

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

В І С Н И К

**Східноукраїнського
національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**№ 9 (127)
Частина 2
2008**

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Луганськ 2008

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 9 (127) 2008

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
ЗАСНОВАНО У 1996 РОЦІ
ВИХІД З ДРУКУ - ДВНАДЦЯТЬ РА-
ЗІВ НА РІК
Засновник
Східноукраїнський національний
університет імені Володимира Даля

Журнал зареєстровано
Міністерством України у справах преси
та інформації

Свідоцтво про державну реєстрацію
серія КВ № 2411 від 19.12.96 р.

VISNIK

OF THE VOLODYMYR DAL EAST
UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY

№ 9 (127) 2008

THE SCIENTIFIC JOURNAL
WAS FOUNDED IN 1996
IT IS ISSUED TWELVE TIMES A YEAR

Founder
of the Volodymyr Dal East Ukrainian
National University

Registered by the Ministry of Ukraine
For Press and Information

Registration Certificate
KB № 2411 dated 19.12.96

Журнал включено до Переліків наукових видань ВАК України № 2 (Бюл. ВАК № 5 (13) 1999 р.), № 3 (Бюл. ВАК № 6 (14) 1999 р.) та № 4 (Бюл. ВАК № 2 (16) 2000 р.), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з *технічних, історичних та економічних наук* відповідно.

ISSN 1998-7927

Головна редакційна колегія: Голубенко О.Л., член-кор. Академії педагогічних наук, докт. техн. наук (головний редактор), Осенін Ю.І., докт. техн. наук (заступник головного редактора), Смирний М.Ф., докт. техн. наук (заступник головного редактора), Арлінський Ю.М., докт. фіз.-мат. наук, Будиков Л.Я., докт. техн. наук, Бузько І.Р., докт. екон. наук, Голубничий П.І., докт. фіз.-мат. наук, Гончаров В.М., докт. екон. наук, Грібанов В.М., докт. техн. наук, Довжук І.В., докт. іст. наук, Дорошко В.І., докт. техн. наук, Житна І.П., докт. екон. наук, Касьянов М.А. докт. техн. наук, Козаченко Г.В., докт. екон. наук, Куликов Ю.А., докт. техн. наук, Лазор Л.І., докт. юр. наук, Литвиненко В.Ф., докт. істор. наук, Максимов В.В., докт. екон. наук, Михайлюк В.П., докт. іст. наук, Нагорний Б.Г., докт. соціол. наук, Носко П.Л., докт. техн. наук, Петров О.С., докт. техн. наук, Рач В.А., докт. техн. наук, Рей Р.І., докт. техн. наук, Суханцева В.К., докт. філос. наук, Третьяченко В.В., докт. психол. наук, Тюпало М.Ф., докт. хім. наук, Ульшин В.О., докт. техн. наук, Шевченко Г.П., член-кор. Академії педагогічних наук України, докт. пед. наук.

Відповідальний за випуск: Пожидаєв В.Ф.

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (Протокол № 10 від 27 червня 2008 р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2008
© of the Volodymyr Dal East Ukrainian National University, 2008

ЗМІСТ

Андросов В.И., Данич В.Н.	Создание моделей безопасности информационно-управленческих архитектур предприятий средствами Windows 2003 server	6
Пожидаев В.Ф., Ба- вина М.И.	Прогнозирование объемов продаж лекарственных средств на примере предприятий Луганской области	13
Белозеров Е.В.	Побудова систем захисту даних користувача при обробці в незахищеному інформаційному середовищі	20
Бойко А.В.	Определение показателей надежности по данным эксплуатации локомотивов	23
Соловьев В.И., Брю- ханова Я.А.	Идентификация заданных фрагментов в звуковых файлах	30
Войтиков В.А., Пугач В.Ф.	Один метод позволяющий оптимизировать содержание курса лекций	33
Ветров А.А.	Оценка состояния трибосистем на основе анализа диффузионных процессов	41
Войтикова А.Ю., Шевченко В.А.	Методы контроля параметров пучка при электронно-лучевой сварке	48
Воробьев С.Г., Зубов А.Р., Зубова Л.Г.	Влияние терриконов на экологическое состояние речной сети и водных объектов в луганской области	52
Воронкин А.С.	Программно-аналитическая модель расчета оптимальных параметров полосковых линий и их моделирование в свч диапазоне	59
Дегтярьова Л.М., Де- гтярьова А.О.	Роль наочності в процесі дистанційного навчання	69
Дёмин М.К.	Объектно-ориентированная база данных информационно-управленческих архитектур и ее реализация в среде Versant	72
Афендіков М.О., Да- ніч В.М., Дерманська К.А.	Структура інформаційних систем органів місцевого самоврядування	78
Єрьоменко А.О.	Вплив атмосферних опадів на хімічний склад ґрунтів	86
Голуб Ю.В., Калмыков М.А., Иг- натьева О.В., Коман- дина Т.В.	Современные методы верстки веб-страниц	91

Карпінський М.П., Дубчак Л.О., Карпінський В.М.	Система для проведення криптоаналізу	95
Кочевская И.А.	Построение математической модели статистических характеристик младших бит в аудио файлах	99
Лобов И.В.	Мониторинг и управление повседневной жизнедеятельностью человека	106
Ludvig V. Guts, Anton V. Veligura	Method and compressor for information messages with min. Surplus	110
Мельков С.М.	Формирователь стартовых и стоповых сигналов измерителей дальности лазерных локационных станций	114
Мельник П.В. , Ключев А.А.	Разработка алгоритма проверки системы на устойчивость и управляемость	118
Митрохин С.А.	ВЫБОР метода прогнозирования степени подтопленности территорий промышленно-городских агломераций	121
Михайлюк А.В.	Еволюційний розвиток формальних логічних теорій представлення та обробки знань, що містяться у природномовних текстах	130
Петров А.А., Рыбальский О.В.	Применение спектрального анализа при обработке полиграмм	140
Крамар Н.М., Пожидаев В.Ф., Сычева Л.Ф.	Математическая модель определения рациональной платы за недра	143
Свиридов В.В., Радкевич Н.А.	Цифровое детектирование в сканирующей спектрофотометрии	147
Соловьев В.И., Брюханова Я.А., Белозеров Е.В.	Анализ графических файлов на наличие скрытой информации на основе анализа главных компонент	152
Спирягин М.И., Спирягин В.И., Костенко И.В., Мельник П.В., Ключев А.А.	Компьютерное моделирования движения рельсового транспортного средства в пакете simpack для систем управления экипажной частью	157
Тарасенко С.О.	Аналіз функціональності системи автоматизованого розрахунку збагачувальної фабрики	163
Пожидаев В.Ф., Тригуб А.С., Ищенко Н.Г.	Разработка системы планирования и управления междугородними перевозками с целью минимизации затрат	167
Фроликов Е.А.	Использование экспертного подхода для построения компьютерной автоматизированной системы решения задач высшей математики	171

Чичикалов А. В.	Анализ вопросов структурного синтеза направленных микрополосковых ответвителей.	176
Якименко І.З.	Порівняння часових характеристик виконання базових криптографічних операцій на еліптичній та гіпереліптичній кривих.	182
Ксенофонтова К.Ю. , Тихонов Ю.Л.	Выбор структуры при ієрархічній інтеграції	191
Могильный Г.А., Шкандыбин Ю.А., Жуковский М.А.	Особенности составления расписания учебных занятий на основе edirectory	195

Андросов В.И., Данич В.Н.

**СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИХ АРХИТЕКТУР
ПРЕДПРИЯТИЙ СРЕДСТВАМИ WINDOWS 2003 SERVER**

В статье рассматривается процесс планирования доменной архитектуры на основе серверов на базе Windows 2003 server. Особое внимание уделяется обеспечению согласованности организационных и информационных средств защиты коммерческой тайны. Сделаны выводы о высоких возможностях операционной системы моделировать и использовать информационно-управленческую архитектуру организации.

Защита производственной тайны на современном предприятии – достаточно сложная задача и для ее эффективного выполнения требуется согласование информационной и управленческой архитектур организации [1]. Только при этом условии будет достигнут эффект синергии, взаимного усиления и дополнения организационных и информационных подходов к защите коммерческой тайны [2]. Другими словами на предприятиях со скрываемыми производственными процессами должна существовать и использоваться адекватная модель информационно-управленческой архитектуры (ИУА). Под ИУА будем понимать информационную и организационную составляющие архитектуры предприятия, рассматриваемые в единстве и взаимодействии. Рассмотрим основные вопросы создания, поддержки актуальности и использования такой модели в корпоративных сетях под управлением серверных операционных систем Windows 2003.

В данной статье анализируются средства защиты, реализованные в операционной системе, которые можно привести в соответствие с моделью организационной структуры предприятия.

Обратимся к примеру пищевого предприятия со скрываемыми производственными процессами [3]. В структуре этой организации четко просматривается разделение на открытую (работает с общедоступной информацией) и закрытую (работает с охраняемыми данными и процессами, находится на закрытой территории предприятия, доступ на которую осуществляется по пропускам) части. На этом этапе анализа нужно принять решение об организации базовых элементов защиты объектов информационной системы на основе сети под управлением Windows 2003 Server – доменов [4]. Домен – это подмножество информационных ресурсов сети, на которое действуют общие правила безопасности. Организационные единицы соответствуют отделам. Скажем, могут быть созданы организационные единицы «Бухгалтерия», «Руководство», «Цех», «Отдел маркетинга». Они упорядочены иерархически, т.е. в одни отделы могут входить другие, кроме того, в организационные единицы могут входить пользователи и компьютеры. С помощью этих средств может быть создана модель информационно-управленческой архитектуры предприятия.

Структура доменов также должна отражать особенности архитектуры предприятия. Для нашего примера возможно применение нескольких вариантов.

Во-первых, это создание трех доменов: для открытой части предприятия (open.enterprise.ua), для закрытой части (hidden.enterprise.ua) и для всего предприятия в целом (enterprise.ua). Основным достоинством данной архитектуры является высокий уровень соответствия организационной структуре предприятия: с помощью домена уровня предприятия могут быть заданы общие настройки безопасности, в то время как в рамках доменов отделов будут приняты свои правила (скажем, для домена, в который входят закрытые отделы, существуют повышенные требования к безопасности). Однако применять такую структуру нужно только в случаях, когда существование отдельного домена для всего предприятия оправдано (существует достаточное количество настроек безопасности для всей организации в целом, открытые и закрытые отделы характеризуются значительным числом собственных правил). Зачастую для небольших предприятий применение отдельного корневого домена нецелесообразно. Так для открытой части организации обычно применяется минимальный набор правил безопасности, в то время как закрытая расширяет его. Кроме того, существование каждого домена связано с некоторыми расходами, так как требует отдельного сервера с установленной операционной системой Windows 2003, более сложной сети, системного администратора. Для небольших предприятий это существенная сумма, поэтому более рациональной в большинстве случаев является двухдоменная структура.

Очевидно, что для отделов, работающих со скрываемой информацией отдельный домен необходим, в то время как функции домена открытых отделов и всего предприятия в целом можно объединить. Таким образом, достаточно существования двух доменов.

Глобального (someenterprise.ua). Содержит общие политики безопасности для всего предприятия в целом, а также пользователей, работающих в открытой части организации. Действуют упрощенные требования к безопасности.

Закрытого (hidden.someenterprise.ua). В этом домене будут действовать повышенные требования к безопасности.

Отметим, что для двухдоменной архитектуры также может существовать несколько вариантов организации. Во-первых, это дерево, когда домен открытого отдела является родительским по отношению к домену закрытого. Такой подход позволит задавать общие настройки безопасности для предприятия в целом, оставляя возможность отдельной настройки для закрытых отделов. Во-вторых, возможно просто независимое существование двух доменов (лес). Это с одной стороны усилит уровень изоляции закрытых отделов (оставляя, тем не менее, возможность обмена информацией), но с другой – усложнит поддержку общей для организации политики безопасности. В дальнейшем будет описана двухдоменная модель, организованная в виде дерева. Однако особое внимание будет уделяться случаям, когда другие модели будут более эффективны.

На рисунке изображена предлагаемая архитектура информационной системы предприятия. Для этого потребуется три сегмента сети.

1. Сегмент, включает компьютеры открытых отделов.
2. Закрытый сегмент, объединяет компьютеры, входящие в закрытый домен
3. Служит для объединения серверов в единую сеть предприятия.

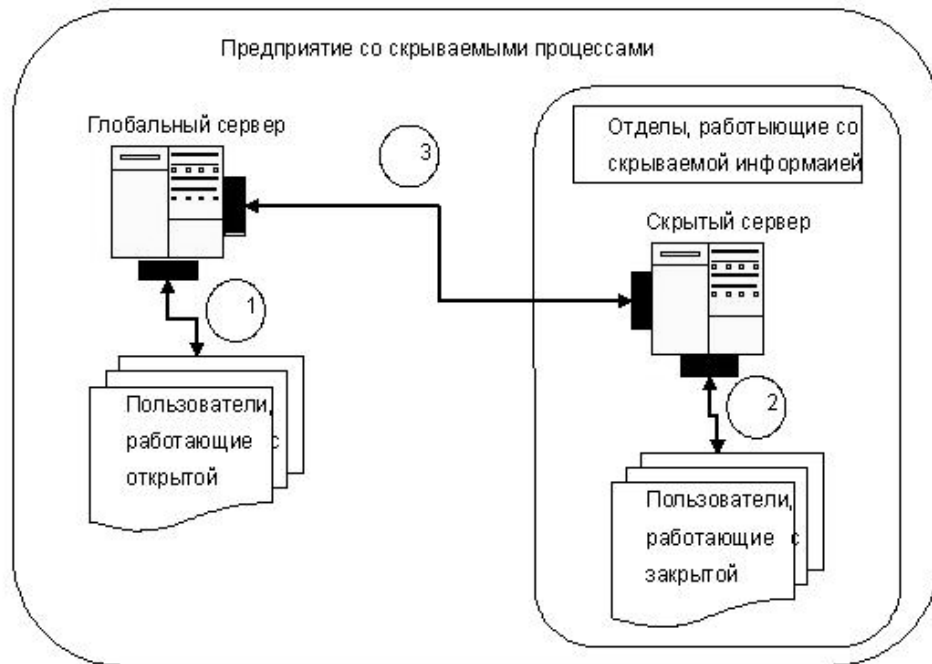


Рис. 1. Архитектура сети организации

Определим минимальные требования к организационным мероприятиям для организации защиты для приведенной архитектуры. Во-первых, доступ к компьютерам закрытого домена должен быть ограничен (расположение их в отделах с более строгой пропускной политикой). Во-вторых, для обслуживания контроллера скрытого домена потребуется системный администратор. Это не может быть тот же человек, который обслуживает контроллер открытого домена, поскольку тогда многие дальнейшие настройки безопасности теряют смысл. К администратору скрытого сервера должны быть предъявлены более высокие требования при приеме на работу. Причем речь идет не о профессиональных качествах, а, скорее, о личных. Уровень проверки будет зависеть от типа предприятия, например, общение с предыдущими работодателями, изучение характеристик, проверка на судимости, проверка на детекторе лжи и тому подобное. Контроллер закрытого домена физически должен находиться на охраняемой части предприятия. Без выполнения этих требований становится невозможной эффективная организация защиты информации.

Нужно особенно отметить необходимость организации защиты данных именно на уровне ИУА предприятия. В противном случае информационные и организационные меры защиты будут мешать друг другу, сводя совместный эффект на нет. Так самая жесткая настройка политик безопасности в компьютерной сети, практически полностью теряет эффективность при наличии возможности физического доступа к машинам (в особенности к серверам). Наличие одного администратора (или одной группы администраторов), который занимается всем предприятием в целом, также может служить серьезной брешью в защите. Человек, занимающий такую должность, может получить (или предоставить) доступ практически к любой информации в системе, притом, что фор-

мально в его обязанности не входит работа с секретной информацией (системные администраторы обычно относятся к техническому вспомогательному персоналу). Шифрование может несколько снизить опасность утечки информации в этих случаях. Однако у такого подхода также есть ряд недостатков

1. Масштабное внедрение шифрования – достаточно трудоемкий процесс
2. Снижается уровень удобства работы с системой (особенно в случаях высокой степени ее сложности).
3. Шифрование защищает только от утечек информации (причем далеко не полностью, теоретически информация может быть украдена и в зашифрованном виде – механизмы дешифровки также постоянно развиваются). Опасность злонамеренной порчи данных остается.

Также и с организационной частью. Даже самые продуманные организационные правила защиты теряют смысл при наличии незащищенной информационной системы. Так жесткая система допуска на территорию может быть полностью скомпрометирована возможностью свободного удаленного доступа к компьютерам извне, а проверка при выходе – возможностью передать данные с использованием сети, например, отправить по электронной почте.

Так что полезный эффект может быть получен только при защите на уровне ИУА организации. Далее рассмотрим примеры настроек безопасности и возможности операционной системы учитывать архитектуру организации.

Для начала построим модель архитектуры открытых отделов. Создадим три подразделения: руководство, бухгалтерия, гараж, в составе которого существуют отделы грузовых и пассажирских перевозок. Для этого на контроллере домена всего предприятия создадим соответствующие организационные единицы. В них и будут размещаться пользователи, работающие в соответствующих разделах. В организационные единицы можно также добавлять компьютеры. Таким образом, можно создать модель ИУА предприятия высокой сложности. Кроме того, с объектами операционной системы (группы, пользователи, организационные единицы) может быть связано большое количество атрибутов (их набор достаточно велик, существуют даже методы их расширения). Так что на основе рассматриваемой операционной системы может быть создана полноценная модель ИУА предприятия. Важно, что процесс построения такой модели является сразу и настройкой системы защиты. Однако в последствии полученную систему можно использовать и для других целей (операционная система имеет достаточно развитые функции СУБД). Так для рассмотренной модели возможно применения нескольких видов средств [5, 6]:

1. LDAP (эффективен при обработке иерархических структур). Язык запросов не очень удобен для восприятия человеком, однако прост для автоматического построения и интерпретации.
2. WMI. Инструментарий позволяющий работать с практически всеми объектами операционной системы через интерфейс, очень похож на работу с обычными реляционными базами данных (поддерживается язык запросов, напоминающий SQL). Кроме того, имеется возможность работы с выбранными данными не просто как со строками, а как с полноценными объектами (реализовано поведение, так для служб можно воспользоваться операциями запуска и остановки).

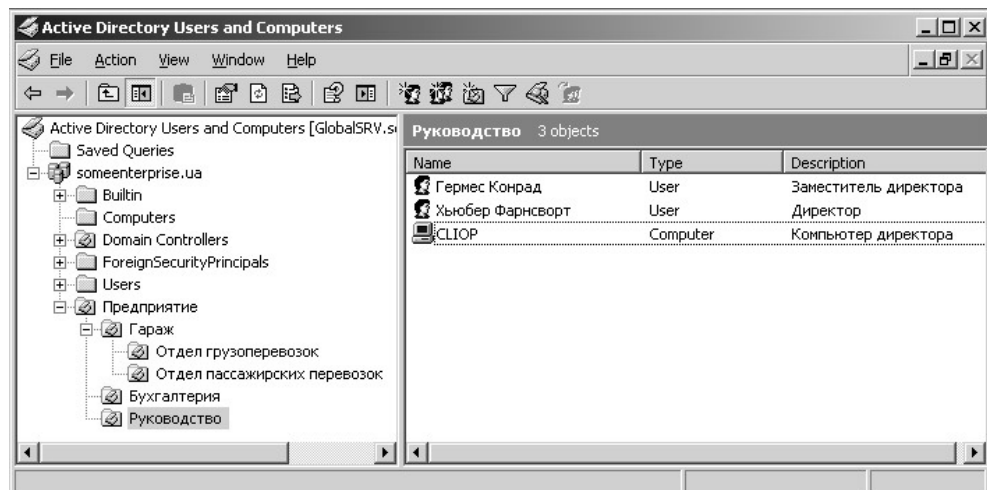


Рис. 2. Модель ИУА предприятия

Однако необходимость в подобных инструментах возникает только в случаях, когда нужно реализовать нестандартные сценарии защиты или поведения. Для подавляющего числа стандартных задач достаточно встроенных в операционную систему графических средств.

Аналогичным образом моделируется структура скрытых отделов предприятия, которые находятся в рамках соответствующего домена. Закрытыми являются цеха предприятия (Цех №1 и Цех №2), а также производственная бухгалтерия.

Далее рассмотрим возможности использования построенных моделей при решении вопросов обеспечения безопасности. Для этого средствами операционной системы реализуем несколько правил защиты.

Во-первых, с компьютерами закрытого отдела не могут работать любые сотрудники предприятия – это должны быть только сотрудники закрытых отделов. Доступ же к остальным компьютерам предприятия можно предоставить всем сотрудникам. Этот вопрос решается на уровне доменов с помощью настройки доверительных отношений. По умолчанию установлены двусторонние доверительные отношения между закрытым и открытым доменами. Это означает, что любой сотрудник предприятия может воспользоваться любым компьютером. Чтобы реализовать правило защиты достаточно настроить скрытый домен не доверять пользователям из открытых отделов.

Здесь мы сталкиваемся с важным ограничением иерархии доменов. Доверительные отношения между родительским и дочерним доменами нельзя отключить. Так что нужно будет воспользоваться другими средствами.

Конечно, при корректной настройке защиты ресурсов компьютера и сети, даже при возможности входа на компьютер закрытого отдела посторонний не сможет получить доступа к информации. Однако полагаться только на один механизм защиты слишком опасно - важно обеспечить дублирующие средства. Невозможность даже открыть пользовательскую сессию для сотрудника, не являющегося членом закрытого отдела, в значительной степени повысит надежность информационной системы. Подобную функциональность можно относительно просто реализовать с применением сценариев.

На закрытый отдел (и все его подразделения) накладывается групповая политика, одним из правил которой является запуск специальной программы

при каждом заходе пользователя. Приведем пример сценария, который проверяет, к какому отделу относится пользователь, и если не к тому, в котором расположен компьютер – завершает сеанс. Т.е. мы реализуем правило защиты: пользоваться компьютерами отдела могут только сотрудники того отдела, в котором расположен компьютер. Например, для рисунка 2 компьютером CLIOP могут воспользоваться только директор и его заместитель.

Рассмотрим листинг сценария на языке VBScript. Данный язык поддерживается всеми последними операционными системами Microsoft.

```
Set objSysInfo = CreateObject("ADSystemInfo")
userOU = getOU(objSysInfo.UserName)
compOU = getOU(objSysInfo.ComputerName)
if compOU <> userOU then
    set shellObj = CreateObject("WScript.Shell")
    shellObj.exec "shutdown /l"
end if

function getOU(dn)
getOU = right(dn, len(dn) - instr(1, dn, ",", vbTextCompare))
end function
```

Вопросы написания эффективных сценариев выходят за рамки данной статьи, поэтому приведен простейший пример, реализующий необходимую функциональность. В реальной системе в программу следовало бы включить как минимум извещение заинтересованных лиц (с помощью смс, электронной почты или системы сообщений).

Кратко рассмотрим суть работы программы. Сначала получаются полные имена [6] (distinguished name или DN) пользователя и компьютера. Это имя содержит не только собственно название объекта, но и его положение в архитектуре организации. Например, для пользователя «John Zoidberg», работающего в отделе «Aid post» предприятия «Planet Express», компьютеры которого объединены в домен «futurama.mult» полное имя будет выглядеть так: CN=John Zoidberg,OU=Aid post,OU= Planet Express,DC=futurama,DC=mult. Функция getOU просто отбрасывает общее имя (первый элемент – CN) с помощью функций обработки строк. Таким образом, остается подстрока, описывающая положение объекта (пользователя или компьютера) в архитектуре организации. Дальше эти строки для компьютера и пользователя сравниваются, и в случае их несовпадения выполняется команда завершения сеанса пользователя (shutdown /l). В результате, когда на компьютер пытается зайти человек, использующий данные сотрудника другого отдела, пользовательская сессия завершается, так и не начавшись.

Чтобы сценарий автоматически запускался при попытке входа пользователей на все компьютеры закрытого отдела нужно сделать соответствующую настройку групповой политики безопасности и назначить ее на объекты скрытого домена (различные групповые политики безопасности могут накладываться и на отдельные организационные единицы (отделы) в случаях, когда требования защиты различаются для разных скрытых подразделений).

Групповые политики безопасности (ГПБ) являются основным средством настройки защиты на уровне информационно-управленческой архитектуры. Они накладываются на подразделения и воздействуют на все входящие в них объекты. Различные ГПБ могут гибко комбинироваться, что позволяет создавать более эффективные сценарии защиты на основе использования информационной и организационной подсистем организации.

Кроме того, операционная система Windows 2003 Server предоставляет возможность (стандартную для операционных систем этого класса) разграничения прав доступа на основе списков доступа (обычно пользователи для повышения удобства и гибкости объединяются в группы, и права на доступ к различным объектам предоставляются именно группам). Это нужный и часто используемый механизм, однако он лежит в плоскости, ортогональной организационной структуре предприятия (объединение пользователей в группы никак не связано с их принадлежностью определенному подразделению).

Для больших организаций со скрывающимися бизнес-процессами, работа с которыми сосредоточена в специальных отделах, использование исключительно списков доступа неэффективно. Так при переходе пользователя из одного отдела в другой с разными уровнями секретности может потребоваться модификация сразу большого количества групп (из одних человека нужно удалить в другие добавить). В случае же с групповыми политиками пользователя достаточно переместить (с помощью графических средств, встроенных в операционную систему или сценариев, если требуется одновременное перемещение ряда пользователей) из одной организационной единицы в другую – все необходимые настройки безопасности будут применены автоматически.

ГПБ позволяют делать большое количество разнообразных настроек, как для компьютеров домена, так и для пользователей. Остановимся на вопросе на какую организационную единицу нужно наложить данную политику, чтобы она действовала сразу для всего предприятия. Выбор для этой цели корневого домена не дает ожидаемого результата. Дело в том, что применение групповых политик повышает нагрузку на сеть, а домены могут быть соединены медленными каналами связи, поэтому автоматически групповые политики не наследуются дочерними доменами. Есть два варианта.

Во-первых, наложить политику вручную на каждый поддомен дерева. Это придется сделать только один раз для каждого домена, поскольку назначается лишь ссылка на ГПБ – в дальнейшем глобальные политики можно изменять без ручного распространения на дочерние домены. Кроме того, подобная стратегия позволит держать в курсе системных администраторов дочерних доменов (как уже говорилось выше, для каждого домена желателен отдельный администратор) о применяемых политиках.

Возможен и другой вариант. Политика назначается не на конкретные домены, а на сайт. Сайт – это набор доменов, связанных быстрыми каналами связи. Способ назначения ГПБ аналогичен организационным единицам, только для этого нужно использовать другую оснастку: «Active directory sites and services»

Для последнего случая значительно возрастает скорость назначения политики (делается один раз в одном месте), однако администраторы некоторых доменов могут не знать про ввод новых ограничений. Последний недостаток частично компенсируется тем, что администратор дочернего домена может всегда создать ГПБ для своего домена, перекрывающую глобальные.

Таким образом, можно эффективно ввести самые разнообразные ограничения на использование программного обеспечения. Ограничения могут быть наложены на конкретные файлы (вычисляется хеш-функция по их содержанию, поэтому простое переименование обойти политику не позволит), на пути, на электронные подписи. Важно, что все ограничения накладываются на элементы архитектуры предприятия. Скажем, на скрытые отделы можно наложить более жесткую ГПБ, запрещающую запуск всех программ, кроме списка разрешенных, а работу в некоторых отделах можно вообще ограничить одним приложением.

При добавлении же нового компьютера в отдел, его нужно просто добавить в домен – все ограничения отдела будут наложены на него автоматически.

Итак, на основе операционных систем Windows 2003 с использованием доменов и организационных единиц может быть разработана модель безопасности, отражающая ИУА конкретного предприятия. Windows 2003 server позволяет не только создавать, но и осуществлять гибкое редактирование модели безопасности предприятия параллельно и согласовано с его организационной структурой.

Таким образом, может быть создана динамическая система безопасности предприятия, действующая в согласовании с его информационно-управленческой архитектурой. Нужно отметить, что для эффективной защиты коммерческой тайны требуется использование моделей ИУА не только на уровне организации компьютеров и операционных систем, но и других программных средств (серверов баз данных, других используемых внутренних приложений). Только в этом случае можно говорить о согласованности, синергизме информационной и административной подструктур архитектуры предприятия.

Л и т е р а т у р а

1. Андросов В.И., Данич В.Н. Информационно-управленческая архитектура предприятия как объект бизнес-разведки. – Вестник ВНУ им. В. Даля, Луганск: изд. ВНУ, 2005, №9 (91), - с. 34-39
2. Данич В. Н. Синергизм управленческих и информационных структур в социальных системах. - Вестник ВУГУ, Луганск: Изд. ВУГУ, 2000, №3 (25). - с. 20-27
3. Андросов В.И., Данич В. Н. Бухгалтерский учет и защита информации на предприятиях с производственными процессами «ноу-хау». - Вестник ВУГУ, Луганск: Изд. ВУГУ, 2004, №11 (81). - с. 108-112
4. Чарли Рассел, Шарон Кроуфорд, Джейсон Джеренд. «Windows server 2003 +SP1 и R2. Справочник администратора». – М.: Издательство «ЭКОМ», 2006. – 1424 с.
5. Чекмарев А.Н. «Windows 2000 Active Directory». – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 400 с.
6. Аллен Р. «Active Directory. Сборник рецептов. Для профессионалов». – СПб.: Питер, Киев: издательская группа ВНУ, 2004. – 590 с.

УДК 519.242.7

Пожидаев В.Ф., Бавина М.И.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ПРОДАЖ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

На основании сравнительного анализа методов прогнозирования предлагается оценка прогнозируемой величины спроса с помощью метода волн Эллиота

Минимизация потерь при планировании объемов продаж является актуальной задачей на рынках сбыта продукции, особенно это актуально в условиях возрастающей конкуренции. Так как существуют различные подходы к решению этой задачи в математике, то необходимо провести их сравнительный анализ и выбрать тот, который наиболее доступен потребителю и дает достаточную для практики прогнозируемую оценку.

Для решения данной задачи можно использовать такие методы как волны Эллиота, метод с использованием полинома Чебышева, метод Фурье, мо-

дель авторегрессии и т.п. В данной работе на конкретном материале были подвергнуты сравнению такие методы как волны Эллиота, метод с использованием полинома Чебышева, метод Фурье, модель авторегрессии. Рассмотрим теперь каждый метод подробно.

Основателем оригинальной и хорошо разработанной волновой теории является Ральф Нельсон Эллиот (1871-1948), бухгалтер, который заинтересовался проблемами рынка акций. Основой теории Эллиота является массовая психология поведения толпы. Поэтому данная теория применима не только к финансовым рынкам, но и ко многим другим социальным явлениям. Например, с ее помощью предпринимаются попытки прогнозировать даже результаты выборов президента.

