис. 1. Геометрическое представление компонентов напряжений в традиционных и тензорных обозначениях

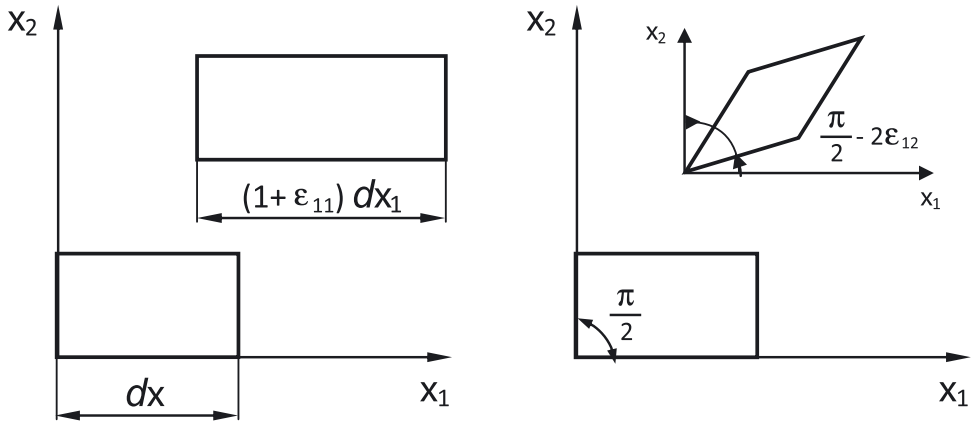


Рис. 2. Геометрическое представление компонентов тензора деформаций

не вписывается. В соответствии с этим правилом вместо выражения

$$\sum_{\alpha=1}^{\alpha=3}\sigma_{i\alpha}\sigma_{\alpha k} \text{ пишут } \sigma_{i\alpha}\sigma_{\alpha k} \quad (k=1, 2, 3)$$

и аналогично

$$\sum_{k=1}^{k=3}\frac{\partial\sigma_{ik}}{\partial\tilde{o}_k}=0 \text{ пишут } \frac{\partial\sigma_{ik}}{\partial\tilde{o}_k}=0 \quad (k=1, 2, 3).$$

Как известно, напряженное состояние в точке нагруженного тела определяется шестью компонентами тензора напряжений σ_{ik} (i,k=1, 2, 3), а деформированное состояние – шестью компонентами тензора деформаций ε_{ik} (i,k=*1, 2, 3*). В *таблице 1* приведены основные соотношения теории упругости сплошной среды в традиционных и тензорных обозначениях [1, 3].

Эксперименты показывают, что у большинства применяемых в технике композитов связь между напряжениями и деформациями при различных напряженных состояниях вплоть до разрушения близка к линейной и носит анизотропный характер. Эти материалы обнаруживают ортогональную анизотропию свойств: в каждой точке материала можно выделить *три взаимноортогональные плоскости симметрии* свойств. Линии пересечения отмеченных плоскостей называют *осями анизотропии материала*. Подобные композиционные материалы и среды принадлежат к классу *ортогонально-анизотропных тел*. Система координат, оси которой совпадают с *осями анизотропии*, считается *основной системой координат* [3, 4].

В тензорных обозначениях закон Гука для анизотропных материалов принимает вид [3, 4]

$$\varepsilon_{ik}=A_{ikmn}\sigma_{mn} \quad \text{или} \quad \sigma_{ik}=B_{ikmn}\varepsilon_{mn}.$$

где i, k, m, n = 1, 2 – для плоского напряженного состояния;

i, k, m, n = 1, 2, 3 – для пространственного напряженного состояния;

A_{ikmn} – компоненты тензора коэффициентов упругости четвертого ранга (коэффициенты податливости);

B_{ikmn} – компоненты тензора модулей упругости четвертого ранга (коэффициенты упругости).

Для ортогонально анизотропных материалов следствием симметрии механических свойств являются следующие соотношения:

$$A_{ikmn} = A_{kimn},\ A_{ikmn} = A_{kinm},\ A_{ikmn} = A_{nmki};$$
$$B_{ikmn} = B_{kimn},\ B_{ikmn} = B_{kinm},\ B_{ikmn} = B_{nmki}.$$

При повороте системы координат компоненты тензоров коэффициентов и модулей упругости изменяются в соответствии с формулами преобразований компонент тензоров четвертого ранга.

Для случая трехосного напряженного состояния, направляя оси координат нормально к плоскости упругой симметрии (по основным направлениям), уравнения обобщенного закона Гука в тензорных обозначениях принимают следующий вид:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_{11} &= A_{1111}\sigma_{11} + A_{1122}\sigma_{22} + A_{1133}\sigma_{33};\ \ \varepsilon_{12} = 2A_{1212}\sigma_{12};\\ \varepsilon_{22} &= A_{2211}\sigma_{11} + A_{2222}\sigma_{22} + A_{2233}\sigma_{33};\ \ \varepsilon_{13} = 2A_{1313}\sigma_{13};\\ \varepsilon_{33} &= A_{3311}\sigma_{11} + A_{3322}\sigma_{22} + A_{3333}\sigma_{33};\ \ \varepsilon_{22} = 2A_{2323}\sigma_{23}; \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

$$\left.\begin{aligned} \sigma_{11} &= B_{1111}\varepsilon_{11} + B_{1122}\varepsilon_{22} + B_{1133}\varepsilon_{33};\ \ \sigma_{12} = 2B_{1212}\varepsilon_{12};\\ \sigma_{22} &= B_{2211}\varepsilon_{11} + B_{2222}\varepsilon_{22} + B_{2233}\varepsilon_{33};\ \ \sigma_{13} = 2B_{1313}\varepsilon_{13};\\ \sigma_{33} &= B_{3311}\varepsilon_{11} + B_{3322}\varepsilon_{22} + B_{3333}\varepsilon_{33};\ \ \sigma_{22} = 2A_{2323}\varepsilon_{23}. \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

В приведенных соотношениях (1) и (2) индекс 1 соответствует первому основному направлению; индекс 2 – второму; индекс 3 – третьему.

При решении практических задач, связанных с прочностью, устойчивостью и колебаниями конструкций из анизотропных материалов пользуются техническими константами: линейными модулями упругости; модулями сдвига и коэффициентами Пуассона. Обычная форма записи физических соотношений для деформаций ортогонально-анизотропного тела будет выглядеть так:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1}{E_x}\sigma_x - \frac{\mu_{yx}}{E_y}\sigma_y - \frac{\mu_{zx}}{E_z}\sigma_z;\ \ \gamma_{xy} = \frac{1}{G_{xy}}\tau_{xy};\\ \varepsilon_y &= -\frac{\mu_{xy}}{E_x} + \frac{1}{E_y}\sigma_y - \frac{\mu_{zy}}{E_z}\sigma_z;\ \ \gamma_{xz} = \frac{1}{G_{xz}}\tau_{xz};\\ \varepsilon_z &= -\frac{\mu_{xz}}{E_x}\sigma_x - \frac{\mu_{yz}}{E_y}\sigma_y + \frac{1}{E_z}\sigma_z;\ \ \gamma_{yz} = \frac{1}{G_{yz}}\tau_{yz}, \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

где E_x, E_y, E_z – линейные модули упругости в направлении основных координатных осей *x, y, z*;
G_{xy}, G_{xz}, G_{yz} – модули сдвига в плоскостях *xoy, xoz, yoz*;
μ_{xy}, μ_{yx}, μ_{xz}, μ_{zx}, μ_{yz}, μ_{zy} – коэффициенты Пуассона, характеризующие сокращение размеров в направлении одной оси (первый индекс) при растяжении вдоль другой (второй индекс).

Из 12 вышеперечисленных упругих постоянных, только 9 являются независимыми в силу их упругой симметрии.

Обобщенный закон Гука для напряжений имеет следующий вид:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{E_x}{1-\mu_{xy}\mu_{yx}}\varepsilon_x + \frac{E_x\mu_{yx}}{1-\mu_{xy}\mu_{yx}}\varepsilon_y + \frac{E_x\mu_{zx}}{1-\mu_{xz}\mu_{zx}}\varepsilon_z;\\ \sigma_y &= \frac{E_y\mu_{xy}}{1-\mu_{xy}\mu_{yx}}\varepsilon_x + \frac{E_y}{1-\mu_{xy}\mu_{yx}}\varepsilon_y + \frac{E_y\mu_{zy}}{1-\mu_{yz}\mu_{zy}}\varepsilon_z;\\ \sigma_z &= \frac{E_z\mu_{xz}}{1-\mu_{xz}\mu_{zx}}\varepsilon_x + \frac{E_z\mu_{yz}}{1-\mu_{yz}\mu_{zy}}\varepsilon_y + \frac{E_z}{1-\mu_{xy}\mu_{yx}}\varepsilon_z;\\ \tau_{xy} &= G_{xy}\gamma_{xy};\quad \tau_{xz} = G_{xz}\gamma_{xz};\quad \tau_{yz} = G_{yz}\gamma_{yz}. \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

В теории упругости анизотропного тела [4] показывается, что в силу *упругой симметрии* модули упругости Юнга и коэффициенты Пуассона связаны соотношениями:

$$E_x\mu_y = E_y\mu_{xy};\ E_y\mu_{zy} = E_z\mu_{yz};\ E_x\mu_{zx} = E_z\mu_z.$$

Этот факт позволяет легко установить следующие связи между техническими константами и тензорными характеристиками упругости:

$$\left.\begin{aligned} A_{1111} = \frac{1}{E_x};\ A_{2222} = \frac{1}{E_y};\ A_{3333} = \frac{1}{E_z};\ A_{1212} = \frac{1}{4G_{xy}};\ A_{1313} = \frac{1}{4G_{xz}};\\ A_{2323} = \frac{1}{4G_{yz}};\ A_{1122} = -\frac{\mu_{xy}}{E_x} = A_{2211} = -\frac{\mu_{yx}}{E_y};\\ A_{1133} = -\frac{\mu_{zx}}{E_z} = A_{3311} = -\frac{\mu_{xz}}{E_x};\ A_{2233} = -\frac{\mu_{zy}}{E_z} = A_{3322} = -\frac{\mu_{yz}}{E_y};\\ A_{1212} = \frac{1}{4G_{xy}};\ A_{1313} = \frac{1}{4G_{xz}};\ A_{2323} = \frac{1}{4G_{yz}}. \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

$$\left.\begin{aligned} B_{1111} = \frac{E_x}{1-\mu_{xy}\mu_{yx}};\ B_{2222} = \frac{E_y}{1-\mu_{xy}\mu_{yx}};\ B_{3333} = \frac{E_z}{1-\mu_{xy}\mu_{yx}};\\ B_{1122} = \frac{E_x\mu_{yx}}{1-\mu_{xy}\mu_{yx}} = B_{2211} = \frac{E_y\mu_{xy}}{1-\mu_{xy}\mu_{yx}};\\ B_{1133} = \frac{E_x\mu_{zx}}{1-\mu_{xz}\mu_{zx}} = B_{3311} = \frac{E_z\mu_{xz}}{1-\mu_{xz}\mu_{zx}};\\ B_{2233} = \frac{E_z\mu_{zy}}{1-\mu_{yz}\mu_{zy}} = B_{3322} = \frac{E_z\mu_{yz}}{1-\mu_{yz}\mu_{zy}};\\ B_{1212} = G_{xy};\quad B_{1313} = G_{xz};\quad B_{2323} = G_{yz}. \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

В *таблице 2*, в качестве примера, приведены упругие постоянные ортотропных стеклопластиков, изготовленных различными технологическими методами [5].

Весьма значительный класс слабоанизотропных материалов, применяемых в технике, строительстве, а также большинство горных пород (в частности, мелкозернистых и тонкослоистых) в первом приближении можно рассматривать как *трансверсально-изотропные тела и среды* [4]. Изучение анизотропии горных пород связано, в первую очередь, с необходимостью исследования напряжений вблизи подземных выработок, условий возникновения оползней, прогноза землетрясений, исследования волновых процессов в земной коре и т.д.

Трансверсально-изотропные тела обладают следующими свойствами: через все точки тела проходят параллельные плоскости упругой симметрии, в которых все направления являются упруго-эквивалентными (плоскости изотропии). Иначе говоря, в каждой точке имеется одно основное направление и бесконечное множество основных направлений в плоскости, нормальной к первому.

Поэтому, в законе деформирования таких тел число упругих постоянных (технических констант) будет использовано меньшее количе-

Таблица 2

Упругие постоянные ортотропных стеклопластиков

Обозначения упругих постоянных	Наименования стеклопластиков		
	Намоточный однонаправленный	Ортогонально армированный	На основе стеклоткани
E_x, МПа	57000	36800	35900
E_y, МПа	14000	26800	29300
E_z, МПа	14000	11000	18300
G_{xy}, МПа	5700	5000	7600
G_{yz}, МПа	5000	4100	6300
G_{xz}, МПа	5700	4500	6600
μ_{xy}	0,277	0.105	0,177
μ_{yz}	0,400	0,431	0,371
μ_{xz}	0.068	0.405	0,757

ство, а именно: E – модуль Юнга для растяжения – сжатия в направлении плоскостей изотропии xoy; E' – модуль Юнга в направлении оси z, нормальной к ним; μ – коэффициент Пуассона, характеризующий поперечное сжатие в плоскости изотропии при продольном растяжении в этой плоскости; μ' – коэффициент Пуассона при растяжении – сжатии в нормальном (ось z) к плоскости изотропии направлении; G и G' – модули сдвига для плоскости изотропии и для плоскостей, перпендикулярных к ней. Следовательно, упругие постоянные в уравнениях обобщенного закона Гука (3) и (4) будут обозначены так: $E_x = E_y = E$; $E_z = E'$; $\mu_{yx} = \mu$; $\mu_{zy} = \mu_{zx} = \mu'$.

Модуль сдвига G для плоскости изотропии может быть определен по известному соотношению:

$$G = E/(2(1 + \mu)).$$

Необходимо также учесть и особенности упругой симметрии описываемого класса анизотропных материалов, называемых некоторыми авторами транстропными.

$$E\mu' = E'\mu_{xz};\ E\mu' = E'\mu_{yz} \text{ или } E/E' = \mu_{xz}/\mu' = \mu_{yz}/\mu' = P.$$

Следовательно, для транстропного материала обобщенный закон Гука в традиционных обозначениях запишется следующим образом:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1}{E}(\sigma_x - \mu\sigma_y) - \frac{\mu'}{E'}\sigma_z;\ \gamma_{yz} = \frac{1}{G'}\tau_{yz};\\ \varepsilon_y &= \frac{1}{E}(-\mu\sigma_x + \sigma_y) - \frac{\mu'}{E'}\sigma_z;\ \gamma_{xz} = \frac{1}{G'}\tau_{xz};\\ \varepsilon_z &= -\frac{\mu'}{E'}(\sigma_x + \sigma_y) + \frac{1}{E'}\sigma_z;\ \gamma_{xy} = \frac{1}{G}\tau_{xy}. \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

или

$$\left.\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{E}{1-\mu^2}\varepsilon_x + \frac{E\mu}{1-\mu^2}\varepsilon_y + \frac{E\mu'}{1-P\mu'^2}\varepsilon_z;\ \tau_{yz} = G'\gamma_{yz}\\ \sigma_y &= \frac{E\mu}{1-\mu^2}\varepsilon_x + \frac{E}{1-\mu^2}\varepsilon_y + \frac{E\mu'}{1-P\mu'^2}\varepsilon_z;\ \tau_{xz} = G'\gamma_{xz}\\ \sigma_z &= \frac{E\mu'}{1-P\mu'^2}\varepsilon_x + \frac{E\mu'}{1-P\mu'^2}\varepsilon_y + \frac{E'}{1-\mu^2}\varepsilon_z;\ \tau_{xy} = G\gamma_{xy} \end{aligned}\right\} \quad (8)$$

В уравнениях (7) и (8) число независимых технических констант уменьшилось до пяти.

В работе [6] авторами собраны и проанализированы численные значения технических упругих констант наиболее распространенных горных пород, которые в первом приближении действительно можно рассматривать как *транстропные среды*. Кроме того, модуль сдвига G' для плоскостей, нормальных к плоскости изотропии, хотя и является независимой константой, для 45 видов пород из 47 может быть оценен по приблизительной формуле [6]:

$$G' = \frac{EE'}{E(1+2\mu')+E'}.$$

Таким образом, для большинства видов горных пород можно с достаточной точностью для практики считать, что число независимых технических констант равно не пяти, а четырем. В этом случае анизотропию этих пород можно характеризовать только одной величиной

$$P = E/E'.$$

В *изотропном теле* все направления являются упруго-эквивалентными и основными, что характерно, например, для металлов, сплавов, бетона и неармированных полимеров. Полагая, что

$$E' = E,\ \mu' = \mu,\ G' = G = E/(2(1 + \mu)),$$

получаем хорошо известные уравнения обобщенного закона Гука для изотропного тела с модулем Юнга E, коэффициентом Пуассона μ и модулем сдвига G:

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E}[\sigma_x - \mu(\sigma_y + \sigma_z)];\ \gamma_{yz} = \frac{1}{G}\tau_{yz};$$
$$\varepsilon_y = \frac{1}{E}[\sigma_y - \mu(\sigma_x + \sigma_z)];\ \gamma_{xz} = \frac{1}{G}\tau_{xz};$$
$$\varepsilon_z = -\frac{1}{E}[\sigma_z - \mu(\sigma_x + \sigma_y)];\ \gamma_{xy} = \frac{1}{G}\tau_{xy}.$$

или в напряжениях

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\mu^2}[\varepsilon_x + \mu(\varepsilon_y + \varepsilon_z)];\ \tau_{yz} = G\gamma_{yz};$$
$$\sigma_y = \frac{E}{1-\mu^2}[\varepsilon_y + \mu(\varepsilon_x + \varepsilon_z)];\ \tau_{xz} = G\gamma_{xz};$$
$$\sigma_z = \frac{E}{1-\mu^2}[\varepsilon_z + \mu(\varepsilon_x + \varepsilon_y)];\ \tau_{xy} = G\gamma_{xy}.$$

В этих уравнениях число независимых технических констант уменьшилось до двух, т.е. E и μ.

В настоящее время получили широкое распространение ортогональные полимерные армированные композиционные материалы в составе тонкостенных конструкций: корпусов автомобилей и судов; в строительстве и аэрокосмической отрасли. Известно, что тонкостенные конструкции схематизируют в виде пластин или оболочек.

Для пластиков с тканными наполнителями оси анизотропии совпадают с направлениями основы и утка ткани и перпендикуляром к ним, а для пластиков, армированных в одном направлении, они совпадают с направлениями армирования и перпендикулярами к нему.

При двухосном напряженном состоянии, характерном для пластин и ортотропных тонкостенных оболочек, закон Гука в тензорных обозначениях имеет вид:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_{11} &= A_{1111}\sigma_{11} + A_{1122}\sigma_{22};\\ \varepsilon_{12} &= 2A_{1212}\sigma_{12};\\ \varepsilon_{22} &= A_{2211}\sigma_{11} + A_{2222}\sigma_{22} \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

или

$$\left.\begin{aligned} \sigma_{11} &= B_{1111}\varepsilon_{11} + B_{1122}\varepsilon_{22};\\ \sigma_{12} &= 2B_{1212}\varepsilon_{12};\\ \sigma_{22} &= B_{2211}\varepsilon_{11} + B_{2222}\varepsilon_{22} \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

Ввиду упругой симметрии связи между техническими константами упругости материала A_{ikmn} и тензорными характеристиками упругости B_{ikmn} полностью совпадают с соотношениями (5), (6).

В тензорных обозначениях уравнений (9), (10) индекс 1 соответствует основному направлению, индекс 2 – второму. Например, в цилиндрической оболочке это соответствует символу 1 осевому и окружному 2 направлениям, которые в стеклоленте совпадают с направлениями утка и основы ткани, а индекс 12 обозначает параметры в плоскости перпендикулярной осевому направлению.

Если в качестве системы координат (x, y, z) взять основную, то физические соотношения (закон Гука) запишутся следующим образом:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{\sigma_x}{\mathrm{E}_x} - \mu_{xy}\frac{\sigma_y}{\mathrm{E}_y};\\ \varepsilon_y &= \frac{\sigma_y}{\mathrm{E}_y} - \mu_{yx}\frac{\sigma_x}{\mathrm{E}_x};\\ \gamma_{yx} &= \frac{1}{G_{xy}}\tau_{xy}. \end{aligned}\right\}$$

В силу упругой симметрии модули упругости E_x, E_y и коэффициенты Пуассона связаны соотношением:

$$\mathrm{E}_x\mu_{yx} = \mathrm{E}_y\mu_{xy}\,.$$

Поэтому часто закон Гука записывают так:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1}{\mathrm{E}_x}\left(\sigma_x - \mu_{xy}\sigma_y\right);\\ \varepsilon_y &= \frac{1}{\mathrm{E}_y}\left(\sigma_y - \mu_{yx}\sigma_x\right);\\ \gamma_{xy} &= \frac{1}{G_{xy}}\tau_{xy}. \end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

Разрешая соотношения (11) относительно напряжений, закон Гука в основной системе координат будет выглядеть следующим образом:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{\mathrm{E}_x}{1-\mu_{xy}\mu_{yx}}\left(\varepsilon_x + \mu_{xy}\varepsilon_y\right);\\ \sigma_y &= \frac{\mathrm{E}_y}{1-\mu_{xy}\mu_{yx}}\left(\varepsilon_y + \mu_{yx}\varepsilon_x\right);\\ \tau_{xy} &= \gamma_{xy}G_{xy}. \end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

В заключение необходимо отметить, что выполненная систематизация законов упругого деформирования в физических соотношениях для наиболее распространенных конструкционных материалов и сред, обладающих различной степенью анизотропии физико-механических характеристик, позволяет исследователям обеспечить необходимую эффективность математических моделей механики сплошной упругой среды, алгоритмы решений которых будут по возможности простыми, но не в ущерб точности расчетов.

Литература

1. Бусыгин В.А., Белов Г.П. Теоретическая механика и основы механики сплошной среды. Серпухов: СВИ РВ, 2007. 342 с.

2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1968. 192 с.

3. Гольденблат И.И., Бажанов В.Л., Копнов В.А. Длительная прочность в машиностроении. М.: Машиностроение, 1977. 247 с.

4. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. М.: Наука, 1977. 415 с.

5. Ашкенази Е.К., Ганов Э.В. Анизотропия конструкционных материалов. Справочник. Л.: Машиностроение, 1972. 92 с.

6. Батугин С.А., Ниренбург Р.К. Приближенная зависимость между упругими константами горных пород и параметры анизотропии // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 1972. №1. С. 7-11.

УДК 539.377

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ДРУГИХ СРЕД С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ АНИЗОТРОПИИ

Валентин Алексеевич Копнов
доктор технических наук, профессор
профессор кафедры
Военная академия РВСН имени Петра Великого
Адрес: 109074, Москва, Китайгородский проезд, д. 9/5
Тел.: +7(499)169-14-87

Геннадий Петрович Белов
кандидат технических наук, доцент
профессор кафедры
филиал ВА РВСН имени Петра Великого (г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: +7(4967)78-95-98

В статье выполнен анализ механических свойств армированных пластиков и других анизотропных сред, рассмотрены особенности оценки их прочности посредством применения критерия Гольденблата-Копнова.

This article gives an analysis of the mechanical properties of reinforced plastics and other anisotropic media, the features of evaluation of their strength through the use of Goldenblat-Kopnov criterion.

Ключевые слова: анизотропия механических свойств, полимерные композиционные материалы (композиты), анизотропная среда, компоненты тензора напряжений, теория прочности, критерий прочности.

Keywords: anisotropy of mechanical properties, polymer composites (composites), anisotropic medium, the components of the stress tensor, the theory of strength, the criterion of strength.

Последние десятилетия характерны все более широким внедрением полимерных композиционных материалов при создании конструкций различных отраслей техники. Особенно интенсивно эти материалы используются в аэрокосмической промышленности, судо-, автомобилестроении, несколько меньше в железнодорожном транспорте, в нефтегазовой и химической промышленности. Указанные материалы характеризуются высокой удельной прочностью и удельной жесткостью, которые выгодно отличают их от традиционных изотропных конструкционных материалов, а также анизотропией физико-механических свойств. Анизотропией физико-механических свойств обладает значительная часть материалов, применяемых в строительстве, а также большинство исследованных горных пород [1, 2].

Несмотря на достаточно высокий уровень изученности деформационных и прочностных свойств композиционных материалов и других анизотропных сред, а также наличие разработанных критериев анизотропной прочности, многие исследователи испытывают затруднения по правильному применению этих критериев, используя вместо них классические теории прочности.

Известно, что какую бы из гипотез прочности изотропного материала не взять, она может быть оформлена аналитически в виде некоторой *функции* только *главных напряжений* $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ или их инвариантов, например, в виде

$$\Psi(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3) = \text{const} = C.$$

В такой форме теория прочности выражает условие инвариантности (независимости от принятой системы координат) некоторой совокупности главных напряжений $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, имеющей тот или иной физический смысл. Однако, вследствие наличия ряда особенностей физико-механических свойств у анизотропных материалов и сред, классические теории прочности к ним не применимы.

1. Особенности механических свойств полимерных композиционных материалов и других анизотропных сред

Эксперименты показывают, что у большинства применяемых в технике композитов связь между напряжениями и деформациями при различных напряженных состояниях, вплоть до разрушения, близка к линейной и носит анизотропный характер [3]. Эти материалы проявляют *ортогональную анизотропию свойств*: в каждой точке материала можно выделить три взаимно-ортогональные плоскости симметрии свойств. Линии пересечения отмеченных плоскостей называют *осями анизотропии материала*. Подобные материалы и среды принадлежат к классу *ортогонально-изотропных тел*. Система координат, оси которой совпадают с осями анизотропии, принято называть *основной системой координат*.

Независимо от характера нагружения (кратковременное или переменное во времени) армированные пластики обладают следующими особенностями прочностных свойств [4]:

- анизотропия прочности;
- разносопротивляемость растяжению и сжатию по каждому основному направлению;
- разносопротивляемость сдвигу при перемене знака касательных напряжений;
- слабое сопротивление межслоевому сдвигу и отрыву и др.

Эти особенности предопределяются структурой армированных пластиков.

Анизотропия прочности проявляется в зависимости пределов прочности материала от угла между направлением действующих напряжений и направлением армирования.

Разносопротивляемость растяжению и сжатию по каждому направлению связана с различным механизмом деформирования и разрушения при этих видах нагружения. При растяжении основную нагрузку несет наполнитель, а при сжатии в сопротивление активно включается связующее, но несущая способность наполнителя ниже в сравнении с его работой на растяжение.

Разносопротивляемость сдвигу в зависимости от знака касательных напряжений по существу является следствием первых двух особенностей. Она наглядно иллюстрируется, например, на однонаправленном пластике (*рисунок 1а*). Как известно, напряженное состояние чистого сдвига малого элемента тела эквивалентно двухосному растяжению и сжатию равными по величине нормальными напряжениями. Видно (*рисунок 1б*), что состояния, показанные на рисунке, неэквивалентны, так как в одном случае растягиваются волокна наполнителя и сжимается связующее, а в другом наоборот. Прочность же наполнителя и связующего различна. Таким образом, пределы прочности на сдвиг для армированных пластиков всегда следует связывать со знаком касательных напряжений. Поэтому для различных (в зависимости от знака τ) пределов прочности на сдвиг принимают обозначения $\tau^{+}_{b\varphi}$ и $\tau^{-}_{b\varphi}$, где нижний индекс указывает ориентацию площадок, по которым действуют касательные напряжения. Экспериментальные исследования подтверждают факт того, что у большинства тканых и нетканых армированных пластиков различие пределов прочности на сдвиг τ^{+}_{b45} и τ^{-}_{b45} достигает 20-25%, а для материалов с сильной анизотропией может быть и более [3].

Следует отметить, что пределы прочности τ^{+}_{b0} и τ^{-}_{b0} совпадают, так как касательные напряжения действуют вдоль основных направлений ортотропного материала (*рисунок 1в*), и в этом случае напряженные состояния будут эквивалентны.

Слабая сопротивляемость межслоевому сдвигу у армированных пластиков объясняется низкими значениями пределов прочности на сдвиг связующих. У большинства конструкционных армированных пластиков предел прочности на скалывание составляет 2-10% от максимального предела прочности на растяжение.

Иногда в целях увеличения прочности материала на скалывание создают вязально-прошивные структуры наполнителя. Невысокая прочность связующих определяет также слабое сопротивление композитов межслойному отрыву. Последнее необходимо учитывать при расчете конструкций из слоистых армированных пластиков на действие динамических нагрузок, приводящих к возникновению волн напряжений в направлении, перпендикулярном слоям.

2. Критерий прочности анизотропных материалов Гольденблата-Копнова

В некоторых критериях прочностные характеристики композита рассчитывают через соответствующие характеристики наполнителя и связующего – это так называемый структурный подход. Другой – так называемый феноменологический подход – предполагает использование в критериях прочности интегральных характеристик материала, определяемых, как правило опытным путем. Оба направления не противоречат, а напротив, дополняют и обогащают друг друга.

К настоящему времени известно более десятка феноменологических критериев прочности анизотропных материалов [3, 5].

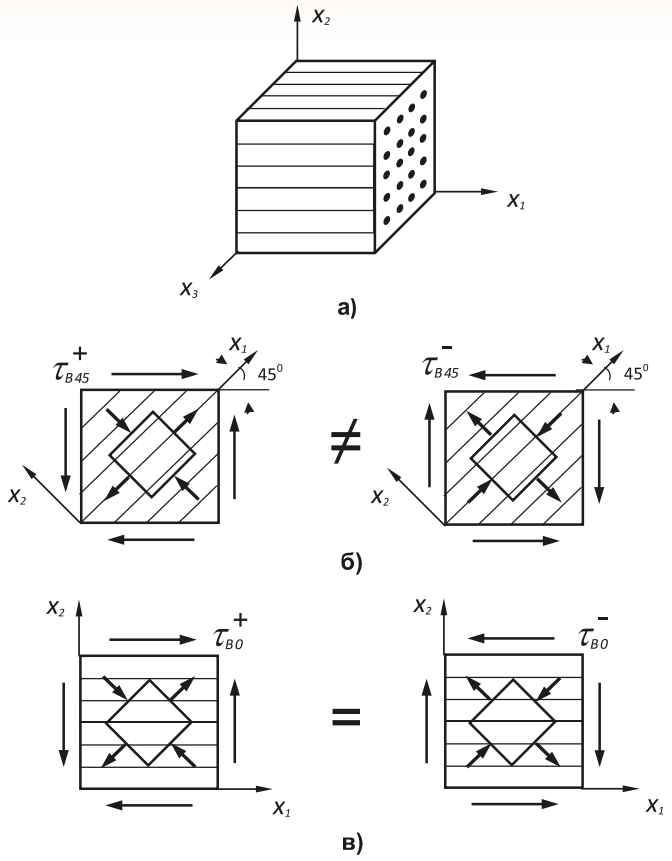


Рис. 1. Разносопротивляемость сдвигу однонаправленного пластика и совпадение пределов прочности на сдвиг вдоль основных направлений анизотропии

Некоторые из них представляют собой не что иное, как модификацию критериев, разработанных для изотропных материалов. Другие были получены при исследовании свойств древесины [6], в металловедении и в области исследования свойств кристаллов [1, 7, 8], а затем были распространены на композиты типа слоистых пластиков.

Требования, которым должен удовлетворять любой феноменологический критерий прочности анизотропных материалов, изложены И.И. Гольденблатом и В.А. Копновым в работах [3, 4, 9] и др. Они представляют собой систему постулатов, вытекающих из ряда общефизических требований к критериям; формулировку общих форм математических моделей критериев; установление минимального числа базисных прочностных характеристик материала в составе критерия; геометрическую интерпретацию критериев и др.

Отметим лишь требования, наиболее важные для выполнения практических расчетов на прочность анизотропных материалов и сред.

1. В условие прочности наряду с компонентами тензора напряжений, определяющих напряженное состояние и возникающих под действием внешних силовых факторов, *должны входить еще некоторые тензорные величины*, которые характеризуют прочностные свойства анизотропного материала.

2. Условие прочности должно *иметь форму инварианта*, образованного из компонент тензора напряжений и компонент тензоров прочности, характеризующих механические свойства материала.

3. Теория прочности должна давать возможность *пересчета условий прочности* для разных напряженных состояний при переходе в любую систему координат.

4. Все соотношения между техническими константами материала должны также *не зависеть от системы координат*.

Сформулировав требования, авторы сделали вывод, что общее выражение критерия прочности для анизотропных материалов может быть записано в виде

$$\Psi\,(\Pi_{ik}\sigma_{ik},\ \Pi_{ikmn}\,\sigma_{ik}\sigma_{mn},\ \ldots) = 0, \qquad (1)$$

где Π_{ik}, Π_{ikmn} – тензоры прочности второго, чет-

вертого и т.д. рангов, отражающие анизотропные свойства прочности материала;
σ_{ik}, σ_{mn} – компоненты тензора напряжений.

Одним из конкретных представлений общего критерия (1) может служить предложенный впервые И.И. Гольденблатом и В.А. Копновым следующий вариант его записи:

$$(\Pi_{in}\sigma_{in})^{\alpha} + (\Pi_{ikmn}\sigma_{ik}\sigma_{mn})^{\beta} + \\ + (\Pi_{ikmn\,pq}\sigma_{ik}\sigma_{mn}\sigma_{pq})^{\gamma} + \ldots = 1. \qquad (2)$$

В данной записи предполагается, что по одинаковым индексам производится суммирование; индексы, связанные с принятой системой координат, принимают значения: 1, 2 – для плоского напряженного состояния; 1, 2, 3 – для объемного напряженного состояния.