По мнению Эллиота, массовая психология толпы подчиняется определенным циклическим законам: экспансия, энтузиазм, эйфория, успокоение, упадок и депрессия. Подобная цикличность развития известна уже давно. Как мы знаем, развитие любого явления, будь то философское учение или промышленное предприятие, проходит стадии зарождения, расцвета, стабилизации и спада. Ценность теории Эллиота состоит в том, что, кроме цикличности, он вывел численные характеристики этих циклов, используя последовательность чисел Фибоначчи. Кроме того, эта теория использует еще одну важную закономерность устройства мира: мелкие части по форме и сути повторяют форму и сущность объемлющего (теория фракталов). В отличие от классического технического анализа, теория Эллиота представляет собой стройную концепцию, интегрирующую в себя технический анализ, психологию и цикличность развития рынка. Заметим, что на рынках с малым количеством участников эта теория работает хуже или вообще не работает. На тех же рынках, где существует огромное количество участников, она, по-видимому, работает более успешно. Мы уделяем большое внимание теории Эллиота потому, что она позволяет произвести интегральный анализ рынка, объединяя в себе анализ классических фигур, откаты и отскоки, массовую психологию рынка и многое другое. Необходимо отдавать себе отчет в том, что анализ графика и попытки выявить эти волны настолько же сложны, насколько и эффективны. В волновой теории существует несколько главных аспектов. Определяются количество и последовательность волновых движений, а также дается характеристика каждой волны. Устанавливаются возможные фигуры, которые могут сформироваться в каждой из волн. Многие из этих фигур являются классическими фигурами продолжения или разворота тренда. Определяются возможные отношения между величинами волн. При этом используются соотношения, полученные на основе последовательности чисел Фибоначчи. Даются рекомендации по определению временных характеристик волн. Именно в этом порядке мы и будем их рассматривать. Следует заметить, что волновая теория Эллиота основана на изучении большого количества графиков, от 15 минутных до месячных, поэтому описанные соотношения между волнами, а также фигуры импульсных и коррекционных волн являются исчерпывающими. Иногда даже утверждается, что других фигур не бывает.

Эллиот показал на 80 -летнем периоде анализа существование 8 волн: 5 из которых принадлежат бычьему тренду (цифровая фаза - на рисунке 1 волны 1-5) и 3 - принадлежат медвежьему тренду (буквенная фаза - на рисунке волны А, В, С).

На рисунке .2 волны 1, 3 и 5 (взяты в квадраты) - повышательные волны основного бычьего движения. Профессиональное название этих волн - волны импульса.



Рис.1.Схематичное отображение цикла из восьми волн Эллиота

Волны 2 и 4 - корректирующие фазы волн 1 и 3 соответственно. Это волны корректировки. Волны A, B, C - три корректирующие волны основного бычьего тренда. Из них волна B является коррекцией волны A, а волны A и C - волны импульса. Одна из трех волн импульса является самой продолжительной и состоит из девяти волн меньшего размера.

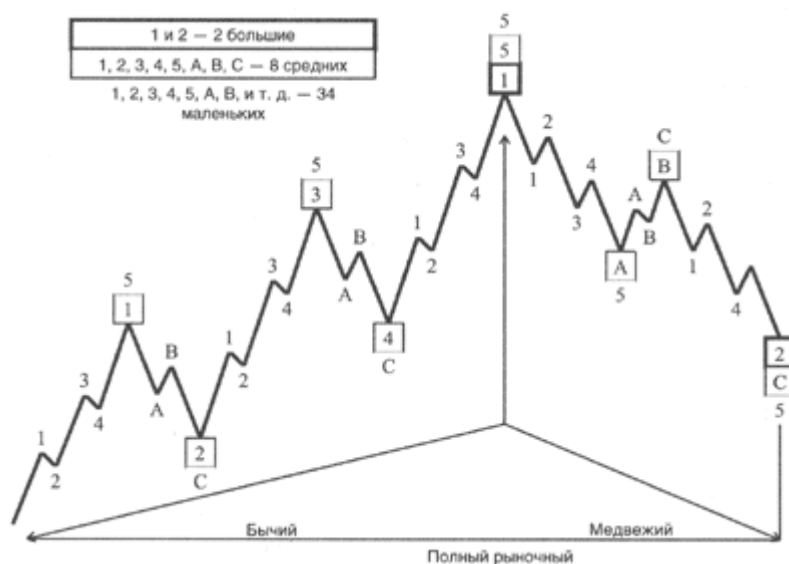


Рис.2.Схематичное отображение полного цикла волн Эллиота

Обычно такой растянутой волной бывает средняя, третья волна импульса. Продолжительность такой волны, как правило, на 1.618 больше длительности обычной волны импульса (это число является отношением чисел Фибоначчи). Корректирующая волна C заканчивается обычно на уровне 4 волны импульса.

Отношение размеров всех волн друг к другу может принимать значения 0.382, 0.50, 0.618, 1.618. Здесь можно рассчитывать отношения, как высот, так и продолжительности волн. Необходимо отметить один из основных принципов

вложенности волн - каждая волна импульса состоит из пяти волн меньшего размера, а каждая волна корректировки - из трех волн.

Самый длинный цикл согласно теории Эллиота называется Большим Суперциклом, который состоит из 8 волн суперцикла (аналогичных изображенным на рисунке), каждая из которых состоит из 8 волн меньшего цикла. Волны меньшего цикла, в свою очередь, тоже разбиваются на 8 волн еще меньшего цикла. Тем самым формируются Главные, Промежуточные, Минутные, Секундные и Субсекундные волны.

Рыночный цикл, включающий в себя три основных цикла волновой теории Эллиота, будет выглядеть следующим образом, как это изображено на рисунке 2.

Числа Фибоначчи играют важную роль в строении полного рыночного цикла, описываемого волнами Эллиота. Так, полный рыночный цикл состоит из двух больших волн, восьми средних волн и 34-х маленьких волн. Далее идут 144 очень маленьких волны и т.д. по ряду чисел Фибоначчи. При этом бычья большая волна состоит из одной большой волны, пяти средних волн и 21 -й маленькой волны. Если продолжить этот список, то следующим числом бычьих волн будет 89 и т.д. Соответственно медвежья большая волна состоит из одной большой волны, трех средних волн и 13-и маленьких волн. Этот список можно продолжить 55 очень маленькими волнами и т.д.[5].

Рассмотрим использование полиномиальной экстраполяции для прогнозирования данных. Выбор параметров моделей прогнозирования случайных процессов. Рассмотрим задачу экстраполирования случайных процессов по оператору подбора полиномов с корректировкой по направлению.

Пусть $f(x)$ – неизвестная прогнозируемая последовательность, измеряемая в дискретных шагах $x_1, x_2, \dots, x_n$, а экстраполяция осуществляется степенным полиномом

$$\Phi(x) = \Phi_{mn}(x) \quad (1)$$

степени m с длиной предыстории n .

Разложим (1) в ряд Тейлора в окрестности точки x_n имеем

$$\Phi_{mn}(x) = c + \frac{x - x_n}{1!} \Phi'(x_n) + \dots + \frac{(x - x_n)^m}{m!} \Phi^{(m)}(x_n)$$

Введем вспомогательную функцию $\Phi_{mn}^*(x)$, которая в точке x_n будет в точности совпадать со значением прогнозируемой функции $f(x)$ в этой точке

$$\begin{aligned} \Phi_{mn}(x) &= f(x_n) + \frac{x - x_n}{1!} \Phi'(x_n) + \dots + \frac{(x - x_n)^m}{m!} \Phi^{(m)}(x_n) = \\ &= \Phi_{mn}(x) + f(x_n) - \Phi(x_n), \end{aligned} \quad (2)$$

т.е. при $x = x_n$ имеем

$$\Phi_{mn}^*(x) = f(x_n) \quad (3)$$

Такое представление дает возможность скорректировать экстраполирующую функцию $\Phi(x)$ в каждой точке x_n на величину отклонения на каждом шаге предсказания, что позволяет получить

$$|f(x_{n+1}) - \Phi_{m,n}(x_{n+1})| \leq \delta,$$

где δ – величина наименьшего приближения.

Так как $\Phi_{mn}(x_n) \neq f(x_n) \equiv f(x_n)$, то необходимо учитывать величину абсолютного отношения на каждом шаге предсказания со своим знаком и весом для корректировки предсказывающего полинома. Приведем Структурную схему в операторной форме алгоритма прогнозирования с использованием интерполяционных рядов Чебышева. Прогнозирование наблюдения с предысторией $n = 5$ при помощи квадратичного полинома.

Допустим, имеется набор значений y_1, y_2, y_3, y_4, y_5 , которые наблюдались в периоды времени $t = -2, -1, 0, 1, 2$ соответственно. Рассмотрим прогнозирование следующих значений y_i в виде квадратичного полинома:

$$y(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2.$$

Для этого, применяя МНК (метод наименьших квадратов), получим

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 5 & 0 & 10 & y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 \\ 0 & 10 & 0 & -2y_1 - y_2 + 0y_3 + y_4 + 2y_5 \\ 10 & 0 & 34 & 4y_1 + y_2 + 0y_3 + y_4 + y_5 \end{array} \right)$$

Преобразовывая полученную матрицу, получим

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 2 & \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 y_i \right) \\ 0 & 1 & 0 & \frac{1}{10} \left(\sum_{i=1}^5 t_i y_i \right) \\ 5 & 0 & 17 & \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^5 t_i^2 y_i \right) \end{array} \right)$$

Таким образом $a_1 = \frac{1}{10} \left(\sum_{i=1}^5 y_i \right)$. Найдем выражения для a_0 и a_2 .

Преобразуем последнюю матрицу, вычеркивая из нее вторую строку:

$$\left(\begin{array}{cc|c} 1 & 2 & \frac{1}{10} \left(\sum_{i=1}^5 2y_i \right) \\ 1 & 34 & \frac{1}{10} \left(\sum_{i=1}^5 t_i^2 y_i \right) \end{array} \right),$$

откуда

$$a_2 = \frac{1}{14} \left(\sum_{i=1}^5 (t_i^2 - 2) y_i \right), \quad a_0 = \frac{1}{35} \left(\sum_{i=1}^5 (7 - 5t_i^2 + 10) y_i \right).$$

Таким образом, можем найти, например y_6 :

$$\begin{aligned} y_6 &= a_0 + 3a_1 + 9a_2 = \frac{1}{35} \sum (17 - 5t_i^2) y_i + \\ &+ \frac{3}{10} \sum t_i y_i + \frac{9}{14} \sum (t_i^2 - 2) y_i = \\ &= \frac{1}{5} (3y_1 - 3y_2 - 4y_3 + 0y_4 + 9y_5). \end{aligned}$$

Таким образом, если заданы предыдущие n наблюдений, то следующее можно спрогнозировать, используя описанный выше механизм.

В авторегрессионных (АР) моделях текущее значение процесса представляется как линейная комбинация предыдущих его значений и случайной компоненты.

1. Пусть дана последовательность чисел $x_1, x_2, \dots, x_n$. Запишем ее с шагом $k = 5$ в виде:

$$\begin{array}{c} X_1 \quad X_2 \quad X_3 \quad X_4 \quad X_5 \quad \tilde{y} \\ \left(\begin{array}{cccccc} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 & x_6 \\ x_2 & x_3 & x_4 & x_5 & x_6 & x_7 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{n-5} & x_{n-4} & x_{n-3} & x_{n-2} & x_{n-1} & x_n \end{array} \right) \end{array}$$

Вычислим определители $\Delta, \Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_6$ матрицы

$$\left(\begin{array}{cccccc|c} n & \sum X_1 & \sum X_2 & \sum X_3 & \sum X_4 & \sum X_5 & \sum \tilde{y} \\ \sum X_1 & \sum X_1^2 & \sum X_1 X_2 & \sum X_1 X_3 & \sum X_1 X_4 & \sum X_1 X_5 & \sum X_1 \tilde{y} \\ \sum X_2 & \sum X_2 X_1 & \sum X_2^2 & \sum X_2 X_3 & \sum X_2 X_4 & \sum X_2 X_5 & \sum X_2 \tilde{y} \\ \sum X_3 & \sum X_3 X_1 & \sum X_3 X_2 & \sum X_3^2 & \sum X_3 X_4 & \sum X_3 X_5 & \sum X_3 \tilde{y} \\ \sum X_4 & \sum X_4 X_1 & \sum X_4 X_2 & \sum X_4 X_3 & \sum X_4^2 & \sum X_4 X_5 & \sum X_4 \tilde{y} \\ \sum X_5 & \sum X_5 X_1 & \sum X_5 X_2 & \sum X_5 X_3 & \sum X_5 X_4 & \sum X_5^2 & \sum X_5 \tilde{y} \end{array} \right)$$

Найдем $a_0 = \frac{\Delta_1}{\Delta}, a_1 = \frac{\Delta_2}{\Delta}, \dots, a_5 = \frac{\Delta_6}{\Delta}$.

$$\bar{y} = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5.$$

$$\Delta y = |\tilde{y} - \bar{y}|.$$

Построим график зависимости номера элемента от его значения функций $\tilde{y}$ и $\bar{y}$.

Построим график автокорреляционной функции. Для этого вычислим:

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2; \quad \dot{x}_i = \frac{x_i - m}{s}, \quad i = 1 \dots n;$$

$$R(\tau) = \frac{1}{n - \tau - 1} \sum_{i=1}^{n-\tau} \dot{x}_i \dot{x}_{i+\tau}; \quad R(0) = 1;$$

Возьмем $1 \leq \tau \leq 30$.

Приведем пример реализации алгоритма.

Метод Фурье заранее в этой задаче не перспективен, так как он хорош для задачи интерполяции, хотя он и дает наиболее высокую точность. Данный метод хорошо использовать для решения задач с периодичностью, в нашем же случае участвуют такие факторы как сезонность, социальные процессы и т.д., поэтому метод Фурье нам не подходит.

Поскольку при производстве и продаже фармацевтических средств подписывается договор о конфиденциальности информации, то полное раскрытие предприятием наименования лекарственных препаратов являлось бы нарушением такого юридического соглашения, поэтому мы имеем право только на демонстрацию принципиальной конструкции алгоритмов методов прогнозирования и их работоспособности.

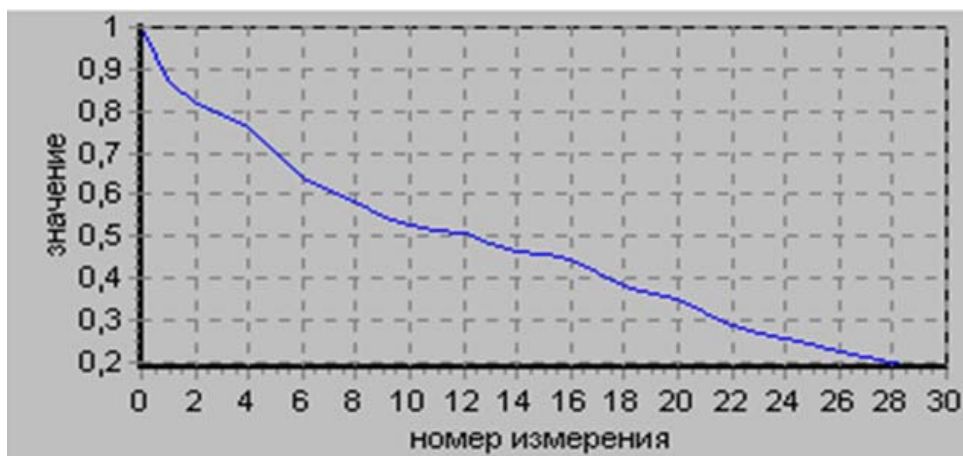


Рис.3. Автокорреляционная функция

Далеко не все аптеки обладают хорошей вычислительной базой, им интересен метод, который наиболее прост в практическом использовании. Аптекакам нужен такой метод прогнозирования продаж который бы дал им оптимальную возможность закупки товара, и не оставил аптеку без прибыли. Фармацевтический бизнес сейчас развивается очень быстро, аптечные сети находятся в жесткой конкурентной борьбе и каждая аптечная сеть хочет выжить в этой борьбе. Проведя сравнительный анализ вышеперечисленных методов прогнозирования, мы пришли к выводу, что наиболее удобен метод волн Эллиота, так как его можно приспособить к ручной обработке. Данный метод рекомендуется для практического применения. Метод Эллиота используется для анализа текущего состояния рынка и для прогнозирования его движения. Предварительный экономический анализ показывает существенное уменьшение потерь предприятия.

Л и т е р а т у р а

1. Карлин С. «Основы теории случайных процессов»: Пер. с англ. М.: Мир, 1971.
2. «Анализ авторегрессий»: сборник статей/Пер. с англ. И.Г. Грипевич. Сост. научный ред. и автор предисловия Ю.П. Лукашин, - М.: «Статистика», 1978.- 232 с.
3. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов – 13-е изд., исправленное.– М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.– 544 с.
4. Ферстер Ф., Рёнц Б. «Методы корреляционного и регрессионного анализа», - М, 1979.
5. http://www.bull-n-bear.ru/technic/?t_analysis=elliott.

Белозеров Е.В.

ПОБУДОВА СИСТЕМ ЗАХИСТУ ДАНИХ КОРИСТУВАЧА ПРИ ОБРОБЦІ В НЕЗАХИЩЕНОМУ ІНФОРМАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Розглядаються питання створення системи та способу для забезпечення цілісності та безпеки обробки даних користувача в інформаційних системах на основі використання сервера безпеки

Вступ. Впровадження у повсякденне життя суспільства й держави передових інформаційних технологій, підвищує вплив інформаційних погроз на інформаційно-телекомунікаційні системи, інформаційні ресурси державних органів і комерційних структур з боку кримінального миру й окремих осіб, з метою здійснення протиправних дій. Одним з найбільш серйозних видів цих погроз є комп'ютерні злочини, сфера яких надзвичайно багатогранна й складна.

Постановка задачі. В існуючих інформаційних системах однією з важливіших завдань забезпечення безпеки даних користувача є створення способів реалізації захисту. Існують способи, що дозволяють реалізувати захист за рахунок аналізу процесів передачі та використання даних. Також відомий спосіб, реалізований у сервері універсального драйвера, що залежно від побітово прочитаної інформації, яка знаходиться на пристрої зберігання даних, дозволяє реалізувати читання даних поза залежності від форми подання інформації на даному пристрої на основі завантаження необхідних драйверів на комп'ютер користувача [1,2,3]. Недоліком відомого способу є те, що відсутня реалізація питань безпеки даних. Крім того, зазначений метод надає користувачеві тільки можливість читання даних без її обробки й зміни форми зберігання.

Основна частина. Проведене дослідження дозволило створити корисну модель для реалізації способу захисту даних користувача. В основу корисної моделі покладене завдання вдосконалювання безпеки обробки й цілісності зберігання даних користувача шляхом створення захищеної сесії з вилученим комп'ютером (сервером безпечної обробки) або компонентом операційної системи, що є захищеною системою обробки даних.

Поставлена мета досягається тим, що спосіб забезпечення захищеності даних користувача реалізується на основі побітового читання вмісту пристрою зберігання даних, створення захищеної робочої сесії з віддаленим комп'ютером (сервером безпечної обробки), передачі даних побітового читання на сервер для реалізації перетворення даних на сервері й надання користувачеві тільки графічного представлення оброблюваних даних, що виключає можливість їхнього перетворення й перехоплення в процесі передачі й обробки, з одержанням від користувача тільки сигналів уведення й керування. Це дозволить автоматично забезпечити високий рівень безпеки при зберіганні й обробці конфіденційних даних користувача в незахищеній комп'ютерній системі. Крім того, необхідно відзначити незалежність ресурсів користувача від апаратної складової комп'ютерної системи на основі можливості використання на сервері безпечної обробки бази операційних систем та драйверів, які використовуються в залежності від форми представлення даних на носії користувача.

Пропонований спосіб має дві реалізації, схеми яких представлені на кресленнях. Перша реалізація (Рис. 1) припускає використання комп'ютерної мережі як ланки передачі інформації користувача. При цьому створюється захищене з'єднання із сервером безпечної обробки інформації. Далі комп'ютер, до якого

підключений пристрій зберігання даних користувача реалізує операцію побітового читання даних з носія й передачу їх через захищене з'єднання серверу безпечної обробки. При цьому тип даних і форма представлення не мають значення для комп'ютера, до якого підключений пристрій зберігання даних.

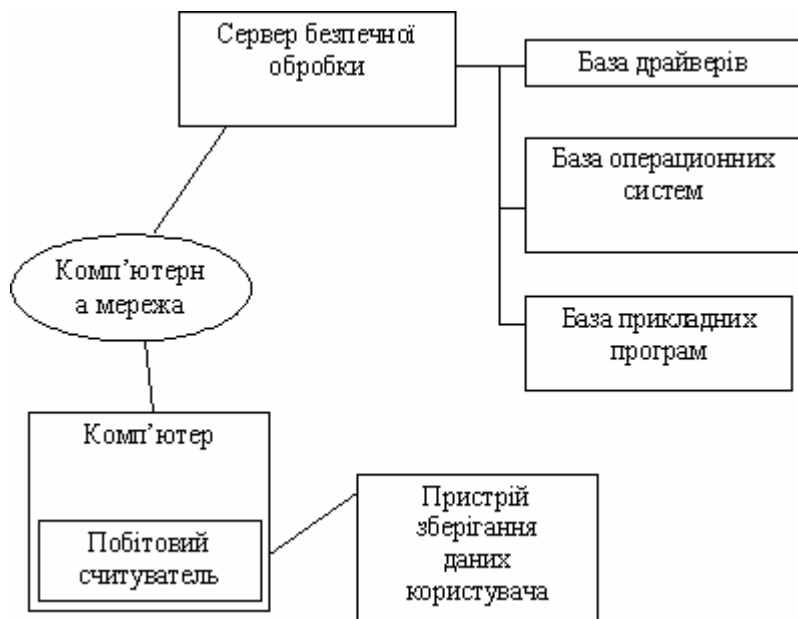


Рис. 1

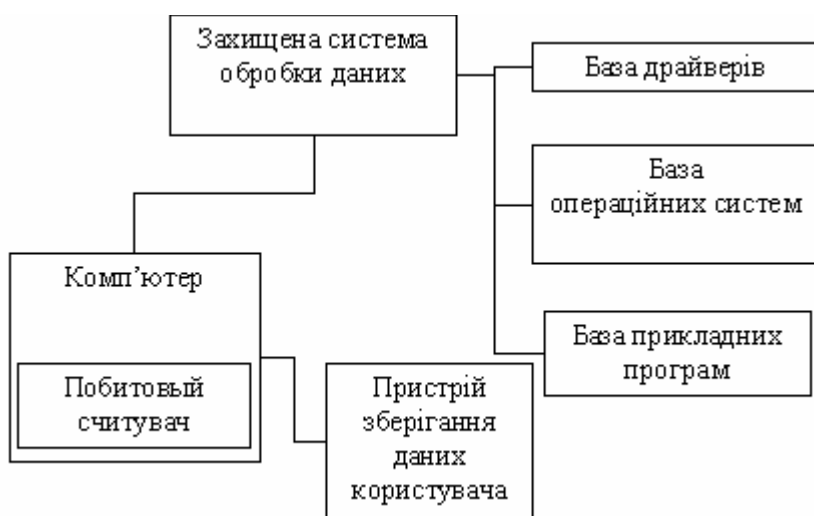


Рис.2

На сервері безпечної обробки залежно від типу отриманих даних визначається драйвер для читання даних, тип використовуваної операційної системи й необхідне програмне забезпечення, крім того реалізуються алгоритми криптоперетворення інформації якщо є потреба. Потім на сервері безпечної обробки формується представлення даних у графічному вигляді (під графічним виглядом вважається форма представлення даних, в якій передається тільки графічне зображення робочого місця користувача), і передається по захищеному каналу на комп'ютер користувача. При виконанні операцій перетворення даних від користувача по захищеному каналу сервер безпечної обробки одержує сигнали початку-кінця сесії й стандартних операцій вводу-виводу, причому при одержанні сигналу сервером безпечної обробки їм виконується перетворення даних зі створенням нового їхнього графічного представлення й наступне відправлення користувачеві. Таким чином, по захищеному каналу виконується передача тільки графічного представлення даних, а не самих даних, крім того, метод дозволяє використати додаткове криптоперетворення переданих даних, що визначається обраним методом створення захищеної сесії.

Інша реалізація (Рис. 2) пропонованого методу використовує ті ж принципи роботи, однак передача даних здійснюється в межах однієї комп'ютерної системи, тобто відсутня комп'ютерна мережа як середовище передачі. При цьому використання захищеної системи обробки даних припускає використання існуючих методів захисту й ізоляції даного програмного забезпечення у використовуваній операційній системі.

Описаний алгоритм методу представлений на рис. 3.

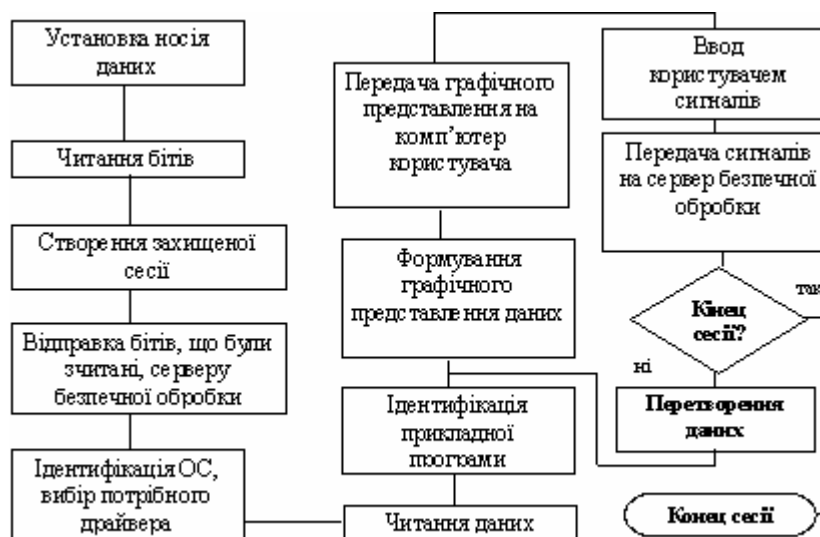


Рис. 3

Висновки. Виконане дослідження дозволило запропонувати представлений спосіб забезпечення цілісності та безпеки обробки даних користувача в інформаційних системах, який дозволяє:

- забезпечити безпеку даних користувачів як у процесі читання так й обробки;

- виключити залежність обробки даних від апаратної частини комп'ютера користувача;
- знизити ймовірність перетворення й перехоплення даних у процесі передачі й обробки;
- реалізувати можливості роботи користувача з конфіденційними даними в захищеній або потенційно небезпечній комп'ютерній системі.

Л і т е р а т у р а

1. Патент US 7089562 B1 від 8.08.2006 р.
2. R. Anderson and M. Kuhn, "Low cost attacks on tamper resistant devices," Security Protocols: 5th Int'l Workshop, Springer Verlag LNCS, no. 1361, pp. 125-136, 1997.
3. D. Kirovski, M. Drinic, and M. Potkonjak, "Enabling Trusted Software Integrity," Proc. of the 10th Int'l Conf. on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS-X), October 2002.

УДК 629.4.03.00458

Бойко А.В.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПО ДАННЫМ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКОМОТИВОВ

Работа посвящена актуальной научно-технической задаче определения показателей надежности по данным эксплуатации локомотивов на примере анализа информации о неисправностях подшипниковых узлов тяговых электродвигателей. В статье отражено состояние исследований в этой области науки и обоснованы основные направления решения данной задачи в современных условиях производства.

В депо у большей части оборудования локомотивов не производится измерение контролируемых параметров, позволяющих оценивать и прогнозировать его техническое состояние. В то же время для такого оборудования необходимо определять сроки проведения плановых ремонтов исходя из того, что если не выполнить этих ремонтов, то резко возрастет скорость увеличения числа отказов. При расчете межремонтных пробегов оборудования большое значение имеет информационное обеспечение, т.е. достаточность и достоверность той информации, которая используется для расчета показателей безотказности. Наиболее информативной характеристикой безотказности является функция распределения времени безотказной работы или наработки между отказами. Поэтому в подавляющем большинстве работ, посвященных оптимизации систем технического обслуживания и ремонта устройств самого различного назначения, в качестве основного отправного момента, на основании которого строятся модели оптимизации, принимается допущение о том, что функции распределения наработок между отказами рассматриваемых элементов известны.

Однако при практической реализации таких моделей оптимизации системы технического обслуживания и ремонта локомотивов возникают существенные затруднения, вызванные тем, что получать информацию о надежности рассматриваемых устройств можно главным образом в процессе реальной эксплуатации локомотивов при существующей в данное время системе техническо-

го обслуживания и ремонтов. Регламентированные приказами нормы межремонтных пробегов установлены с большим запасом, чтобы не допустить массовой потери работоспособности локомотивов в межремонтный период. Параметр потока неплановых ремонтов электровозов за последние 10-15 лет составляет примерно 10 случаев на 1 млн. км пробега. Следовательно, вероятность отказа электровоза в период между ремонтами ТР-1 равна приблизительно 0,2, т.е. около 8 из 10 электровозов вообще не отказывают в межремонтном интервале.

Существенно осложняет анализ и без того крайне ограниченной информации об отказах еще и то, что в одной выборке оказываются представленные совершенно разнородные по физической природе отказы – внезапные, обусловленные нарушениями режимов эксплуатации и неблагоприятными воздействиями внешней среды, и постепенные, причиной которых является износ и старение конструкционных материалов. Поэтому закон распределения исходной выборки является суперпозицией законов распределения для внезапных и постепенных отказов, причем функция плотности последнего усечена межремонтной наработкой и представлена крайней левой своей частью (рис. 1).

В этой ситуации практически невозможно установить по имеющимся данным, например по виду гистограммы, характер закона распределения, тем более что он не подходит ни под один из стандартных законов, так как является их суперпозицией. Разделить имеющуюся выборку наработок между отказами на два подмножества – для внезапных и постепенных отказов – также не представляется возможным, так как не существует сколько-нибудь обоснованных правил такой классификации: одинаковые по виду отказы могут быть вызваны совершенно разными причинами. Например, переброс дуги по коллектору тягового двигателя может быть вызван нарушением режимов управления локомотивом (боксование) или резким изменением питающего напряжения, т.е. оказаться внезапным отказом, а может быть обусловлен чрезмерным загрязнением поверхности коллектора и, следовательно, должен рассматриваться как постепенный отказ.

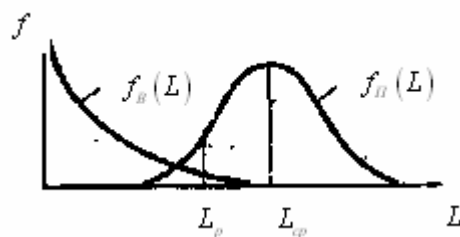


Рис. 1. Распределение наработки до отказов внезапных $f_B(L)$ и постепенных $f_П(L)$:

L_p – межремонтный пробег; L_{cp} – средняя наработка до постепенного отказа

Невозможность установить по результатам реальной эксплуатации вид закона распределения наработки между отказами исключает достаточно удовлетворительную оценку его числовых характеристик, так как использование известных методов их расчета предполагает априорное знание вида закона распределения. Таким образом, информация об отказах оборудования локомотивов, собранная в условиях реальной эксплуатации при существующей системе плановых ремонтов, недостаточна для определения вида закона распределе-

ния и его параметров, так как наработки ограничены установленными межремонтными пробегами, т.е. функция распределения наработки между отказами является усеченной и представлена крайней левой своей частью.

Преодолеть значительную часть имеющихся трудностей можно, если использовать для оптимизации межремонтных пробегов узлов и деталей локомотивов не закон распределения, а параметр потока отказов. Расчет этой характеристики надежности не вызывает указанных затруднений, а практическое ее использование облегчается тем, что по физическому смыслу параметр потока отказов близок к широко используемым в локомотивном хозяйстве показателям – числу порч и числу unplanned ремонтов на 1 млн. км пробега.

В процессе эксплуатации локомотивов в конкретных условиях накапливается большое количество данных об отказах различного оборудования. Для сбора этой информации не требуется больших затрат и специальных технических средств, а при правильной ее систематизации и обработке можно получать достоверные сведения о показателях безотказности оборудования, оценивать эффективность мероприятий, направленных на повышение его надежности, определять оптимальные сроки планово-предупредительных ремонтов. По характеру изменения параметра потока отказов можно судить о скорости увеличения числа отказов оборудования с ростом наработки локомотивов и делать выводы о необходимости и сроках проведения плановых ремонтов.

При планово-предупредительной системе ремонта локомотивов в эксплуатации фактически реализуется план испытаний на надежность оборудования $[N, M, L]$, когда наблюдение за N экземплярами однотипного оборудования осуществляется в течение межремонтной наработки L . Реализованные межремонтные пробеги локомотивов – величина случайная, так как допускается их отклонение от установленного значения на $\pm 10\%$. По мере увеличения наработки от начала рассматриваемого периода оборудование будет последовательно выбывать из-под наблюдения после постановки его на очередной плановый ремонт. Следовательно, число экземпляров оборудования $N(l)$, поставленных под наблюдение, является функцией наработки, а план их испытаний будет иметь вид $[N, M, L_1, \dots, L_i, \dots, L_n]$.

Параметр потока отказов $\omega(t)$ связан с плотностью распределения наработки между отказами $f(t)$ интегральным уравнением

$$\omega(t) = f(t) + \int_0^t \omega(\tau) f(t - \tau) d\tau.$$

Анализ процессов восстановления N экземпляров однотипного оборудования локомотива при одном и том же периоде наблюдения (межремонтном периоде) показывает, что информация о наработках между отказами оборудования усечена как слева, так и многократно справа. Усечение слева обусловлено отсутствием информации о наработках между отказами у части оборудования от начала рассматриваемого периода до момента поступления его под наблюдение. Усечение справа происходит из-за прерывания эксплуатации оборудования (прекращение наблюдения) после исключения локомотива из парка или постановки его на очередной плановый ремонт.

Для расчета функции распределения может быть использована только информация о наработках между отказами, не имеющая усечения слева. Это будет приводить к потере информации для большей части оборудования. Кроме того, для получения функции распределения наработки между отказами необходимо осуществлять наблюдение за каждым экземпляром оборудования при работе его в течение всего этого периода, который, как правило, длится для локомотивов от 3 до 4 лет.

На практике часто возникает необходимость в проведении контрольных испытаний по оценке надежности оборудования, определении эффекта от модернизации, изменении технологии ремонта, системы ремонта и т.п. В этом случае наблюдение за оборудованием и сбор соответствующей информации о наработках между отказами начинается в какой-то фиксированный момент времени, т.е. информация усечена слева. Так как результаты необходимо получить в возможно короткий срок (как правило, не более года), то эта информация будет усечена справа, причем усечение будет определяться либо окончанием наблюдения, либо постановкой локомотива на очередной плановый ремонт. Следовательно, при коротких интервалах наблюдения процесс восстановления каждого экземпляра оборудования представлен не полностью, а отдельным участком. Путем наложения таких усеченных процессов восстановления однотипного оборудования с разной наработкой от начала анализируемого периода получим объединенный процесс восстановления, характеризующий весь период наблюдения между плановыми заменами или ремонтами. При достаточно больших парках локомотивов, эксплуатируемых в конкретных условиях, и небольших интервалах наблюдения можно получать представительные выборки статистического материала о надежности оборудования и соответственно достоверные оценки показателей безотказности.

Для определения числа отказов оборудования в интервалах группирования суммарной его наработки удобно представить информацию, характеризующую процессы восстановления однотипного оборудования, в масштабе наработки его в рассматриваемом межремонтном периоде. Для этого совмещают моменты проведения предыдущего ремонта, которые являются началом отсчета наработки соответствующего оборудования. После такого представления информации и разбиения межремонтного периода на интервалы определяют суммарную наработку поставленного под наблюдение оборудования и число его отказов в каждом интервале, что позволяет рассчитать и построить диаграмму параметра потока отказов. В то же время при группировании информации может существенно снижаться достоверность найденных оценок показателей надежности по сравнению с теми, которые получены на основании непосредственно рассчитанных функций распределения наработок между отказами. Смещение оценок показателей безотказности будет особенно ощутимым при небольшом числе данных о наработках между отказами, что характерно для достаточно высоконадежного оборудования, например группового контроллера, главного выключателя, фазорасщепителя электровазов ВЛ80к и ВЛ80с.

Анализ информации о наработках между отказами наиболее часто повреждаемого оборудования электровазов ВЛ80к шестерен тяговой передачи, тяговых электродвигателей и вспомогательных электрических машин, бандажей колесных пар показал, что в течение рассматриваемого периода наблюдения от ТР-2 до ТР-3 у подавляющей части отказавшего ремонтируемого однотипного оборудования происходит не более одного отказа. В этом случае процесс восстановления практически превращается в процесс без возвращения [1], т.е.

$$\omega(l) \cong \lambda(l).$$

В этом случае становится возможным использовать для расчета функций распределения усеченные выборки наработок между отказами оборудования локомотивов, полученных в рассматриваемом периоде наблюдения.

Результаты анализа отказов тяговых электродвигателей (ТЭД) показывают, что не в полной мере обеспечивается надежная эксплуатация основных узлов ТЭД и, в частности, якорных подшипников. Например, на этот узел приходится около 15% отказов по ТЭД. Анализ видов дефектов деталей подшипников доказывает, что их основная масса до (80%) это усталостные трещины наружного кольца и сепаратора в месте сочленения с кольцом. При этом свыше 50% отказов по подшипникам якорей ТЭД происходит в первые двенадцать-шестнадцать месяцев их эксплуатации после ремонта, что свидетельствует о недостаточном качестве ремонта, в большинстве случаев, из-за отсутствия качественных средств технической диагностики. Поэтому необходимы в условиях напряженной работы железнодорожного транспорта теоретическое и экспериментальное исследования по совершенствованию контроля деталей подшипников при плановых видах ремонта. В условиях депо при полных ревизиях деталей подшипников в большинстве случаев контролируются визуально, что увеличивает длительность контроля, повышает его трудоемкость, уменьшает вероятность обнаружения мелких дефектов. Это приводит к снижению качества ремонта подвижного состава. Особое место занимают исследования по повышению надежности ходовых частей, в том числе и ТЭД, связанных самым непосредственным образом с безопасностью движения поездов. В этой связи являются немаловажными исследования причин повреждения роликовых подшипников, которые позволят наметить пути, предотвращающие разрушение деталей подшипников в эксплуатации. В настоящее время достаточно изучены основные причины возникновения неисправностей подшипников качения, составлен общий перечень неисправностей, используемых для их классификации, выявлены также их характерные особенности. Основные факторы, определяющие выход подшипников качения из строя приведены в табл.1. Общая картина распределения дефектов подшипников по видам неисправностей представлена в табл.2, а ее анализ показывает, что в целом по основным деталям подшипников бракуется 26,68% наружных колец, 22,50% – внутренних, 32,48% – роликов и 9,94% – сепараторов.

Т а б л и ц а 1

Основные причины выбраковки подшипников качения

Факторы	В % к общему числу
дефекты наружного кольца	26,68
дефекты внутреннего кольца	22,50
дефекты сепаратора	9,94
дефекты роликов	32,48
прочие	7,10
неустановленные	1,30

В зависимости от пробега при анализе выхода из строя якорных подшипников в [2] получены и рассчитаны по эмпирическим функциям распределения значения доверительных границ параметра потока отказов, представленных на рис. 2:

Распределение подшипников по видам неисправностей в % к числу осмотренных

Вид неисправности	% от общего числа
полное разрушение подшипника	13,73
усталостные раковины на дорожке качения наружного кольца	0,80
то же внутреннего кольца	5,17
то же на поверхности ролика	8,75
коррозионные раковины на дорожке качения наружного кольца	11,16
то же внутреннего кольца	8,63
то же на поверхности ролика	8,58
трещины и разрывы внутреннего кольца	0,45
ступенчатые сколы борта внутреннего кольца	1,29
полный откол борта внутреннего кольца	0,10
трещины ролика	0,93
сколы торца ролика	0,33
трещины и излом упорного кольца	5,91
трещины и излом сепаратора	8,10
проворачивание внутреннего кольца	0,32
задиры и ползуны на поверхности роликов	1,53
износ центрирующей поверхности сепаратора	1,51
забоины и деформации сепаратора	0,33
шелушение дорожки наружного кольца	4,44
то же внутреннего кольца	4,45
электроожоги на дорожках наружного кольца	0,92
то же внутреннего кольца	1,57
то же на поверхности ролика	1,57
задиры(елочка) и заусенцы на бортах кольца	7,88
то же на торцах ролика	7,88
поверхностная коррозия на дорожке наружного кольца	1,48
то же внутреннего кольца	0,52
то же на роликах	0,66
выпадение роликов из гнезд сепаратора	2,25

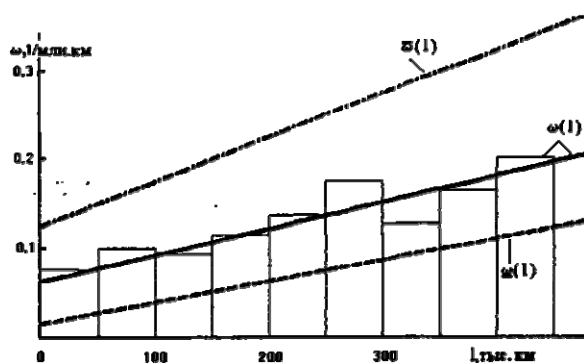


Рис. 2. Зависимость от наработки параметра потока отказов якорных подшипников

По диаграммам параметры потока отказов можно оценить изменение технического состояния подшипника по мере увеличения его наработки на отказ. Аналитическое представление функции потока отказов имеет вид [2]:

$$\begin{cases} \omega_1(l) = a_1 l + b_1, 0 \leq l < l_1; \\ \omega_2(l) = a_2(l - l_1) + a_1 l_1 + b_1, l_1 \leq l < l_2; \\ \omega_3(l) = a_3(l - l_2) + a_2(l_2 - l_1) + a_1 l_1 + b_1, l_2 \leq l. \end{cases}$$

По результатам обработки и анализа диаграммы (рис. 2) были вычислены коэффициенты a_1 , a_2 , a_3 , b_1 , которые дают возможность аналитически представить параметр $\omega(l)$ как функцию в виде:

$$\begin{cases} \bar{\omega}_1(l) = 5,85 \cdot 10^{-7} \cdot l + 0,123 \cdot 10^{-3}; \\ \bar{\omega}_2(l) = 2,99 \cdot 10^{-7} \cdot l + 0,059 \cdot 10^{-3}; \\ \bar{\omega}_3(l) = 2,17 \cdot 10^{-7} \cdot l + 0,012 \cdot 10^{-3}, \end{cases}$$

где l – пробег в тысячах километров.

Т а б л и ц а 3

**Распределение неисправностей роликовых подшипников
в зависимости от срока их службы**

Неисправности подшипников (классы)	% от осмотренных подшипников за год									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Срок в годах										
(02)	16,3	9,9	10,3	18,7	13,7	19,6	13,3	25,5	17,2	17,6
(04)	–	–	–	0,4	0,7	1,4	0,4	1,5	1,5	0,5
(05)	16,9	11,3	1,8	2,5	4,3	2,7	4,6	7,2	4,3	2,0
(07)	–	0,7	–	0,4	0,24	0,2	0,6	0,2	0,3	0,2
(12)	–	0,7	–	0,4	0,24	0,4	0,8	1,5	0,5	0,3
(13)	1,2	0,7	0,7	0,7	1,4	0,4	2,0	2,0	1,6	0,7
(14)	0,6	2,1	0,7	1,8	1,7	1,4	4,2	3,1	1,9	1,7
(22)	34,3	43,3	65,0	40,8	39,9	42,3	42,4	42,6	39,7	47,8
(28)	4,2	2,1	1,4	1,4	2,6	0,8	2,0	2,0	1,4	1,3
(40)	5,4	2,8	1,8	1,1	1,7	7,8	3,0	5,0	3,5	1,8
(48)	23,5	22,0	17,0	22,5	28,5	21,0	18,5	26,8	21,9	24,3
(54)	2,4	3,6	1,1	9,5	5,2	5,9	7,6	8,7	5,8	1,8
Всего неисправностей от общего числа	3,95	3,35	6,75	6,77	10,1	12,3	11,9	12,9	17,6	14,3

Примечание:

- 02 – усталостные раковины на дорожке качения наружного кольца;
- 04 – усталостные раковины на поверхности ролика;
- 05 – коррозионные раковины на дорожке качения наружного кольца;
- 07 – коррозионные раковины на поверхности ролика;
- 12 – трещины наружного кольца
- 13 – трещины ролика;
- 14 – сколы торца ролика;
- 22 – заусенцы и задиры на торцах ролика;
- 28 – шелушение дорожки качения наружного кольца;
- 40 – вмятины на дорожке качения наружного кольца;
- 48 – выпадение роликов из гнезд сепараторов;
- 54 – прочие дефекты.

Анализ состояния роликовых подшипников при отказе в зависимости от срока их службы показывает [3, 4], что с увеличением срока службы подшипника возрастает количество неисправностей. Наиболее распространенными являются задиры ("елочка") и заусенцы на торцах роликов (класс 22) [3]. Количество неисправностей по этому классу составляет около 10,5% от общего числа осмотренных подшипников. Результаты анализа, позволяющие судить об эксплуатационной стойкости цилиндрических роликовых подшипников в зависимости от срока их службы представлены в табл. 3.

По видам неровностей, как следует из табл. 3, наиболее часто встречаются задиры и заусенцы на торцах роликов (22), выпадение роликов из сепараторов (48), усталостные раковины на дорожке качения наружного кольца (02). Это в процентах к общему числу осмотренных и имеющих дефекты подшипников составляет соответственно 44,86%, 22,8% и 17,15%. Анализ дефектов и повреждений цилиндрических роликовых подшипников ТЭД указывает на то, что основными являются повреждения контактно-усталостного характера. Поэтому выход подшипников из строя возрастает с увеличением срока их службы, так как непрерывно происходит процесс накопления усталостных повреждений.

Анализ статистических данных показывает, что причины отказов роликовых подшипников ТЭД связаны с недостаточным качеством ремонта в условиях депо. Необходимым условием повышения качества ремонта деталей подшипников качения является применение методов и средств их технического контроля при полной ревизии подшипниковых узлов, для чего необходим выбор рационального вида неразрушающего контроля и применение его для контроля деталей подшипников и всего подшипника в целом без разборки ТЭД.

Л и т е р а т у р а

1. Гурвич А.К., Ермолов И.Н. Ультразвуковой контроль сварных швов. Киев: Техника, 1972. – 457 с.
2. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля. М.: Машиностроение, 1981. – 240 с.
3. Осипов Г.Л., Лопашев Д.З., Федосеева Е.Н. Акустические измерения в строительстве. М.: Стройиздат, 1978. – 212 с.
4. Стрелков С.П. Введение в теорию колебаний. М.: Наука, 1964. – 437с.

УДК 681.142

Соловьев В.И., Брюханова Я.А.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗАДАНЫХ ФРАГМЕНТОВ В ЗВУКОВЫХ ФАЙЛАХ

В статье рассмотрены вопросы анализа звуковых файлов с целью идентификации особых фрагментов.

Введение. Цифровая обработка сигналов (ЦОС) играет все более важную роль с распространением мультимедийных возможностей персональных компьютеров. Алгоритмы ЦОС переходят из разряда узкоспециальных в разряд повсеместно используемых. Ранее они применялись в таких задачах, как профессиональная звукозапись и обработка звука, радиолокация. Теперь же алгоритмы ЦОС все активнее используются в повседневном человеко-

машинном интерфейсе, который становится мультимедийным: это и чипы цифровых фотокамер, обрабатывающие изображения, и мобильные телефоны, кодирующие и обрабатывающие звук, и персональные компьютеры, играющие роль домашнего центра развлечений за счет широких возможностей обработки звука, изображений и видео.

Постановка задачи. В настоящее время вопросы идентификации и выделения требуемых фрагментов в звуковых файлах представляют собой актуальную задачу для многих отраслей. Отсутствие достоверных систем идентификации заданных объектов в звукозаписи и оценки ее достоверности требует использования значительного количества экспертов и в целом представляется достаточно сложным и неоднозначным.

Проведение экспертизы звукозаписи и выделение заданных областей представляет собой сложную задачу и раскладывается на целый ряд отдельных задач, каждая из которых имеет достаточно сложную реализацию и в целом снижает общую адекватность анализа.

Изложение основного материала. На основании проведенного исследования предлагается использовать следующую структуру процесса анализа звукового файла и идентификации заданных фрагментов в рассматриваемых звуковых файлах (рис.1).

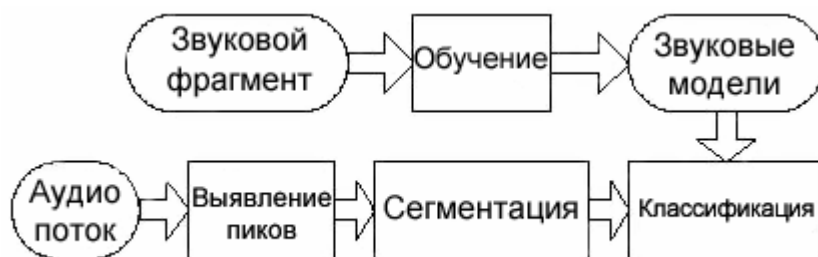


Рис. 1. Процесс анализа звукового файла

На стадии обучения создается модель для каждого типа фрагментов с использованием заданной обучающей выборки. Коэффициенты косинусного преобразования Фурье необработанных звуковых сигналов используются как входные векторы для звуковой модели и Смешанной Гауссовой модели, используемой для моделирования распределения входных векторов. Согласно Смешанной Гауссовой модели вероятность появления фрагмента x в звуковой модели S определяется следующим образом:

$$P(x|c) = \sum_i^{K^c} \eta_i^c N(x; \mu_i^c, \nu_i^c) \quad (1)$$

где K^c – число фрагментов в модели s , η_i^c – смешанный коэффициент, μ_i^c и ν_i^c – главные и изменяющиеся части каждого Гауссового преобразования.

Задавая число преобразований K^c , используется общеизвестный алгоритм

[1] для оценивания параметров каждой модели. Подсчет разницы в сложности и

обучение данных в звуковых моделях, число преобразований K^c для каждого звукового файла базируется на критерии Баяеса [2].

На стадии определения, первым делом мы выявляем и исключаем тихие части из всего аудио потока, а далее перебираем остальные участки из аудио сегмента акустического файла. Затем каждый аудио сегмент проходит через все пять звуковых моделей стадии обучения, где каждый результат показывает вероятность наличия искомого фрагмента в аудио сегменте. Все эти пять вероятностей далее используются как часть функций в формировании векторного диапазона.

Кроме этого, для разделения информативных фрагментов появляется возможность использовать характерные слова и компоненты, для этого извлекаем данные фрагменты, соответствующие области между информативным компонентом ω и задаваемым его ограничителем h :

$$\begin{aligned}
 MI(w, h) = & p(w, h) \log \frac{p(w, h)}{p(w)p(h)} \\
 & + p(\bar{w}, h) \log \frac{p(\bar{w}, h)}{p(\bar{w})p(h)} \\
 & + p(w, \bar{h}) \log \frac{p(w, \bar{h})}{p(w)p(\bar{h})} \\
 & + p(\bar{w}, \bar{h}) \log \frac{p(\bar{w}, \bar{h})}{p(\bar{w})p(\bar{h})},
 \end{aligned} \tag{2}$$

где $p(w, h)$ - вероятность того, что оба компонента и ω и h присутствуют в анализируемой части звукового файла, $p(\bar{w}, h)$ - вероятность того, что ω -компонент отсутствует, а h -компонент присутствует в анализируемой части звукового файла, $p(w, \bar{h})$ - вероятность того, что h -компонент отсутствует, а ω -компонент присутствует в анализируемой части звукового файла, $p(\bar{w}, \bar{h})$ - вероятность того, что оба компонента и ω и h отсутствуют в анализируемой части звукового файла. Значение $MI(w, h)$ становится большим, если в рассматриваемой части звукового файла присутствуют оба компонента (ω, h) и меньшим в их отсутствии. В процессе обучения предъявляются соответствующие фрагменты, поиск которых при последующем анализе звукового файла осуществляется согласно (2) и для каждого значения фрагмента значение $MI(w, h)$ характеризует наличие или отсутствие соответствующего фрагмента в анализируемом звуковом файле.

Выводы. На основании выполненного исследования предложен алгоритм проведения идентификации элементов звуковых файлов на выявление заданных звуковых фрагментов, позволяющий выполнять автоматический анализ звуковых файлов и исключить человеческий фактор при подобном виде анализа. Созданное программное обеспечение, построенное на представленном алгоритме, показало высокую степень обнаружения и идентификации заданных фрагментов.

Литература

1. Dempster, N. Laird, and D. Rubin, "Maximum-likelihood from incomplete data via em algorithm," Royal Statistics Society Series B, vol. 39, 1977.
2. G. Schwartz, "Estimating the dimension of a model," Annals of Statistics, vol. 6, pp. 461–464, 1990.
3. J. C. Burges, "A tutorial on support vector machines for pattern recognition," Data Mining and Knowledge Discovery Journal, vol. 2, no. 2, pp. 121–167, 1998.
4. T. Hastie, R. Tibshirani, and J. Friedman, The Elements of Statistical Learning. Springer, 2001.
5. V. Vapnik, Estimation of Dependences Based on Empirical data. Springer- Verlag, 1982.
6. E. Osuna, R. Freund, and F. Girosi, "Improved training algorithm for support vector machines," in Proceedings of IEEE NNSP, (Amelia Island, FL), Sept. 1997.

УДК 004.04

Войтиков В.А., Пугач В.Ф.

ОДИН МЕТОД ПОЗВОЛЯЮЩИЙ ОПТИМИЗИРОВАТЬ СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ЛЕКЦИЙ

В данной работе предложен метод, позволяющий оптимизировать разработанный курс лекций. Оптимизация содержания осуществляется путем анализа динамики знаний студентов.

Процесс информатизации общества влияет на все сферы деятельности человека. Также он существенно влияет на требования к качеству образования. Поэтому важной задачей создания современного информационного общества в нашей стране является внедрение информационных технологий в сферу образования.

В настоящее время выделяются два направления влияния информационных технологий на процесс образования:

1. Внедрение дистанционного обучения;
2. Применение информационных технологий для повышения качества традиционных форм обучения;

В данной работе речь пойдет о втором направлении, а именно применения информационных технологий для оптимизации содержания учебной дисциплины с целью повысить уровень знаний студентов после изучения дисциплины.

Отдельные проблемы поставленной задачи были решены ранее. Сейчас ни одна система автоматической обработки текстов без хорошего инструмента морфологического анализа не является функциональной. В работе использован инструмент морфологического анализа с сайта www.multitran.ru.

Для автоматической обработки текстовой информации, необходимо знать какими закономерностями обладают документальные информационные потоки. Это позволит производить более детальный анализ текста, и, соответственно, получить (после обработки текста) более информативные выводы. Такие выводы позволят наиболее полно отобразить содержание документа. См. например [1].

Рассмотрим процесс автоматического интеллектуального анализа текстовых документов:

- Отбор документов для анализа. В нашем случае документ изначально предоставлен аналитиком, поэтому этот этап далее не рассматривается.

- Подготовка документов для анализа. На этом этапе из документа удаляются неинформативные слова, а остальные приводятся к нормальной форме.

- Извлечение информации и применение методов Text Mining. На этом этапе решается достаточно широкий круг задач. Соответственно, для каждой задачи существует свой набор методов. В данной работе принципиально важно решение следующих задач: извлечение ключевых терминов и отношений между ними, извлечение частоты выявленных терминов.

- Интерпретация результатов. На данном этапе результаты анализа предоставляются аналитику в графическом виде.

Извлечение ключевых терминов и отношений между ними из текста или решение задачи приобретения знаний.

Процесс анализа и обнаружения знаний в тексте можно описать таким образом.

Обнаружение знаний в тексте – это нетривиальный процесс обнаружения действительно новых, потенциально полезных и понятных шаблонов в неструктурированных текстовых данных. [3], [4]

Существуют различные подходы к контент-анализу текста. Применение тех или иных подходов обуславливается поставленной задачей. Различают количественный и качественный контент-анализ. Первый основывается на статистических подходах, а второй базируется на глубоком лингвистическом и семантическом анализе отдельных предложений и всего текста.

Использование исключительно количественных методов предоставляет содержательные, семантически наполненные результаты. Но такие методы целесообразно применять только для задач, при решении которых содержание документов не играет роли. Например, результатов только частотного метода недостаточно для перевода документа, где необходимо работать с контекстом. Отсюда следует, что игнорирование семантических аспектов в информационных технологиях является ошибкой.

Рассмотрим основные методы извлечения терминов и отношений между ними.

Алгоритм Apriori.

Этот алгоритм позволяет определить частые наборы слов и объединить их в ключевые термины. Алгоритм предложен Срикантом Рамакришнан и Ракешом Агравалом в 1994 г.

На каждом *i*-шагу алгоритма выявляются повторяющиеся сочетания *i*-го количества терминов и количество повторений сочетаний составляющих эти термины. После перебора выявленных сочетаний отбрасываются те, у которых количество поддерживающих сочетаний менее установленного пользователем минимума. Важно, что поддержка сочетания терминов не должна превышать минимальную поддержку любого поддерживающего его сочетания. Данный алгоритм подробно рассмотрен в работе [5]. Позже на основе этого алгоритма было разработано большое количество других быстрых алгоритмов. Например, [6],[7].

Шаблоны.

Выявление терминов и связей между ними осуществляется используя набор шаблонов. Шаблоны могут представлять собой набор предложений-шаблонов или лингвистические варианты фактов, также. Первый вид шаблонов подразумевает поиск в тексте структур характерных для всех предметных областей. Т.е. предложений связь между терминами, в которых очевидна (Например, "...состоит из ... и ..."). Второй вид шаблонов подразумевает, что термины и отношения между ними можно выявить, используя части речи и их типичное

расположение относительно друг друга в заданной предметной области. Данные подходы подробно рассмотрены в работах [8], [9].

Методы позволяющие выявлять термины, состоящие из нескольких слов, ориентированные на выявление устойчивых словосочетаний любого синтаксического вида.

Термины, состоящие из нескольких слов, являются базой для разработки информационно-поисковых тезаурусов, рубрикаторов, могут быть использованы для отображения результатов информационного поиска при интерактивном уточнении запроса [10, 11], или для многоязычного поиска [12].

В работах [12-16] рассмотрены различные методики выявления терминов, состоящих из нескольких слов. В основном, все методики заключаются в том, что автоматически формируется список терминологических словосочетаний, после чего сортируется относительно весов терминов и выдается аналитика. Вес термина определяется различными методиками по-разному. Это может быть частота встречаемости в одном контексте (дистрибутивная связь) или в работе [13] предложен параметр "mutual information"

$$MI(a) = \frac{freq(a)}{N} * \frac{freq(a)}{0.5 * (Fleft + Fright)}$$

Здесь

$Freq(a)$ - количество выявленных сочетаний пары a

N – общее количество пар

$Fleft$ – частота употребления первого термина в паре как отдельного слова

$Fright$ – частота употребления второго термина в паре как отдельного слова

Еще одной характеристикой для сортировки терминов может служить метрика, предложенная в [14]. В работе предполагается, что функция распределения совместной встречаемости терминов имеет биномиальный характер, а описанная метрика оптимизирует функцию максимального правдоподобия.

$$\begin{aligned} \log like = & a * \log(a + 1) + b * \log(b + 1) + \\ & + c * \log(c + 1) + d * \log(d + 1) \\ & - (a + b) * \log(a + b + 1) \\ & - (a + c) * \log(a + c + 1) \\ & - (b + d) * \log(b + d + 1) \\ & - (c + d) * \log(c + d + 1) \\ & + (a + b + c + d) * \log(a + b + c + d + 1) \end{aligned}$$

Здесь

a - количество выявленных сочетаний пары

b - количество выявленных сочетаний первого термина с другими терминами

c - количество выявленных сочетаний второго термина с другими терминами

d - количество пар отличных от пар a, b, c

В работе [15] предложена метрика C-Value поощряющая отбор словосочетаний, которые не входят в состав других словосочетаний.

$$C - Value(a) = \begin{cases} \log_2 |a| * freq(a), & \text{если словосочетание не вложено} \\ \log_2 |a| - \frac{1}{P(T_a)} * \sum_{b \in T_a} freq(b) & \end{cases}$$

где a - кандидат в термины, $|a|$ - количество слов в словосочетании, $freq(a)$ -

частотность a , T_a - множество словосочетаний, содержащих a , $P(T_a)$ - количество словосочетаний, содержащих a .

У данного метода существует множество модификаций с целью повысить качество результатов.

В статье [17] выявлены типы словосочетаний необходимых для предоставления аналитику.

N	Существительное
A+N	Согласованное прилагательное + существительное
N+N	Существительное + существительное в родительном падеже
A+A+N	Согласованное прилагательное + прилагательное + существительное
N+A+N	Существительное + согласованное прилагательное + существительное в родительном падеже

Таким образом, в рассмотренной статье предложен перечень синтаксических конструкций потенциально представляющих собой синтаксические структуры составных терминов.

Алгоритм сборки терминологических словосочетаний на основе внутренних частот употребления словосочетаний в текстах [18].

Алгоритм состоит в следующем: для каждого существительного либо прилагательного с заданным шагом запоминаются соседи. После этого, составным термином являются те термины, которые в паре встречаются более чем в половине случаев их употребления. Далее, алгоритм начинается заново, только выявленные терминологические словосочетания теперь считаются целостной единицей текста.