Критерий (2) будет приводиться к формулам сопротивления материалов для простых напряженных состояний, если для $\alpha = 1$ принять $\beta = \frac{1}{2}$, $\gamma = \frac{1}{3}$ и т.д.

Ограничиваясь для упрощения только линейными и квадратичными членами в выражении (2), авторы получили критерий прочности в следующем виде [4]:

$$\Pi_{ik}\sigma_{ik} + (\Pi_{ikmn}\sigma_{ik}\sigma_{mn})^{\frac{1}{2}} = 1\,. \qquad (3)$$

Входящие в критерий тензоры прочности для ортотропных материалов удовлетворяют условиям симметрии:

$$\Pi_{ik} = \Pi_{ki}\,;\ \Pi_{ikmn} = \Pi_{kimn}\,;\ \Pi_{ikmn} = \Pi_{mnik}$$

и выражаются через пределы прочности анизотропного материала, которые должны определяться из опытов на простейшие сопротивления: растяжение, сжатие и сдвиг.

Если использовать критерий (3) и рассмотреть напряженные состояния одноосного растяжения и сжатия в трех основных направлениях анизотропии материала, а также чистый сдвиг по площадкам, наклоненным к основным на угол 45°, то получим:

$$\left.\begin{aligned}
&\Pi_{11} = 0{,}5\left(\frac{1}{\sigma^{+}_{b1}} - \frac{1}{\sigma^{-}_{b1}}\right);\ \Pi_{22} = 0{,}5\left(\frac{1}{\sigma^{+}_{b2}} - \frac{1}{\sigma^{-}_{b2}}\right);\ \Pi_{33} = 0{,}5\left(\frac{1}{\sigma^{+}_{b3}} - \frac{1}{\sigma^{-}_{b3}}\right)\\
&\Pi_{1111} = 0{,}25\left(\frac{1}{\sigma^{+}_{b1}} + \frac{1}{\sigma^{-}_{b1}}\right)^2;\ \Pi_{2222} = 0{,}25\left(\frac{1}{\sigma^{+}_{b2}} + \frac{1}{\sigma^{-}_{b2}}\right)^2;\ \Pi_{3333} = 0{,}25\left(\frac{1}{\sigma^{+}_{b3}} + \frac{1}{\sigma^{-}_{b3}}\right)^2\\
&\Pi_{1122} = 0{,}125\left[\left(\frac{1}{\sigma^{+}_{b1}} + \frac{1}{\sigma^{-}_{b1}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\sigma^{+}_{b2}} + \frac{1}{\sigma^{-}_{b2}}\right)^2 - \left(\frac{1}{\tau^{+}_{b12,45}} + \frac{1}{\tau^{-}_{b12,45}}\right)^2\right]\\
&\Pi_{1133} = 0{,}125\left[\left(\frac{1}{\sigma^{+}_{b1}} + \frac{1}{\sigma^{-}_{b1}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\sigma^{+}_{b3}} + \frac{1}{\sigma^{-}_{b3}}\right)^2 - \left(\frac{1}{\tau^{+}_{b13,45}} + \frac{1}{\tau^{-}_{b13,45}}\right)^2\right]\\
&\Pi_{2233} = 0{,}125\left[\left(\frac{1}{\sigma^{+}_{b2}} + \frac{1}{\sigma^{-}_{b2}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\sigma^{+}_{b3}} + \frac{1}{\sigma^{-}_{b3}}\right)^2 - \left(\frac{1}{\tau^{+}_{b23,45}} + \frac{1}{\tau^{-}_{b23,45}}\right)^2\right]
\end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Из рассмотрения состояния чистого сдвига по площадкам, ориентированным вдоль основных направлений материала, а также из физических соображений, следует, что в основной системе координат (*рисунок 1в*) пределы прочности на сдвиг попарно равны

$$\tau^{+}_{b12,0} = \tau^{-}_{b12,0} = \tau_{b12,0}\,;\ \tau^{+}_{b13,0} = \tau^{-}_{b13,0} = \tau_{b13,0}\,;\ \tau^{+}_{b23,0} = \tau^{-}_{b23,0} = \tau_{b23,0}\,,$$

а выраженные через них тензоры прочности имеют значения

$$\left.\begin{aligned}
&\Pi_{12} = \Pi_{21} = \Pi_{13} = \Pi_{31} = \Pi_{23} = \Pi_{32} = 0;\\
&\Pi_{1212} = \frac{1}{4\tau^2_{b12,0}};\ \Pi_{1313} = \frac{1}{4\tau^2_{b13,0}};\ \Pi_{2323} = \frac{1}{4\tau^2_{b23,0}}.
\end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Для случая объемного (трехосного) напряженного состояния анизотропного материала критерий Гольденблата-Копнова (3) в развернутом виде выглядит следующим образом:

$$\Pi_{11}\sigma_{11} + \Pi_{22}\sigma_{22} + \Pi_{33}\sigma_{33} + (\Pi_{1111}\sigma_{11}^2 + \Pi_{2222}\sigma_{22}^2 + \Pi_{3333}\sigma_{33}^2 + 2\Pi_{1122}\sigma_{11}\sigma_{22} + 2\Pi_{1133}\sigma_{11}\sigma_{33} + 2\Pi_{2233}\sigma_{22}\sigma_{33} + 4\Pi_{1212}\sigma_{12}^2 + 4\Pi_{1313}\sigma_{13}^2 + 4\Pi_{2323}\sigma_{23}^2)^{\frac{1}{2}} \le 1 \quad (6)$$

При плоском напряженном состоянии

$$\sigma_{33} = \sigma_{13} = \sigma_{23} = 0$$

и тогда критерий прочности (6), с учетом оставшихся соотношений (4), (5), запишется так [3]:

$$\frac{1}{2}\left(\frac{1}{\sigma_{b1}^+} - \frac{1}{\sigma_{b1}^-}\right)\sigma_{11} + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\sigma_{b2}^+} - \frac{1}{\sigma_{b2}^-}\right)\sigma_{22} + \frac{1}{2}\left\{\left(\frac{\sigma_{b1}^+ + \sigma_{b1}^-}{\sigma_{b1}^+\sigma_{b1}^-}\right)^2\sigma_{11}^2 + \left(\frac{\sigma_{b2}^+ + \sigma_{b2}^-}{\sigma_{b2}^+\sigma_{b2}^-}\right)^2\sigma_{22}^2 + \left[\left(\frac{\sigma_{b1}^+ + \sigma_{b1}^-}{\sigma_{b1}^+\sigma_{b1}^-}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{b2}^+ + \sigma_{b2}^-}{\sigma_{b2}^+\sigma_{b2}^-}\right)^2 - \left(\frac{\tau_{b12,45}^+ + \tau_{b12,45}^-}{\tau_{b12,45}^+\tau_{b12,45}^-}\right)^2\right]\sigma_{11}\sigma_{22} + \frac{4\sigma_{12}^2}{\tau_{b12,0}}\right\}^{\frac{1}{2}} \le 1. \quad (7)$$

В этом критерии σ_{11}, σ_{22}, σ_{12} фактические нормальные и касательные напряжения, действующие в исследуемой конструкции в процессе ее нагружения эксплуатационными нагрузками.

Границы применимости критериев (6) и (7) определяются *условием совместности прочностных характеристик материала* [4]. В случае объемного напряженного состояния это условие имеет вид:

$$\left(\frac{1}{\sigma_{b1}^+} - \frac{1}{\sigma_{b1}^-}\right) - \left(\frac{1}{\sigma_{b2}^+} - \frac{1}{\sigma_{b2}^-}\right) - \left(\frac{1}{\sigma_{b2}^+} - \frac{1}{\sigma_{b2}^-}\right) - \left(\frac{1}{\tau_{b12,45}^+} - \frac{1}{\tau_{b12,45}^-}\right) - \left(\frac{1}{\tau_{b23,45}^+} - \frac{1}{\tau_{b23,45}^-}\right) - \left(\frac{1}{\tau_{b12,45}^+} - \frac{1}{\tau_{b12,45}^-}\right) = 0. \quad (8)$$

Смысл условия совместности заключается в том, что все двенадцать точек – пределы прочности σ_{b1}^+, σ_{b1}^-, … в условном пространстве напряжений σ_{11}, σ_{22}, σ_{33} – должны лежать на поверхности предельного эллипсоида, соответствующего критерию. Это условие (8) может быть использовано для аналитического определения недостающих предельных прочностных характеристик, не полученных в результате испытаний или не найденных в справочном материале.

Из анализа формул (4), (5), (6), (7) следует, что для оценки предельного состояния элемента конструкции при сложном напряженном состоянии, необходимо иметь полную информацию о пределах прочности материала при простых сопротивлениях в направлении осей анизотропии и под углом 45 градусов к ним.

Так, например, для оценки предельного общего объемного напряженного состояния необходимо экспериментально определить пятнадцать прочностных констант

$$\sigma_{b1}^+;\ \sigma_{b1}^-;\ \sigma_{b2}^+;\ \sigma_{b2}^-;\ \sigma_{b3}^+;\ \sigma_{b3}^-;\ \tau_{b12,45}^+;\ \tau_{b12,45}^-;\ \tau_{b23,45}^+;\ \tau_{b23,45}^-;\ \tau_{b13,45}^+;\ \tau_{b13,45}^-;$$

к этим константам добавляются еще три предела прочности на сдвиг вдоль основных направлений анизотропии: $\tau_{b12,0}$; $\tau_{b23,0}$; $\tau_{b13,0}$.

Последние пределы прочности на сдвиг можно экспериментально не определять, если основные направления совпадают с главными направлениями (направлениями действия главных напряжений), поскольку в этом случае касательные напряжения σ_{12}, σ_{23}, σ_{13} будут равны нулю.

Известно, что у трансверсально-ортотропной среды (например, материал горных пород и многие строительные материалы) имеется толь-

ко одна плоскость симметрии упругих свойств, перпендикулярная оси x_3 (рисунок 1а), а в плоскости осей x_1, x_2 материал изотропен. В этом случае оценка предельного состояния с использованием критерия Гольденблата-Копнова будет значительно упрощена, поскольку количество экспериментально определяемых прочностных констант равно восьми. В их состав будут входить: σ_{b3}^{+}; σ_{b3}^{-}; $\tau_{b12,45}^{+} = \tau_{b12,45}^{-} = \tau_{b12,0}$ и попарно равные

$$\sigma_{b1}^{+} = \sigma_{b2}^{+};\ \sigma_{b1}^{-} = \sigma_{b2}^{-};\ \tau_{b23,45}^{+} = \tau_{b13,45}^{+};$$
$$\tau_{b23,45}^{-} = \tau_{b13,45}^{-};\ \tau_{b13,0} = \tau_{b23,0}\ .$$

Для случая плоского напряженного состояния *ортотропного материала* (например, ортогонально армированного пластика) необходимо экспериментально определить шесть пределов прочности материала: σ_{b1}^{+}; σ_{b1}^{-}; σ_{b2}^{+}; σ_{b2}^{-}; $\tau_{b12,45}^{+}$; $\tau_{b12,45}^{-}$, причем все шесть точек в плоскости нормальных напряжений σ_{11}, σ_{22} должны также лежать на *предельном эллипсе*, соответствующем критерию. В общем случае напряженного состояния, когда *основные направления анизотропии не совпадают с направлениями главных напряжений*, добавляется седьмой предел прочности на сдвиг $\tau_{b12,0}$, определяемый в плоскости осей x_1, x_2 анизотропии материала (см. *рисунок 1в*).

У ортотропных композиционных материалов типа стеклотекстолитов указанные прочностные характеристики могут быть определены при испытании соответствующих образцов, вырезанных из листов или труб. Испытания проводятся на стандартных машинах с использованием специальных приспособлений – «ножницы», шарнирный четырехзвенник и др. Использование таких образцов оправдано тем, что при их нагружении усилия полностью воспринимаются наполнителем и связующим материала, и эффект перерезанных волокон не сказывается [10].

В случае, когда оболочечная конструкция из композиционного материала изготовляется косой намоткой ткани, ленты или нитей, то основные пределы прочности этого материала, входящие в критерий прочности, необходимо определять также на трубчатых образцах. На стандартных испытательных машинах или установках нагружают трубчатые образцы растягивающим или сжимающим осевым усилием и скручивающим моментом, подбирая эти силовые воздействия таким образом, чтобы получить соответствующее одноосное растяжение или сжатие по любому нужному направлению [3, 10].

Прочностные характеристики ряда конструкционных армированных пластиков, полученные в результате испытаний, ($\tau_{вск}$ – предел прочности на скалывание при межслойном сдвиге) представлены *в таблице 1* [3].

Если для анизотропного материала принят определенный критерий прочности, то из него можно установить закономерности поведения пределов прочности при изменении направления действующего внешнего силового фактора. Авторы критерия [3] вывели формулы пересчета пределов прочности на растяжение, сжатие и сдвиг для любого направления в материале. Для этого компоненты тензоров прочности, были выражены через известные из тензорного анализа формулы преобразования компонентов тензоров второго и четвертого рангов, т.е.

Таблица 1

Прочностные характеристики армированных пластиков

Материал			Предел прочности, МПа							
Наполнитель		Связующее (смолы)	σ_{b1}^{+}	σ_{b1}^{-}	σ_{b2}^{+}	σ_{b2}^{-}	τ_{b0}	$\tau_{b12,45}^{+}$	$\tau_{b12,45}^{-}$	$\tau_{вск}$
Стеклотекстолиты	Ткань ТСВ/3-250	ИФ-ЭД-6	300	240	550	270	140	230	300	50
	Ткань ТСК-ВМ	ИФ-ЭД-6	90	200	800	480	200	90	200	35
	Ткань Т-10-80	ЭП-5122	256	275	420	440	115	260	270	38
	Ткань ТСУ8/3-ВМ	ИФ-ЭД-6	470	220	420	240	100	210	220	50
	Ткань $Т_1$	ИФ-ЭД-6	360	150	520	180	120	210	180	40
	Ткань ВПР-10	ИФ-ЭД-6	300	150	450	150	100	170	140	38
ППН	Стеклолента Т-273А	ЭФБ-3	440	270	750	320	120	-	-	40
	Стеклолента Т1-273А	ЭФБ-3	485	360	800	490	150	345	330	25

$$\Pi_{ik}(\varphi) = \alpha_{ip}\alpha_{kq}\Pi_{pq}; \Pi_{ikmn}(\varphi) = \alpha_{ip}\alpha_{kq}\alpha_{mr}\alpha_{ns}\Pi_{pqrs},$$

где α_{ij} – направляющие косинусов углов φ между осями старой системы координат и повернутой.

После подстановки приведенных выражений в критерий прочности (3), он принимает вид

$$\alpha_{ip}\alpha_{kq}\Pi_{pq}\sigma_{ik} + \left(\alpha_{ip}\alpha_{kq}\alpha_{mr}\alpha_{ns}\Pi_{pqrs}\sigma_{ik}\sigma_{mn}\right)^{\frac{1}{2}} = 1\,.$$

При одноосном растяжении в последнем соотношении следует принять $\sigma_{ik} = \sigma_{11} = \sigma_{b1}^{+}$. В результате получается формула изменения пределов прочности на растяжение для данного анизотропного материала в зависимости от направления усилия:

$$\sigma_{b\varphi}^{+} = \left[\alpha_{1p}\alpha_{1q}\Pi_{pq} + \left(\alpha_{1p}\alpha_{1q}\alpha_{1r}\alpha_{1s}\Pi_{pqrs}\right)^{\frac{1}{2}}\right]^{-1}.$$

Аналогично, для пределов прочности на сжатие и сдвиг получаются следующие формулы пересчета:

$$\sigma_{b\varphi}^{-} = \left[-\alpha_{1p}\alpha_{1q}\Pi_{pq} + \left(\alpha_{1p}\alpha_{1q}\alpha_{1r}\alpha_{1s}\Pi_{pqrs}\right)^{\frac{1}{2}}\right]^{-1};$$

$$\tau_{b\varphi}^{+} = \left[2\alpha_{1p}\alpha_{2q}\Pi_{pq} + 2\left(\alpha_{1p}\alpha_{2q}\alpha_{1r}\alpha_{2s}\Pi_{pqrs}\right)^{\frac{1}{2}}\right]^{-1};$$

$$\tau_{b\varphi}^{-} = \left[-2\alpha_{1p}\alpha_{2q}\Pi_{pq} + 2\left(\alpha_{1p}\alpha_{2q}\alpha_{1r}\alpha_{2s}\Pi_{pqrs}\right)^{\frac{1}{2}}\right]^{-1}.$$

В случае плоского напряженного состояния направляющие косинусы определяются формулами α_{11}=cosφ; α_{12}=sinφ; α_{21}=sinφ; α_{22}=cosφ. Таким образом в развернутом виде формулы, характеризующие анизотропию прочности материала, принимают вид

$$\sigma_{b\varphi}^{+} = \left\{\Pi_{11}cos^2\varphi + \Pi_{22}sin^2\varphi + \left[\Pi_{1111}cos^4\varphi + \Pi_{2222}sin^4\varphi + \left(\Pi_{1212} + \frac{1}{2}\Pi_{1122}\right)sin^2 2\varphi\right]^{\frac{1}{2}}\right\}^{-1};$$

$$\sigma_{b\varphi}^{-} = \left\{-\Pi_{11}cos^2\varphi - \Pi_{22}sin^2\varphi + \left[\Pi_{1111}cos^4\varphi + \Pi_{2222}sin^4\varphi + \left(\Pi_{1212} + \frac{1}{2}\Pi_{1122}\right)sin^2 2\varphi\right]^{\frac{1}{2}}\right\}^{-1};$$

$$\tau_{b\varphi}^{+} = \left\{-(\Pi_{11} - \Pi_{22})sin2\varphi + \left[(\Pi_{1111} + \Pi_{2222} - 2\Pi_{1122})sin^2 2\varphi + 4\Pi_{1212}cos^2 2\varphi\right]^{\frac{1}{2}}\right\}^{-1};$$

$$\tau_{b\varphi}^{-} = \left\{(\Pi_{11} - \Pi_{22})sin2\varphi + \left[(\Pi_{1111} + \Pi_{2222} - 2\Pi_{1122})sin^2 2\varphi + 4\Pi_{1212}cos^2 2\varphi\right]^{\frac{1}{2}}\right\}^{-1}.$$

По этим формулам были рассчитаны кривые анизотропной прочности стеклотекстолитов и сравнены с экспериментальными данными испытаний трубчатых образцов [3]. Оказалось, что расчетные кривые хорошо аппроксимирует экспериментальные данные.