Непосредственные семантические составляющие могут находиться пошаговым делением текста до единиц словаря [2]. Скороходько Э.Ф. также предлагает, используя толкования в словаре находить семантические составляющие слова. Критерий семантической связи между терминами состоит в следующем: термины считаются семантически связанными, если их значения содержат одинаковые составляющие.

Модель представления знаний.

На сегодняшний день существует достаточно большое количество моделей языков представления знаний для различных предметных областей. Наиболее общая классификация моделей представления знаний выглядит следующим образом: Продукционная модель, Семантическая сеть, Фреймы, Нейронные сети, Нечеткие множества, Формальные логические модели.

Рассмотрим требования к представлению системы семантических и, соответственно, лексических связей в тексте:

- Семантические связи между терминами должны быть представлены в явном виде;
- Значения терминов и семантические отношения между ними должны быть представлены однозначно;
- Представление должно обеспечивать определение количественных параметров, характеризующих систему семантических связей текста;
- Представление должно обеспечивать определение количественных параметров характеризующих некоторые семантические свойства отдельной единицы в структуре текста.
- Представление должно обеспечивать определение семантической связи между любыми двумя терминами текста.
- Представление должно обеспечивать возможность определять, при необходимости, не только наличие семантической связи между терминами, но и ее вес, характер и направление.

Изменение знаний в некоторой предметной области отображается в изменении частоты использования смысловыражающих элементов (далее терминов), появлении новых отношений между терминами, а также в изменении либо исчезновении старых отношений между терминами. Отсюда следует, что модель должна иметь возможность добавлять новые понятия и отношения между ними, не нарушая общую структуру модели.

Система семантических связей обладает следующими основными свойствами:

- она представляет собой некоторое сложное образование, состоящее из более мелких единиц – ее составляющих;
- ее составляющие относятся к двум видам – к элементам и связям;
- каждая пара элементов системы соединена прямой или опосредованной связью.

Все перечисленные свойства присущи как семантической системе, так и графу. Поэтому можно предположить, что граф пригоден для использования в качестве модели системы семантических связей. В работе [2] проведены эксперименты, позволяющие считать семантическую сеть (граф) моделью системы семантических связей, адекватно отражающей наиболее важные свойства последней.

Основным преимуществом семантической сети перед другими моделями представления знаний является то, что она более других соответствует современным представлениям об организации долговременной памяти человека.

Важно понимать, что формализованное описание системы семантических связей в лексике без аппарата определения семантических параметров лексики не является моделью.

Рассмотрим некоторые способы определения весов терминов.

Вес термина является интегральной характеристикой. Перечислим параметры, влияющие на вес термина:

T_1 - частота встречаемости этого термина в ДИП заданной предметной области (f).

T_2 - энтропия этого термина в ДИП заданной предметной области (понятие энтропии введено американским математиком К.Э.Шенноном).

$$T_2 = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i ,$$

где N – количество всех терминов ДИП; p_i – вероятность появления информации в i -м термине $p_i = \frac{f_i}{N}$; f_i – частота i -го термина.

T_3 – является ли заданный термин ядром локального эксцентриситета.

Ядро – вершина графа, которая имеет больше инцидентных дуг, чем приходится в среднем на одну вершину нашей модели.

Т.е. вершина для которой выполняется условие: $D_i > D_{cp}$

Здесь D_i – число семантических отношений непосредственной производности i -й семемы (на графе – степень i -й вершины, т.е. число инцидентных ей ребер)

T_4 – мощность группы зависимости ядра.

T_5 – степень релевантности. «Релевантными относительно данного текста являются такие слова и словосочетания, каждое из которых удовлетворяет следующим двум условиям: 1. встречаемость в тексте не менее двух раз; 2. семантически связано, по меньшей мере, с одним другим релевантным словом...» [2]

Число релевантных слов, с которыми семантически связано данное слово, назовем степенью релевантности последнего.

(Этот параметр является пороговой величиной для определения семантической связи между терминами. Т.е. Два термина считаются связанными, если в определение первого из них входит хотя бы один релевантный термин семантически связанный с некоторым термином из определения второго.)

T_6 – параметр связанности термина.

$T_6 = \frac{f}{N}$, где T_6 – связанность термина; f – фактическое число связей термина; N – число всех возможных смысловых связей $N = \frac{n(n-1)}{2}$, где n – число

всех терминов (вершин) графа.

Следует заметить, что фактическое число связей термина также может быть рассмотрено как вес термина. В работе [19] стр. 113 показателем значимости термина предлагается считать количество неповторяющихся в пределах смыслового фрагмента слов. Под смысловым фрагментом здесь принято считать последовательность фраз, заключенная между двумя границами после отброса неинформативных слов текста.

T_7 – Листовой показатель термина. (Отсекается ли термин путем зацикленного отсекаания листов графа). $T_7 \in \{0; 1\}$

T_8 – функциональный вес термина (параметр предложен в работе [18]).

$$T_8 = N^*(M - M_{\max})$$

где N – число ребер, инцидентных вершине; $M_{\max}$ – число вершин в максимальном по величине связном компоненте графа после удаления рассматриваемой вершины; M – общее число вершин графа.

Таким образом, вес термина определяется множеством T .
 $T \in \{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7, T_8\}$

Рассмотрим некоторые способы определения весов связей между терминами.

Синтаксическую связь мы принимаем в качестве формального критерия семантической связи между терминами документального информационного потока. Очевидно, что система синтаксических связей в тексте не отражает все семантические связи. Но если два слова связаны синтаксически, то они связаны и семантически (в общем случае обратное неверно). Принятие указанного критерия выявления семантических связей между словами текста ведет к некото-

рым потерям, но такие потери не оказывают решающего влияния на результаты анализа текста.

«Для того чтобы полностью описать семантическую связь между словами, необходимо указать ее *содержание, направление и силу*» [2]

Под *содержанием* связи мы понимаем: некоторую лингвистическую переменную. Это может быть вид связи (например: ассоциативная, иерархическая, часть-целое и т.д.) либо глагол, который в тексте служит связкой между терминами.

Направление связи определено нами как «от общего к частному». Учитывая тот факт, что модель будет построена на основе перечня определений, направление связи будет идти от того термина, через который определяется заданный термин к заданному термину.

Следует заметить, что направление связи также может определяться на основе частоты заданных терминов (данный метод необходимо применять, когда термины состоят в некоторой связи, но не определяются друг через друга). От термина с большей частотой к термину с меньшей частотой. Направление выбрано именно такое т.к. термины с меньшей частотой познаются через термины с большей частотой, что подтверждено в ходе экспериментов, а также в работах [1], [19].

Сила семантической связи описывает, насколько удалены рассматриваемые термины в некотором гипотетическом семантическом пространстве. Сила связи является некоторой интегральной характеристикой. Перечислим параметры, влияющие на вес связи.

R_1 - сила семантической связи между двумя словами T_i и T_j . Этот показатель равен единице только в том случае, когда между терминами есть непосредственная связь.

$$R_1 = \frac{1}{S + 1},$$

где S – число семем, образующих минимальную по длине цепь, связывающую в семантической сети сопоставляемые семемы C_i и C_j с их общей составляющей. Аналогичный параметр предложен в работе [2].

R_2 – количество общих терминов в определениях заданных понятий

Следует добавить, что если общие термины имеют высокую частоту в заданном документальном информационном потоке (ДИП) то связь должна быть слаба (точнее этот параметр должен иметь значение ниже, чем термин с более низкой частотой).

$$R_2 = \frac{\sum_{i=1}^{B_1} \frac{1}{K_i}}{B_2},$$

где B_1 - количество общих терминов в; $B_2 = B_1 + \bar{B}_1$, $\bar{B}_1$ - термины в определе-

ниях не являющиеся общими; $K_i = \begin{cases} 1, & \text{если } f_i \leq f_{cp} \\ f_i, & \text{если } f_i > f_{cp} \end{cases}$

f_i - частота общего термина; f_{cp} - средняя частота всех терминов ДИП.

R_3 – параметр опирающийся на показатель релевантности терминов, которые соединяет данная связь. (О показателе релевантности сказано выше в описании параметра T_5) Если один из терминов не является релевантным,

связь должна быть отброшена. $R_3 \in \{0; 1\}$. Этот параметр впервые предложен в данной работе.

R_4 – Показатель дистрибутивной связи терминов. Какое количество раз термины встречаются вместе в тексте (совместная встречаемость может находиться с некоторым шагом). Подробно данная связь с алгоритмом нахождения рассмотрена в работе [22].

Таким образом, вес связи определяется множеством R .
 $R \in \{R_1, R_2, R_3, R_4\}$

Сегодня формирование курса лекций происходит следующим образом: преподаватели разрабатывают курс лекций, после чего отправляют его на экспертизу, вывод экспертизы основывается на социальном заказе, который описывается учебным планом.

Рассматриваемый в данной работе метод оптимизирует содержание курса лекций путем анализа динамики знаний студентов. Знания студентов представляются в виде семантической сети, вершины и ребра которой содержат веса для данной дисциплины.

Рассмотрим предложенный метод подробнее.

Для того чтобы оптимизировать содержание лекций необходимо иметь исходную модель содержания лекций (модель знаний курса лекций). Исходная модель знаний строится следующим образом: курс лекций разрабатывается, после чего анализируется с целью выявить знания, на основе выявленных знаний строится исходная модель (семантическая сеть) содержания лекций.

Созданная модель документа может служить предметом сравнения с моделью знаний студента. На основе выводов сравнения, модели знаний студента и модели знаний курса лекций, мы имеем возможность, оптимизировать содержание лекций. Также сравнивая модели знаний студента до и после изучения дисциплины можно отследить динамику изменения знаний студента, что позволит сделать дополнительные выводы относительно содержания дисциплины.

В данной работе предложен метод, позволяющий оптимизировать разработанный курс лекций, а, следовательно, повысить качество образования.

Л и т е р а т у р а

1. В.И. Горьковой, Т.И. Гусевой «Анализ документальных информационных потоков и изучение запросов потребителей информации» Москва, 1977;
2. Скороходько Э.Ф. Семантические связи в лексике и текстах, в журнале «Вопросы информационной теории и практики» сборник №23, ВИНТИ, Москва, 1974, стр. 6-116.
3. Fayyad U. and Piatetsky-Shapiro G., "From Data Mining to Knowledge Discovery: An Overview", Advances in Knowledge Discovery and Data Mining, Fayyad U., Piatetsky-Shapiro G.
4. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 384 с.: ил. +CD-ROM
5. R. Agrawal et al., «Fast Discovery of Association Rules», Advances in Knowledge Discovery and Data Mining, U.M. Fayyad et al., eds., AAAI/MIT Press, Menlo Park, Calif., 1996, pp. 307-328.
6. Savasere, E. Omiecinski, and S. Navathe, «An Efficient Algorithm for Mining Association Rules in Large Databases», Proc. 21st Int'l Conf. Very Large Data Bases, Morgan Kaufmann, San Francisco, 1995, pp. 432-444.

7. J.S. Park, M.-S. Chen, and S.Y. Philip, «An Effective HashBased Algorithm for Mining Association Rules», Proc. ACM SIGMOD Int'l Conf. Management of Data, ACM Press, New York, 1995, pp.175-186.
8. Grishman R. Information Extraction: Techniques and Challenges. Computer Science Department New York, University New York, NY 10003, U.S.A.
9. „Построение модели предметной области”. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції „Інтелектуальні системи прийняття рішень та інформаційні технології” Чернівці, "Рута" 17-19 травня 2006 р. стр. 25-28.
10. Антонов А.В., Информационно-поисковая система Galaktika-ZOOM с элементами анализа на гипермассивах информации //НТИ. Сер. 1. – 2001. - №8.-С.12-21.
11. VIVISIMO (www.vivisimo.com).
12. McKeown K.R., Radev D.R., Collocations // R.Dale, H.Moisl, H.Somers (eds.), A.Handbook of Natural Language Processing. – Marcel Dekker, 1998 – Chapter 15.
13. Church K., Hanks P., Word association norms, mutual information, and lexicography // Proceedings of ACL-89. – 1989. – Vancouver, Canada – p.76-83.
14. Dunning T., Accurate Methods for the Statistics of Surprise and Coincidence // Computational Linguistics – 1993. – 19(1) – p.61-74.
15. Frantzi K.T., Ananiadou S., Automatic Term Recognition using Contextual Cues // Proceedings of Mulsaic 97, IJCAI, Japan. 8 Contingency tables utilize only the frequency of the word inside the processed text. -1997.
16. Smadja F., Retrieving collocations from text: Xtract // Computational Linguistics – 1993. – 19(1)-p.143-177.
17. Лукашевич Н.В., Автоматизированное формирование информационно-поискового тезауруса по общественно-политической жизни России // НТИ. Сер.2. – 1995.-№3.-С.21-24
18. Добров Б.В., Лукашевич Н.В., Незорова О.А., Автоматизированное построение прикладной онтологии: технологические аспекты // Международная IEEE конференция Искусственные интеллектуальные системы (IEEE AIS'02) Геленджик-Дивноморское,- Обработка текста и когнитивные технологии: Сборник (Вып. 7) / Под.ред. В.Д.Соловьева – Казань: Отечество, 2002.-С.103-109.
19. Чурсин Н.Н. Понятие тезауруса и особенности тезаурусной модели информационно-го взаимодействия, Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації, науковий журнал №1 (12) 2006, С. 49-69.

УДК 66.096.5:621.921.002.2

Ветров А.А.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТРИБОСИСТЕМ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДИФфуЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Рассмотрено решение уравнения диффузии с источником и граничными условиями типа упругого экрана с использованием методов операционного исчисления. Полученные соотношения можно использовать для оценки технического состояния трибологических систем.

Процессы переноса вещества и энергии имеют самое широкое распространение в природе и технике. Этим объясняется исключительно важное научное и практическое значение теории, установления закономерностей их протекания и создания эффективных методов решения задач переноса.

Решение ряда задач, весьма далеких друг от друга, как по физическому смыслу, так и по сфере их применения, приводят к уравнениям случайного блуждания. К таким задачам относят: броуновское движение, случайное блуждание на оси, простейшие случаи цепей Маркова с тремя состояниями, «задача о ра-

зрении игрока», изменение стоимости ценных бумаг, развитие популяций [3, 4]. В целом это большая совокупность физических, инженерных, экономических и социологических задач. Поэтому решение подобных задач является актуально проблемой.

Следует отметить, что в случаях, когда параметры уравнений, граничные и начальные условия жестко заданы, решение (в частных производных) уравнений диффузии численными методами, позволяет получать численные решения этих уравнений. Применение этих методов в практических условиях не представляется возможным, так как для практиков-технологов, социологов и экономистов анализ альтернативных моделей, сравнение результатов расчета с экспериментом и вообще решение любых практических задач требуют более гибкого аппарата. Для математиков и программистов аппарат численных методов при решении задач, актуальных для реальных практических применений, также не является приемлемым. В этом смысле интерес представляет нахождение и использование аналитического решения. Очевидно, что найти его для уравнения диффузии с произвольными граничными условиями задача практически неразрешимая. Однако можно задать такие граничные условия, для которых это возможно.

Рассмотрим в общем случае уравнение случайного блуждания по вертикальной оси записанное в форме уравнения Колмогорова-Фоккера-Планка относительно концентраций

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + V \frac{\partial c}{\partial y}. \quad (1)$$

Здесь $c = c(t, y)$ – значение доли частиц в момент времени t в точке y . Ось Oy считаем направленной вверх; D – коэффициент диффузии, $\text{м}^2/\text{с}$; V – коэффициент сноса, соответствующий вертикальной составляющей скорости частицы, $\text{м}/\text{с}$. Смесь неоднородна по своим физическим свойствам. Для каждого класса (или фракции) можно записать уравнение случайного блуждания со своими условиями прохождения частиц сквозь поверхность извлечения. Достигнув точки $y = 0$, частица с вероятностью $1 - p$ отражается, т.е. возвращается к процессу блуждания, или с вероятностью p поглощается экраном $y = 0$, т.е. извлекается в свой продукт, выйдя из процесса блуждания.

Отражение происходит с вероятностью $1 - p = 1 - p(x)$. Следовательно, условие полного отражения можно записать как равенство нулю потока частиц через экран, т.е. $D \frac{\partial c}{\partial y} + Vc = 0$. Условию полного поглощения соответствует $c = 0$. Это событие происходит с вероятностью p .

Поэтому взвешенная сумма этих двух равенств дает граничное условие для дифференциального уравнения (1) в частных производных при условии $y = 0$:

$$(1 - p) \left(D \frac{\partial c}{\partial y} + Vc \right) - \mu V p c = 0, \quad (2)$$

где $\mu > 0$ – безразмерный коэффициент.

Решение уравнения (1) будет иметь вид [1]:

$$c(t, y) = (C_1 e^{k_1 y} + C_2 e^{k_2 y}) e^{-\lambda t}, \quad (3)$$

где

$$k_1 = \frac{-V - \sqrt{V^2 - 4\lambda D}}{2D}, \quad k_2 = \frac{-V + \sqrt{V^2 - 4\lambda D}}{2D},$$

$$C_1 = \frac{\lambda \gamma}{\mu V P \sqrt{V^2 - 4\lambda D}} \left[(1-P) \frac{V + \sqrt{V^2 - 4\lambda D}}{2} - \mu V P \right],$$

$$C_2 = -\frac{\lambda \gamma}{\mu V P \sqrt{V^2 - 4\lambda D}} \left[(1-P) \frac{V - \sqrt{V^2 - 4\lambda D}}{2} - \mu V P \right],$$

$\int_0^\infty c(0, y) dy = \gamma(x)$ – дифференциальная плотность исходных частиц, участвующих в блужданиях.

Имея решение (3) можно найти долю $m_x(t)$ вещества, остающегося в процессе блуждания по истечении времени t . Это дает возможность найти извлечение $\varepsilon(x)$ вещества с характеристикой x , т.е. остаточное содержание вещества в частице крупностью x в результате процессов, происходящих со смесью при соответствующем фракционном составе.

Функция извлечения имеет вид:

$$\varepsilon(x) = 1 - f(x),$$

где $f(x) = \frac{1 - e^{-K(x)}}{K(x)}$, $K(x)$ – вспомогательная функция, $K(x) = \tau g(2 - g)$,

$g = \frac{1-L}{L} \frac{p(x)}{1-p(x)} \theta$, τ – безразмерное время, $\tau = \frac{V^2 t}{4D}$, $0 \leq \theta \leq 1$ – безраз-

мерный параметр, L – параметр, имеющий конкретный смысл, связанный с конструктивными и технологическими характеристиками.

Для нахождения функции извлечения $\varepsilon(x, \bar{\theta})$, адекватно описывающей рассматриваемый процесс, необходимо определить вектор параметров $\bar{\theta}$. Задавая начальный вектор параметров $\bar{\theta}_0$, и используя алгоритм статистической оценки параметров, минимизирующий расхождения между теоретическими и экспериментальными характеристиками технологического процесса, можно получить решение с удовлетворяющей точностью. Реализация этого алгоритма позволяет быстро находить необходимые значения параметров функции $\varepsilon(x, \bar{\theta})$. Иногда найденные в процессе поиска значения компонент вектора параметров $\bar{\theta}$ не удовлетворяют каким-либо требованиям к функции извлечения

$\varepsilon(x, \bar{\theta})$, например, нарушающие монотонность этой функции. В этом случае поиск параметров можно продолжить, заменив значения начального вектора параметров $\bar{\theta}_0$ на новые, возможно, полученные в процессе предыдущего поиска. Такой подход гарантирует определение значений компонент вектора параметров $\bar{\theta}$, которые обеспечивают минимальное расхождение теоретических данных с экспериментальными, за наименьшее количество прогонов алгоритма.

Рассмотренные зависимости могут быть использованы для прогнозирования результатов и выбора оптимальных конструктивных параметров технологических процессов разделения [1], процессов сгорания [5] и др. На практике представляет интерес определение результатов процесса разделения смеси, в частности, извлечение полезного продукта $\varepsilon(x)$. Значения $\varepsilon(x)$ могут быть получены экспериментально как функция $\bar{\varepsilon}(x)$ или теоретически $\tilde{\varepsilon}(x)$, решением уравнения (1).

Рассмотренная математическая модель позволяет описывать процессы, в результате которых концентрация частиц некоторой смеси с течением времени уменьшается либо остается неизменной. Однако нередко необходимо учитывать приток вещества в процесс блужданий. Для этого уравнение (1) перепишем в виде:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + V \frac{\partial c}{\partial y} + f(t, y), \quad (4)$$

где $f(t, y)$ – функция-источник. Эту функцию можно записать в виде:

$$f(t, y) = \delta(y) \cdot M(t) \quad (5)$$

где $\delta(y)$ – δ -функция, $M(t)$ – некоторая «масса» вещества, появляющаяся в процессе блужданий в момент времени t в точке y .

Будем искать решение уравнения (4) в виде:

$$c(t, y) = G(t) \cdot H(y) \quad (6)$$

Для этого найдем соответствующие частные производные:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = G'(t) \cdot H(y) \quad (7)$$

$$\frac{\partial c}{\partial y} = G(t) \cdot H'(y) \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 c}{\partial y^2} = G(t) \cdot H''(y) \quad (9)$$

Подставив (5), (7)-(9) в (4) получим:

$$G'(t) \cdot H(y) = D \cdot G(t) \cdot H''(y) + V G(t) \cdot H'(y) + \delta(y) \cdot M(t) \quad (10)$$

Разделим обе части (10) на $G(t) \cdot H(y)$:

$$\frac{G'(t)}{G(t)} = D \frac{H''(y)}{H(y)} + V \frac{H'(y)}{H(y)} + \frac{\delta(y) \cdot M(t)}{G(t) \cdot H(y)} = -\lambda, \quad (11)$$

где $\lambda > 0$ имеет размерность c^{-1} .

Последнее уравнение распадается на два. Решим их последовательно.

$$\begin{aligned} \frac{G'(t)}{G(t)} = -\lambda, \quad \frac{dG(t)}{G(t)} = -\lambda dt, \quad \ln|G(t)| = -\lambda t + \ln|C| \\ G(t) = C \cdot e^{-\lambda t}. \end{aligned} \quad (12)$$

Уравнение $D \frac{H''(y)}{H(y)} + V \frac{H'(y)}{H(y)} + \frac{\delta(y) \cdot M(t)}{G(t) \cdot H(y)} = -\lambda$ является линейным неоднородным дифференциальным уравнением относительно y с параметром $\frac{M(t)}{G(t)}$.

$$\begin{aligned} D \frac{H''(y)}{H(y)} + V \frac{H'(y)}{H(y)} + \frac{\delta(y) \cdot M(t)}{G(t) \cdot H(y)} = -\lambda \Big| H(y) \neq 0, \\ DH''(y) + VH'(y) + \lambda H(y) = -\frac{\delta(y) \cdot M(t)}{G(t)}. \end{aligned} \quad (13)$$

Неоднородность можно определить как $\delta(y) = \eta'(y)$, где $\eta(y)$ – единичная функция Хевисайда. Для решения уравнения (13) воспользуемся преобразованием Лапласа. Пусть $F(p)$ – изображение функции $H(y)$. Тогда, исходя из свойств преобразования Лапласа, получим:

$$\begin{aligned} H'(y) &\rightarrow p \cdot F(p) - H(0), \\ H''(y) &\rightarrow p^2 \cdot F(p) - p \cdot H(0) - H'(0), \quad \eta(y) \rightarrow \frac{1}{p}, \\ \eta'(y) &\rightarrow p \cdot \frac{1}{p} - \eta(0) = 1 - \eta(0). \end{aligned}$$

Подставляя в (13) получим:

$$\begin{aligned} D(p^2 \cdot F(p) - p \cdot H(0) - H'(0)) + V(p \cdot F(p) - H(0)) + \lambda F(p) = \\ = -\frac{M(t)}{G(t)}(1 - \eta(0)). \end{aligned} \quad (14)$$

Пусть $\frac{M(t)}{G(t)} = -K(t)$. Тогда

$$Dp^2 F(p) - DpH(0) - DH'(0) + VpF(p) - VH(0) + \lambda F(p) = K(1 - \eta(0))$$

$$(Dp^2 + Vp + \lambda)F(p) + (-D)H'(0) + (-Dp - V)H(0) = K(1 - \eta(0)).$$

Откуда

$$(Dp^2 + Vp + \lambda)F(p) = K(1 - \eta(0)) + DH'(0) + (Dp + V)H(0),$$

$$F(p) = \frac{K(1 - \eta(0)) + DH'(0) + (Dp + V)H(0)}{Dp^2 + Vp + \lambda},$$

$$F(p) = \frac{pH(0) + \frac{V}{D}H(0) + \frac{K(1 - \eta(0))}{D} + H'(0)}{p^2 + \frac{V}{D}p + \frac{\lambda}{D}}.$$

Пусть

$$\frac{V}{D}H(0) + \frac{K(1 - \eta(0))}{D} + H'(0) = R.$$

Тогда

$$F(p) = \frac{pH(0) + R}{p^2 + \frac{V}{D}p + \frac{\lambda}{D}}.$$

Рассмотрим случай, когда $p^2 + \frac{V}{D}p + \frac{\lambda}{D}$ имеет простые действительные корни (в случае комплексных корней поступаем аналогично).

$$\begin{aligned} \frac{pH(0) + R}{p^2 + \frac{V}{D}p + \frac{\lambda}{D}} &= \frac{pH(0) + R}{p^2 + \frac{2V}{2D}p + \frac{V^2}{4D^2} - \frac{V^2}{4D^2} + \frac{\lambda}{D}} = \\ &= \frac{pH(0) + R}{\left(p + \frac{V}{2D}\right)^2 - \left(\frac{V^2}{4D^2} - \frac{\lambda}{D}\right)} = \frac{pH(0) + R}{\left(p + \frac{V}{2D} - \sqrt{\frac{V^2}{4D^2} - \frac{\lambda}{D}}\right)\left(p + \frac{V}{2D} + \sqrt{\frac{V^2}{4D^2} - \frac{\lambda}{D}}\right)}. \end{aligned}$$

$$\text{Причем, } \frac{V^2}{4D^2} - \frac{\lambda}{D} \geq 0, \quad \frac{V^2}{4D} \geq \lambda.$$

Пусть

$$\frac{V}{2D} - \sqrt{\frac{V^2}{4D^2} - \frac{\lambda}{D}} = a, \quad \frac{V}{2D} + \sqrt{\frac{V^2}{4D^2} - \frac{\lambda}{D}} = b.$$

Тогда

$$\frac{pH(0)+R}{(p+a)(p+b)} = \frac{A}{p+a} + \frac{B}{p+b} \quad (15)$$

Откуда

$$\begin{aligned} \frac{pH(0)+R}{(p+a)(p+b)} &= \frac{A(p+b)}{p+a} + \frac{B(p+a)}{p+b} = \frac{Ap+Ab+Bp+Ba}{(p+a)(p+b)} = \\ &= \frac{(A+B)p+(Ab+Ba)}{(p+a)(p+b)}. \end{aligned}$$

Для нахождения коэффициентов A и B воспользуемся методом неопределенных коэффициентов.

Получим

$$\frac{pH(0)+R}{(p+a)(p+b)} = \frac{\frac{H(0)a-R}{a-b}}{p+a} + \frac{\frac{R-H(0)b}{a-b}}{p+b} = \frac{H(0)a-R}{(a-b)(p+a)} + \frac{R-H(0)b}{(a-b)(p+b)}.$$

Применив свойства преобразования Лапласа, получим соответствующие изображения оригиналы:

$$\begin{aligned} \left(\frac{H(0)a-R}{a-b} \right) \frac{1}{p+a} &\rightarrow \left(\frac{H(0)a-R}{a-b} \right) e^{-ay}, \\ \left(\frac{R-H(0)b}{a-b} \right) \cdot \frac{1}{p+b} &\rightarrow \left(\frac{R-H(0)b}{a-b} \right) \cdot e^{-by}, \end{aligned}$$

откуда

$$F(p) \rightarrow \left(\frac{H(0)a-R}{a-b} \right) e^{-ay} + \left(\frac{R-H(0)b}{a-b} \right) \cdot e^{-by} = H(y) \quad (15)$$

Подставляя (12), (16) в (6) получаем, что решение $c(t, y)$ имеет вид:

$$c(t, y) = G(t) \cdot H(y) = C \cdot e^{-\lambda t} \left(\left(\frac{H(0)a-R}{a-b} \right) e^{-ay} + \left(\frac{R-H(0)b}{a-b} \right) \cdot e^{-by} \right),$$

где

$$\begin{aligned} a &= \frac{V}{2D} - \sqrt{\frac{V^2}{4D^2} - \frac{\lambda}{D}}, \quad b = \frac{V}{2D} + \sqrt{\frac{V^2}{4D^2} - \frac{\lambda}{D}}, \\ R &= \frac{V}{D} H(0) + \frac{K(1-\eta(0))}{D} + H'(0), \quad K(t) = -\frac{M(t)}{G(t)}. \end{aligned}$$

Таким образом, получено аналитическое решение уравнения диффузии с источником и граничными условиями для упругого экрана. Используя полученные соотношения можно определить функцию времени достижения определяющим параметром критического значения, что позволяет прогнозировать надежность оборудования и др. Стоит отметить что уравнение (1) является частным случаем уравнения (4). Поэтому все соотношения, получаемые с использованием решения уравнения (1) справедливы и для уравнения (4) с учетом вводимых обобщений.

Л и т е р а т у р а

1. Гарус В.К., Грачев О.В., Пожидаев В.Ф., Полулях А.Д. Формализация результатов процессов разделения в углеобогащении. Монография. – Луганск: изд-во ООО “НВФ”СТЕК”, 2003. – 176с.
2. Пожидаев В.Ф. Прикладные задачи математической статистики. – Луганск: изд-во Восточноукраинского государственного университета, 1998. – 156с.
3. Непомнящий Е.А. К теории процессов грохочения. – «Обогащение руд». 1960, №5.
4. Непомнящий Е.А. Математическое описание процесса грохочения с учетом конечности толщины слоя и затрудненного просеивания. – Труды ВНИИАШ, 1966, №2.
5. В.Ф. Пожидаев, Н.С. Прядко, А.А. Ветров Математическое моделирование процесса сжигания угля в поточном слое. Системные технологии. Региональный межвузовский сборник трудов. – .Выпуск 1 (30). – Днепропетровск, 2004. – С.41 – 46.

УДК 621.791.72

Войтикова А.Ю., Шевченко В.А.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПУЧКА ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКЕ

Рассматриваются основные методы контроля параметров электронного луча при ЭЛС. Существующие методы основаны на регистрации результатов его взаимодействия со специально подготовленной мишенью-зондом. Их погрешность чувствительна к электрическим полям в сварочной камере.