Таким образом, у исследователя и конструктора имеются все необходимые условия для эффективного применения разработанного критерия прочности анизотропных материалов и сред, поскольку в их распоряжении имеется как банк экспериментальных данных по прочностным характеристикам, так и отработанные методики по комплексным испытаниям образцов из композитов.

Для оценки предельного состояния анизотропного материала подставляют в аналитическое выражение критерия (6), (7) компоненты

тензора действующих напряжений, а также соответствующие компоненты тензоров прочности. Если левая часть критерия меньше или равна единице, то конструкция работоспособна, если больше единицы – разрушится в экстремальных условиях эксплуатации. Отношение единицы к численному значению левой части критерия характеризует запас прочности конструкции.

В заключение следует отметить, что, несмотря на очевидные преимущества полимерных композиционных материалов, их внедрение ведется еще недостаточно интенсивно. Определенными препятствиями являются необходимость развития новых производственных мощностей, совершенствование технологии изготовления и недостаточно глубокая подготовка инженерно-технических работников в области теории механики композитных материалов. Эти препятствия являются причиной того, что если в авиационно-космической технике, судостроении достигнуты неплохие результаты по созданию изделий из композитных материалов, обладающих высоким массовым совершенством, то в других отраслях техники известные технологии изготовления силовых и корпусных элементов из композитов используются еще недостаточно.

Литература

1. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. М.: Наука, 1977. 415 с.

2. Батугин С.А., Ниренбург Р.К. Приближенная зависимость между упругими константами горных пород и параметрами анизотропии // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 1972. №1. С. 7-11.

3. Бажанов В.А., Копнов В.А. Никитин Е.Н. Деформирование и прочность полимерных композиционных материалов. М.: МО СССР, 1986. 200 с.

4. Гольденблат И.И., Копнов В.А. М.: Механика полимеров. 1965. №2. С. 70-78.

5. Умушкин Б.П., Кукушкин М.С. Конструкция и проектирование двигателей. Серпухов: МО СССР, 1983. 555 с.

6. Ашкенази Е.К., Ганов Э.В. Анизотропия конструкционных материалов. Л.: Машиностроение, 1972. 216 с.

7. Шубников А.В. Избранные труды по кристаллографии. М.: Наука, 1975. 550 с.

8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. 7. Теория упругости. М.: Наука, 1987. 246 с.

9. Гольденблат И.И., Копнов В.А. Критерии прочности и пластичности конструкционных материалов. М.: Машиностроение, 1968. 192 с.

10. Протасов В.Д., Георгиевский В.П. Анизотропия упругих и прочностных свойств армированных пластиков. М.: Механика полимеров. 1967. №3. С. 52-61.



УДК 347.7, 006.01

ОБЪЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Олег Николаевич Андрух
кандидат технических наук, доцент
директор филиала Университета машиностроения в г. Серпухове,
Вице-президент МОУ «ИИФ»
по учебно-методической работе
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93; E-mail: oandruh@mail.ru

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

Майя Константиновна Чадунели
заведующая кафедрой «Гуманитарные и социально-экономические дисциплины»
филиал Университета машиностроения в г. Серпухове
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93; E-mail: maiakonst@mail.ru

В статье проанализированы недостатки терминологической базы Федерального закона «О техническом регулировании», обоснованно предложено определение объектов технического регулирования, сформулированы принципы формирования перечней объектов в области установления обязательных требований, стандартизации, обязательного подтверждения соответствия, добровольного подтверждения соответствия.

In this article disadvantages of a terminology database of the Federal law «About technical regulation» are analysed, reasonably definition of subjects of technical regulation is offered, the principles of formation of lists of subjects in the field of establishment of obligatory requirements, the standardization, obligatory confirmation of compliance, voluntary confirmation of compliance are formulated.

Ключевые слова: техническое регулирование, объекты технического регулирования, объекты стандартизации, объекты оценки соответствия, продукция, процессы, услуги, работы.

Keywords: technical regulation, subjects of technical regulation, subjects of standardization, subjects of conformity assessment, production, processes, services, works.

Целью настоящей статьи является совершенствование терминологической базы технического регулирования, разработка предложений по коррекции отдельных положений Федерального закона «О техническом регулировании» [3].

Сложно назвать закон, который в большей степени касался бы повседневной жизни каждого человека страны, чем Федеральный закон «О техническом регулировании», в котором изложены правовые нормы в области установления и применения обязательных требований к объектам, в области стандартизации и оценки соответствия. Федеральный закон «О техническом регулировании» (далее – Федеральный закон, ФЗ) направлен на обеспечение безопасности и качества объектов, с которыми человек ежедневно сталкивается либо как с объектами потребления, либо как с объектами трудовой деятельности.

К сожалению, в нынешней редакции Федеральный закон не представляет возможности однозначного трактования термина «объекты технического регулирования», более того, способствует неверному его пониманию. Основных причин такого положения дел несколько.

Первое. В «Основных понятиях» (ст. 2 ФЗ) определение термина «объекты технического регулирования» отсутствует.

Второе. Термин «объекты технического регулирования» многократно используется в отношении только одной из трех областей технического регулирования – области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам. Результатом деятельности в данной области являются технические регламенты. Использование термина «объек-

ты технического регулирования» в отношении технических регламентов правомерно. Но не корректно то, что данный термин не используется в отношении других областей технического регулирования, не указываются все возможные объекты технического регулирования, и какая часть из них является объектами технических регламентов, стандартизации и оценки соответствия. Объектами технического регулирования являются не только продукция и связанные с ней процессы.

Третье. В определении технического регулирования представлена непоследовательная попытка назвать объекты в отношении трех областей (Статья 2. Основные понятия): «Техническое регулирование – правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции или к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также в области установления и применения на добровольной основе требований к продукции, процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг и правовое регулирование отношений в области оценки соответствия».

Проанализируем определение.

В отношении первой области технического регулирования (установления обязательных требований) объектами являются продукция и процессы, связанные с продукцией. При этом процессы перечисляются в определении, что делает его чрезвычайно громоздким.

В отношении второй области технического регулирования – области установления и применения на добровольной основе требований (т.е. области стандартизации) объектами являются продукция, процессы, работы или услуги.

В отношении третьей области технического регулирования – области оценки соответствия – объекты не названы. Наверное, авторы ФЗ считали естественным, что совокупность объемов (перечень) объектов в первой области (технической регламентации [1, 2]) и во второй области (стандартизации) должен быть равен объему объектов в области оценки соответствия, ведь оценку соответствия можно проводить в отношении только тех объектов, требования к которым установлены (регламентированы или нормированы).

Однако ГОСТ Р 53604-2009 «Оценка соответствия Система национальных стандартов в области оценки соответствия» устанавливает следующие объекты оценки соответствия:

- продукция;
- процессы;
- услуги (работы);
- системы;
- документация в области оценки соответствия;
- органы по оценке соответствия;
- персонал.

Налицо явное противоречие: по ФЗ к таким объектам, как системы; документация; органы по оценке соответствия; персонал – требования не устанавливаются. Но как можно оценивать соответствие объектов, на которые требования не установлены?

Таким образом, если в определении технического регулирования в первых двух областях (технической регламентации и стандартизации) объекты технического регулирования перечисляются, было бы правильным перечислить их и в отношении третьей области – оценки соответствия.

Четвертое. Перечень объектов в области установления, применения и исполнения обязательных требований к объектам (продукция и связанные с ней процессы) не совпадает с перечнем объектов в области обязательного подтверждения соответствия.

Так, в статье 23 «Обязательное подтверждение соответствия», п.1, отмечается: «Объектом обязательного подтверждения соответствия может быть только продукция, выпускаемая в обращение на территории Российской Федерации». То есть о таком объекте, как процессы, связанные с продукцией, речь уже не идет.

Эта же неопределенность сохраняется в статье 2 «Основные понятия»: «Декларирование соответствия – форма подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов». По-прежнему в качестве объекта называется только продукция, то есть перечень объектов в области установления обязательных требований шире, чем перечень объектов в области обязательного подтверждения соответствия.

Определение декларирования соответствия в ФЗ крайне неудачно не только из-за нестыковок по объектам технического регулирования, но и в силу того, что в данном определении не раскрывается существенный признак данной деятельности, субъект, – не отмечается ведущая роль первой стороны, и если такая информация не представляется, отличить декларирование соответствия от сертификации невозможно.

Для сравнения (Статья 2. Основные понятия): «Сертификация – форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров». В данном определении есть и родовое понятие (форма подтверждения соответствия), и субъект (третья сторона, - орган по сертификации), и объекты (все объекты технических регламентов, стандартов, сводов правил и условий договоров).

Таким образом, по формулировкам ФЗ перечень объектов в области установления обязательных требований шире, чем перечень объектов в области обязательного подтверждения соответствия.

Пятое. Перечень объектов в области установления и применения на добровольной основе требований (продукция, процессы, услуги и работы) не совпадает с перечнем объектов в области добровольного подтверждения соответствия.

В статье 21 «Добровольное подтверждение соответствия», п. 1 отмечается: «Объектами добровольного подтверждения соответствия являются продукция, процессы производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работы и услуги, а также иные объекты, в отношении которых стандартами, системами добровольной сертификации и договорами устанавливаются требования». То есть помимо продукции, процессов, работ и услуг к объектам относят и иные объекты, в отношении которых стандартами, системами добровольной сертификации и договорами устанавливаются требования.

Таким образом, по формулировкам ФЗ перечень объектов в области стандартизации уже, чем перечень объектов в области добровольного подтверждения соответствия.

Шестое. В ФЗ представлено определение только одного объекта технического регулирования – продукции. По данным статьи 2 ФЗ «Основные понятия» продукция – результат деятельности, представленный в материально-вещественной форме и предназначенный для дальнейшего использования в хозяйственных и иных целях». Известно, что в нескольких стандартах, в том числе в ГОСТ ISO 9000-2011 термин «продукция» шире по объему, продукция рассматривается как результат процесса и наряду с материалами, техническими средствами и программными средствами объем понятия включает и услуги. Определение, представленное в ФЗ, снимает вопросы по неоднозначному пониманию продукции, поскольку по отношению к услугам устанавливаются только добровольные требования, к продукции – и обязательные, и добровольные требования.

Абсолютно правильно то, что в ФЗ представлено определение продукции как к одному из объектов технического регулирования. Однако необходимо привести определения и других объектов: услуг, работ, процессов, систем, организаций, персонала, используя в качестве основы терминологический аппарат стандартов ГОСТ Р 50646-94 «Услуги населению. Термины и определения», ГОСТ ISO 9000-2011 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь».

В существующих нормативных документах существует неоднозначность в отношении понятия «работы». Так, в стандарте ГОСТ Р 53604-2009 при перечислении объектов оценки соответствия информация в отношении работ представлена следующим образом: услуги (работы), то есть фактически отмечается синонимичность, близость этих понятий.

С другой стороны, в стандарте ГОСТ Р 1.0 устанавливается один из видов стандартов – стандарт на процессы (работы), где работы уже группируются с процессами.

Стандарт ГОСТ 1.1-2002 «Межгосударственная система стандартизации. Термины и определения», гармонизированный с Руководством ИСО/МЭК 2:2004 «Стандартизация и смежные виды деятельности. Общий словарь», содержит определение объектов стандартизации и разъяснения к определению: «Объект стандартизации – продукция, процесс или услуга, подлежащие или подвергшиеся стандартизации. Примечание. Под объектом стандартизации в широком смысле понимают продукцию, процесс или услугу, которые в равной степени относятся к любому материалу, компоненту, оборудованию, системе, их совместимости, правилу, процедуре, функции, методу или деятельности». В стандарте ГОСТ 1.1 (и в Руководстве ИСО/МЭК 2:2004) работы как объект стандартизации не представлены.

Однако и в национальной, и в межгосударственной стандартизации используется множество стандартов на различные виды работ: сельскохозяйственные работы, археологические работы, работы по подтверждению соответствия, работы по стандартизации, работы по межгосударственной стандартизации и т.д.

Для устранения такой неоднозначности «работы» как понятие должны быть раскрыты соответствующими определением и разъяснениями в ФЗ.

Таким образом, терминологическую базу ФЗ необходимо дополнить определением термина «объекты технического регулирования». По аналогии с определением объектов стандартизации, представленном в ГОСТ 1.1-2002, рекомендуется следующая редакция данного определения.

Объекты технического регулирования – это продукция, процесс, услуга, работы и иные объекты, подлежащие или подвергшиеся техническому регулированию.

ФЗ как минимум должен содержать определения таких объектов, как продукция, процесс, услуга, работы; иные объекты технического регулирования могут быть названы в комментариях (примечаниях) к определению

В ФЗ следует привести перечень объектов по областям установления обязательных требований, стандартизации, оценки соответствия, соответственно. При этом перечень объектов в области установления обязательных требований должен соответствовать перечню объектов обязательного подтверждения соответствия, перечень объектов стандартизации – перечню объектов добровольного подтверждения соответствия.

Литература

1. Андрух О.Н., Заводчикова М.Г., Чадунели М.К. Техническая регламентация как установление обязательных требований к объектам технического регулирования // Известия Института инженерной физики, 2013. №4 (30). С.83-86.

2. Гвоздев В.Д. Техническое регулирование или техническая регламентация // Стандарты и качество, 2007. №4. С.100-102.

3. Федеральный закон от 27.12.2002 №184-ФЗ «О техническом регулировании» (в ред. ФЗ от 28 декабря 2013 г.).

УДК 008

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ: НАПРАВЛЕНИЯ ИНТЕГРАЦИИ И ТЕХНОЛОГИЯ РЕАЛИЗАЦИИ*

Игорь Александрович Бугаков
заслуженный изобретатель РФ
доктор технических наук, профессор
Вице-президент МОУ «ИИФ»
по инновационным проектам
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93

Алексей Николаевич Царьков
заслуженный деятель науки РФ
доктор технических наук, профессор
Президент Института –
Председатель Правления Института
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93

В статье обосновываются направления интеграции и технология реализации интегрированной системы непрерывного образования как основы воспроизводства кадров для устойчивого инновационного развития. Исследованы пути обеспечения преемственности образовательных программ и реализации образования как целостной системы воспитания и обучения.

In article it is proved directions of integration and technology of realisation of the integrated system of continuous education as bases of reproduction of shots for steady innovative development. Ways of maintenance of continuity of educational programs and formation realisation as complete educational system and training are investigated.

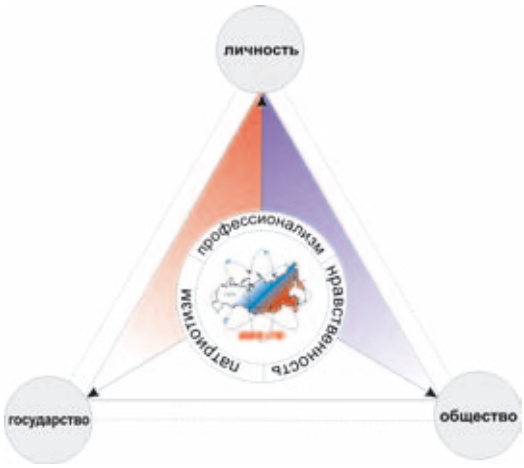
Ключевые слова: интеграция, преемственность, модель, метапрограмма, компетентность, квалификация, паспорт.

Keywords: integration, continuity, model, metaprogram, competence, qualification, passport.

Под интегрированной системой непрерывного образования (ИСНО) понимается целостная система, которая за счет интеграции образовательных программ основных уровней и видов образования, материальных и интеллектуальных ресурсов различных организаций и учреждений (образование, наука, производство, общественные структуры) призвана обеспечить позитивную социализацию и возможность индивидуального развития каждого обучающегося как человека и профессионала в течение всей жизни «в интересах личности, семьи, общества, государства» и стать основой воспроизводства кадров для сохранения культурного наследия страны и обеспечения ее устойчивого инновационного развития.

Задача создания и развития такой системы стоит перед участниками действующей в г. Серпухове экспериментальной площадки ФГАУ «Федеральный институт развития образования» по теме «Интегрированная система непрерывного образования как основа воспроизводства кадров для устойчивого инновационного развития» (2013-2017 гг.).

Переход к устойчивому развитию на основе инноваций – единственный путь сохранения



* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант №12-06-00243а.

человечества с высоким качеством жизни на неопределенно долгое время. Материальной основой такого перехода должны явиться инновации в экономике, направленные на обеспечение приоритета «качества» перед «количеством» (ростом).

Однако одной экономической составляющей недостаточно. Главные инновации должны быть реализованы в социальной области. Инновации в социуме должны стать основой духовной трансформации человека, основой изменения в массовом масштабе мировоззрения людей, изменения их «человеческих качеств», смена их вектора устремлений от «потребления» к «развитию», что требует существенной перестройки, прежде всего, системы образования, превращения ее в систему непрерывного образования, рассмотрения ее не как системы образования для взрослых, но как прообраз всей новой системы образования [1-6].

Механизмом создания такой системы является интеграция[1] целей образования, реализующих их образовательных уровней, используемых моделей и технологий. Поэтому речь идет об интегрированной системе непрерывного образования.

Основная задача ИСНО – обеспечение непрерывного (в течение всей жизни) развития личности обучающегося как человека и профессионала на основе единства процессов обучения и воспитания. Можно выделить следующие направления интеграции.

1. Интеграция по «вертикали» – интеграция образовательных программ основных уровней образования (дошкольное; общее: начальное, среднее, полное; высшее: бакалавриат, специалитет, магистратура, аспирантура). Цель – обеспечения преемственности образовательных программ и, как следствие, повышение целостности и эффективности образования, снижение затрат ресурсов за счет оптимизации содержания образовательных траекторий. Формы реализации: единые образовательные метапрограммы[2], сопряженные эталонные модели выпускников, инвариантные образовательные ядра (ИОЯ)[3], электронные паспорта обучающихся[4] и др.

2. Интеграция по «горизонтали» - интеграция материальных и интеллектуальных ресурсов образовательных учреждений одного уровня, их сетевое взаимодействие. Цель – снижение затрат ресурсов за счет их коллективного использования, распространение передового опыта. Формы реализации: совместное использование элементов инфраструктуры, единый библиотечный фонд, общее научное и лабораторное оборудование, единый профессорско-преподавательский состав.

3. «Межвидовая» интеграция – интеграция образования, науки, производства. Цель – самоподдержание условий для роста количества и качества инноваций, сокращение длительности инновационных циклов как условия обеспечения устойчивости и конкурентоспособности. Формы реализации: малые предприятия, лаборатории научных организаций при вузах, кафедры вузов при научных организациях, образовательные программы и итоговая аттестация с участием работодателей, целевая подготовка и др.

В качестве типовой технологии реализации ИСНО, которую предполагается апробировать в рамках работы экспериментальной площадки, предлагается следующее.

1. Разработка научно-методического обеспечения преемственности образовательных программ основных уровней образования в ИСНО на основе компетентностного подхода (с ориентацией на группы направлений подготовки и специальностей ФГОС: 09.00.00 «Информатика и вычислительная техника», 27.00.00 «Управление в технических системах», 45.00.00 «Языкознание и литературоведение»).

1 Интеграция – механизм и сущность эволюции любых систем.

2 Объединяют в рамках широкого направления подготовки основные уровни образования, обеспечивая преемственность целей и содержания образовательных программ, технологий их реализации (обучения и воспитания). Обеспечивают соответствие «входов» и «выходов» уровней образования (сопряжение моделей выпускников), последовательное приращение компетенций при переходе от уровня к уровню. Предполагают наличие паспортов квалификаций образовательных программ (описание компетенций и их составных частей, дисциплины и их вклад в формирование компетенций, особенности формирования и технологии оценивания), а также наличие инвариантных образовательных ядер.

3 Примерный состав ИОЯ: русский язык, иностранный язык, информатика, право, экономика, культурология, теория управления, инноватика, экология, валеология, моделирование будущего. Каждый уровень добавляет свою долю в освоение каждой дисциплины.

4 Электронный паспорт обучающегося содержит: информацию о результатах вступительных экзаменов, тестирований, собеседований, промежуточные и итоговые результаты обучения на каждом уровне; информацию о способностях (талантах) и подтверждающих их наличие и раскрытие документах; характеристики специалистов, рекомендации по направлениям и особенностям личностного развития; информацию об успехах в освоении универсального образовательного ядра; информацию о научной работе и ее результатах; информацию об успехах в спортивно-массовой работе и общественной жизни; информацию о выдающихся достижениях; статистические данные и данные по динамике развития; рекомендации и заключения профориентаторов; сведения о трудовой карьере и др.

1.1. Анализ соответствия обязательных частей образовательных программ уровней образования в ИСНО идее преемственности образования (соответствия «выхода» предыдущего уровня желаемому «входу» следующего уровня для достижения его требуемого «выхода») по целям; результатам; формам, методам и технологиям их достижения:

- дошкольное образование – начальное образование;
- начальное общее – основное общее образование;
- основное общее – полное общее образование;
- полное общее – среднее профессиональное образование;
- полное общее – высшее образование;
- среднее профессиональное образование – высшее образование
- бакалавриат – магистратура;
- специалитет (магистратура) – аспирантура.

Результат – результаты анализа соответствия «выходов» смежных образовательных уровней (в рамках требований введенных ФГОС) идее преемственности образования в ИСНО, предложения по требованиям к уровню подготовленности обучающихся на «входе» каждого образовательного уровня ИСНО исходя из необходимости получения заданного ФГОСом «выхода».

1.2. Разработка предложений по формированию инвариантных образовательных ядер в ИСНО.

Результат – предложения по формированию инвариантных образовательных ядер ИСНО с учетом направлений и специальностей подготовки (структура ИОЯ, содержание дисциплин (курсов) и степень участия каждого уровня в их освоении и формировании требуемых компетенций).

1.3. Разработка подходов и рекомендаций по оцениванию компетенций в рамках основных образовательных программ в ИСНО.

Результат – методические рекомендации по использованию различных подходов к оцениванию компетенций, а также способов (технологий) и методик их реализации в ИСНО.

1.4. Формирование предложений по коррекции «выходов» образовательных программ уровней образования в ИСНО на основе полученных в п. 1.1 результатов, а также на основе предусмотренных ФГОСами возможностей участников образовательного процесса с учетом выбранных направлений и специальностей ФГОС.

Результат – предложения по коррекции (дополнению или изменению) «выходов» образовательных уровней в ИСНО в интересах обеспечения преемственности образования с учетом возможностей участников образовательного процесса по самостоятельному формированию содержательной части основной образовательной программы (40% от объема основной образовательной программы – для дошкольного образования, 20% – начальное общее, 30% – основное общее, 1/3 – полное общее; до 50% – для программ высшего образования) с учетом выбранных направлений высшего образования 09.00.00, 27.00.00, 45.00.00. Описание скорректированных образовательных программ.

1.5. Разработка паспортов квалификации по скорректированным образовательным программам уровней образования в ИСНО.

Результат – паспорт квалификации по каждой образовательной программе ИСНО как совокупность паспортов компетенций, составляемых по каждой компетенции, предусмотренной «выходом» образовательной программы, и описания технологических особенностей их сочетания в рамках квалификации[5], а также порядок оценивания (признания). Каждый паспорт компетенции содержит:

- описание компетенции, ее составных частей (при формировании «сложной» компетенции, раскладываемой на составные части);
- требуемый исходный уровень компетенции, формируемый на предыдущих образовательных уровнях (при необходимости);
- перечень дисциплин, формирующих компетенцию и ее составные части (с учетом последовательности освоения и объема дисциплин), описание содержательного и «весового» вклада каждой дисциплины в формирование составных частей компетенции;
- особенности формирования компетенции и ее составных частей, сущность получения системного эффекта при складывании составных частей компетенции;
- способы, технологии и методики оценивания составных частей и компетенции в целом.

Формируемые компетенции могут быть представлены в виде так называемой «матрицы компетенций», содержащей:

- название компетенции и ее составных частей;
- возможные уровни (градации) – при необходимости;
- дескрипторы (точные словесные описания) каждого уровня компетенции в терминах деятельности), позволяющие проводить ее оценку.

5 Применительно к дошкольному и общему образованию понятие «квалификация» означает наличие у обучающегося совокупности компетенций, достаточных для продолжения обучения на следующем уровне образования.

1.6. Разработка преемственных эталонных (типовых) компетентностных моделей выпускников образовательных уровней с учетом требований ФГОС.

Результат – преемственные эталонные (типовые) модели выпускников образовательных уровней, включающие структуру компетенций и их составляющих, их описание и временную последовательность формирования с указанием дисциплин и их вклада в общий результат, а также методики оценивания компетенций.

1.7. Разработка образовательных метапрограмм по группам направлений подготовки и специальностей ФГОС: 09.00.00 «Информатика и вычислительная техника», 27.00.00 «Управление в технических системах», 45.00.00 «Языкознание и литературоведение».

Результат – образовательные метапрограммы по группам направлений 09.00.00, 27.00.00, 45.00.00, вбирающие в себя в последовательно реализуемые преемственные образовательные программы дошкольного, школьного и среднего профессионального и высшего образования с учетом полученных результатов по пп. 1.1 – 1.5.

2. Разработка электронного паспорта обучающегося (ЭПО) в ИСНО.

Результат:

- методические рекомендации по созданию и сопровождению ЭПО: назначение, структура, порядок заполнения и хранения, порядок доступа к хранящейся информации заинтересованных лиц, способы защиты персональных данных, порядок передачи на очередной уровень образования и др.;
- электронный паспорт обучающегося в системе непрерывного образования, отражающий индивидуальную образовательную траекторию.

3. Разработка технологии выявления и сопровождения талантливых детей и молодежи в ИСНО с целью подготовки научных и научно-педагогических кадров для устойчивого инновационного развития.

Результат – методические рекомендации по выявлению и сопровождению талантливых детей и молодежи в интегрированной системе непрерывного образования «От детского сада – до аспирантуры».

4. Разработка методов, моделей и механизмов здоровьесбережения и здоровьеразвития обучающихся и обучающих в интегрированной системе непрерывного образования.

Результат – модели, методы и технологии здоровьесбережения и здоровьеразвития обучающихся и обучающих в системе непрерывного образования.

5. Развитие механизмов интеграционного взаимодействия систем гражданского и военного образования, гражданских и военных вузов в ИСНО.

Результат – методические рекомендации по интеграции систем военного и гражданского образования в ИСНО (интеграция материальных и интеллектуальных ресурсов, методов и подходов к реализации образовательных программ, формированию компетенций) в интересах экономики и обороноспособности страны.

6. Разработка технологий патриотического, гражданского и духовно-нравственного воспитания в ИСНО.

Результат – методические рекомендации по проведение внеучебной и воспитательной работы в ИСНО по патриотическому, гражданскому и духовно-нравственному воспитанию.

7. Разработка технологии взаимодействия образовательных учреждений и профессиональных сообществ в ИСНО.

Результат – методические рекомендации по взаимодействию образовательных учреждений и рынка труда в ИСНО.

8. Разработка технологий реализации дополнительного образования в ИСНО.

Результат – методические рекомендации по реализации дополнительного образования (повышение квалификации и профессиональная переподготовка взрослых, дополнительное образование детей).

Литература

1. 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.

2. Бугаков И.А., Царьков А.Н. Современная интегрированная система непрерывного образования как основа эффективного воспроизводства кадров для устойчивого инновационного развития // Известия Института инженерной физики, 2012. №2(24). С. 66-73.

3. Бугаков И.А., А.Н. Царьков. Система управления устойчивым развитием: концептуальные идеи // Известия Института инженерной физики, 2013. №4 (30). С. 90-97.

4. Бугаков И.А., Царьков А.Н. Интегрированная система непрерывного образования как основа воспроизводства кадров для устойчивого инновационного развития // Сборник трудов участников III Всероссийской научно-практической конференции «Современное непрерывное образование и инновационное развитие». Под ред. проф. А.Н. Царькова и И.А. Бугакова. – Серпухов: МОУ «ИИФ», 2013. С. 24-30.

5. Медоуз Д., Медоуз Д., Рандерс Й. Пределы роста. 30 лет спустя. М.: Академкнига, 2008. 344 с.

6. Печчеи А. Человеческие качества. М.: Прогресс, 1985. 312 с.



УДК 37

ПОДГОТОВКА НОВЫХ ВОЕННО-ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ РОССИЙСКОЙ АРМИИ

Александр Владимирович Шаранов
преподаватель
филиал ВА РВСН имени Петра Великого
(г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: +7(915)005-47-50
E-mail:alexandr3204@mail.ru

Александр Алексеевич Савочкин
доцент
филиал ВА РВСН имени Петра Великого
(г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: +7(916)369-04-80
E-mail: 1957SAA@mail.ru

Статья посвящена проблемам военного образования, формированию инженерной компетентности у курсантов военно-технических ВУЗов.

The article considers the problems of military education, the formation of the engineering competence of students of technical universities.

Ключевые слова: воспитание, профессиональная деятельность, образовательный процесс, военные кадры, преподаватель, курсант.

Keywords: developing professional skills, cadet, teacher, educational process, military educational institution.

Современная военная техника, поступающая на вооружение армии, развитие технических систем, основанных на применении инноваций в военной области, требует коренных изменений в подготовке военно-инженерных кадров. Главной характерной чертой современного вооруженного конфликта, как отмечается в военной доктрине Российской Федерации XXI века, является «…массированное применение систем вооружения и военной техники, основанных на новых физических принципах и сопоставимых по эффективности с ядерным оружием». Это обстоятельство выдвигает требование реформирования высших военно-учебных заведений и качественных преобразований системы высшего военного технического образования. Модернизированная система образования предполагает применение компетентностного подхода в подготовке специалиста высшего профессионального образования, изложенного в Федеральном государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования (ФГОС ВПО – 03) от 24 марта 2011 года. Современный подход в подготовке военного специалиста-инженера необходимо начинать строить на базовых знаниях дисциплин общетехнического блока: начертательная геометрия, материаловедение, сопротивление материалов, теоретическая механика, теплотехника и термодинамика, электротехника и др.

С помощью интеграции базовых знаний общетехнических и специальных дисциплин решаются не только задачи обучения, развития и воспитания обучающихся, но также закладывается фундамент для комплексного видения, подхода и решения сложных технических задач. Соединение общетехнических дисциплин и дисциплин профессионального образования составляет дидактическую основу межпредметных связей в подготовке военного инженера. Такие связи подготавливают курсантов к овладению военно профессией и становлению современного инновационного военного специалиста.