Известно [1, 2], что электронно-лучевая сварка (ЭЛС) является одним из самых перспективных способов соединения тугоплавких металлов и изделий, для которых нежелательно или невозможно последующая механическая или термообработка. Трудности применении ЭЛС состоят в значительной трудоемкости проектирования конкретных технологических процессов [3], обусловленных сложностью контроля параметров сварочного процесса.

В последнее время возрос интерес к проблеме контроля различных параметров сварочного процесса с целью повышения качества и воспроизводимости результатов сварки [4, 5, 6, 7].

В практике ЭЛС выбор параметров режимов сварки выполняют путем экспериментального подбора таких значений, которые бы удовлетворяли техническим требованиям к сварному соединению. Для этого экспериментально определяют характеристические кривые сварочной установки, представляющие зависимость параметров электронного пучка от контролируемых (устанавливаемых) – силы тока пучка, силы тока фокусировки и ускоряющего напряжения. Таким образом для построения характеристической кривой необходимы методы и средства для измерения устанавливаемых параметров. Из них для проек-

тирования сварочного процесса значительный интерес представляют геометрические и энергетические характеристики электронного луча. К геометрическим параметрам относят форму поперечного сечения электронного пучка и ее параметры (диаметр в случае кругового и полуоси в случае эллиптического сечения) в зависимости от координаты вдоль оси пучка. Кроме того, геометрия луча зависит от его размеров на срезе электронной пушки, размеров и положения минимального сечения пучка. Используют также такой параметр как угол сходимости. В случае подвижного пучка добавляют характеристики движения: форма, амплитуда, частота колебаний. К энергетическим параметрам относят мощность электронного пучка и ее распределение в поперечных сечениях.

В данной работе предпринимается попытка обзора известных методов контроля параметров электронного луча в практике ЭЛС. Все методы измерения параметров электронного пучка основаны на регистрации результатов его взаимодействия с зондом. Названия методов измерения параметров соответствуют особенностям использования зонда. Так известны методы вращающегося, неподвижного, тонкопленочного и электронного зондов.

Метод вращающегося зонда состоит в измерении сила тока в тонком вращающемся проводнике при пересечении им электронного пучка [8, 9, 10]. По кривой изменения тока оценивают диаметр луча в некотором сечении. Под действием электронного пучка зонд может частично разрушаться, что приводит к искажению зондовой характеристики. Для уменьшения влияния этого фактора зонд изготавливают из тугоплавкого металла, например, вольфрама. Обычно ресурс зонда составляет 30-40 опытов

Для построения характеристических кривых установки, при заданном ускоряющем напряжении и силе тока пучка, измеряют положение минимального сечения и его диаметр для каждого значения силы тока фокусировки в выбранном диапазоне. Измерения выполняют при различных силах тока пучка. В результате по экспериментальным данным могут быть построены зависимости положения и диаметра минимального сечения пучка, а также угла сходимости от силы тока пучка и силы тока фокусировки.

Погрешности метода обусловлены влиянием вторичных электронов, отклонением формы зонды от прямолинейной, изменением размеров зонда под действием электронного пучка. Для уменьшения влияния вторичных электронов последние улавливаются коллектором, расположенном на пути луча на малом расстоянии от зонда. Погрешности изменений формы зонда от принятой уменьшаются статистическими методами при обработке данных экспериментов.

Метод применим для исследования мощных электронных пучков.

Для уменьшения разрушающего влияния на электронного пучка на зонд был разработан метод неподвижного зонда и его модификация – метод кольцевого зонда [8]. В качестве зонда используют пластину с круглым отверстием (или кольцо), располагаемую соосно электронному пучку. Диаметр отверстия (кольца) выбирается несколько меньше диаметра луча на данном сечении электронного пучка. Вследствие этого вращающийся зонд взаимодействует лишь с периферийной зоной пучка. Сила тока воздействующей на зонд части пучка может быть измерена непосредственно или оценена по нагреву зонда.

Погрешность метода обусловлена погрешностью изготовления и погрешностями установки зонда. В случае кольцевого зонда необходимо также учитывать наличие прямолинейного участка зонда.

Для построения характеристической кривой для заданных ускоряющего напряжения, силы тока пучка и фокусировки определяют коэффициент сосредоточенности пучка и положение минимального сечения пучка. В результате по

экспериментальным данным могут быть построены зависимости положения и диаметра минимального сечения пучка, а также угла сходимости от силы тока пучка и силы тока фокусировки.

Тонкопленочный зонд состоит из тонкой проводящей пленки между двумя изолирующими пластинами. При движении пучка по торцу зонда измеряется сила тока в пленке, соответствующая силе тока той части пучка, которая непосредственно воздействует на пленку.

Пленку изготавливают путем напыления и последующего электролитического наращивания до толщины порядка 1 мкм.

По измерениям силы тока пленки зонда строят распределения плотности тока по сечению пучка, отклонение которой от кривой Гаусса обусловлено погрешностями метода [8, 11].

Погрешность метода обусловлена конечными размерами взаимодействующей с пучком частью зонда и зависит от отношения диаметра пучка к толщине пленки, а также расстояния от оси до обследуемой части пучка.

В результате по экспериментальным данным могут быть построены зависимости положения и диаметра минимального сечения пучка, а также угла сходимости от силы тока пучка и силы тока фокусировки.

Метод может быть использован для измерения пучков диаметром 5-20 мкм.

Метод электронного зонда основан на взаимодействии исследуемого, термического, электронного пучка с вспомогательным электронным пучком малой мощности – электронным зондом [8, 12]. Вследствие малой мощности зондирующий пучок не оказывает сколько-нибудь заметного влияния на термический пучок.

Отклонение зондирующего пучка под действием исследуемого описывается уравнением движения электрона в поле пространственного заряда термического пучка.

Погрешность метода обусловлена вторичной эмиссией электронов, пространственным зарядом паров металлов, погрешностью измерения отклонения зондирующего пучка.

Для построения характеристических кривых для заданных силы тока пучка и фокусировки оценивают диаметр термического пучка по отклонению зондирующего, а также измеряют положение минимального сечения пучка.

Метод подвижного коллектора с малым отверстием [13] состоит в измерении тока электронного пучка, прошедшего через малое отверстие известной формы в движущемся коллекторе. По зависимости тока пучка, прошедшего через отверстие, оценивают распределение плотности тока в сечении пучка, а также размеры пучка.

Метод прямого края пластины основан на анализе тока коллектора, обусловленного вторичной эмиссией при пересечении электронным пучком прямого края пластины.

Интересным представляется метод контроля распределения плотности тока пучка на поверхности свариваемых деталей с использованием коллимированного рентгеновского датчика [5]. Для измерения плотности распределения тока электронный луч периодически сканирует проекцию коллиматора. Распределение плотности энергии электронного пучка вычисляется на основании статистической обработки данных измерений с помощью специальных программных средств автоматизированной системы контроля геометрии электронного пучка на базе промышленной рабочей станции. Достоинством метода является его нечувствительность к электрическим помехам.

Наиболее полным является метод быстрого анализа профиля электронного пучка с помощью компьютерной томографии [4, 14, 15, 16, 17]. С этой целью используют высокоточный щелевой датчик либо датчик с прямым краем пластины и цилиндром Фарадея. Датчик помещают в массивный медный блок, для обеспечения хорошего теплоотвода и предотвращения изменения ширины щели или положения прямого края из-за теплового расширения. Датчик вращается вокруг своей оси, а электронный пучок все время быстро (500-1200 м/с) сканирует поперек щели. При этом сигналы датчика регистрируются на запоминающем осциллографе. При помощи компьютера выполняется Фурье-анализ этих данных и их томографическая реконструкция.

Выводы: 1. На основании анализа литературных источников показано, что для измерения параметров сварочного электронного пучка обычно используются методы с различными специально изготовленными мишенями-зондами, облучаемыми исследуемым пучком.

2. Для определения параметров луча измеряют обычно силу тока части электронного пучка, взаимодействующего с зондом, или вторичного тока.

3. Погрешности методов определения параметров луча чувствительны к точности изготовления и размещения зондов.

4. Погрешности методов определения параметров луча чувствительны к состоянию облучаемых термическим пучком зондов.

5. Погрешности методов определения параметров луча чувствительны к вторичной эмиссии электронов, пространственному заряду паров.

6. Представляется целесообразной разработка более помехоустойчивого способа измерения параметров электронного пучка.

Л и т е р а т у р а

1. Патон Б. Е. Проблемы сварки на рубеже веков. // Автоматическая сварка. – 1999. – № 1. – С. 4-14.
2. Электронно-лучевая сварка / Назаренко О. К., Кайдалов А.А., Ковбасенко С. Н. и др.; Под ред. Б. Е. Патона. – Киев: Наук. Думка, 1987, – 256 с.
3. Жадкевич Л.М., Куцан Е. Г., Сапрыкин Г. Ю. Проектирование технологических процессов электронно-лучевой сварки путем использования компьютерных экспертных систем // Международная конференция "Повышение эффективности сварочного производства" 17-18 октября 1996 г. – Липецк: – 1996. – С. 1-5.
4. Кайдалов А.А. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Экотехнология, 2004. – 260 с.
5. Бочаров А.Н., Лаптенко В.Д., Мурыгин А.В. Контроль распределения плотности тока электронного пучка в процессе электронно-лучевой сварки //Сварочное производство. 2006. № 7. С. 8—14.
6. Богданов В. Нові підходи у керуванні процесами електронно-променевого зварювання // Вісник. – 2002. – № 9. – С. 60-63.
7. Ю. И. Статывка, В. А. Шевченко. Теоретическая оценка влияния параметров электронного луча на образование корневых дефектов при ЭЛС // Автоматическая сварка. – 2001. – № 10. С. 11-13.
8. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: Справочник/ Н.Н. Рыкалин, А.А. Углов, И.В. Зуев, А.Н Кокора. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
9. Зуев И.В., Углов А.А. Об измерении диаметра электронного луча методом вращающегося зонда. – Физика и химия обработки материалов, 1967, № 5, с. 110-112.
10. Назаренко О.К., Локшин В.Е., Акопянц К.С. Измерение параметров электронных пучков методом вращающегося зонда. – Электронная обработка материалов, 1970, № 1, с. 87-90.
11. Об экспериментальном исследовании параметров электронных пучков/А.А. Углов, В.К. Дущенко, А.А. Васютин и др. – Физика и химия обработки материалов, 1974, № 3, с. 26-29.

12. Резниченко В.Ф., Углов А.А., Чесаков Д.М. К определению энергетической и пространственно-временной структуры электронного пучка. – В кн.: Электронно-лучевая сварка. М.: МДНТП, 1978, с. 15-20.
13. Интенсивные электронные и ионные пучки/ Молоковский С.И., Сушков А. Д. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.
14. Avezedo S.G., Martz H.E., Roberson G.P. Computerized tomography reconstruction technologies. Energy and technology review // LLNL Journal on Unclassified Research. – 1990. – November–December. – UCRL – 52000-90-11.12. – P. 18-34.
15. Elmer J.W., Teruya A.T., O'Brien D.W. Tomographic imaging of noncircular and irregular electron beam current density distribution// Welding Journal. – 1993. – № 11. – P. 493-505.
16. Hiramoto S., Ohmine M., Sakamoto M. Development of an automatic beam focal detection system for electron beam welding // Transaction of the Japan Welding Society/ – 1992. – April. – P. 33-39.
17. Teruya A.T., Elmer J.W., O'Brien D.W. A system for the tomographic determination of the power distribution in electron beams // The Laser and Electron Beam in Welding Cutting and Surface Treatment State-of-the-Art. – 1991. – Bakish Materials Corp. – P. 125-140.

УДК 504.06: 622.33

Воробьев С.Г., Zubov A.P., Zubova Л.Г.

ВЛИЯНИЕ ТЕРРИКОНОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕЧНОЙ СЕТИ И ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Подобраны критерии оценки вредного воздействия шахтных отвалов на речную сеть и водоёмы, классифицированы отвалы по степени их экологической опасности. Предложена модель повышения экологической безопасности терриконовых ландшафтов. Табл. 3. Рис. 5. Ист. 4.

Введение. Своеобразие геологического строения, рельефа и климата в какой-то степени определило особенности хозяйства Донбасса. Его первым богатством были соляные источники, известные еще древним славянским племенам, населявшим южнорусские степи. Но не они принесли славу Донбассу. Всемирно известным он стал благодаря “солнечному камню” — углю. Шахты и их подсобные предприятия стали в этих местах градообразующим фактором.

При подземной добыче угля на поверхность из шахт выдается порода, получаемая при проведении подготовительных, а также очистных выработок. Периодически в отвалы направляются шлам и ил от очистки капитальных выработок и водосборников, а также порода от работ по восстановлению аварийных выработок. В отвалы шахт направляются также отходы обогащения. Количество выдаваемой из шахт породы зависит от горно-геологических условий [1].

Воздействие породных отвалов на водный бассейн проявляется в изменении водного режима, в загрязнении и засорении вод. Крупные отвалы обладают большой площадью поверхности. Воды атмосферных осадков, стекающие с нее вызывают активные эрозионные процессы, загрязняются и, в свою очередь, загрязняют вначале суходольное звено гидрографической сети, а затем постоянные водотоки и водоемы [2].

Целью наших исследований стала оценка интенсивности загрязнения гидрографической сети водоемов, временных и постоянных водотоков в результате эрозионного выноса загрязняющих веществ с поверхности терриконов, разработка классификации отвалов угольных шахт по степени их экологической опасности.

Основная часть. Для достижения поставленной цели нами были решены следующие задачи:

3. Оценить интенсивность эрозионного процесса на терриконах и количество выносимых токсикантов.
4. Подобрать критерии оценки степени вредного воздействия шахтных отвалов на речную сеть и водоёмы.
5. Классифицировать отвалы по степени их экологической опасности на данные объекты.

Объектами исследований стали территории, прилегающие к 74 отвалам угольных шахт Луганской области. Для решения поставленных задач были использованы материалы космической съемки, топографические карты, данные, предоставленные шахтными управлениями и результаты экспедиционного обследования.

В качестве одного из критериев оценки экологической опасности шахтных отвалов для окружающей среды и, в том числе, гидрографической сети были предложены показатели их расположения в ландшафте.

В результате рассмотрения статистического распределения показателей расположения отвалов нами были выделены пять степеней их экологической опасности:

I степень - максимальная потенциальная экологическая опасность для окружающей среды (объекты находятся непосредственно у подножия террикона);

II степень - средняя степень потенциальной экологической опасности для окружающей среды (объекты находятся в пределах охранной зоны, то есть до 500 м);

III степень - слабая потенциальная экологическая опасность для окружающей среды (объекты находятся в пределах от 500 до 1000 м);

IV степень - относительная потенциальная экологическая опасность (объекты находятся в пределах от 1000 до 2000 м)

V степень - косвенная потенциальная экологическая опасность (объекты находятся далее 2000 м).

На графических рисунках 1 и 2 представлены данные по распределению терриконов по степени их потенциального воздействия на речную сеть и водоёмы.



Рис. 1. Распределение терриконовых ландшафтов по степени их потенциального воздействия на постоянные водотоки



Рис. 2. Распределение терриконовых ландшафтов по степени их потенциального воздействия на водоёмы

Для проверки экологической опасности были осуществлены 3 научные экспедиции: к терриконам, принадлежащим шахтам "Дувана" (с. Дружное) и "Княженська" (г. Красный Луч); к террикону шахты "Матросская" (г. Лисичанск).

В ходе экспедиций были осуществлены отборы образцов воды из водоемов, примыкающих к терриконам. По результатам спектрального анализа, на основании критериев экологичной оценки качества поверхностных вод [3], составлена экологическая оценка водоемов. Данные сведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Экологическая оценка качества поверхностных вод

Хим. элемент.	Вода у подножия террикона шх. «Дувана», г. Суходольск		Вода из пруда возле террикона шх. «Княженська», г. Красный луч		Вода из пруда возле террикона шх. «Матросская» г. Лисичанск	
	мг/л	оценка	мг/л	оценка	мг/л	оценка
Pb	-	-	0,004	хор.	0,004	хор.
Cu	0,058	плох.	0,018	удовл.	0,020	удовл.
Ti	0,413	плох.	0,071	плох.	0,278	плох.
V	0,017	плох.	0,007	удовл.	0,012	плох.
Mn	12,4	плох.	0,357	удовл.	5,950	плох.
Ni	0,124	плох.	0,004	хор.	0,198	плох.
Zn	0,248	плох.	0,071	удовл.	0,040	удовл.
Sr	1,653	удовл.	0,713	удовл.	0,793	удовл.

Для определения интенсивности эрозионных процессов были сделаны измерения на отвале шахты „Матросская” (рис. 3).



Рис. 3. Террикон шахты „Матросская”

Для определения годового модуля смыва использовали метод С.С.Соболева [4]. При этом на площадке размером 1 м на 10 м был произведен замер ширины и глубины промоин (рис.4), сформированных стоком талых и ливневых вод за период, прошедший после выполненного переформирования отвала до наших замеров (с 01.10.06 г. по 6.10.2007 г.). Данные замера занесены в табл. 2



Рис. 4. Замер промоин на отвале шахты „Матросская”

Т а б л и ц а 2

Ширина и глубина промоин

Параметры промоин	Значения параметров, см.										
Ширина b , см	8	17	10	13	12	13	21	11	18	12	18
Глубина h , см	10	6	5	19	10	6	8	4	16	8	30
Площадь сечения промоин, m^2	0,008	0,01	0,005	0,025	0,012	0,008	0,017	0,004	0,029	0,01	0,054

Суммарная площадь сечения промоин рассчитана по формуле:

$$F = \Sigma(b * h) = 0,181 \text{ м}^2.$$

Смыв породы с учетной площадки $V = 0,181 \text{ м}^2 * 1 \text{ м} = 0,181 \text{ м}^3$.

Объемный модуль смыва (смыв с единицы площади) рассчитан по формуле:

$$W = V/F = 0,181 \text{ м}^3 / 10 \text{ м}^2 = 0,0181 \text{ м}^3/\text{м}^2 = 181,0 \text{ м}^3/\text{га}.$$

С учетом объемной массы породы ($d = 1,29 \text{ т}/\text{м}^3$) массовый модуль смыва с террикона принимает значение:

$$M = W * d = 181,0 \text{ м}^3/\text{га} * 1,29 \text{ т}/\text{м}^3 = 233,5 \text{ т}/\text{га} = 23,4 \text{ кг}/\text{м}^2 = 234 \text{ т}/\text{га}.$$

Таким образом, расчеты показывают, что за 1 год с метра квадратного поверхности террикона смывается 23,4 кг породы.

Общий смыв породы с отвала определяем по формуле:

$$m_{\text{см}} = M * F_{\text{см}};$$

где $m_{\text{см}}$ - масса смытой породы, $F_{\text{см}}$ - площадь смыва.

Так как отвал имеет форму усеченного конуса, площадь смыва можно рассчитать как произведение полусуммы длин окружностей оснований на образующую:

$$S_{\text{б.пов}} = (r_1 + r_2) * l * \pi;$$

где r_1 - радиус верхнего основания отвала;

r_2 - радиус нижнего основания отвала;

l - образующая.

$$S_{\text{б.пов}} = (r_1 + r_2) * l * \pi = (135 + 60) * 91,5 * 3,14 = 56026 \text{ м}^2 = 5,6 \text{ га}.$$

$$\text{Таким образом, } m_{\text{см}} = M * F_{\text{см}} = 234 \text{ т}/\text{га} * 5,6 \text{ га} = 1310,4 \text{ т}.$$

Для уменьшения выноса породы с террикона у его основания после создания по периметру был устроен вал высотой до 2 м. За многолетний период интенсивных эрозионных процессов емкость, созданная валом наполнилась продуктами эрозии, и начался их выход на прилегающие поля через возникшие размыты вала. После последнего переформирования отвала за валом на расстоянии 7-10 м от него по периметру террикона была вырыта траншея глубиной до 1,5 м, совмещенная с водозадерживающим валом и замыкаемая прудом - отстойником размером 13 метров на 26 метров (рис. 5). Воды атмосферных осадков, стекающие с поверхности отвала, попадая в траншею, направляются теперь в этот водосборник.

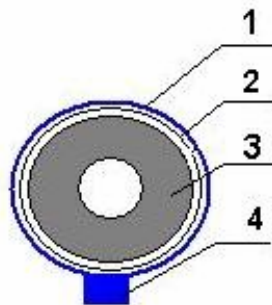


Рис. 5. Схематический план породного отвала шах. «Матросская» с системой защитных мероприятий;
1 - траншея; 2 - вал; 3 - отвал. 4 – пруд - отстойник

Выполненные наблюдения показали, что смываемый с террикона крупнообломочный материал, несмотря на разрушение вала, по-прежнему отлагается у подножия отвала. Более мелкие и подвижные фракции беспрепятственно перемещаются через гребень вала по сформировавшейся из отложений прошлых лет террасе, но у ее подножия частично отлагаются в полосе травянистой растительности шириной около 5 метров. Наиболее мелкие – пылеватые и илистые фракции преодолевают все искусственные и естественные преграды, но отлагаются в прудке-отстойнике. Таким образом, если бы не было отстойника, какая-то часть смытого материала, преодолев достаточно сложную систему инженерно-биологических задерживающих мероприятий, попала бы в окружающую среду, обладая при этом очень высокой способностью транспортироваться временными и постоянными водными потоками.

Нашей задачей было определить, какое количество породы дошло до пруда-отстойника и осело в нем в виде донных отложения. Для этого была разработана и использована специальная методика.

1. Вначале в нескольких точках был произведен замер высоты ила и вычислено ее среднее значение $h_{ил}=30$ см. Была взята проба ила и помещена в цилиндрический сосуд диаметром $d = 0,1$ м.
2. После оседания ила замерили высоту его слоя $h_{ос.ил.}=0,145$ м.
3. Ил довели до воздушно сухого состояния и взвесили. Масса ила $m_{в.с.}$ составила 930 г. Затем в термостате перевели ил в абсолютно сухое состояние. При этом масса ила $m_{а.с.}$ составила 912 г.
4. Зная площадь основания цилиндра ($S, м^2$), нашли объем ила в сосуде:
1. $V=S \cdot h_{ос.ил.}=0,00785 \cdot 0,145=0,0012$ м³.
5. Определили объемную массу ила во взвешенном состоянии:
2. $\rho=m/V=0,912 \text{ кг}/0,0012 \text{ м}^3 = 760 \text{ кг/м}^3$.
6. После этого возможно определить массу ила в отстойнике:
3. $m=V_{пр} \cdot \rho = 101,4 \text{ м}^3 \cdot 760 \text{ кг/м}^3 = 77061 \text{ кг} = 77,1 \text{ т}$.
4. где $V_{пр}$ - объем ила в отстойнике;
5. $V_{пр} = S_{пр} \cdot h_{ил}=338 \text{ м}^2 \cdot 0,3 \text{ м} = 101,4 \text{ м}^3$;
6. где $S_{пр} = 338 \text{ м}^2$ - площадь отстойника;
7. $h_{ил} = 0,3 \text{ м}$ - высота ила в отстойнике.
8. Определяем модуль смыва наиболее подвижных фракций породы с поверхности террикона:

$$h_{м.см} = m_{см}/F_{см} ;$$

где $m_{см}$ - масса смытой породы, $F_{см}$ - площадь смыва.

$$h_{м.см} = 77061 \text{ кг}/56025,5 \text{ м}^2 = 1,38 \text{ кг/м}^2 = 13,8 \text{ т/га}.$$

Таким образом, общее количество задержанного в отстойнике материала составило 77,1 т или 5,9% от массы всей смытой с отвала за год породы. Можно констатировать высокую эффективность сочетания существующей системы вала, траншеи и полосы залужения (94,1%), однако на фоне катастрофического уровня эрозии на отвале даже столь малый остаточный вынос породы экологически не безопасен.

Для определения интенсивности загрязнения прилегающей к террикону территории различными химическими элементами, в т. ч. тяжелыми металлами, нами были отобраны образцы породы на терриконе и взяты пробы донных отложений из отстойника. По результатам спектрального анализа был определен вынос тяжелых металлов и других токсических элементов с террикона и подсчитано, насколько уменьшилось распространение токсических элементов в результате задержания различными биоинженерными мероприятиями (валом, полосой травянистой растительности, траншеей).

Результаты расчетов сведены в таблицу 3.

Т а б л и ц а 3

**Вынос химических элементов с отвала шахты «Матросская»
и его уменьшение системой биоинженерных мероприятий**

Элементы и их содержание в породе, мг/кг		Показатели выноса с поверхности террикона			Содержание элементов в донных отложениях отстойника		Уменьшение выноса элементов, кг
		С единицы площади		Со всего отвала, кг	мг/кг	Всего, Кг	
		г/м ²	кг/га				
Титан	3000	70,1	701	3927	5000	385	3542
Фосфор	500	11,7	117	654,5	700	53,9	600,6
Марганец	500	11,7	117	655	500	38,5	616,0
Барий	300	7,01	70,1	393	0	0,0	392,7
Цирконий	300	7,01	70,1	393	200	15,4	377,3
Хром	100	2,34	23,4	131	100	7,7	123,2
Литий	100	2,34	23,4	131	50	3,9	127,1
Цинк	100	2,34	23,4	131	100	7,7	123,2
Ванадий	70	1,64	16,4	91,7	150	11,6	80,1
Никель	50	1,17	11,7	65	50	3,9	61,6
Медь	30	0,70	7,0	39,3	30	2,3	37,0
Сурьма	20	0,47	4,7	26,2	0	0,0	26,2
Свинец	20	0,47	4,7	26,2	30	2,3	23,9
Ниобий	20	0,47	4,7	26	20	1,5	24,6
Итрий	20	0,47	4,7	26	20	1,5	24,6
Скандий	15	0,35	3,5	19,7	15	1,2	18,5
Галлий	10	0,23	2,3	13,1	10	0,8	12,3
Кобальт	10	0,23	2,3	13,1	10	0,8	12,3
Лантан	10	0,23	2,3	13,1	10	0,8	12,3
Олово	5	0,12	1,2	7,1	7	0,5	6,0
Вольфрам	3	0,07	0,7	3,9	3	0,2	3,7
Молибден	3	0,07	0,7	3,9	3	0,2	3,7
Германий	2	0,05	0,5	2,6	3	0,2	2,4
Висмут	2	0,05	0,5	2,7	2	0,2	2,5
Бериллий	2	0,05	0,5	2,6	3	0,2	2,4
Иттербий	1,5	0,04	0,4	1,9	1,5	0,1	1,8
Всего	5193,5	121,42	1214,2	6799,6	7017,5	540,4	6258

Выводы. В результате проведенных исследований классифицированы отвалы угольных шахт Луганской области по степени их потенциальной экологической опасности для рек и водоемов. Установлено, что в результате водной эрозии с каждого гектара поверхности отвалов ежегодно выносятся 1214,2 кг различных химических элементов, в том числе 1992,8 кг тяжелых металлов. Такие элементы как медь, марганец, никель, цинк, содержащиеся в породе имеют существенное превышение над ПДК, что по критериям экологического состояния оценивается как „плохое”. Применение полос залужения в сочетании с земляными сооружениями в виде валов и траншей позволяет задержать в пределах данной инженерно-биологической системы защитных мероприятий до 94% от этого количества.

Л и т е р а т у р а

1. Смирный М.Ф., Зубова Л.Г., Зубов А.Р. Экологическая безопасность терриконовых ландшафтов Донбасса: Монография.-Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2006.-С. 12-14.
2. Харьковский Б. Т., Омельченко А.В. Механизация рекультивации нарушенных земель // Сборник научных трудов Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля и Познаньского технического университета.-Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля № 2002-№2.-С. 124-126
3. Яцик А.В., Водне господарство в Україні / За ред. А.В. Яцика , В.М. Хорєва. -К/: Генеза,2000.-С. 96
4. Заславский М.Н. Эрозиоведение: Учебник для студентов географ. и почв. спец. вузов.-М.: Высш.шк. 1983.-С. 126-128.

УДК 533.6.071.3:621.391.822:621.396

Воронкин А.С.

ПРОГРАММНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СВЧ ДИАПАЗОНЕ

В работе представлена математическая модель для расчета и синтеза оптимальных параметров микрополосковых линий в сверхвысокочастотном диапазоне. Проведен сравнительный анализ результатов, полученных в программах TxLine (США) и AppCAD (США) и разработанной подпрограммы "VNUMicrostrip" для расчета полосковых линий монолитных интегральных схем и микро печатных плат. Использование методики позволяет рассчитывать, моделировать и синтезировать параметры МПЛ. Программа может использоваться также для образовательных программ. Рис. 7, Ист. 17.

Современные достижения нанотехнологий в науке и технике (углеродные нанотрубки (CNT), нанопроводники, дендримеры, наночастицы, полевые транзисторы CNT-FET, интегрированные в КМОП схемы, биодатчики на основе нанотрубок), а также развитие космической, спутниковой, сотовой связи, радиолокационных и цифровых систем передачи данных ставят настолько сложные задачи, решение которых исключает экспериментальный подход при проектировании устройств СВЧ и требует автоматизировано-интеллектуально комплексного подхода. Несмотря на то, что во всем мире интенсивно ведутся научные работы (Россия, США, Германия, Швейцария) по разработке и созданию программного обеспечения для проектирования систем СВЧ, это направление остается актуальным, на что указывает значительное число монографий, публикаций в отечественных и зарубежных научных журналах по данной тематике [1-4].

Решающее значение имеет соответствие математических моделей реальным устройствам, что связано с невозможностью проектирования интегральных приборов СВЧ способами многократных экспериментальных проб на ряде макетов и позволит решать ряд задач при помощи ПК. Таким образом, актуальность заключается в разработке и усовершенствовании методик, алгоритмов, создании не дорогих программных средств, которые помогут автоматизировать ряд решений для определенных классов СВЧ приборов [5, 6]. Решение поставленных задач способствует массовому внедрению современных информационных и вычислительных технологий в науку, технику и образование.

В связи со сложностью разработки СВЧ устройств, отдельных модулей и блоков диагностической ВЧ аппаратуры, систем съема данных быстропротекающих физических процессов необходима разработка программного комплекса расчета цепей согласования, линий передач микрополосковых плат и монолитных интегральных схем, микрополосковых фильтров, пакета программ активных и пассивных элементов, усилительных каскадов с учетом ряда факторов, а также проведения их моделирования и синтеза посредством применения современных ЭВМ.

С развитием приложений ВЧ и СВЧ техники обостряется проблема моделирования их компонентов. Одним из главных компонентов современных СВЧ устройств являются интегральные полосковые структуры. В интегральных схемных микросборках и микрополосковых печатных платах чаще всего используются микрополосковые линии (МПЛ), основные геометрические параметры которых представлены на рис. 1. МПЛ обладают целым рядом недостатков – имеют более высокие погонные потери (по сравнению с полыми волноводами), излучают энергию в пространство, но малые габариты, масса, технологичность, дешевизна, делают их незаменимыми при проектировании многих схем ВЧ/СВЧ, что требует достоверного расчета их оптимальных параметров с учетом ряда факторов.