Определять профессиональную направленность общеобразовательных и общетехнических дисциплин должно содержание профессиональной образовательной программы. Выделение в курсах общеобразовательных предметов материала, применяющегося в спецдисциплинах, насыщение занятий задачами, примерами, проблемными вопросами и ситуациями технического и производственного характера будет способствовать формированию у обучающихся инженерной грамотности и воспитанию ценностного отношения к своей профессии. Каждый предмет должен сохранять свою самостоятельность;

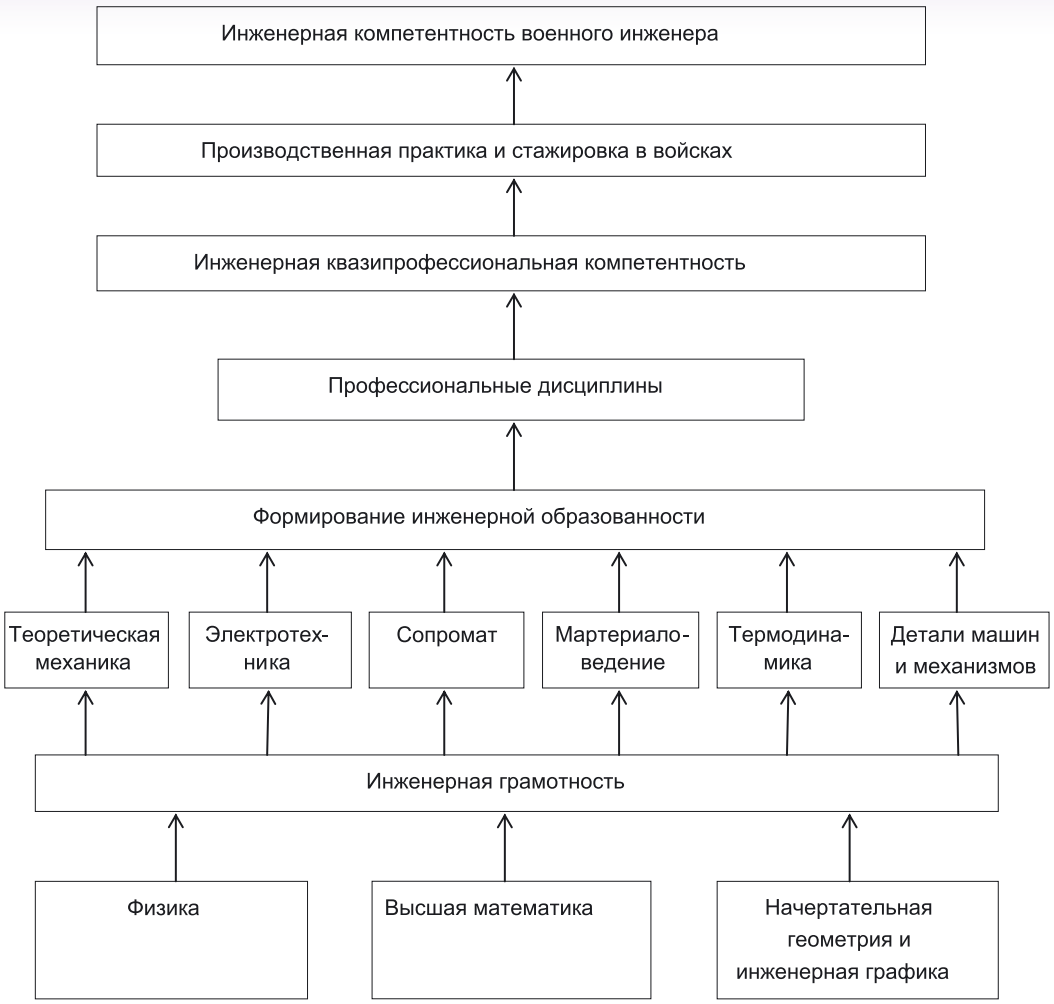


Рис. 1. Этапы формирования инженерной компетентности у курсантов

связь должна быть систематической, пронизывающей весь учебно-воспитательный процесс; она призвана содействовать углублению и закреплению ранее полученных знаний обучающихся, развитию их познавательных интересов и активности мыслительной деятельности, умению комплексно применять знания различных предметов в процессе занятий по спецдисциплинам.

Резюмируя вышесказанное, дадим следующее авторское видение понятия: «инженерная компетентность будущего инженера – это интегративное качество личности, позволяющее ему осваивать и эффективно использовать современные инженерные технологии».

Профессиональные компетенции – это готовность и способность военного инженера целесообразно действовать в соответствии с требованиями общевойскового боя, методически организованно и самостоятельно решать задачи и проблемы повседневной деятельности, а также оценивать результаты своей деятельности. Иными словами, это навыки человека, которые необходимы ему для подготовки и ведения общевойскового боя, а также используемые им соответствующие методы и технические приемы.

Учитывая особенности деятельности военного технического специалиста, уточним вышеназванное определение именно для военного технического специалиста «инженерная компетентность будущего военного инженера – это интегративное качество личности, позволяющее ему осваивать и эффективно использовать современные инженерные технологии в мирное время и в экстремальных условиях современного боя».

Вариативная часть определяется особенностями деятельности военного специалиста – инженера, который выполняет одновременно две функции: инженера и командира, т.е. он должен организовывать деятельность вверенного ему подразделения в экстремальной военной обстановке.

Таблица 1

Основные формы дополнительной деятельности курсантов

Коллективные	Групповые	Индивидуальные
Олимпиады по общетехническим дисциплинам (теоретическая механика, термодинамика, сопротивление материалов, детали машин и механизмов, материаловедение)	Участие в курсах (по выбору) по общетехническим дисциплинам	Участие в разработке индивидуально-графических работ по общетехническим дисциплинам
Участие в работе технических выставок студенческого творчества	Работа в секциях научно-технического общества курсантов	Создание компьютерного обеспечения занятий по общетехническим дисциплинам
Рационализаторская работа курсантов под руководством преподавателя	Проведение ролевых игр по инженерной деятельности	Разработка виртуального лабораторного практикума (теоретическая механика, термодинамика, сопротивление материалов, детали машин и механизмов, материаловедение)
Турниры по общетехническим дисциплинам	Работа командирами отделений младших курсов	Консультации курсантов младших курсов по общетехническим дисциплинам
КВН по общетехническим дисциплинам	Проведение «мозгового штурма» в ситуации, близкой к боевой	Профориентационная работа с трудновоспитуемыми подростками
Внутривузовские, региональные, международные конференции, выступление с докладами, сообщениями, участие в дискуссии	Проведение «круглых столов» по проблемам современной техники	Защита комплексных индивидуальных расчетно-графических работ, интегрирующих ряд общетехнических дисциплин

Формирование инженерной компетентности у курсантов военного инженерного вуза начинает происходить на первом курсе обучения при изучении курсов общей физики, высшей математики, начертательной геометрии и продолжается на следующих курсах при изучении цикла общетехнических дисциплин (теоретическая механика, техническая механика, сопротивление материалов, материаловедение, термодинамика, детали машин и механизмов) и продолжается при изучении профессиональных дисциплин (*рисунок 1*).

На *рисунке 1* представлены этапы формирования инженерной компетентности у курсантов военного инженерного вуза от инженерной грамотности после изучения цикла естественнонаучных, математических и инженерно-графических дисциплин к инженерной образованности после изучения цикла общетехнических дисциплин (теоретическая механика, сопротивление материалов, материаловедение, термодинамика, детали машин и механизмов, электротехника и др.) к квазипрофессиональной инженерной компетентности после изучения цикла профессиональных дисциплин и инженерной компетентности после прохождения производственной практики и стажировки в войсках.

Для реализации указанных целей предлагаются основные формы дополнительной деятельности курсантов, направленные на формирование их инженерной компетентности (*таблица 1*).

Контроль знаний курсантов по общетехническим дисциплинам целесообразно проводить по двум этапам подготовки курсантов:

- на начальном этапе – методом тестирования курсантов с применением комплексных тестовых заданий по общетехническим дисциплинам;
- на промежуточном этапе – методом решения комплексных расчетно-графических заданий.

Под комплексной расчетно-графической работой понимается инновационная форма самостоятельной деятельности обучаемого в вузе при изучении общетехнических дисциплин, поэтапно формирующая исследовательскую деятельность обучающихся от инженерной грамотности к инженерной образованности и далее к инженерной компетенции средствами интеграции общетехнических и специальных дисциплин.

Приведем пример комплексной расчетно-графической работы:

1. Рассчитать цикл теплового двигателя автомобиля с максимальной температурой рабочего тела *t3*, в котором сжатие и расширение рабочего тела осуществляются по политропам с показателями *n1* и *n2*, соответственно.

Определить:

- параметры состояния рабочего тела в характерных точках цикла;
- подведенную и отведенную теплоту;
- работу цикла и его КПД;
- построить *P-v* диаграмму цикла.

2. Выбрать марку чугуна для изготовления ответственных деталей двигателя автомобиля (коленчатые валы, шатуны и т.п.). Указать состав, обработку, структуру и основные механические свойства деталей из этого чугуна.

3. Построить структурную схему механизма, определить число степеней свободы механизма, произвести его структурный анализ, определить класс механизма, построить кинематическую схему, произвести кинематический анализ механизма методом построения плана скоростей и ускорений.

4. Определить эффективную мощность и эффективный крутящий момент карбюраторного двигателя при we= 400 рад/с, если Nemax= 100 кВт, а wN= 600 рад/с.

Наибольшим интересом у курсантов пользуются турниры по общетехническим дисциплинам, проведение ролевых игр по инженерной деятельности, проведение «мозгового штурма» в ситуации, близкой к боевой, профориентационная работа с трудновоспитуемыми подростками.

Таким образом, военный специалист будущего должен быть подготовлен как интегративный специалист по эксплуатации сложных технических систем, педагогический процесс подготовки которого требует выполнения следующих условий:

а) межнаучных связей технических наук с другими науками;

б) междисциплинарных связей (общетехнических дисциплин со спецдисциплинами профессионального цикла);

в) внутридисциплинарных связей, предусматривающих синтез результатов исследования в рамках одной дисциплины:

г) взаимной связи, приспособления и взаимодействия методов исследования, сочетающих количественные и качественные методы.

Только выполнив эти условия, можно обеспечить подготовку интегративного военного специалиста, способного выполнить любую задачу с использованием новейших современных средств вооружения.

Литература

1. Дудулин В.В. Повышение эффективности военно-профессиональной подготовки курсантов высших военно-учебных заведений РВСН в современных условиях: Монография под редакцией Столяревского С.П. Серпухов: СВИ РВ, 2007.

2. Романов А.В. Интегрирование занятий по физике и военно-техническим дисциплинам. Современные тенденции развития профессионального образования в подготовке специалистов в области автомобилестроения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции: Тезисы докладов. Н.Новгород: Изд-во ВГИПУ, 2007.

3. Дружилов С.А. Становление профессионализма человека как реализация индивидуального ресурса профессионального развития. Новокузнецк: Изд-во Института повышения квалификации, 2005, 46 с.

4. Иванов В.П. Методологические основы интеграции общетеоретических и профессиональных дисциплин в обучении курсантов. Учебное пособие. Тольятти: ТВВКИСУ, 1998. 20 с.

5. Маричев И.Г. Система поддержания правопорядка и воинской дисциплины // Военная мысль, 2008. № 8. С. 59-66.

6. Военная профессиология. Учебное пособие. М.: Военный университет МО РФ, 2003.

УДК 001.89:378

МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМАТИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ КАДРОВ ПО ПРИОРИТЕТНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ



Василий Олегович Мелихов
кандидат технических наук, доцент
заместитель начальника аналитического отдела
ФГБНУ «Госметодцентр»
Адрес: 115998, Москва, ул. Люсиновская, д. 51
Тел.: +7(903)278-72-79
E-mail: BOMELIHOV@mail.ru

На основе применения механизмов смысловой индексации в работе предлагается метод определения тематического состава научных исследований, при котором в условиях ограниченного финансирования оптимально формируется заданный план кадровой научной подготовки исследователей по выделенным приоритетным направлениям.

Based on the application of semantic indexing mechanisms in the scientific study is proposed the method of determining of the thematic composition of the scientific research, in which specified plan of personnel scientific research training on selected priority areas is optimally formed under conditions of limited funding.

Ключевые слова: подготовка научных исследователей, приоритетные научные направления, конкурсный отбор проектов, линейное программирование, тематическая направленность.

Keywords: training of scientific researchers, scientific priorities competitive, selection of projects, linear programming, thematic focus.

Современная подготовка исследователей предполагает умение самостоятельно осуществлять научную деятельность. В связи с этим решение задачи кадрового воспроизводства отечественной науки невозможно без планирования обязательного участия будущих научных работников в реальных исследованиях и разработках (например, в рамках целевых программ) по тематике, соответствующей их специализации.

Как правило, целесообразность организации научных разработок устанавливается в ходе конкурсного распределения в соответствии с актуальностью тематики планируемых работ. При этом, проводником государственной политики, определяющим важность тех или иных научных проектов, обычно выступает механизм тематического квотирования по разделам, отражающим, тематику приоритетного развития отечественной научно-технологической сферы, и конкурсное распределение в целом ограничивается объемом – D средств, выделяемых для реализации соответствующих исследований.

Пусть $X = \{x_j \;\; j = 1.\, N\}$ количество проектов, отбираемых по разделам для реализации научных и образовательных целей проведения соответствующей кадровой подготовки. При равномерном распределении цен на проекты справедливо ограничение

$$\sum_{i=1.\, N} x_i \le D/d, \qquad (1)$$

где d – цена отбираемых проектов.

При неравномерном распределении цен

$$\sum_{i=1.\, N} d_i \cdot x_i \le D. \qquad (2)$$

Представленный в работе [1] механизм смысловой индексации, позволяет единообразно описать содержание образовательной подготовки специалистов и научной деятельности по N целевым тематическим разделам в терминах некоторой ограниченной вербальной системы, включающей, например, Z – смысловых тематических категорий, в качестве которых будем использовать систему приоритетных научных направлений, поименованных в документе [2].

Предположим, что тематическое содержание каждого из разделов характеризуется определенным вектором смысловых интенсивностей, отражающих содержание соответствующих направлений научной деятельности в терминах смысловых категорий. Для проектов, относящихся к *j*-тому разделу *j=1.N*, будет установлено, что уровень их принадлежности к тематике по направлениям *i=1.Z* (включая и направление, не относящееся ни к одному из приоритетных) должен определяться нормированной величиной c_{ij}, где коэффициенты c_{ij} берутся из *таблицы 1*.

Таблица 1

Коэффициенты принадлежности раздела *i* к тематике *j*

	b_1	b_2	$\cdots$	b_Z
x_1	c_{11}	c_{12}	$\cdots$	c_{1Z}
x_2	c_{21}	c_{22}		$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$		$\ddots$	$\vdots$
x_N	c_{N1}	$\cdots$		c_{NZ}

По определению

$$\sum_{i=1..Z} c_{ij} = 1 \quad \text{и} \quad 0 \le c_{ij} \le 1 \quad \forall j = 1..N, \; i = 1..Z \tag{3}$$

Будем полагать, что если интенсивность тематической направленности исследований по приоритетному направлению *i* для проектов из раздела *j* составляет c_{ij}, то такой же величиной характеризуется возрастание квалификации исследователей, работающих по этому разделу. Тогда, достижение целей «подготовки исследователей по каждому из приоритетных направлений» будет определяться величиной

$$\forall i = 1..Z \quad \sum_{j=1..N} c_{ij} \cdot x_j, \tag{4}$$

Вместе с тем, наряду с фактическим определением числа проектов, соответствующих задачам образовательной подготовки специалистов (по определенному кругу приоритетных направлений), хотелось бы знать: насколько эффективен данный результат и нельзя ли при той же общей стоимости *D* и цене *d* одного проекта добиться лучших (или больших, относительно заранее заданных) показателей.

Если заранее известны величины b_i (*таблица 1*) желаемой плотности подготовки по всем *i=1.Z* приоритетным направлениям (т.е. количества специалистов с заданной приоритетной специализацией заранее обусловлено), то должно быть

$$\forall i = 1..Z \quad \sum_{j=1..N} c_{ij} \cdot x_j \ge b_i \; . \tag{5}$$

Для определенности можно предположить, что $\forall i = 1..Z \quad b_i = B$, т.е. плотность кадровой подготовки по всем направлениям – одинаковая, и тогда

$$\forall i = 1..Z \quad \sum_{j=1..N} c_{ij} \cdot x_j \ge B. \tag{6}$$

Выражение (6) вместе с (1) образуют замкнутый выпуклый симплекс-многогранник.

$$\begin{cases} \sum_{i=1..N} x_i \le D/d \\ \forall i = 1..Z \quad \sum_{j=1..N} c_{ij} \cdot x_j \ge B \end{cases} . \tag{7}$$

Учитывая, что описание тематики разделов не ограничивается лишь одним приоритетным направлением, а содержит в каждом разделе определенные доли всех приоритетных направлений (включая также и направление, к которому отнесены все неприоритетные тематики), связанная с исполнением проектов – победителей подготовка специалистов может считаться в некотором смысле «избыточной» как по величине формируемого прироста квалификации, так и по ее составу.

При этом общее сокращение избыточности можно рассматривать в смысле показателя

$$\sum_{i=1..Z} \left(\sum_{j=1..N} c_{ij} \cdot x_j - B \right) \to \min,$$

который, с учетом (6) и того, что *B=const*

$$\sum_{i=1..Z} \left(\sum_{j=1..N} c_{ij} \cdot x_j - B \right) =$$

$$= \sum_{j=1..N} x_j \cdot \left(\sum_{i=1..Z} c_{ij} \right) - Z \cdot B$$

принимает вид

$$\sum_{j=1..N} x_j \to \min . \tag{8}$$

Определение $X^* = \arg\min$ (8) при условиях (7) представляет собой задачу линейного программирования (ЗЛП) [4, 5], решение которой в данном случае параметрически зависит от величины *B* – плотности подготовки и отношения общей стоимости мероприятия и вознаграждения *D/d*. В более общем случае: от величин b_i – желаемой плотности подготовки по каждому из *i=1.Z.* приоритетных направлений, *D* – общей стоимости и d_j – цены проекта по соответствующему разделу *j=1.N*).