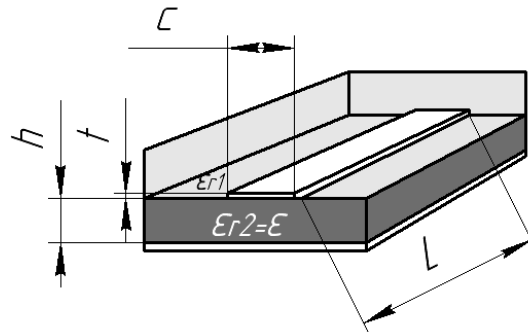


Рис. 1. Основные геометрические параметры микрополосковой линии с диэлектрическим заполнением

Волновое сопротивление Z_0 и фазовая скорость V_ϕ для волн типа ТЕМ в полосковой линии определяются также как и для коаксиальных линий, из соотношений [7]:

$$Z_0 = \sqrt{L/C}, \quad V_\phi = \frac{1}{\sqrt{L/C}} \quad (1)$$

где L , C – индуктивность и емкость на единицу длины.

Емкость микрополосковой линии C в пФ/м при малых конечных значениях t ($t/h \ll 1$):

$$C = \begin{cases} 17.7 \cdot \varepsilon \cdot \left(1 + \frac{w}{2h} + \frac{1}{\pi} \cdot \frac{t}{2h} \left(1 + \ln\left(1 + \frac{2h}{t}\right)\right)\right) \\ 10.6 \cdot \varepsilon \cdot \left(1 + \frac{w}{h}\right) \cdot \frac{1}{1 - w/h} \\ 10.6 \cdot \varepsilon \cdot \left(1 + \frac{w}{h} \cdot \left(\frac{1}{1 - t/h}\right)\right) \\ 10.6 \cdot \varepsilon \cdot \left(1 + \frac{w}{h}\right) \end{cases}, \text{ при } \begin{cases} \frac{c}{h} < 2 \\ \frac{c}{h} > 2 \\ \frac{c}{h} > 0.6 \end{cases}, \quad (2)$$

где h – толщина диэлектрической подложки; ε – диэлектрическая проницаемость подложки; t – толщина проводящего слоя МПЛ; w – эффективная ширина МПЛ (расчетное значение ширины линии, имеющей конечную толщину), при чем $t < h$ и $t < c/2$ (рис. 1).

$$w = \begin{cases} c + \frac{t}{\pi} + \frac{1.25t}{\pi} \cdot \left(1 + \ln \frac{2 \cdot h}{t}\right) \\ c + \frac{1.25t}{\pi} \cdot \left(1 + \ln \frac{4 \cdot \pi \cdot c}{t}\right) \end{cases}, \text{ при } \begin{cases} \frac{c}{h} \geq \frac{1}{2} \pi \\ \frac{c}{h} < \frac{1}{2} \pi \end{cases}, \quad (3)$$

где c – физическая ширина МПЛ. Эффективная (электрическая) ширина превышает физическую из-за краевых явлений на ребрах [3, 8, 9]. Для существования только основного типа волн ТЕМ в полосковой линии необходимо выполнение ограничений: $h < (1/4) \cdot \lambda$, $w < (1/2) \cdot \lambda$, $t < h$, $t < c/2$.

Для расчетов используем практическое выражение для волнового сопротивления (Z_0) несимметричной полосковой линии в Ом, полученное в квазистатическом приближении [9], т.е. в предположении, что в МПЛ распространяется лишь Т-волна без учета дисперсионности линии. Дисперсия основной волны почти не проявляется на частотах до 1 ГГц (структура волны несущественно отличается от структуры Т-волны). Таким образом, характеристическое сопротивление есть функция ширины проводящей полоски на более низких частотах.

$$Z_0 = \frac{377 \cdot h}{\sqrt{\varepsilon} \cdot w \cdot [1 + 1.735 \cdot \varepsilon^{-0.0724} \cdot \left(\frac{w}{h}\right)^{-0.836}]}, \quad (4)$$

Точность определения Z_0 по формуле (4) составляет 1 % при $w/h \geq 0.4$ и 3 % при $w/h < 0.4$ [1].

По мере повышения частоты все более заметны продольные составляющие векторов E и H , что сказывается на результатах (зависимости волнового сопротивления линии и эффективной диэлектрической проницаемости от частоты). Ниже приведены формулы для расчета с точностью не хуже 1% [3, 8].

$$Z_0 = \begin{cases} \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_{\text{эф}}}} \cdot \ln\left(\frac{8h}{w} + 0.25 \frac{w}{h}\right) \\ \frac{120\pi}{\sqrt{\varepsilon_{\text{эф}}}} \cdot \left(\frac{w}{h} + 1.393 + 0.667 \cdot \ln\left(\frac{w}{h} + 1.444\right)\right)^{-1} \end{cases},$$

$$\left| \begin{array}{l} \frac{c}{h} < 1 \\ 1 \leq \frac{c}{h} < 20 \end{array} \right. \quad (5)$$

Эффективная диэлектрическая проницаемость численно равна $\varepsilon_{\text{эф}} = V^2 / V_{\phi}^2$. Приближенная формула расчета $\varepsilon_{\text{эф}}$ МПЛ:

$$\text{где } \varepsilon_{\text{эф}} = \begin{cases} \frac{\varepsilon+1}{2} + \frac{\varepsilon-1}{2} \left[\left(1 + \frac{12h}{c}\right)^{-1/2} + 0.041 \cdot \left(1 - \frac{c}{h}\right)^2 \right] - \frac{\varepsilon-1}{4.6} \cdot \frac{t}{\sqrt{c \cdot h}}, \left(\frac{c}{h} < 1\right) \\ \frac{\varepsilon+1}{2} + \frac{\varepsilon-1}{2} \cdot \left[1 + 12 \cdot \left(\frac{h}{c}\right)\right]^{-1/2} - \frac{\varepsilon-1}{4.6} \cdot \frac{t}{\sqrt{c \cdot h}}, \left(1 \leq \frac{c}{h} < 20\right) \end{cases};$$

V - скорость света вакууме ($2.998 \cdot 10^8$ м/с).

Если $h/\lambda \ll 1$, то эффект дисперсии незначителен и им можно пренебречь. Увеличение толщины t приводит к уменьшению дисперсии. Влияние частоты на характеристики МПЛ учтем с помощью следующих соотношений [3, 8, 9, 10]:

$$\left\{ \begin{array}{l} z_0(f) = z_0 \cdot \frac{\varepsilon_{\text{эф}}(f) - 1}{\varepsilon_{\text{эф}} - 1} \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon_{\text{эф}}}{\varepsilon_{\text{эф}}(f)}} \\ \varepsilon_{\text{эф}}(f) = \varepsilon - \frac{\varepsilon - \varepsilon_{\text{эф}}}{1 + \left(\frac{f}{f_{50}}\right)^m} \\ f_{50} = \frac{f_{K, TM_0}}{0.75 + \left(0.75 - \left(\frac{0.332}{\varepsilon^{1.73}}\right)\right) \cdot \frac{c}{h}} \\ f_{K, TM_0} = \frac{V \cdot \arctan\left(\varepsilon \sqrt{\frac{\varepsilon_{\text{эф}} - 1}{\varepsilon - \varepsilon_{\text{эф}}}}\right)}{2\pi h \sqrt{\varepsilon - \varepsilon_{\text{эф}}}} \\ m = m_0 \cdot m_c \\ m_0 = 1 + \frac{1}{1 + \sqrt{c/h}} + 0.32 \cdot \left(\frac{1}{1 + \sqrt{c/h}}\right)^3 \end{array} \right., \quad (6)$$

$$\text{где } m_c : m_c = \begin{cases} 1 + \frac{1.4}{1 + c/h} [0.15 - 0.235 \exp(\frac{-0.45 \cdot f}{f_{50}})] & , \text{ для } \begin{cases} c/h \leq 0.7 \\ c/h > 0.7 \end{cases} \\ 1 \end{cases}$$

Для синтеза МПЛ – решение обратной задачи для нахождения геометрических размеров МПЛ по ее волновому сопротивлению, воспользуемся следующими выражениями: $c/h = Ch_1$ при $A < 1.52$, при $A \geq 1.52$ $c/h = Ch_2$:

$$\frac{c}{h} = \begin{cases} Ch_1 = \frac{8 \exp(A)}{\exp(2A) - 2} \\ Ch_2 = \frac{2}{\pi} \cdot (B - 1 - \ln(2B - 1)) + \frac{\varepsilon - 1}{2 \cdot \varepsilon} \cdot (\ln(B - 1) + 0.39 \cdot \end{cases} \quad (7)$$

где коэффициенты А и В составят: $A = \frac{Z_0}{60} \cdot (\frac{\varepsilon + 1}{2})^{1/2} + \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 1} (0.23 + \frac{0.11}{\varepsilon})$;

$$B = \frac{377\pi}{2 \cdot Z_0 \sqrt{\varepsilon}} .$$

Ориентировочно оценить время распространения сигнала в МПЛ (в нс/см) можно по формуле (8) из [11]:

$$t_d = 0.033 \cdot \sqrt{0.48 \cdot \varepsilon + 0.7} , \quad (8)$$

Электрическая длина волны определяется из расчета длины основной квази Т - волны:

$$\lambda_{el} = K_{\lambda_{el}} \cdot \lambda , \quad (9)$$

где длина волны в свободном пространстве $\lambda = V / f$; f – рабочая частота; коэффициент $K_{\lambda_{el}}$:

$$K_{\lambda_{el}} = \frac{L}{\frac{V}{f \sqrt{\varepsilon}} \sqrt{1 + 0.63(\varepsilon - 1) \cdot (\frac{w}{h})^r}} , \quad (10)$$

где $r = 0.1225$ при $w/h \geq 0.6$ и $r = 0.0297$ при $w/h < 0.6$; L – длина МПЛ.

В линии модуль коэффициента отражения волны ρ_z (по напряжению) постоянен на протяжении всей линии, а фаза меняется периодически при движении вдоль линии (из теории длинных линий и линий передач без учета потерь – случай однородной длиной линии). Фазовый угол коэффициента отражения в сечении (z+l) отличается от фазового угла коэффициента отражения на величине

ну, которая определяет угол поворота радиус-вектора ρ_z (при использовании круговых диаграмм):

$$\Delta\varphi = -\frac{4 \cdot \pi}{\lambda} \cdot \lambda_{el} = -4\pi \cdot K_{\lambda el}, \quad (11)$$

Фазовый сдвиг (фазовая постоянная) в линии [рад/м, град/м] если диэлектрик не заполняет линию полностью [3, 10]:

$$\beta = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{V_\phi} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \sqrt{\epsilon_{\text{эф}}}}{V}, \quad (12)$$

Таким образом, фазовый сдвиг на выходе относительно входа линии, длиной L , определяется, как $\varphi = L \cdot \beta$. Тогда сигнал на выходе запаздывает относительно входного на время: $t = \varphi / 2\pi f$.

Важной характеристикой МПЛ является также погонное затухание электромагнитной волны в линии. Как правило, потери (a [дБ/м]) обусловлены тремя составляющими: потерями в диэлектрике a_d , проводниках a_c , и потерями на излучение a_u [3, 8-11]:

$$a = a_d + a_c + a_u, \quad (13)$$

где a_d и a_c определяются из следующих приближенных формул [3, 9]:

$$a_d = \frac{27.3 \cdot \sqrt{\epsilon_{\text{эф}}} \cdot \text{tg} \delta}{\lambda}, \quad (14)$$

где $\text{tg} \delta$ - тангенс угла диэлектрических потерь среды, заполняющей линию (табл. 1).

$$a_c = \begin{cases} 1.38 A \frac{R_s}{h \cdot Z_0} \cdot \frac{32 - (w/h)^2}{32 + (w/h)^2} \\ 6.1 \cdot 10^{-5} A \cdot \frac{R_s \cdot Z_0 \cdot \epsilon_{\text{эф}}(f)}{h} \cdot \left(\frac{w}{h} + \frac{0.667 \cdot \frac{w}{h}}{w/h + 1.444} \right) \end{cases}, \text{ при } \begin{cases} \frac{c}{h} \leq 1 \\ \frac{c}{h} > 1 \end{cases}, \quad (15)$$

где $A = 1 + \frac{h}{w} \left(1 + \frac{1}{\pi} \cdot \ln \frac{2B}{t}\right)$ и $B = \begin{cases} h \\ 2\pi c \end{cases}$, при $\begin{cases} c/h \geq 1/2\pi \\ c/h < 1/2\pi \end{cases}$;

R_s – поверхностное сопротивление, Ом: $R_s = \sqrt{\pi \cdot f \cdot \mu_0 \cdot \rho_c}$; ρ_c – удельное сопротивление материала проводника, Ом·м; магнитная проницаемость свободного пространства $\mu_0 = 12.5664 \cdot 10^{-7}$ Гн/м; f – рабочая частота, задаваемая в Гц.

В приведенных формулах не учитываются потери, вызванные шероховатостью проводников, наличием технологических пленок, влагопроницаемостью диэлектриков, зависимостью $tg\delta, \varepsilon$ диэлектрических подложек от температуры и др. Потери же на излучение можно пренебречь если h/λ невелико.

Матрица S-параметров для отрезка линии передачи [12,15]:

$$S = \frac{1}{D_s} \cdot \begin{bmatrix} (Z_0^2 - Z_{НОРМ}^2) \cdot Sh & 2 \cdot Z_0 \cdot Z_{НОРМ} \\ 2 \cdot Z_0 \cdot Z_{НОРМ} & (Z_0^2 - Z_{НОРМ}^2) \cdot Sh \end{bmatrix}, \quad (16)$$

где $Z_{НОРМ} = 50$ Ом (нормирующее волновое сопротивление);

$Sh = sh(\gamma \cdot L)$; $D_s = 2Z_0 \cdot Z_{НОРМ} \cdot Ch + (Z_0^2 - Z_{НОРМ}^2) \cdot Sh$;

$Ch = ch(\gamma \cdot L)$; $\gamma = a + j\beta$; β и a определяется из уравнений (12) и (13).

Т а б л и ц а 1

Основные характеристики некоторых диэлектрических подложек

Диэлектрик	ε	$tg\delta \cdot 10^4$	Плотность, г/см ³
Фторопласт – 4 / Тефлон (ФФ-4)	2.0±0.1 (при 10 ¹⁰ Гц)	3 (при 10 ¹⁰ Гц)	2.1...2.3
Поликарбонат, на- полненный двуокис- ью титана (ПКТ-3)	3.0±0.16 (при 10 ¹⁰ Гц)	50 (при 10 ¹⁰ Гц)	1.3
Стеклотекстолит (СФ1-35; СФГ-230- 2-50)	6.0 (при 10 ⁶ Гц)	250 (при 10 ⁶ Гц)	1.6...1.85
Сапфир	9.4...11.7	1	3.98
Al ₂ O ₃ , 94.4 %	9.3	15	3.65
Арсенид галлия	12.9...13.1	16	5.4
SiO	5...6.11 (при 10 ³ Гц)	10...20 (при 10 ³ Гц)	-

На рис. 2 - рис. 4 представлены результаты, полученные при моделировании медного отрезка МПЛ длиной 25 мм ($h=1.5$ мм, $\varepsilon=2.5$, $c=5.72$ мм, $t=0.0355$ мм, $tg\delta=0.025$, $\rho_c=0.0175 \cdot 10^{-6}$ Ом·м) на подпрограмме, реализованной по изложенной методике - VNUMicrostrip, в сравнении с результатами, полученными в программах TxLine (Applied Wave Research, США) и AppCAD (Agilent Technologies, США).

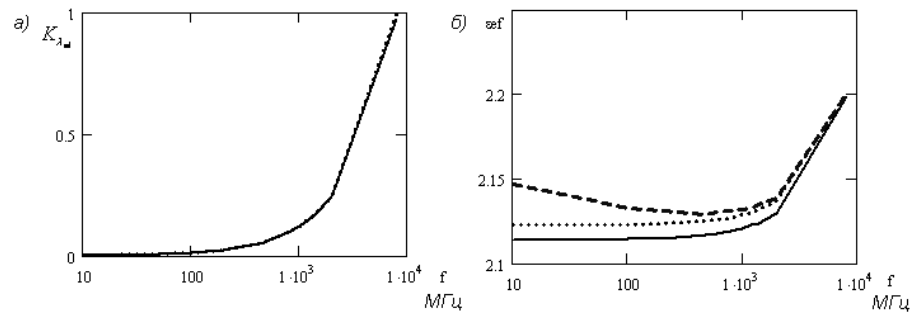


Рис. 2. Сравнительные результаты моделирования МПЛ: а) зависимость электрической длины волны от частоты ($\Delta_{MAX} = 3\%$), б) зависимость эффективной диэлектрической проницаемости подложки от частоты ($\Delta_{MAX} = 0.2\%$) - программа VNUMicrostrip (—), AppCAD, США (++++), программа TxLine, США (---), Δ_{MAX} - максимальное отклонение результатов

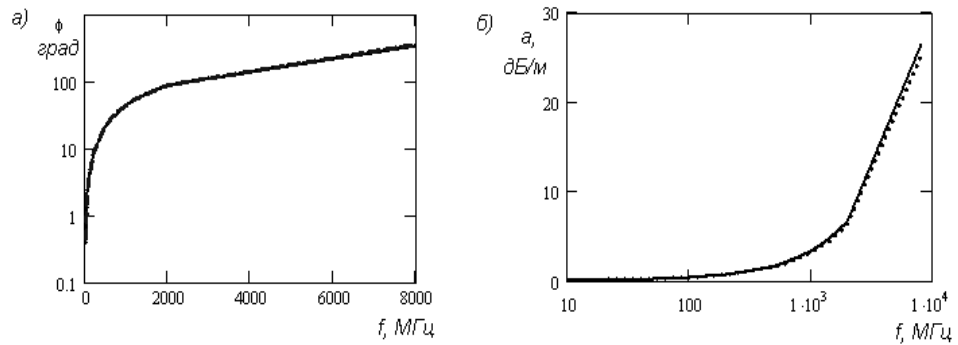


Рис. 3. Сравнительные результаты моделирования МПЛ: а) зависимость фазового сдвига на выходе линии относительно входа от частоты ($\Delta_{MAX} = 2.1\%$), б) зависимость погонного затухания от частоты ($\Delta_{MAX} = 4\%$)

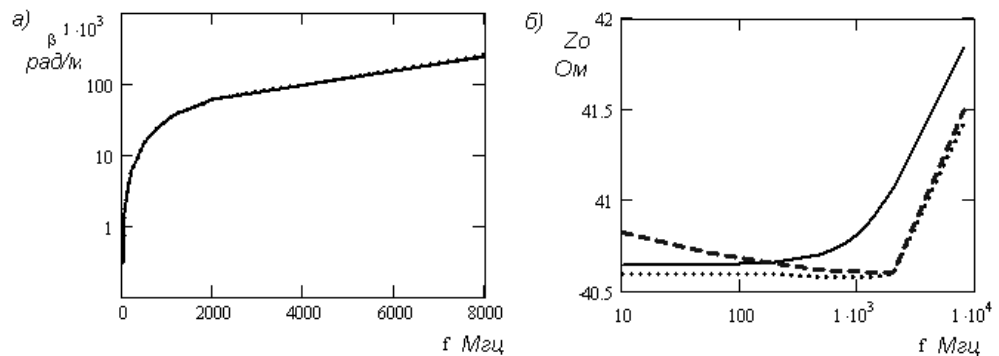


Рис. 4. Сравнительные результаты моделирования МПЛ: а) зависимость фазовой постоянной от частоты ($\Delta_{MAX} = 1.2\%$), б) зависимость волнового сопротивления линии от частоты ($\Delta_{MAX} = 4.4\%$) - программа VNUMicrostrip (—), AppCAD, США (++++), программа TxLine, США (---), Δ_{MAX} - максимальное отклонение результатов

Следует отметить, что AppCAD позволяет рассчитывать Z_0 , $\varepsilon_{эф}$ и φ - в программе не рассчитывается величина погонного затухания (не учитывается тангенс диэлектрических потерь подложки и материал проводника линии). TxLine позволил получить значения Z_0 , $\varepsilon_{эф}$, φ , a и β . К тому же данные программы не представляют возможности визуального наблюдения и анализа частотных зависимостей S-параметров.

На рис. 5 - рис. 7 приведены частотные зависимости $|S_{11}|$ и $\varphi_{11} = \psi(f)$ параметров при различных характеристиках микрополосковых линий, полученные в разработанной программе VNUMicrostrip, входными параметрами которой являются: h , ε , c , t , L , $tg\delta$, ρ и f .

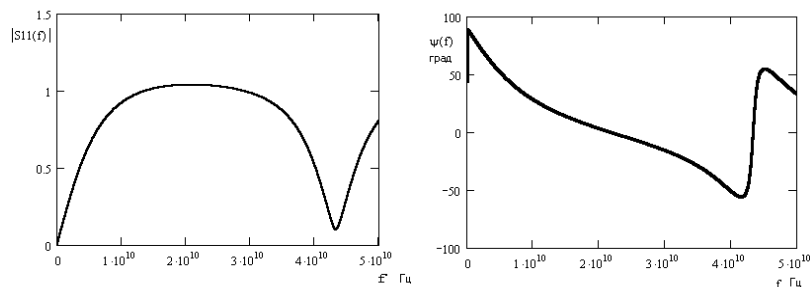


Рис. 5. Зависимость параметров S_{11} и $\varphi_{11} = \psi(f)$ для отрезка МПЛ ($L=2.6$ мм, $\varepsilon = 2.5$, $c=0.047$ мм, $t=35.5$ мкм, $\rho=0.0175 \cdot 10^{-6}$ Ом·м) - "VNUMicrostrip"

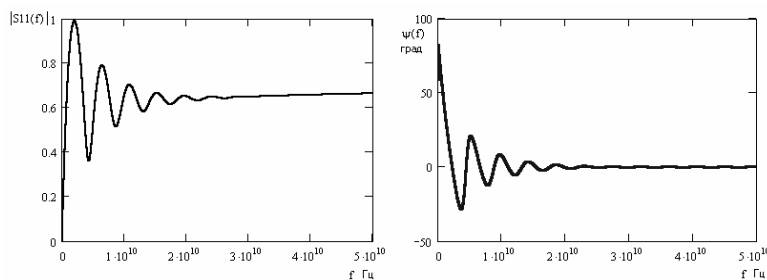


Рис. 6. Зависимость параметров S_{11} и $\varphi_{11} = \psi(f)$ для отрезка МПЛ ($L=25$ мкм, $\varepsilon = 2.5$, $c=0.47$ мм), подпрограмма "VNUMicrostrip"

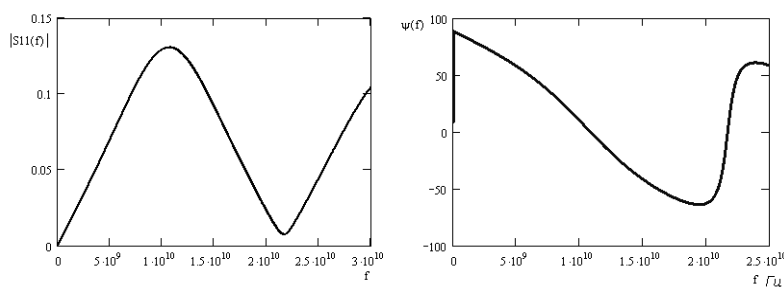


Рис. 7. Зависимость параметров S_{11} и $\varphi_{11} = \psi(f)$ для отрезка МПЛ ($L=2.47$ мм, $\varepsilon = 12.9$, $c=40.4$ мкм, $t=1.25$ мкм, $\rho=3.75 \cdot 10^{-8}$ Ом*м), подпрограмма "VNUMicrostrip"

Целесообразной для применения можно считать такую систему, параметры которой входят в уравнения, описывающие работу устройства. Поэтому для различных применений могут оказаться пригодны различные системы параметров. Хотя эти системы равноценны с точки зрения пересчета из одной в другую, но на практике нельзя считать равноценными. Результаты проведенного численного анализа параметров отрезков МПЛ показали совпадение с результатами, полученными в AppCAD и TxLine (США) с максимальным расхождением значений - не более 4 %. Использование предложенной программно-аналитической модели расчета позволит не только рассчитывать, моделировать и синтезировать параметры микрополосковых линий [13, 14, 16] при разработке устройств СВЧ, но и применять графоаналитический метод, делая расчет наглядным.

Л и т е р а т у р а

1. А.С. Воронкин, П.И. Голубничий, Ю.М. Крутов. Многоканальная цифровая автоматизированная система регистрации быстропротекающих физических процессов. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, г. Луганск.-2007 г.-№4 (110), часть I, с. 57-65.
2. М.В. Черкашин, Л.И. Бабак. Автоматизированное проектирование СВЧ усилителей с реактивными согласующими цепями. // Сборник докладов межд. научно-практ. конференции "Электронные средства и системы управления". Томск: Изд-во "ИОА СО РАН".-2005 г., с. 140-145.
3. Bahl I.L. Lumped elements for RF and microwave circuits. "Artech house".-2003, 492 p.
4. В. Варадан, К. Виной, К. Джозе. ВЧ МЭМС и их применение. Под редакцией Ю.А. Заболотной. М.: "Техносфера".-2004 г.-528 с.
5. Н.З. Шварц. Линейные транзисторные усилители СВЧ. М.: "Советское радио".-1980г.-368 с.
6. И.В. Лебедев. Техника и приборы СВЧ. Под редакцией академика Н.Д. Девяткова. Том I. Техника сверхвысоких частот. М.: "Высшая школа".-1970 г.-440 с.
7. Печатные платы сантиметрового диапазона. Сборник статей под редакцией В.И. Сушкевича. М.: Издательство "Иностранной литературы".-1965 г.
8. В. Фуско. СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование. Под редакцией В.И. Вольмана. М.: "Радио и связь".-1990 г.-288с.
9. Г.И. Веселов, Е.Н. Егоров, Ю.Н. Алехин и др. Микроэлектронные устройства СВЧ. М.: "Высшая школа", 1988 г. – 280 с.
10. С.И. Бахарев, В.И. Вольман, Ю.Н. Либ и др. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. Под редакцией В.И. Вольмана. М.: "Радио и связь".-1982 г.-328 с.
11. Э. Ред. Справочное пособие по высокочастотной схемотехнике. Издательство "МИР".-1990 г.-256 с.
12. В. Д. Разевиг, Ю.В. Потапов, А.А. Курушин. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. Под редакцией В.Д. Разевига. – М.: "СОЛОН-Пресс".-2003 г.-496 с.
13. Б.А. Беляев, А.М. Сержантов. Коэффициенты связи сонаправленных резонаторов в полосковом фильтре // Труды КГТУ.-2006 г., № 2-3, с. 24-30.
14. А.А. Титов, Д.А. Григорьев. Параметрический синтез межкаскадных корректирующих цепей высокочастотных усилителей мощности // Радиотехника и электроника.-2003 г., № 4, с. 442-448.
15. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. Под редакцией В.И. Вольмана. М.: "Радио и связь".-1982 г. - 328 с.
16. К. Гупта, Т. Гардж, Р. Чадха. Машинное проектирование СВЧ устройств. М.: "Радио и связь".-1987 г. – 432 с.
17. Л.М. Карпуков, С.Н. Романенко. Упрощенный расчет дисперсии в МПЛ // Радиотехника.-1991 г., № 5, с. 97-98.

Дегтярьова Л.М., Дегтярьова А.О.

РОЛЬ НАОЧНОСТІ В ПРОЦЕСІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Предметом дослідження в даній роботі є принцип наочності, який є одним з основних чинників, що впливають на ефективність процесу дистанційного навчання.

У зв'язку з бурхливим розвитком засобів комп'ютерної техніки зросла актуальність поняття наочності. При використанні новітніх комп'ютерних технологій з'явилась можливість збільшення кількості візуальної інформації, що сприяє прискоренню засвоєння будь-якої інформації (як при вивченні технічних дисциплін, так і при освоєнні гуманітарних предметів). Збільшується можливість яскраво і барвисто надати не тільки теоретичний матеріал, призначений для вивчення, але й покроково відобразити хід практичної роботи, супроводити повідомлення чи доповідь барвистим відеорядом.

Метою даної роботи є дослідження впливу наочності на процес дистанційного навчання новим інформаційним технологіям у сучасній вищій школі.

Протягом останніх років розвиток інформаційних і телекомунікаційних технологій виявив актуальність проблеми модернізації сучасної системи освіти. Суть такої модернізації найбільш відобразилася в концепції дистанційної освіти. Дистанційне навчання, яке організоване на базі комп'ютерних телекомунікацій, стає сьогодні популярною формою освіти.

Ефективність будь-якого виду дистанційного навчання залежить від декількох чинників. Головним з них є ефективна взаємодія між викладачем і студентом. Іншими чинниками ефективності є якість учбового матеріалу, результативність його передачі на відстань і організації системи тестування та контролю.

Серед принципів, на які спирається дистанційне навчання можна виділити наступні: принцип інтерактивності, принцип вільного вибору одержуваної інформації, принцип наочності.

У цій роботі ми вирішили розглянути принцип наочності більш докладно.

Принцип наочності як основний принцип дидактики був введений Я. А. Каменським. Цей принцип актуальний і в даний час. О.А. Смирнова у своїй публікації зазначила: «... у більшості людей найбільшою чутливістю володіють органи зору, вони пропускають у мозок майже в 5 разів більше інформації, ніж органи слуху. Інформація, що надходить у мозок з органів зору по оптичному каналі, не вимагає значного перекодування, вона залишається в пам'яті легко, швидко й міцно». Сутність принципу наочності – це збагачення почуттєвого сприйняття, що є вихідним для розумової діяльності. При оволодінні знаннями ми виходимо від самого предмета, від явища чи дії, а потім переходимо до узагальнень, висновків, понять. Для того, щоб краще побачити загальні риси засвоєної дії, виникає необхідність відвернутися від непотрібних в даному випадку властивостей предметів, тобто, потрібно перейти від дії з матеріальними предметами до дії з їх моделями, вільними від всіх інших властивостей, окрім потрібних в даному випадку. Це може бути якась графічна схема, образна або знакова модель, на якій або за допомогою якої виконується дія, яку потрібно засвоїти. При навчанні принцип наочності вимагає сформувати представлення про кінцевий результат, для якісного засвоєння матеріалу необхідно забезпечити перехід від оволодіння способом рішення окремої задачі до уміння виконувати певні технічні операції для її вирішення.

Наочні методи навчання використовують засоби наочних посібників і технічні засоби. Новітні комп'ютерні технології дозволили якісно змінити візуальну інформацію, яка сприяє прискоренню засвоєння будь-якої інформації, як при вивченні технічних дисциплін, так і при освоєнні гуманітарних предметів. Такі можливості комп'ютерів, як оперативна підготовка ілюстративного матеріалу, дозволяє використовувати прості засоби анімації, які різко підвищують наочність навчання і сприяють успішному виробленню навиків і умінь.