Например, на *рисунке 1а* при определенных установленных стоимостных показателях представлен случай «заниженных» ожиданий в плане плотности подготовки по приоритетным направлениям, а на *рисунке 1б* случай «завышенных» ожиданий.

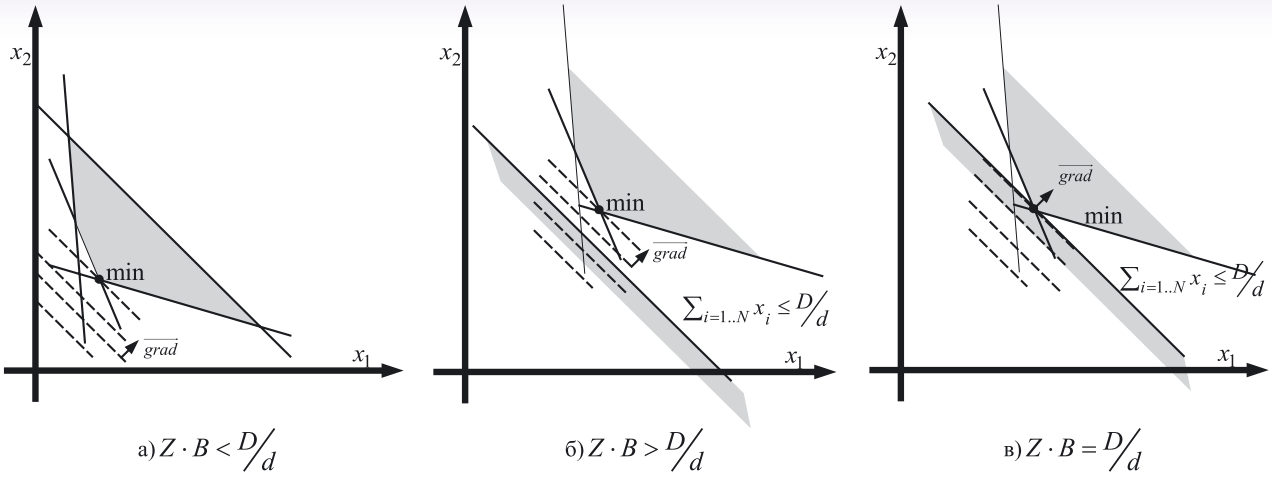


Рис. 1. Расположение области допустимых решений задачи (8) при ограничениях (7) и различном (определяемым соотношением D/d) стоимостном обеспечении реализации отбираемых проектов

Понятно, что в идеале стоимостные показатели должны быть согласованы с его целями (в том числе и со стратегическими целями кадровой подготовки), т.е. значения должны быть $Z \cdot B = D/d$ (*рисунок 1в*).

Последнее в принципе возможно в ситуации, где все отбираемые проекты, служат целям образовательной подготовки научных кадров.

Однако в общем случае при организации научной деятельности на конкурсной основе, правильнее предполагать, что $Z \cdot B \le D/d$ и помимо «образовательно-ориентированных проектов» могут быть отобраны проекты, преследующие чисто научные цели.

Уместно поставить вопрос: *«Какой должна быть величина B – плотности подготовки кадров по i=1..Z приоритетным направлениям, чтобы при заданных стоимостных значениях, количественный состав отбираемых проектов отвечал бы соотношению* $\sum_{i=1..N} x_i^* = D/d$ *?»*.

Для ответа на этот вопрос необходимо понимать, как поведет себя при изменении параметра *B* точка *min(B)* – вершина симплекса (7). Можно показать, что любая из C_Z^N точек, образованных в результате пересечения *N* из *Z+1* гиперплоскостей системы ограничений ЗЛП, имеет параметрическое задание вида $x_j = k_j \cdot B, \quad j = 1..N$, в том числе и точка *min(B)*.

Изменения параметра *B* в симплекс-многограннике (7) отражает выпуклую пирамиду (*рисунок 2а*) с вершиной в начале координат и многогранником в основании (при каждом конкретном значении *B*).

При изменении параметра *B* взаимное расположение вершин симплекс – многогранника

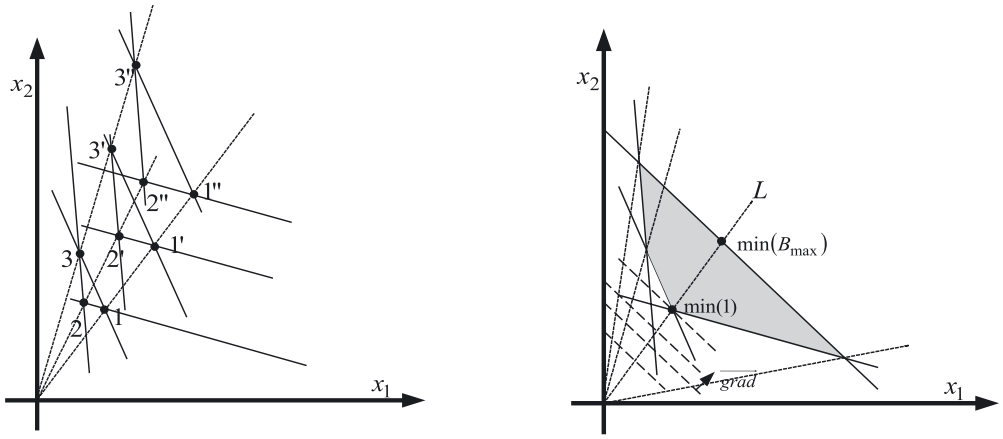


Рис. 2. Симплекс многогранник (7) при изменении величины *B* плотности подготовки специалистов по *Z* приоритетным направлениям

не изменяется. Проходящая через начало координат гиперплоскость, являющаяся геометрическим местом всех линий уровня целевой функции (8), касается единственного ребра L выпуклой пирамиды симплекс – многогранника и при каждом B указывает на точку $min(B)$, принадлежащую этому ребру.

Таким образом, отыскание точки $min(B_{max})$, характеризующейся наибольшим значением плотности подготовки по заданным приоритетным направлениям (при определенных значениях стоимостных показателей) может быть осуществлено следующим образом:

1) В ходе решения ЗЛП (7-8) при $B=1$ (минимальном допустимом значении параметра, означающем обеспечение подготовки не менее чем 1 специалиста по каждому из приоритетных направлений) определяется точка min(1) с координатами $x_j^1, \quad j=1..N$.

2) Введем в рассмотрение параметр t. Параметрическое уравнение ребра L пирамиды, проходящего через точки min(1) и начало координат – 0, будут определять соотношения

$$\frac{x_1}{x_1^1}=\frac{x_2}{x_2^1}=\cdots=\frac{x_N}{x_N^1}=t, \text{ т.е.}$$
$$\forall j=1..N, \quad x_j=t\cdot x_j^1 \quad . \qquad (9)$$

3) Тогда в искомой точке $min(B_{max})$ пересечения прямой L и плоскости стоимостных ограничений (1) будет иметь место

$$\sum_{j=1..N} x_j = D/d \quad . \qquad (10)$$

Из (9) и (10) образуется соотношение

$$t\cdot\left(\sum_{j=1..N} x_j^1\right)=D/d \text{ (см. } рисунок\ 2б\text{)},$$

откуда можно выделить значение параметра t

$$t=\frac{D}{d\cdot\sum_{j=1..N} x_j^1} \quad . \qquad (11)$$

Подставив (11) в (9), определим компоненты точки $min(B_{max})$,

$$\forall j=1..N \quad x_j^*=\frac{x_j^1}{\sum_{j=1..N} x_j^1}. \qquad (12)$$

Значения (12) устанавливают квоты проектов, при которых в заданных стоимостных ограничениях наиболее экономичным способом (при минимальном составе проектов) достигаются максимально возможные значения плотности подготовки по $i=1..Z$ заданным приоритетным направлениям.

При этом обеспечивается плотность подготовки специалистов по направлениям

$$b_i=\sum_{j=1..N} c_{ij}\cdot x_j^*=\frac{\sum_{j=1..N} c_{ij}\cdot x_j^1}{\sum_{j=1..N} x_j^1} \quad . \qquad (13)$$

Таким образом, применение механизмов смысловой индексации (в данном случае для проведения тематической классификации научных проектов) обеспечивает определение квот (т.е. максимальных значений) проектов, при которых в условиях установленного финансирования оптимально реализуется заданный план кадровой научной подготовки исследователей по выделенным приоритетным направлениям.

Литература

1. Мелихов В.О. Метод выделения тематической направленности проведения научно-исследовательских работ и повышения квалификации научных кадров в рамках федеральных целевых программ // Известия Института инженерной физики, 2012. №4(26). С. 89-94.

2. Указ Президента РФ от 7.07.2011 №899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации».

3. Дегтярев Ю.И. Исследование операций: Учеб. для вузов по спец. АСУ. М.: Высшая школа, 1986. 320 с.

4. Мину М. Математическое программирование. Теория и алгоритмы: Пер.с фр. и предисловие А.И. Штерна. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. 488 с.



УДК 37.012

МОДЕЛЬ РОСТА ИННОВАЦИОННЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИЧЕСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ

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

Елена Дмитриевна Володина
начальник отдела ФГБНУ «Госметодцентр»
Адрес: 115998, г. Москва, ул. Люсиновская, д. 51
Тел.: +7(499)706-81-27

В статье рассматривается академическая мобильность как ключевая составляющая Болонского процесса. Приводятся обобщенная функциональная модель международной академической мобильности и модель роста инновационных компетенций.

The article discusses the academic mobility as a key component of the Bologna process. We present a generalized functional model of international academic mobility and the growth model of innovation competencies.

Ключевые слова: инновации, компетенции, академическая мобильность, модели роста.

Keywords: innovation, competence, academic mobility, the growth model.

Стратегия инновационного развития РФ на период до 2020 года определяет цели и приоритеты государственной инновационной политики, в том числе в области образования: создание условий для формирования у граждан компетенций инновационной деятельности. Традиционная модель подготовки специалистов, основанная на квалификационном подходе, позволяет формировать определенные профессиональные компетенции. Предполагается, что профессиональные компетенции должны обеспечить конкурентоспособность выпускника на рынке труда, тогда как инновационные компетенции призваны работать на опережение. Именно поэтому важен процесс «инкубирования» таких компетенций, востребованность в которых постоянно возрастает.

Ключевыми инновационными компетенциями являются: способность и готовность к непрерывному образованию, постоянному совершенствованию, самообучению и переобучению, профессиональной мобильности, стремление к новому, способность к критическому мышлению, креативность и предприимчивость, умение работать самостоятельно и в команде, готовность работать в конкурентной среде.

Успешность формирования у студентов инновационных компетенций зависит от включения в их образовательную деятельность международной академической мобильности (МАМ).

Обобщенная функциональная модель международной академической мобильности (МАМ) студента представлена на *рисунке 1*.

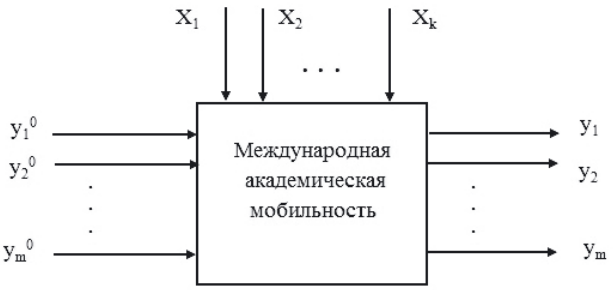


Рис. 1. Обобщенная функциональная модель международной академической мобильности

Семантика переменных, приведенных на *рисунке 1*, состоит в следующем:

$y_1^0, y_2^0, \ldots, y_m^0$ – входы системы;
$y_1, y_2, \ldots, y_m$ – выходы системы;
$x_1, x_2, \ldots, x_k$ – работы, выполняемые в рамках МАМ.

Формирование инновационных компетенций студентов происходит в процессе обучения, когда приобретается опыт как индивидуальной, так и совместной научной деятельности. Каждый студент, отобранный в исследовательскую группу, характеризуется некоторым первоначальным уровнем компетенций. В процессе обучения, по мере выполнения исследовательских работ (ИР), приобретения опыта и совершенствования навыков и т.д., растет уровень приобретенных инновационных компетенций студента, причем скорость этого роста (так называемая *скорость «научения»*) у каждого студента индивидуальна.

Представим процесс формирования инновационных компетенций студентов с помощью математической модели. Оценка роста инновационных компетенций студентов может быть получена с использованием моделей обучаемости [1, 2], суть которых заключается в аппроксимации процессов приобретения компетенций экспоненциальными кривыми вида:

$$y_k = y^{\infty} + (y^0 - y^{\infty}) \cdot e^{-\gamma \cdot x_k}, \qquad (1)$$

где k – этап приобретения компетенций; y^0 – начальный уровень компетенций; y^{∞} – конечный уровень компетенций; γ – скорость «научения» (величина, обратная приведенному объему работ, выполняемому студентом на k-ом этапе обучения); x_k – приведенный объем работ, выполняемый студентом для приобретения компетенций на k-ом этапе обучения; y_k – уровень компетенций, приобретенных на k-ом этапе обучения.

Начальный уровень компетенций y^0 можно принять одинаковым у всех студентов и равным нулю, значение конечного уровня компетенций y^{∞} асимптотически стремится к единице. Скорость «научения» γ определяет интенсивность роста компетенций и является величиной индивидуальной для каждого студента, зависи-

Таблица 1

Вес исследовательских работ (оценок)

№	Наименование исследовательской работы (оценки)	Вес работы
1	Научный доклад на вузовской студенческой конференции	0,02
2	Научная работа на вузовском конкурсе научных работ	0,08
3	Научный доклад на научной студенческой конференции регионального уровня	0,06
4	Публикации по итогам вузовской студенческой конференции	0,1
5	Участие в международном научном студенческом мероприятии, проводимом за рубежом (семинар, конференция, выставка и др.)	0,18
6	Диплом или медаль международного научного студенческого мероприятия, проводимого за рубежом (семинар, конференция, выставка и др.)	0,23
7	Выполнение научной работы за рубежом (межвузовские соглашения, стажировки, программы обмена и др.)	0,25
8	Диплом или медаль вузовского конкурса научных работ	0,15
9	Научная работа на региональном конкурсе научных работ	0,12
10	Диплом или медаль регионального конкурса научных работ	0,18
11	Научный доклад на научной студенческой конференции всероссийского уровня	0,15
12	Научная работа на всероссийском конкурсе научных работ	0,2
13	Диплом или медаль всероссийского конкурса научных работ	0,3
14	Публикации в сборнике научных работ по итогам региональной либо всероссийской студенческой конференции	0,2
15	Участие в научной работе вуза (по тематическим планам, хоздоговорам, договорам с предприятиями-партнерами и др.)	0,18
16	Научная работа по выигранным грантам в базовом вузе	0,3
17	Участие в международном конкурсе научных работ	0,4
18	Диплом или медаль международного конкурса научных работ	0,5
19	Самостоятельная научная работа за рубежом (выигранные гранты)	0,4
20	Полученное студентом авторское свидетельство либо патент	0,45
21	Публикации в зарубежных научных изданиях	0,55

Таблица 2

Формирование инновационных компетенций студентов с низкой скоростью «научения»

Этап формирования компетенций	Студент 1, не участвующий в мероприятиях МАМ		Студент 2, участвующий в мероприятиях МАМ	
	Объем работ $x1_k$	$y1_k$ – уровень компетенций, приобретенный на k-ом этапе обучения	Объем работ $x2_k$	$Y2_k$ – уровень компетенций, приобретенный на k-ом этапе обучения
1	0,08	0,069	0,08	0,054
2	0,26	0,209	0,41	0,249
3	0,71	0,472	1,37	0,617
4	2,04	0,841	3,1	0,886
5	2,49	0,894	5	0,970

щей от его личных качеств. Приведенный объем выполненных работ x_k условно можно считать тем «опытом», который приобрел студент на k-ом этапе обучения. Количественно он может быть представлен с помощью весовых коэффициентов работ, которые определяются с помощью экспертных оценок бально-экспертным методом: эксперты оценивают важность частного критерия по выбранной шкале, при этом разрешается оценивать дробными величинами или приписывать одну и ту же величину из выбранной шкалы нескольким критериям [3]. Зная балл $h_i^{(k)}$ i-го критерия у k-го эксперта, весовые коэффициенты определяются выражением:

$$H_i^{(k)} = \frac{h_i^{(k)}}{\sum_{i=1}^{n} h_i^{(k)}}. \qquad (2)$$

Анализ работ [4, 5, 6] показывает, что виды исследовательских работ, которые может выполнять студент в процессе обучения, оценка его деятельности включают более 50-ти наименований. Наиболее значимые из них, определенные экспертным путем, представлены в *таблице 1*. Отметим, что работы (оценки) 5, 6, 7, 17, 18, 19 и 21 выполняются в рамках программ МАМ.