Наочні методи навчання умовно підрозділяються на дві великі групи: метод ілюстрацій, який використовує ілюстративні посібники, таблиці, карти та схеми, і метод демонстрацій, пов'язаний з демонстрацією відеоматеріалу (електронні підручники, демонстраційні ролики, комп'ютерні навчальні програми та ін.).

Виділяють чотири функції наочності, які повинні враховуватися при організації як традиційного так і дистанційного навчання:

- а) наочність як джерело інформації;
- б) наочність як засіб ілюстрації;
- в) наочність як опора пізнання;
- г) наочність як засіб постановки учбових проблем і розв'язання проблемних ситуацій.

Упровадження мультимедійних тестів в учбовий процес дозволяє більш об'єктивно оцінювати якість і засвоєння студентами учбового матеріалу, ефективність різних методик вживання ілюстративного матеріалу.

Упровадження нових технічних засобів в учбовий процес розширює можливості наочних методів навчання. Вони дозволяють студентам наочно побачити в динаміці багато процесів, які раніше засвоювалися з тексту підручника.

Покращення якості викладання курсу, насиченого інформацією зорового характеру за рахунок застосування комп'ютерних засобів полягає в тому, що комп'ютер значно розширює спектр представленої учбової інформації, дозволяє посилити мотивацію вивчаємого курсу, надає студенту можливість вибору форми допомоги і роз'яснення суті проблеми (наочне зображення), а також дає можливість наочно представити результат своїх дій. Використання обширної колірної гамми, комп'ютерної графіки, мультиплікації у звуковому супроводі дозволяє посилити наочність матеріалу і відтворити близькі до реальних обставин ситуації і поля діяльності.

Наочність не зводиться до простого зображення чи ілюстрування досліджуваного явища, а являє собою більш широкий комплекс засобів, методів, прийомів, що забезпечують, з одного боку, більш чітке і ясне сприйняття знань, що повідомляються, а з іншого боку, формує представлення про взаємозв'язок досліджуваних явищ з реальною практикою. Завдяки використанню комп'ютера збільшується можливість яскраво і барвисто викласти не тільки теоретичний матеріал, призначений для вивчення, але й відобразити хід практичної роботи.

Наочність полегшує ясність сприйняття, викликає й підтримує увагу, сприяє кращому запам'ятовуванню і міцному засвоєнню знань, навичок і умінь, допомагає встановлювати зв'язок теорії з практикою, запобігає формалізму у навчанні.

Наочність не зводиться до простого зображення чи ілюстрування досліджуваного явища, а являє собою широкий комплекс засобів, методів, прийомів, що забезпечують чітке і ясне сприйняття знань, а також формує представлення про зв'язок теоретичних знань із реальною практикою.

Таким чином, вимоги забезпечення наочності у разі використання електронного учбового матеріалу, як основного засобу дистанційного навчання, можуть і повинні бути реалізовані на принципово новому, більш високому рівні. Мета розробки електронного підручника - зберегти не тільки всі достоїнства друкарського учбового матеріалу, але і, використовуючи можливості комп'ютера,

включити в нього відповідний арсенал наочних засобів для ілюстрації: використання того або іншого виду ілюстрацій в місцях, важких для розуміння учбового тексту, потребуючих додаткового наочного роз'яснення; для узагальнень і систематизації тематичних смислових блоків і використання гіпертексту.

Учбово-наочні посібники і технічні засоби навчання можуть виконувати подвійну роль: з одного боку, вони служать джерелами нових знань і засобами вироблення практичних умінь і навичок, а з іншого боку – допомагають викладачеві в здійсненні перевірки й оцінки знань студентів. Їх використовують на всіх етапах навчального процесу: при поясненні нового матеріалу, при його закріпленні, при організації тренувальних вправ по застосуванню знань на практиці, а також при перевірці й оцінці засвоєння програмного матеріалу учнями.

Ефективність будь-якого виду навчання на відстані залежить від декількох чинників: ефективної взаємодії викладача і студентів, незважаючи на те, що вони фізично розділені в просторі; ефективності розроблених методичних матеріалів, засобів їх доставки та ефективності зворотного зв'язку.

Змістовне використання наочності при дистанційному навчанні може бути різноманітним:

- матеріали для тестового контролю (підсумкового й рубіжного);
- комплекти задач для самостійної роботи, зі зразками рішень і можливістю перевірки результатів на комп'ютері;
- проведення комп'ютерних лабораторних робіт з використанням методичного матеріалу, як джерела наочності;
- використання завдань, що спонукають звертатися до довідкової системи досліджуваних програм, табличного матеріалу;
- набори нестандартних, творчих завдань креативного типу, для вирішення яких потрібно виконати додатковий пошук і перетворення інформації;
- анімаційні малюнки, логічні схеми, інтерактивні таблиці і т.п., використовувані в ході пояснення, закріплення, систематизації досліджуваного.

Висновок: Засоби наочності знаходять нову функцію - керування пізнавальною діяльністю студентів. З їхньою допомогою можна підводити студентів до необхідних узагальнень, учити застосовувати отримані знання. Правильно застосовувана наочність розвиває й удосконалює сприйняття, представлення й мислення, сприяє успішному й міцному засвоєнню знань, попереджає механічне запам'ятовування, допомагає погоджувати теорію з практикою, сприяє успішному виробленню навичок і умінь

Л і т е р а т у р а

1. Смирнова О.А. Використання таблиць і схем при вивченні інформатики.// Інформатика й освіта, №11, 2002.
2. Формирование системного мышления в обучении: Учеб. пособие для вузов / Под ред. проф. З.А. Решетовой. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. - 344 с.
3. Підручник для студентів вищих навчальних закладів у 3 кн. Кн.1 Загальні основи психології. – М., 1995, стор.133-135.
4. Грачев В.В., Минзов А.С. Оценка эффективности дистанционного обучения // Дистанционное образование. – 1999. - №3.
5. Мечитов А.И., Ребрик С.Б. Восприятие риска // Психологический журнал. 1990, №3, с.87-95.

Дёмин М.К.

**ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ БАЗА ДАННЫХ
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИХ АРХИТЕКТУР
И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ В СРЕДЕ VERSANT**

В статье разработан физический уровень модели информационно-управленческих архитектур с динамическим определением типов для системы управления базами данных Versant.

Постановка проблемы. В [1] обоснована необходимость создания баз данных (БД) информационно-управленческих архитектур (ИУА). Целесообразность использования при этом объектно-ориентированного подхода показана в работах [2-4]. Реализация объектно-ориентированной БД в среде Jasmine описана в [5]. Но система управления базами данных (СУБД) Jasmine в настоящее время не развивается. С момента создания БД [5] понятие ИУА было расширено и детализировано [6,7]. Требуется исследовать проблемы создания БД ИУА с использованием современной развитой объектно-ориентированной СУБД. Такая БД должна учитывать специфику уточненного понятия ИУА.

Анализ публикаций. Одной из наиболее мощных современных объектно-ориентированных СУБД является Versant. Ключевой особенностью Versant является поддержка стандарта ODMG [8]. В соответствии с этим стандартом объявления классов клиентского приложения могут служить «в качестве определения схемы базы данных» [9]. Для Versant это единственный способ описания схемы данных. Versant, с одной стороны, предоставляет развитые возможности современных СУБД, а с другой стороны, сводит к минимуму взаимодействие разработчика с интерфейсом системы. Почти вся работа происходит в среде, где разрабатывается клиентское приложение. Versant поддерживает языки программирования: C++, C#, Java. Для разработки БД ИУА был выбран C++ из соображений эффективности.

При разработке объектно-ориентированной модели предметной области, которая и будет являться схемой БД, за основу взята модель [10]. В [7] изложено современное понимание концептуального уровня модели ИУА с динамическим определением типов. Необходимо разработать физический уровень модели для БД, использующей СУБД Versant. Он будет представлять собой систему классов, реализующую сущности концептуального уровня с учетом специфики выбранной объектно-ориентированной СУБД.

Изложим основные аспекты концептуального уровня модели ИУА с динамическим определением типов [7]. Описание ИУА содержит общую информацию о предприятии и структуру его основных элементов. Данные о структуре представлены в виде совокупности слоев. Примеры слоев: «Линейное подчинение», «Организационная структура», «Бизнес-процессы». Элементы внутри слоя упорядочены иерархически. В каждом слое могут находиться экземпляры строго определенного набора сущностей. Тип слоя определяет семантику связей между его элементами и допустимый набор сущностей. Элементы слоев имеют тип. Тип элемента определяет набор атрибутов, описывающих экземпляры сущностей. Атрибуты могут содержать такие данные: целое, вещественное, строка, дата, ссылка, справочник. Особым видом атрибутов являются вычисляемые, они обеспечивают связь между слоями. Шаблон является образцом архитектуры или ее части, кроме общих характеристик определяет еще и струк-

туру элемента. ИУА могут конструироваться на основе шаблонов, шаблоны также могут строиться на основе уже сконструированных представлений ИУА.

Целью статьи является разработка физического уровня модели ИУА с динамическим определением типов для объектно-ориентированной СУБД Versant.

Изложение основного материала. В соответствии с архитектурой Versant, объекты класса могут сохраняться в БД, если их класс унаследован от PObject и разработан в соответствии с определенными правилами. Вместо стандартных нужно использовать предоставляемые СУБД элементарные типы данных, строки, контейнеры, вместо указателей – специальный шаблонный класс Link. Если эти требования выполнены, создать объект, сохраняемый в БД, можно при помощи конструкции O_NEW_PERSISTENT. При следующих запусках приложения получить доступ к сохраненному объекту можно, выполнив запрос к БД или путем навигации через ссылки из других объектов.

Каждый объект Versant имеет уникальный идентификатор, состоящий из целого числа – идентификатора базы данных и двух целых, идентифицирующих собственно объект. Большинство сущностей концептуального уровня должны иметь имя и описание (тип элемента, элемент ИУА, тип информационного слоя, слой). Базовым для классов, моделирующих эти сущности, является NamedObject. Этот класс предоставляет возможность работы с именем и описанием объекта. Многие задачи управления данными решаются при помощи запросов на Versant Query Language (VQL). В таких запросах часто требуется указывать идентификатор объекта. Классы, которые могут использоваться в запросах, наследуются от StoredObject. В класс StoredObject включен метод, формирующий строковое представление идентификатора.

Сущность «Тип элемента» описывает класс TypeObject. Он включает набор атрибутов – структуру описания элементов этого типа. Для реализации наследования содержится ссылка на базовый тип (ссылка на TypeObject). Атрибуты описываются классом Attribute, унаследованным от StoredObject. Он содержит идентификатор типа атрибута и признак множественности, определяющий может ли атрибут иметь несколько значений. Одной из основных функций класса TypeObject является предоставление доступа к атрибутам. В одних случаях необходим доступ к атрибутам, содержащимся только в конкретном объекте, а в других случаях и к атрибутам объектов, представляющим базовые типы. Метод, получающий атрибут по индексу с учетом базовых типов, не может быть реализован с достаточной эффективностью, так как необходимо для каждого индекса определять в каком именно объекте в цепочке базовых находится атрибут. Более эффективным способом перечисления атрибутов является создание и использование класса-итератора, так как его объекты могут хранить информацию о текущей позиции перечисления между последовательными операциями доступа. В классе TypeObject объявлен класс recursive_iterator, реализующий итератор последовательного доступа к атрибутам с учетом базовых типов, и класс iterator, не учитывающий базовые типы.

В классе recursive_iterator инкапсулированы механизмы, реализующие замещение атрибутов. Для этого строится отображение замещаемых атрибутов на замещающие. Если атрибут, к которому осуществляется доступ, присутствует в качестве области определения отображения [11], то он заменяется на значение отображения. При последующем перемещении итератора могут встретиться атрибуты, которые являются замещенными, также повторно встретиться замещающий атрибут. Такие атрибуты вносятся в специальное множество запрещенных атрибутов.

Хранение разделяемых значений и значений по умолчанию реализуется следующим образом: в класс `TypeObject` включены два поля типа `ObjectInstance`, в одном объекте хранятся разделяемые значения, в другом – значения по умолчанию.

Элемент ИУА, являющийся узлом информационного слоя, описывается классом `ObjectInstance`. Он хранит конкретные значения атрибутов. Работа с атрибутами должна происходить в соответствии с информацией о типе, поэтому класс `ObjectInstance` содержит ссылку на `TypeObject`. При работе с объектом класса `ObjectInstance` вся информация о наименованиях и типах атрибутов получается из соответствующего объекта `TypeObject`. Необходим способ эффективного доступа к значениям атрибутов в случаях, если известен объект класса `Attribute`. Сделать это можно, если присвоить каждому объекту класса `Attribute` уникальный идентификатор, а значения хранить в словаре, ключом которого и будет такой идентификатор. Но при использовании VQL нет возможности писать запросы с условием отбора, основанным на значении словаря. Поэтому значения хранятся в динамическом массиве (`LinkVStr`), а при помощи словаря устанавливается связь между идентификаторами атрибутов и индексами значений. В качестве идентификатора атрибута может использоваться уникальный идентификатор объекта `Versant`. Его можно получить в виде структуры (тип `loid`). Структуру нельзя использовать в качестве ключа словаря, поэтому в класс `Attribute` добавлен метод `uid()`, формирующий восьмибайтовый целый идентификатор объекта из полей структуры `loid`.

Хранение конкретных значений атрибутов обеспечивает класс `Value` и производные от него. Класс `Value` определяет набор операций, которые можно производить со значениями любого типа. Это получение количества значений, установка значения по его строковому представлению и получение строкового представления значения. Эти операции должны быть переопределены в производных классах, инкапсулирующих хранение значений определенного типа. При работе с данными из клиентского приложения вводимая и отображаемая информация является текстовой. Поэтому для работы с большинством типов атрибутов указанных функций достаточно. Исключения составляют атрибуты-ссылки. При работе клиентского приложения используются либо функции `get_string()`, `set_string()`, либо `get_link()`, `set_link()` в зависимости от типа атрибута. Но при использовании этих данных в процессе анализа, например, интерпретатором языка запросов необходимо оперировать бинарным, а не строковым представлением хранимых значений.

Для поддержки работы с разделяемыми атрибутами в класс `Value` добавлена ссылка на объект хранящий разделяемые значения. Удобно не делить значения на собственные и разделяемые, а использовать единообразный доступ. Поэтому переопределяемые операции установки и получения значений сделаны защищенными, а открытые операции доступа, учитывающие возможность наличия разделяемых значений, полностью определены в классе `Value`. Из них в зависимости от индекса осуществляется вызов переопределяемых функций для объекта, относительно которого и вызывалась операция, либо для объекта, содержащего разделяемые значения. Чтобы полностью инкапсулировать работу с разделяемыми значениями в базовом классе, было решено добавить в интерфейс класса `Value` функции доступа к значениям, оперирующие другими типами. Это: целое, вещественное, дата и ссылка. Эти функции также должны быть реализованы в базовом классе. Также, в базовом классе объявлены защищенные переопределяемые функции доступа, оперирующие другими допустимыми типами, а не только строками.

Производными классами от Value, учитывая перечень допустимых типов атрибутов, являются: IntValue, FloatValue, StringValue, LinkValue, DateValue. LinkValue используется как для ссылок на обособленные элементы ИУА так и для справочников, так как и те и другие представляются объектами класса ObjectInstance. Класс FloatValue, к примеру, определяет как будут храниться вещественные значения. Для этого используется динамический массив Versant – Vstr, содержащий значения типа o_double (вещественное, двойной точности). Класс FloatValue определяет функции преобразования из типа string в тип o_double: get_string_() и set_string_(), функции доступа к бинарному представлению хранимых значений: get_float_() и set_float_(), также могут переопределяться функции преобразования бинарных значений в значения других типов: get_int_(), set_int_(). Функции get_string_, set_string_, get_float_, set_float_, get_int_, set_int_ являются защищенными переопределяемыми функциями, соответствующие открытые функции (get_string, set_string, get_float, set_float, get_int, set_int) реализованы в базовом классе.

Класс LinkValue имеет дополнительный атрибут m_is_soft, определяющий обеспечивает ли ссылка сильную либо слабую связь с указываемыми элементами. Непосредственно значения находятся в LinkVstr<ObjectInstance>. LinkVstr – специальный контейнер Versant для хранения набора объектов.

В процессе работы программы возможна модификация используемых типов, в частности, добавление новых атрибутов. При такой операции требуется не только изменить объект класса TypeObject, но и добавить новые значения во все объекты класса ObjectInstance, представляющие элементы ИУА модифицируемого типа. Для этого не обязательно хранить необходимый список элементов в классе TypeObject. Вместо этого можно воспользоваться запросами Versant. Приведем запрос, который позволяет получить все объекты, представляющие элементы ИУА указанного типа.

```
select selfoid from iaa::ObjectInstance where iaa::ObjectInstance::m_type = LOID.
```

Здесь вместо LOID должен быть указан идентификатор объекта (его строковое представление), описывающего тип элемента. Он может быть получен путем вызова метода format_loid() соответствующего объекта.

Следующим элементом модели является класс LayerType, определяющий тип информационного слоя ИУА. За исключением того, что он был переписан с целью использования в среде Versant, он не претерпел существенных изменений по сравнению с моделью [9]. Он предоставляет операции добавления и удаления допустимых типов, проверку элемента на допустимость для данного слоя.

Основные решения, касающиеся представления слоев, также остались неизменными. Класс Layer, унаследованный от StoredObject, представляет собой слой ИУА. Информация внутри слоя иерархически упорядочена. Механизмы работы с иерархической информацией инкапсулированы в классе Node. В класс Layer объявлено поле типа Node (Link<Node>) – это корень соответствующей иерархии.

Класс Node содержит набор ссылок на дочерние узлы и ссылку на ObjectInstance. Информация о положении элемента ИУА в иерархии не включена непосредственно в класс, представляющий элемент. Это позволяет различным объектам класса Node, находящимся в разных слоях, ссылаться на один и тот же объект, описывающий элемент ИУА. Так моделируется многослойность. Класс Node содержит операции для работы с дочерними узлами.

Опишем реализацию вычисляемых значений в модели. Было принято решение хранить вычисляемые значения в базе и обновлять их при изменении

в области источника вычисляемых значений (далее просто источника). Это позволяет увеличить эффективность выполнения запросов, но вызывает увеличение объемов хранимой информации.

Для представления информации о том, каким образом будут производиться вычисления, был введен класс `AttributeUpdater`. Он содержит данные о типе источника, типе слоя, где находится источник, тип используемых значений и функцию вычисления (дочерние объекты, количество дочерних объектов и др.). `AttributeUpdater` производит вычисление значений по указанному источнику (метод `update_value()`).

Ссылку на источник вычисляемых значений можно поместить в класс `Value`. Такой подход был бы оправдан, если бы вычисляемые значения определялись при доступе к конкретному атрибуту. Поскольку вычисления происходят при изменениях в области источника, то необходима обратная ссылка (из источника на объект, содержащий вычисляемое значение). Во время вычислений нужна информация о иерархической упорядоченности элементов, поэтому обратная ссылка помещается в класс `Node`. Наличие обратной ссылки является достаточным и прямая не требуется. Под обратной ссылкой на самом деле подразумевается пара ссылок: элемент ИУА, атрибут элемента. Ссылки только на элемент ИУА недостаточно, так как один элемент может содержать несколько атрибутов с различными источниками вычисляемых значений. Один и тот же узел может являться источником значений для нескольких вычисляемых атрибутов, поэтому класс `Node` содержит массив обратных ссылок. Этот массив назван списком подписчиков, то есть это список объектов «подписанных» на уведомления об изменениях в поддереве, определяемом объектом класса `Node`. При добавлении или удалении дочернего элемента вызывается метод `set_updated()`, который уведомляет всех подписчиков об изменениях, при этом вычисляемые значения обновляются. Метод `set_updated()` кроме того вызывает этот же метод для родительского узла, тем самым обеспечивается правильная работа рекурсивных функций вычисления.

Класс `Enterprise` – предназначен для представления информации об ИУА предприятия. В нем объявлены классы `GeneralInfo` и `LayerStore`. Первый содержит общую информацию о предприятии (наименование, ведомственная подчиненность, количество работников и т.д.), второй – набор информационных слоев. Эти классы введены для поддержки представления динамики развития ИУА при помощи специальных средств `Versant`. Подробное описание этих средств и необходимых для их работы элементов модели выходит за рамки данной статьи и будет дано позже.

Следует остановиться на механизмах обеспечения ссылочной целостности. Для этих целей в `Versant` существуют двунаправленные ссылки. Ими можно было бы воспользоваться, к примеру, для класса `LayerType`. В таком случае, при удалении некоторого типа (объект `TypeObject`) он будет автоматически удаляться из списка допустимых типов объекта `LayerType`. Другим вариантом поддержания ссылочной целостности является запрет на удаление. В `Versant` не существует специальных методов контроля ссылочной целостности путем запрета на удаление. Для конструируемой модели в тех случаях, когда необходим именно такой подход, в соответствующий класс добавляется метод `can_be_deleted()`, который проверяет наличие ссылок на объект класса. Разработчик сам следит за тем, чтобы удаление производилось только в том случае, если `can_be_deleted()` возвращает истину. Приведем пример реализации этого метода для класса `ObjectInstance`.

```

o_bool ObjectInstance::can_be_deleted()const
{
    char s_query[256];
    sprintf(s_query,"SELECT SELFROID FROM iaa::LinkValue WHERE
iaa::LinkValue:: m_is_soft = 0 and exists a in iaa::LinkValue::m_val AS
ima::ObjectInstance : (a = %s)",static_cast<char*>(format_loid()));
    VQuery query(s_query, ima_database);
    query.compile();
    VQueryResult<ima::LinkValue> result;
    query.execute(result);
    query.release();
    return ( result.get_num_objects() == 0);
}

```

Объект может удаляться, если на него нет ссылок. Ссылки могут находиться в объектах класса LinkValue. Учитываются только ссылки с сильной связью, то есть те, у которых атрибут m_is_soft установлен в ложь.

На рис. 1 приведена диаграмма классов модели. Чтобы не загромождать диаграмму, на ней указаны только основные связи и атрибуты классов.

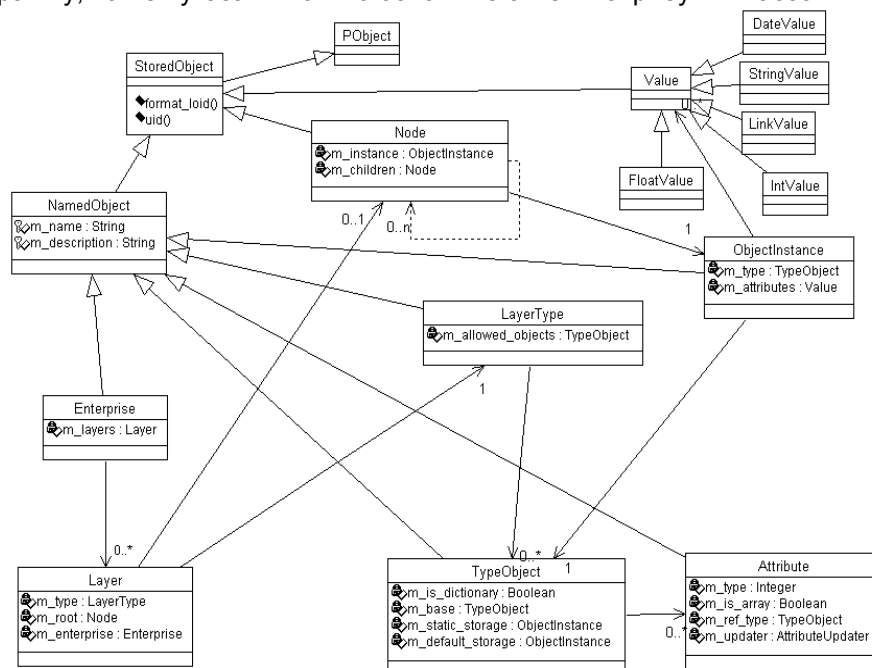


Рис. 1. Диаграмма классов модели ИУА с динамическим определением типов

Выводы. В статье разработан физический (внутренний) уровень модели ИУА с динамическим определением типов для СУБД Versant. Физический уровень модели представляет собой систему классов на C++, созданную с учетом требований Versant, которая является также схемой БД. Она в полной мере соответствует концептуальному уровню модели [9], предоставляет возможности для моделирования всех элементов ИУА.

Направления дальнейших исследований. Необходимо разработать эффективные методы представления динамики развития ИУА, с использованием средств СУБД Versant.

Л и т е р а т у р а

1. Данич В. Н. Синергизм управленческих и информационных структур в социальных системах. - Вестник ВУГУ, Луганск: Изд. ВУГУ, 2000, №3 (25). - с. 20-27
2. Данич В. Н. Базовые структуры данных в объектно-ориентированных моделях социальных систем, // Экономическая кибернетика. - Донецк: Изд-во ДонГУ, 2001, № 5-6. с. 91-98
3. Данич В. Н. Объектно-ориентированные модели социально-экономических систем в задачах выбора предпочтительных информационно-управленческих архитектур. // Модели управления в рыночной экономике: Сб. науч. тр. , вып. 3 / Под ред. д. э. н. , проф. Ю. Г. Лысенко. - Донецк: Изд-во ДонГУ, 2000. - с. 245-254
4. Данич В.Н. Моделирование быстрых социально-экономических процессов. – Луганск: изд. ВНУ им. В.Даля, 2004. - 304 с.
5. Данич В. Н. Демин М. К.Чернышев Г. Е. Структура объектно-ориентированной базы данных информационно-управленческих архитектур и ее реализация в ООСУБД Jasmine. Економіка. Менеджмент. Підприємництво. Вид. СНУ ім. В. Даля . Луганськ 2003
6. Данич В.Н., Дёмин М.К., Танченко С.М. Инструменты и механизмы мониторинга информационно-управленческих архитектур предприятий. - Вестник ВНУ, Луганск: Изд. ВНУ, 2007, №3. - с. 90-97(в печати)
7. Данич В.Н., Дёмин М.К. Концептуальный уровень модели информационно-управленческих архитектур с динамическим определением типов. - Вестник ВНУ, Луганск: Изд. ВНУ, 2007, №4. - с. 90-97(в печати)
8. Object Data Management Group. [Electronic resource] – Access order: <http://www.odmg.org>, free. – Title from screen.
9. Джордан Девид. Обработка объектных баз данных в С++. Программирование с использованием стандарта ODMG. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 384 с.
10. Система классов в задаче моделирования информационно-управленческих архитектур. В.Н.Данич, М.К.Демин, Г.Е.Чернышев // Праці Луганського відділення міжнародної академії інформатизації: Науковий журнал / Під ред. д.т.н В.О. Ульшина. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2005. – С. 39-46
11. Структуры данных и алгоритмы. А. Ахо, Джон Хопкрофт, Джефри Ульман. – М.: «Вильямс», 2000. – 384 с.

УДК 004.9:330.4

Афендіков М.О., Данич В.М., Дерманська К.А.

СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ОРГАНІВ МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ

Досліджено інформаційні системи органів муніципального самоврядування, виявлено механізми розвитку їх інформаційно-управлінських архітектур.

Введення. Місцеве самоврядування в Україні - це гарантоване державою право та реальна здатність територіальної громади самостійно або під відповідальність органів та посадових осіб місцевого самоврядування вирішувати питання місцевого значення в межах Конституції і законів України [1].

Органи місцевого самоврядування являють собою організаційну систему, робота якої здійснюється у рамках певної організаційної структури. Організаційна структура по своїй сутності є поєднанням виробничої та управлінської структур системи. Організаційна структура передбачає виконання певних функцій, протікання бізнес-процесів (адміністративних процедур), обробку інформації, а отже, використання певних інформаційних технологій. Останньому питанню на

сьогодні приділяється значна увага з боку державних, наукових, освітніх інших установ.

Аналіз стану питання та постановка задач. Важливі кроки у напрямі ефективної координації інформатизації було здійснено Національним агентством з інформатизації при Президентові України. Верховною Радою України було прийнято Закони України: «Про Концепцію Національної програми інформатизації», «Про Національну програму інформатизації».

Верховна Рада Автономної Республіки Крим також приділяє увагу розвитку інформатизації системи місцевого самоврядування. За участі ВР розроблено проект «Створення корпоративної системи органів місцевого самоврядування АРК», яким передбачено об'єднати у єдину інформаційну мережу сільські та селищні ради, їх виконавчі органи. Це дозволить забезпечити не тільки органи місцевого самоврядування, а й сільських виробників, і населення своєчасною, достовірною та повною інформацією [2].

Муніципальні відомства багатьох міст України приділяють цій проблемі значну увагу, про що свідчать розробки програм з інформатизації та активні кроки у цьому напрямку.

Інформатизація муніципальних органів проходить за участі не тільки українських, а й закордонних спеціалістів. Фірма SoHaTec AG (Німеччина) у співробітництві з «Союзом малого та середнього бізнесу Донбасу» планує створити та впровадити у Донецькій області комп'ютерну інформаційну систему для органів місцевого самоврядування. Це комплекс, що забезпечує збір, обробку, обмін та безпеку даних згідно нормам Європейського Союзу [3].

Кажучи про інформатизацію місцевого самоврядування в Україні, не можна не звернутися до досвіду сусідніх держав. Так, активні дії у цьому напрямку здійснює влада та організації Російської Федерації. Про це свідчить федеральна цільова програма «Електронна Росія (2002-2010 роки)» [4].

Компанії, що займаються розробкою інформаційних технологій, також пропонують свої рішення проблеми інформатизації органів місцевого самоврядування. Так, корпорація «Парус» розпочала проект з просування системи управління для муніципальних утворень – «Електронне місто» в «Електронній Росії» [5].

Отже, як бачимо, питанню інформаційних технологій та інформаційних систем органів місцевого самоврядування приділяється чимало уваги. Однак досить часто підхід до вирішення цих проблем носить формальний, а ще гірше – погано формалізований, нечіткий, емоційний характер. Саме з цим пов'язані суттєві труднощі реалізації багатьох національних та відомчих ініціатив в області «електронної влади». І річ не в тому, що технології є поганими. Однією з ключових проблем було і залишається ігнорування такої системотворчої компоненти, як інформаційно-управлінської архітектури [6]. Слід зазначити, що інформаційні системи є невід'ємною складовою частиною інформаційно-управлінських архітектур, тому й дослідження інформаційних систем неможливе без виявлення стану інформаційно-управлінських архітектур. Відмітимо, що державний сектор найбільш підданий ризикам неефективних рішень при впровадженні ІТ-технологій, а відсутність ефективної архітектури та чіткої стратегії стають найбільш помітними. За даними американського Центра урядових технологій, статистика провалів проектів в області інформаційних технологій в державному секторі в середньому складає 70-80% у порівнянні зі значенням 54% по всім галузям в цілому [7].