Исследуем влияние параметра x_k на рост уровня инновационных компетенций студентов. Рассмотрим модель обучаемости на примере двух студентов, имеющих равную скорость «научения», но выполняющих различный объем исследовательских работ. Студент 1 за период обучения в вузе (по программам специалитета) полностью выполнил весь требуемый объем ИР без участия в международной академической мобильности. Студент 2, выполнив тот же объем ИР, что и студент 1, но дополнительно участвовал в исследовательской работе в рамках МАМ на всех этапах обучения, кроме первого курса. Примем для обоих студентов одинаково низкую скорость «научения» $\gamma=0{,}5$. Вероятность успешности формирования компетенций по этапам (курсам обучения) для каждого студента представлена в *таблице 2*. Сравнение динамики роста уровня инновационных компетенций студентов 1 и 2 можно увидеть на *рисунке 2*.



Рис. 2. Зависимость роста уровня инновационных компетенций студентов с низкой скоростью «научения» от участия в программах МАМ

Таблица 3

Формирование инновационных компетенций студентов с высокой скоростью «научения»

Этап формирования компетенций	Студент 1 выполнил НИР без участия в мероприятиях МАМ		Студент 2 выполнил НИР, участвуя в мероприятиях МАМ	
	Объем работ $x1_k$	$y1_k$ – уровень компетенций, приобретенный на k-ом этапе обучения	Объем работ $x2_k$	$Y2_k$ – уровень компетенций, приобретенный на k-ом этапе обучения
1	0,08	0,069	0,08	0,069
2	0,26	0,209	0,41	0,309
3	0,71	0,472	1,37	0,709
4	2,04	0,841	3,1	0,939
5	2,49	0,894	5	0,989

При равной низкой скорости «научения» за весь период обучения уровень компетенций, достигнутый студентом 2, участвующим в научной работе в рамках МАМ, на 28,9% превысит уровень компетенций студента 1, выполнявшего ИР без участия в МАМ. При этом кривая роста компетенции студента 2 значительно опережает кривую роста компетенций студента 1 на тех этапах, где значительно увеличивается объем работ, выполняемых в рамках международной мобильности.

При тех же условиях выполнения работ рассмотрим двух студентов, имеющих высокую скорость «научения», например, γ=0,9. Уровни компетенций, приобретенные студентами 1 и 2, на всех этапах обучения представлены в *таблице 3* и на *рисунке 3*.

Мы видим, что и при равной высокой скорости «научения», уровень компетенций студента 2, участвующего в исследовательской работе в рамках МАМ, на 10,7% превысит уровень компетенций студента 1, выполнявшего ИР без участия в МАМ.

Определим влияние параметра γ на рост инновационных компетенций студентов. Рассмотрим модель обучаемости на примере двух студентов, имеющих разные скорости «научения». Допустим, студент 1, не участвующий в академической мобильности имеет скорость «научения» (γ=0,9) существенно выше, чем студент 2, принимающий участие в программах МАМ (γ=0,5). Уровень приобретенных компетенций на k-ых этапах обучения отображен в *таблице 4*.

Сравним динамику роста уровня инновационных компетенций (*рисунок 4*). Мы видим, что независимо от скорости «научения» студенты, принимавшие участие в программах акаде-

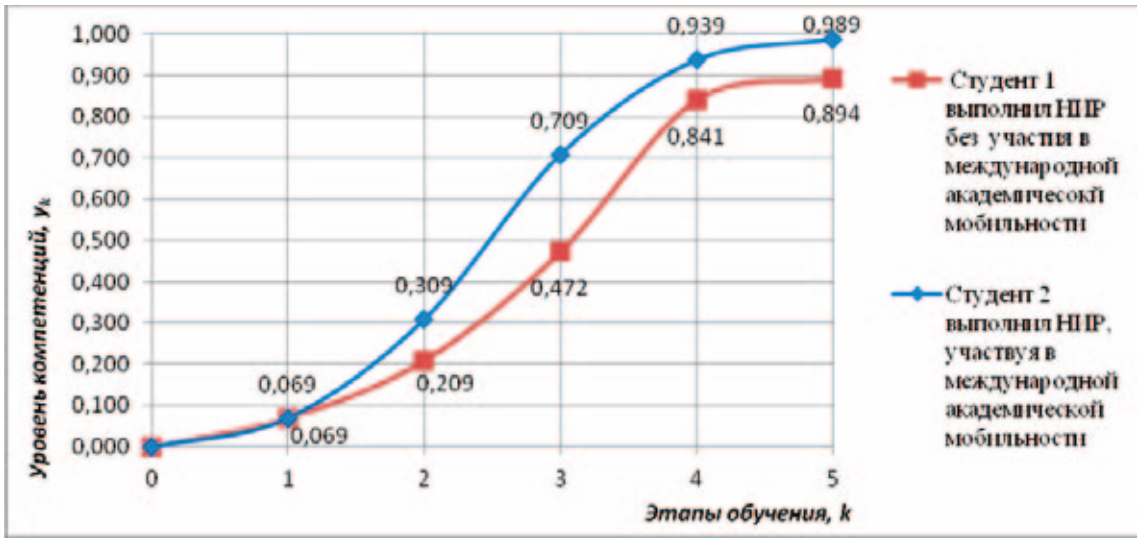


Рис. 3. Зависимость роста уровня инновационных компетенций студентов с высокой скоростью «научения» от участия в МАМ

Таблица 4

Формирование инновационных компетенций студентов с разными скоростями «научения»

Этап формирования компетенций	Студент 1, не участвующий в мероприятиях МАМ (γ=0,9 высокая скорость «научения»)		Студент 2, участвующий в мероприятиях МАМ (γ=0,5 низкая скорость «научения»)	
	Объем работ $x1_k$	$y1_k$ – уровень компетенций, приобретенный на k-ом этапе обучения	Объем работ $x2_k$	$Y2_k$ – уровень компетенций, приобретенный на k-ом этапе обучения
1	0,08	0,069	0,08	0,039
2	0,26	0,209	0,41	0,185
3	0,71	0,472	1,37	0,496
4	2,04	0,841	3,1	0,788
5	2,49	0,894	5	0,918

мической мобильности, приобретут более высокий уровень компетенций, чем студенты, выполнявшие исследовательскую работу без участия в программах МАМ.

Проведенные исследования указывают на чувствительность модели к изменениям параметров величин γ и x_k и подтверждают работоспособность модели.

Литература

1. Буш Р., Мостеллер Ф. Стохастические модели обучаемости. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1962. 483 с.
2. Новиков Д.А. Закономерности итеративного научения. М.: Институт проблем управления РАН, 1998. 77 с.
3. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М: Статистика, 2009. 263 с.
4. Емелин Н.М., Артамонов Ю.Н., Мелихов В.О. Аналитический обзор деятельности научно-образовательных центров национальной нанотехнологической сети. М: Российские нанотехнологии, 2011. Т. 6. С. 9-12.
5. Емелин Н.М., Тараброва И.Н. Подход к обоснованию показателей для оценки научной деятельности российских молодых ученых. М: Вестник Московского авиационного института, 2009. Т. 16, №4. С. 23-24.
6. Шевцов В.А. Целевая программа «Научно-педагогическая молодежь». М: Высшее образование в России, 2009. №7. С. 123-129.



Рис. 4. Зависимость роста уровня инновационных компетенций студентов с низкой скоростью «научения» от участия в программах МАМ

AUTHORS

Oleg N. Andruh. Cand.Tech.Sci., associate professor. Vice-president IPO "IEP". Director of the branch of Moscow state university of mechanical engineering (MAMI). Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Oleg N. Aplekaev. Senior scientist. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Gennadiy P. Belov. Cand.Tech.Sci., associate professor. Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Igor A. Bugakov. Dr.Sci.Tech., professor. Honoured devisor of Russia. IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Dmitriy V. Burov. Leading specialist. Deputy chief of department. Department of State Policy in the field of technical regulation and maintenance of unity of measurements (Ministry of Industry and Trade). Moscow, Kitaygorodskiy l., 7.

Maya K. Chaduneli. Chair of Department. The branch of Moscow state university of mechanical engineering (MAMI). Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Sergey E. Chernyshev. Cand.Tech.Sci., associate professor. Chief metrologist. IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Nikolay M. Emelin. Honoured scientist of RSFSR, Dr.Sci. Tech., professor. State Research and Consulting Centre. Moscow, Lusinovskaya st., 51.

Maxim V. Fesenko. Cand.Tech.Sci. Central Scientific Research Institute of Radio Engineering in the name of academician A. Berg. Moscow, Novaya Basmannaya st., 20.

Andrey N. Furov. Cand.Tech.Sci. Scientist. IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Vadim G. Gribunin. Dr.Sci.Tech. IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Alexander V. Gusev. IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Igor A. Ignatenko. Postgraduate student. IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Sergey V. Ivanushkin. Doctor of Military Science. IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Boris V. Khlopov. Cand.Tech.Sci., associate professor. Central Scientific Research Institute of Radio Engineering in the name of academician A. Berg. Moscow, Novaya Basmannaya st., 20.

Valentin A. Kopnov. Dr.Sci.Tech, professor. Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow, Kitaygorodskiy d., 9/5.

Alexander P. Kovalenko. Graduate student. IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Alexander I. Kuprijanov. Dr.Sci.Tech., professor. Moscow aviation institute. Moscow, Volokolamskoye h., 4.

Oleg P. Kuznetsov. Cand.Tech.Sci., associative professor. IPO «IEP». Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Mikhail V. Letunovskiy. Department of State Policy in the field of technical regulation and maintenance of unity of measurements (Ministry of Industry and Trade). Moscow, Kitaygorodskiy l., 7.

Vasiliy O. Melikhov. Cand.Tech.Sci., associate professor. Deputy Head of Analytical Department FSBSI "GOSMETODCENTR", Moscow, Lusinovskaya st., 51.

Alexander V. Mitiagin. Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor. The Branch of Institute of radiotechnics and electronics in the name of Kotelnikov. Moscow reg., Akademika Vvedenskogo sq., 1.

Nikolay Y. Novikov. Cand.Tech.Sci., associate professor. Deputy chief of department. Department of State Policy in the field of technical regulation and maintenance of unity of measurements (Ministry of Industry and Trade). Moscow, Kitaygorodskiy l., 7.

Elena V. Osintseva. Ph.D. The State service standard samples. Ekaterinburg., Krasnoarmeyskaya st., 4.

Oleg L. Podlesniy. General director. Center of system projects and innovation. Moscow, Zagor'evskaya st., 10-4.

Rinat N. Sadekov. Cand.Tech.Sci., associate professor. Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Kirill V. Savel'ev. Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Alexander A. Savochkin. Associate professor. Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Alexander V. Sharanov. Lecturer. Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Alexey V. Sholokhov. Dr.Sci.Tech., professor. Head of Department. Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17

Evgeniy V. Shmyrin. Scientist. IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Anna S. Sidorova. Jr. scientist. IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Andrey N. Sinev. Engineer. VNIIFTRI. Moscow reg., Mendeleevo.

Lioudmila N. Soloviova. Candidate of Philosophy. Moscow Avation Institute. Moscow, Volokolamskoye h., 4.

Denis Y. Sorokin. Scientist. IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Pavel E. Starodubtsev. Department head. IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Semion V. Sukhanov. Graduate student. IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Dmitriy A. Tokarev. Ministry of Defence of the Russian Federation.

Alexey N. Tzar'kov. Honoured scientist of Russia, Dr.Sci. Tech., professor. President of IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Alexander M. Val'vakov. Dr.Sci.Tech. Senior scientist. IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Elena D. Volodina. Chief of department. State Research and Consulting Centre. Moscow, Lusinovskaya st., 51. IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Vladimir V. Zelenevskiy. Dr.Sci.Tech, professor. The Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Yuriy V. Zelenevskiy. Cand.Tech.Sci., associate professor. Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow, Kitaygorodskiy d., 9/5.

Igor I. Zhukov. Senior scientist. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Vladimir I. Zlobin. Honoured scientist of Russia, Dr.Sci. Tech., professor. IPO "IEP". Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

ДМИТРИЙ РОГОЗИН ОДОБРИЛ РАЗРАБОТКИ УЧЕНЫХ ИИФ

МОУ «ИИФ» принял участие в совещании и презентации «О ходе оснащения соединений и частей Минобороны России элементами боевой экипировки военнослужащих», которое проводил заместитель председателя Правительства РФ, председатель Военно-промышленной комиссии России Дмитрий Рогозин.

Встреча вице-премьера с руководителями и ведущими конструкторами отечественного оборонно-промышленного комплекса состоялась на базе ФГУП «ЦНИИТОЧМАШ» – головного института по разработке стрелкового вооружения и средств защиты в интересах Вооруженных сил и различных силовых ведомств. Дмитрий Рогозин отметил, что «внимание, которое уделяется данному вопросу, легко объяснимо – с использованием боевой экипировки сегодня решается подавляющее большинство боевых задач в локальных конфликтах, специальных и контртеррористических операциях».

Ученые МОУ «ИИФ» презентовали системы локального обогрева боевой экипировки военнослужащего, которая позволяет сохранять заданную температуру тела в любых погодных условиях на суше и под водой, а так же инновационные разработки в области модернизации стрелкового оружия: системы обвеса автоматов Калашникова и модернизированный вариант пулемета «Печенег». Представленным разработкам специалистов МОУ «ИИФ» нет аналогов в мире.

Дмитрий Рогозин дал высокую оценку изобретениям МОУ «ИИФ» и принял приглашение посетить Институт с целью ознакомления с лабораторно-испытательной и производственной базой. По результатам совещания было одобрено решение министра обороны о проведении государственных испытаний модернизированных автоматов Калашникова и пулеметов «Печенег» с целью их дальнейшего использования и принятия на вооружение в ВС и силовых ведомствах.





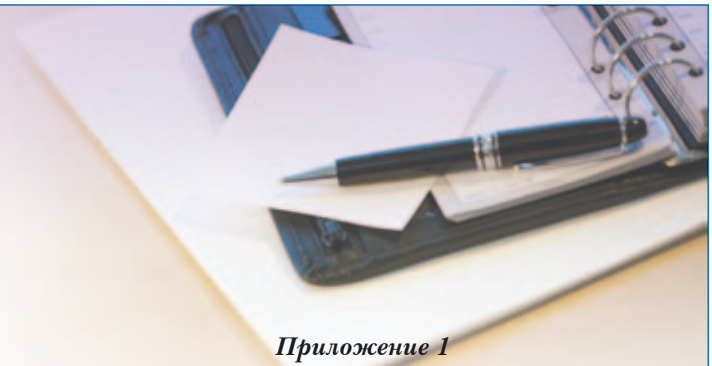
МОУ «ИИФ» – ЛУЧШЕЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

Институт инженерной физики стал победителем всероссийского конкурса «100 лучших предприятий и организаций России-2013» в номинации «Лучшее научно-исследовательское предприятие».

Всероссийский конкурс «100 лучших предприятий и организаций России» проводит Международный Форум «Инновации и развитие» с целью поощрения достижений в инновационном развитии предприятий и организаций РФ. Миссия Форума – расширение международного научного и делового сотрудничества в вопросах инноваций и развития различных сфер общественной деятельности. Основными целями его деятельности являются расширение и укрепление межрегионального и международного делового сотрудничества; объединение усилий государственных органов управления, общественных организаций, науки и бизнеса в развитии современной экономики; поддержка инновационных проектов; продвижение технологий и наукоемкой продукции различных отраслей российской экономики на внутренний и внешний рынки; привлечение инвестиций для реализации перспективных высокотехнологичных проектов.

Почетными медалями «За инновации и развитие» награждены Президент Института – Председатель Правления Института, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор А.Н. Царьков, Генеральный директор – Первый Вице-президент Института, доктор технических наук, доцент Д.В. Смирнов и Первый заместитель генерального директора по научной работе – главный конструктор, доктор технических наук, профессор С.В. Смуров. Торжественная церемония награждения состоялась в Москве в Административном здании Управления делами Президента РФ.

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»

■ **Управление, вычислительная техника и информатика**

- Технологии обработки и передачи данных;
- Средства и методы защиты информации;
- Информационно-расчетные системы;
- Вычислительные методы;
- Тестирование и сертификация программно-аппаратного обеспечения;
- Компьютерные сети и системы;
- Новые информационные технологии;
- Электромагнитная безопасность систем и комплексов;
- Искусственный интеллект;
- Базы данных;
- Моделирование процессов управления и оптимизации;
- Информационные технологии проектирования;
- Информационные технологии в образовании;
- Геоинформационные системы;
- Программно-аппаратное обеспечение;
- Автоматизированные системы управления;
- Компьютерная графика.

■ **Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь**

- Методы и способы измерения, оценка погрешностей;
- Информационно-измерительные системы;
- Методы обработки сигналов;
- Диагностические системы;
- Радиоэлектронные системы;
- Антенны, распространение радиоволн;
- Элементная база;
- Радиотехническая аппаратура;
- Системы связи.

■ **Навигация.**

■ **Механика твердого тела.**

■ **Техника общего назначения.**

■ **Инновационные проекты.**

■ **Техническое регулирование.**

■ **Совершенствование образования.**

■ **Подготовка кадров.**

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.