Діяльність органів місцевого самоврядування орієнтована на отримання певних кінцевих результатів (ріст економіки, зменшення злочинності), що пов'язана з реалізацією закріплених за ними повноважень, що виконуються за допомогою державних програм [8]. У рамках цих програм відомства надають пе-

вний набір державних послуг, що потребує реалізації конкретних процесів. Усі інформаційні процеси, що перетікають у підрозділах апарату управління, можна розділити на два види: ті, що формалізуються, тобто мають алгоритм обробки інформації, та ті, що не формалізуються, або ж формалізуються слабо.

Саме для автоматизації процесів, що формалізуються, й використовуються інформаційні системи [9]. Ефективна інформаційно-управлінська архітектура як раз і має забезпечувати всю цю ієрархію областей діяльності та ефективне використання ресурсів. Тому в даній роботі зроблено акцент саме на дослідженні інформаційно-управлінської архітектури органів місцевого самоврядування.

Враховуючи викладене, в роботі вирішено наступні задачі:

- Визначення організаційної структури органів місцевого самоврядування.
- Визначення функцій (виходячи з типу організаційної структури).
- Визначення технічних можливостей та інформаційних технологій.
- Визначення механізмів розвитку інформаційно-управлінських архітектур.

Основна частина дослідження. Організаційна структура органів місцевого самоврядування є регламентованою, але не повністю. Це пов'язане з тим, що кожний муніципальний орган окремого населеного пункту виконує, крім стандартних, визначених законодавством, функцій, ще й додаткові. Суть додаткових функцій залежить від багатьох факторів, як то напрямку та виду економічної діяльності основних підприємств та установ на території адміністративної одиниці, від соціокультурного аспекту та інших. Отже, орган місцевого управління може мати у своєму складі служби, відділи чи комісії, необхідні для виконання цих функцій.

Організаційна структура територіального органу управління (ради) включає:

- Голову ради;
- Секретаря ради;
- Апарат ради (помічників, замісників, консультантів міського голови та інших посадових осіб);
- Депутатський корпус, зокрема депутатів та депутатські комісії;
- Виконавчі органи, а саме апарат виконавчого комітету (відділи, служби, управління, спеціалісти ради).

Більш детально організаційна структура розглянута на прикладі Лотиківської селищної ради – типового представника селищних муніципальних структур України. Головною посадовою особою селищної ради є селищний голова. Крім селищного голови, рада має секретаря, виконком та апарат виконкому, що формуються у результаті депутатської сесії. Секретар селищної ради також обирається за результатами сесії. Апарат виконкому має у своєму штаті наступні посади та відділи: відділ бухгалтерії; землевпорядник; військово-обліковий стіл та паспортист; секретар-машиніст; спеціаліст з субсидій.

Селищна рада діє як частина системи адміністрування району та пов'язана з наступними службами та установами: Районною радою, Районною державною адміністрацією та її підрозділами, Податковою інспекцією, Пенсійним фондом, Прокуратурою, Районним відділом управління міністерства внутрішніх справ, Казначейством та іншими. Селищна рада отримує керуючі вказівки та запити від перелічених установ та надає їм необхідні звіти й інші документи.

Робота ради характеризується протіканням різноманітних адміністративних процесів, зокрема:

- облік міграції населення;

- підготовка проведення виборів;
- облік землекористувачів;
- розрахунок вартості житлово-комунальних послуг, нарахування субсидій та перерахунок їх при будь-яких змінах;
- забезпечення приймальних пунктів платежів інформацією про вартість житлово-комунальних послуг та розмір субсидій;
- обробка даних про фактичну оплату житлово-комунальних та інших послуг;
- надання відповідної інформації житлово-комунальним службам та службі субсидій за звітний період;
- надання інформації на запит органів районної влади, районних служб та установ;
- видача мешканцям довідок для отримання субсидії; надання довідок про склад сім'ї; про заборгованість для реструктуризації боргів;
- здійснення документообігу.

Виходячи з функцій, адміністративних процедур структурних ланок селищної ради, визначимо основні потреби ради в інформаційних технологіях.

Для підготовки документів використовується пакет Microsoft Office: Microsoft Word (текстовий редактор), Microsoft Excel (редактор електронних таблиць). При підготовці ділових паперів широко використовуються шаблони для розробки довідок, звітів, протоколів, наказів.

Бухгалтерія веде облік усіх фінансових операцій та платежів, підготовку та надання звітів у Податкову інспекцію, облік фінансових документів та здійснення звітності по ним у Казначейство, підготовка звітів для Пенсійного фонду. Для виконання цих функцій використовується наступне програмне забезпечення:

1. «Податкова звітність». Даний програмний продукт призначений для підготовки звітів до Податкової інспекції у електронному форматі згідно наказу Державної податкової адміністрації України №351 від 19.08.2005. Розроблено ДПА в Черкаській області, 2006 р.
2. «МЕРЕЖА – М». Ця програма розроблена Державним Казначейством України (budget@treasury.gov.ua, 2004 р.) та призначена для формування електронних і паперових носіїв розподілів, зобов'язань і платіжних доручень по Державному та місцевих бюджетах, для друку готових документів та запису на електронні носії.
3. «Автоматизоване робоче місце ЄДАРП-підприємство», надане Міністерством праці та соціальної політики України та розроблене державним підприємством «Інформаційно-обчислювальний центр Мінпраці України».
4. «БЕСТ ЗВІТ 1ДФ» (ООО «БЕСТ ЗВИТ», 2004) - для надання звітів до Податкової інспекції про прибутковий податок.

Власне, підтримкою виконання функцій секретаря-машиніста та бухгалтера й обмежується використання інформаційних технологій у селищній раді. Однак, дослідивши адміністративні процеси відомства, можемо зробити висновок про доцільність використання інформаційного забезпечення для підвищення ефективності виконання своїх функцій й іншими службами та спеціалістами.

До обов'язків землевпорядника відноситься облік землекористувачів, облік будівель та споруд, що знаходяться на території селища. Для виконання своїх функцій землевпоряднику було б доцільно використовувати геоінформаційну систему, що представляє собою електронну карту міста (селища, району) і може при необхідності «показати» будь-яку потрібну інформацію [10]. На сьогодні впровадження такого програмного комплексу обмежується нестачею коштів та

станом технічного забезпечення муніципальних установ. Але системи подібного роду розвиваються досить швидкими темпами. Тому не виключена поява найближчим часом загальнодержавних ГІС, що надаватимуть можливість користувачам отримати докладну інформацію про будь-який населений пункт. При належному технічному забезпеченні муніципальних установ існування подібних систем може стати реальністю.

Основна функція військово-облікового стола та паспортиста – облік населення та робота з документами. Для цього пропонується використовувати автоматизовані реєстри населення.

До функцій спеціаліста з субсидій належить нарахування субсидій та перерахунок їх, надання відповідної інформації житлово-комунальним службам та службі субсидій за звітний період, видача мешканцям селища довідок для отримання субсидії. Для надання інформації службі субсидій та надання довідок населенню використовуються засоби Microsoft Office, шаблони та форми для довідок та звітів. Щодо нарахування субсидій, то для цього можна розробити програмні засоби для підтримки прийняття рішень для надання субсидій. Подібні програмні засоби мають надавати допомогу про прийняття рішення про те, кому, згідно діючого законодавства, дозволяти довідку на субсидію. Крім цього, такі програми мають оперативно реагувати на зміни в діючому законодавстві перерахуванням субсидій. Питання, знову, в наявності бюджетних ресурсів для розробки або закупки подібного забезпечення.

Для роботи комісій достатньо використовувати засоби Microsoft Office для підготовки актів, протоколів засідань та інших поточних документів.

Окремо маємо сказати про таку важливу функцію органу місцевої влади, як підготовка та проведення виборів. Будь-який виборчий процес у демократичному суспільстві має бути прозорим, об'єктивним і чесним. Саме цій меті і служить впровадження у виборчий процес сучасних досягнень інформатизації. Далі розглянуто інформаційні технології підтримки виборчого процесу.

Постановою Центральної виборчої Комісії від 10 лютого 1999 року № 14 затверджено Створення в Україні Єдиної Інформаційно-аналітичної системи "Вибори". Система "Вибори" – це складний комплекс взаємопов'язаних організаційно-адміністративних, програмно-технічних, телекомунікаційних та кадрових заходів, це сукупність зовнішньо-самостійних, але ідейно взаємопов'язаних підсистем. Розробники системи: приватне науково-виробниче підприємство "ПРОКОМ"; ЗАТ "Інформаційні комп'ютерні системи"; ТОВ "Глобал Юкрейн". Система "Вибори" - це перш за все підсистеми:

- нормативно-правового та організаційно-адміністративного забезпечення;
- технічного та телекомунікаційного забезпечення;
- збору та передачі інформації від окружних (територіальних) виборчих комісій, до бази даних Центральної виборчої комісії;
- інформаційно-аналітичної обробки інформації;
- забезпечення інформаційно-аналітичної підтримки поточної роботи окружних (територіальних) виборчих комісій.

Успішна реалізація основних етапів виборчого процесу в 2002 році без застосування засобів Єдиної інформаційно-аналітичної системи "Вибори" була б практично неможливою.

У 2006 р. у ЗАТ «Інститут передових технологій» (ІПТ) система була створена Геоінформаційна система (ГІС) «Україна. Вибори 2006». Система забезпечує інформатизацію всіх етапів виборчого процесу на різних територіальних рівнях (держава, регіони, виборчі округи і дільниці).

На етапах підготовки та проведення виборів основними завданнями, ефективно вирішення яких забезпечує ГІС, є:

- створення електронних та поліграфічних карт виборчих округів на всю Україну, окремі області та на кожен округ;
- підготовка баз даних про учасників виборчого процесу, зареєстрованих ЦВК;
- оперативне виконання довідкових сервісних функцій, зокрема територіального пошуку та відображення об'єктів, населених пунктів, місць розташування окружних та дільничних виборчих комісій тощо;
- сприяння прозорості та відкритості виборчого процесу шляхом відображення ходу голосування, поточної явки виборців, попередніх та остаточних підсумків голосування по округах та регіонах.

Обладнавши виборчу дільницю недорогим комп'ютером зі спеціалізованим сканером, можливо не лише скоротити час на підрахунок голосів, але й уникнути багатьох помилок, яких припускаються члени комісії мимоволі, працюючи в ручному режимі. А вартість використання комп'ютера буде не вищою від затрат на понадурочну роботу членів комісій.

Можливим нині є і повністю автоматизоване голосування на виборчих дільницях. Фахівці можуть запропонувати прості технології цілком автоматизованого голосування, коли виборець, отримавши дозвіл від члена дільничної комісії, вводить результат свого волевиявлення відразу в електронному вигляді в комп'ютер.

Але перешкод на шляху запровадження інформаційних технологій у виборчий процес, на жаль, дуже багато. Ось їх неповний перелік:

- недовіра виборців;
- неготовність політичної еліти;
- відсутність економічних стимулів;
- незадовільне законодавче забезпечення;
- відносно велика вартість ліцензійних програмних продуктів та якісної комп'ютерної техніки;
- необхідність забезпечення високої надійності та функціонування інформаційних систем.

Найперша проблема – це недовіра самих виборців. Виборець, який не уявляє, що відбувається всередині комп'ютера, як проходить цей процес і наскільки він захищений від незаконного втручання, має упереджене ставлення до таких технологій. І не лише виборець – політики не уявляють можливостей нових технологій і тому також не виявляють до них довіри.

Але стосовно політичної еліти є ще один нюанс: далеко не всі хочуть більшої прозорості в суспільних процесах, у тому числі і виборах. Тому, коли ми пропонуємо інформаційну технологію для виборчого процесу, обов'язково маємо ставити на перше місце її відкритість, настільки, наскільки це можливо. З точки зору захисту інформації слід говорити хіба що про збереження її цілісності, захист від спотворення.

Відсутність економічних стимулів також серйозна проблема. Якщо платити працівникам дільничних комісій реальну зарплату, за реально відпрацьований час, відповідно до трудового законодавства, стане зрозумілим, що інформаційні технології не тільки прискорюють процес, а й дають суттєвий економічний ефект.

Окреслимо деякі проблеми, які потребують законодавчого врегулювання. Перш за все необхідно законодавчо дозволити виборчим комісіям використовувати інформаційні технології. Це означає надати офіційний статус інформації,

яка сьогодні обробляється автоматизованими системами, звичайно, при гарантіях її захисту від спотворення.

Далі слід визначити статус інформації, яка обробляється в інформаційних системах, рівень її конфіденційності. Наприклад, інформація про результати голосування має бути відкритою цілком, а дані про виборця – конфіденційні, і тому закриті для загального доступу. Звідси випливатимуть проблеми захисту, ступеню захисту, безпечності тої чи іншої інформації. Якщо провести деяку паралель між автоматизованими системами виборів та системами, які використовують в своїй діяльності банківські та фінансові організації, можна зробити наступний висновок. Діяльність подібних організацій вже досить давно спирається на використання автоматизованих систем. При цьому проблема надійності та безпечності інформації є актуальною і в цій сфері діяльності, і, варто помітити, її вирішення не є неможливим. Тому використання автоматизованих систем підтримки виборчого процесу є можливим і бажаним, а забезпечення надійності та безпечності функціонування подібних систем є задачею, що може бути вирішена.

І останнє - це забезпечення відкритості всієї інформації стосовно виборів і відкритості процесів її обробки. На кожному етапі повинні існувати механізми перевірки достовірності результатів роботи інформаційної системи. Вирішивши ці проблеми, можна значно підвищити ефективність підготовки та проведення виборів за рахунок використання інформаційних технологій.

При використанні інформаційного забезпечення різних адміністративних процесів муніципальних установ, рівно як і будь-яких інших організацій, слід пам'ятати про проблему сумісності. Так, наприклад, слід дотримуватися єдиного стандарту даних в інформаційних системах обліку населення та реєстру виборців для забезпечення максимальної інтеграції основних компонентів цих систем.

Однієї з найбільш серйозних проблем при виборі інформаційних технологій є проблема ліцензійності програмного забезпечення, особливо коли це стосується державних і муніципальних структур. Недопустимо використовувати в діяльності органів місцевої влади програмне забезпечення, що не має відповідної ліцензійної підтримки. Рішеннями цієї ситуації може стати: по-перше, прискорена розробка вітчизняних програмно-технічних засобів, створених за рахунок засобів державного бюджету; по-друге, закупівля відповідних ліцензійних програмно-технічних засобів, які часто можна придбати за зниженими цінами або ж безкоштовно. Так, наприклад, у квітні цього року представники Microsoft повідомили про намір увести два нових способи поширення популярного офісного пакета Office. Перший має на увазі оренду програмного забезпечення - користувач вносить абонентську плату за користування пакетом Microsoft Office. Тим, хто хоче одержати безкоштовний софт, компанія пропонує спеціальну версію пакета Office з убудованим блоком реклами. Тобто при роботі крім панелі інструментів користувач буде бачити ще й рекламу [11]. Іншою цікавою пропозицією цієї ж компанії є здешевлення операційної системи Windows XP до 26-32 доларів. Щоправда, ця пропозиція поки що стосується лише портативних пристроїв, які відповідають ряду обмежень [12].

Висновки. Отже, можемо сформулювати певні висновки щодо стану та перспектив використання інформаційних технологій для потреб муніципальних органів.

Загальний стан інформаційних технологій в органах місцевого самоврядування не можна вважати задовільним. Елементи інформаційних систем різного рівня складності і функціонального призначення існують як самостійні модулі для вирішення завдань окремих підрозділів органів влади. Але ці елементи не об'єднані в єдині комп'ютерні мережі з базами даних, мають слабе програмне і комп'ютерне забезпечення. Це знижує оперативність обробки інформації і до-

стовірність отримання даних. Існуючі окремі фрагменти інформаційних систем вимагають подальшого розвитку і модернізації на основі єдиного підходу, протоколів, стандартів.

У перспективі вимагається оснащення відповідних підрозділів міськвиконкому сучасними програмними і комп'ютерними засобами, об'єднання всіх розрізнених підсистем міських служб в єдину комп'ютерну мережу з централізованою базою даних і повсюдним електронним обміном даних. Це дозволить різко підвищити оперативність, достовірність і об'єктивність інформації, що надається міським органам.

Проведення інформатизації муніципальних органів матиме більшу ефективність, якщо знати механізми розвитку інформаційно-управлінських архітектур. З проведеного дослідження можемо зробити висновок, що у ролі основних механізмів, що визначають розвиток інформаційно-управлінських архітектур органів місцевого самоврядування, виступають:

- потреби органів місцевого самоврядування в інформаційних технологіях, необхідних для виконання кожним підрозділом установи своїх функцій;
- стандарти у використанні інформаційних технологій, як визначені законодавством, так і зумовлені станом інформаційних систем зовнішнього середовища;
- пропозиція з боку ринку інформаційних технологій.

Знаючи ці механізми, можна прогнозувати розвиток архітектур та спрямовувати його у потрібному напрямку.

Проведення дослідження інформаційних систем органів місцевого самоврядування, виявлення механізмів розвитку їх інформаційно-управлінських архітектур дозволяє керувати діяльністю та розвитком архітектур, визначати та формувати найбільш ефективні для конкретних установ інформаційно-управлінські архітектури.

Л і т е р а т у р а

1. Конституція України. Розділ XI. Міське самоврядування. [Електронний ресурс]: Президент України. Офіційне Інтернет-представництво <<http://www.president.gov.ua/content/10311.html>>
2. Проект Верховной Рады Автономной Республики Крым "Создание корпоративной информационной системы органов местного самоуправления АРК" [Електронний ресурс]: Новости Украины From-ua.com <<http://www.from-ua.com/news/4159abdfa64b5.html>>
3. Фирма SoHaTeс сделает работу Донецкой власти прозрачной, мобильной и оптимальной [Електронний ресурс]: Всеукраинское информационное агентство Контекст-Медиа <<http://www.novosti.dn.ua/news>>
4. Электронные государственные системы: проблемы взаимодействия. «Электронная Россия» [Електронний ресурс]: Intelligent Enterprise/RE // Корпоративные системы // Государственное управление. <<http://www.doc-online.ru>>
5. Корпорация Парус и Донецкое региональное отделение Академии технологических наук Украины [Електронний ресурс]: Парус – Донецк <<http://www.parusdon.donetsk.ua/index.php>>
7. Данич В. Н. Синергизм управленческих и информационных структур в социальных системах. - Вестник ВУГУ, Луганск: Изд. ВУГУ, 2000, №3 (25). - с. 20-27
8. Данилин А.В., Слисаренко А.И. Лекция: Характеристики использования ИКТ в государстве [Електронний ресурс]: Интернет-университет информационных технологий // Курс: IT-стратегия <<http://www.intuit.ru/department/itmngt/itstrategy/6/3.html>>
9. <<http://www.intuit.ru/department/itmngt/itstrategy/6/3.html>>

10. Кутафин О.Е., Фадеев В.И. Муниципальное право Российской Федерации: Учебник. М., 1997. С. 123.
11. Дзюбенко А.Л. Информационные системы в экономике. Учебный курс. [Електронний ресурс]: Московский институт экономики, менеджмента и права <<http://e-college.ru>>
12. Геоинформационный портал [Електронний ресурс]: <<http://vk-online.ru/news/news.php?ID=5272>>
13. Microsoft Office [Електронний ресурс]: «Русское издание ComputerBild» // Новости <<http://www.computerbild.ru>>
14. Windows XP станет стоить дешевле [Електронний ресурс]: ITUA.info // Новости <<http://itua.info/news/software/14602.html>>

УДК 556.114(075.3)

Єрмоменко А.О.

ВПЛИВ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ НА ХІМІЧНИЙ СКЛАД ҐРУНТІВ

Вивчається вплив забруднених атмосферних опадів на хімічний склад ґрунтів різних видів сільськогосподарських угідь у м. Луганськ. Рис. 6, літ. джерел 2.

Актуальність теми. Ґрунти – найважливіше джерело збагачення атмосфери аерозолями. У багатьох випадках типом ґрунтів визначається мінералізація, іонний склад і рН атмосферних опадів [2].

Внаслідок посилення антропогенного забруднення біосфери відбувається інтенсивна деградація як природних, так і штучно створених екосистем. Вагомим чинником у цьому процесі є надмірне надходження в біосферу хімічних елементів техногенного походження, які не утилізуються й не включаються в біохімічні цикли, а накопичуються в екосистемах, спричиняючи їх забруднення. Забруднення ґрунтів важкими металами, як один з наслідків негативної антропогенної дії на навколишнє середовище, призводить до істотних і часто незворотних змін, природного середовища.

Метою роботи є вивчення впливу атмосферних опадів на хімічний склад ґрунту.

Для досягнення зазначеної мети була сформульована та вирішена наступна **задача**: дослідити вплив атмосферних опадів на стан ґрунтів.

Методи дослідження. Валова форма вмісту елементів була визначена за допомогою напівкількісного емісійного спектрального аналізу за методикою вимірювання масової частини хімічних елементів способом поперемінного фотографування спектрів (атомно-емісійний спектральний аналіз МВВ 41-10-003-2003) спектрографом СТЕ-1, виробництва ЛОМО (м. Санкт-Петербург) з приставкою ВУСА-6. Напівкількісний спектральний аналіз мікроелементів в атмосферних опадах визначався відповідно до стандартів СТП 41-24361584-002-2000.

Результати дослідження. Дослідження переміщення важких металів з поверхневим стоком і фільтратом в природних родючих субстратах проводилися з використанням лабораторної установки для вивчення міграції речовин в ґрунті при ерозіоно-гідрологічних процесах розробленої співробітниками ЛІАПВ.

Установка має лоток з регульованим нахилом, касету для ґрунтового моноліту, яка складається з металевих ріжучих кілець, з'єднаних за допомогою гумових кілець. Також стокоприймальне устаткування у вигляді знімного кільця з лотком водовідведення і ємністю для збору поверхневого стоку [2].

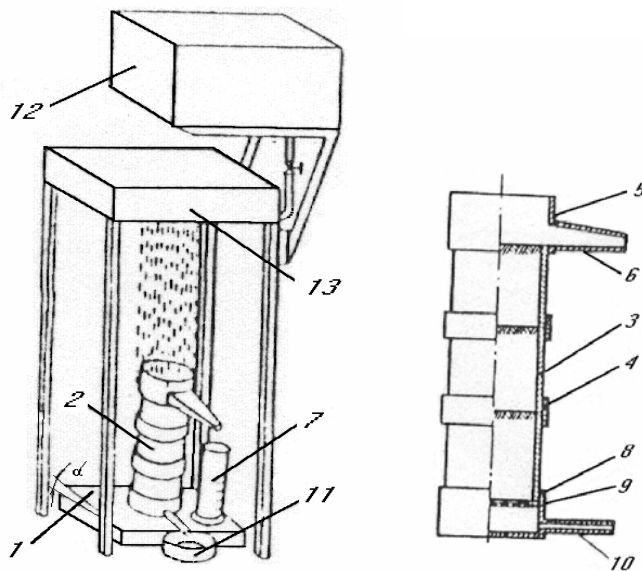


Рис. 1. Лабораторна установка для вивчення міграції речовин в ґрунті при ерозіоно-гідрологічних процесах.

1 – лоток з регульованим нахилом, 2 – касета для ґрунтового моноліту, 3 – металеві ріжучі кільця, 4 – гумові кільця, 5 – стокоприймальне устаткування, 6 – водовідвідний лоток, 7 – ємність для збору поверхневого стоку, 8 – знімне дно, 9 – підтримуюча сітка, 10 – водовідвідна трубка, 11 – ємність для збору фільтрату, 12 – резервуар, 13 – дощувач

З резервуару вода поступає в дощувач, де на капілярах формуються краплі діаметром 4,6 мм.

Дощування проводять дистильованою водою. Нами ж проводилося дощування дощовою водою, яка випала в природних умовах. Висота падіння крапель 73 см. Краплі рівномірно розподіляються по поверхні ґрунтового зразка.

Ґрунтові моноліти заввишки 10 см відбиралися в циліндри з двома знімними кришками (діаметр 50 мм, висота 100 мм, об'єм 500 см³) на різних сільськогосподарських угіддях. Потім циліндри збирали в колону 30 см заввишки для кожного досліджуваного зразка. Досліджувалися такі сільськогосподарські угіддя: сад, рілля, лісосмуга, угіддя, де вирощувались жито, соняшник та озима пшениця.

В ході дощування на поверхню кожного ґрунтового зразка потрапляє шар опадів в 10 см (тобто 500 мл). Інтенсивність опадів в основному підтримувалася в межах 1,14 – 1,36 мм/хв. Іноді інтенсивність коливалася в межах 1,7 – 2,09.

Рекомендується проводити дощування по півніюграмі типового для даної території дощу 10% забезпечення. Територія області знаходиться в зоні слабкої зливної активності в районі 3d, для якої максимальна інтенсивність зливи 10% забезпеченості 1,53 мм/хв., а максимальна тривалість зливи 36 хвилин.

Стік і фільтрат профільтровувалися через попередньо зважені фільтри. Потім фільтри висушували до повітряно-сухого стану і зважували, таким чином, визначали масу твердих часток, що змиваються з поверхні і що вимиваються фільтратом. Вимірювали, також, вологість та об'ємну масу ґрунту.

В ході дослідження дощувалися ґрунти, відібрані на різних сільськогосподарських угіддях, розташованих в районі Інституту агропромислового виробництва с. Металіст. Дослідження проводилися в трьохразовій повторюваності.

В результаті проведених досліджень були отримані такі результати. На рис. 2. представлено формування шару поверхневого стоку, фільтрату на різних видах сільськогосподарських угідь.

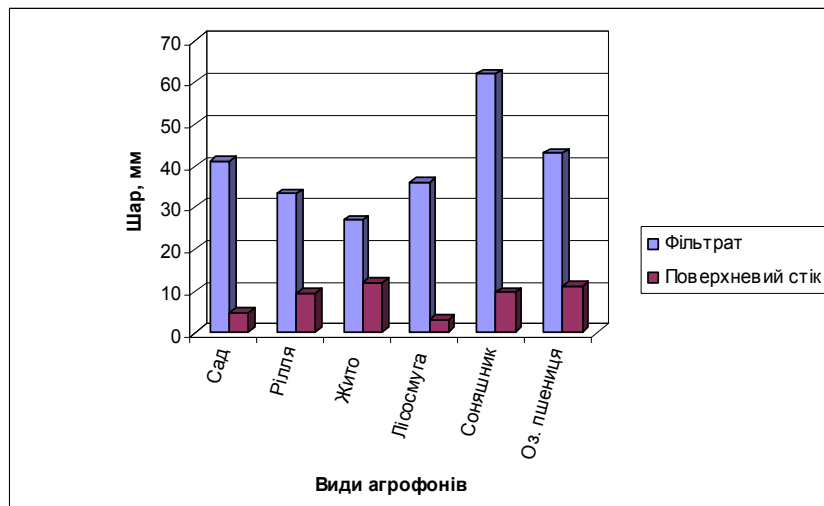


Рис. 2. Формування шару поверхневого стоку, фільтрату на різних видах сільськогосподарських угідь

Нами аналізувалась щільність досліджуваних зразків ґрунту на глибині до 30 см. Дані представлені на рис. 3.



Рис. 3. Щільність ґрунту на різних сільськогосподарських угіддях

Найбільша щільність ґрунту в шарі 0 – 10 см спостерігається на угіддях де вирощували соняшник та жито, а також у саду.

В результаті дощування було отримано фільтрат, який аналізували на вміст в ньому важких металів. Заздалегідь було виконано аналіз дощової води, якою дощували. Отримані результати відображені на рис. 4. і 5.

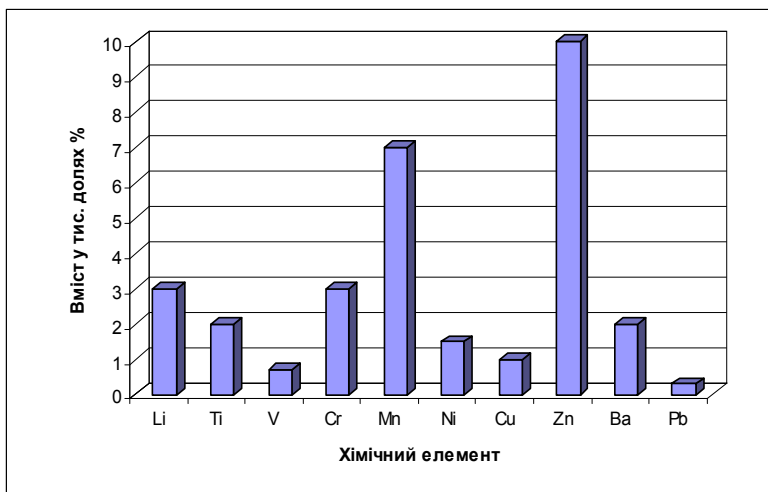


Рис. 4. Склад дощової води, яку відбирали біля промислових підприємств м. Луганська

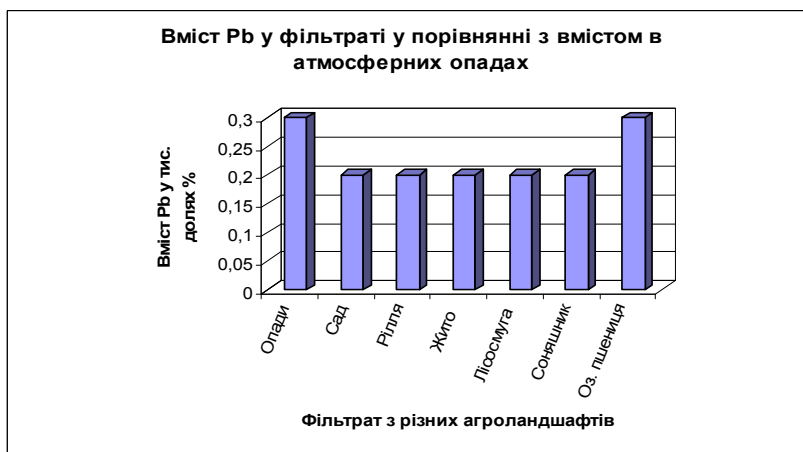
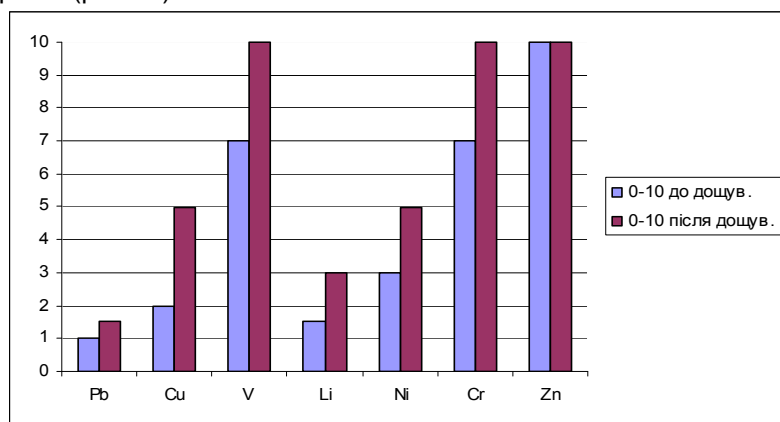


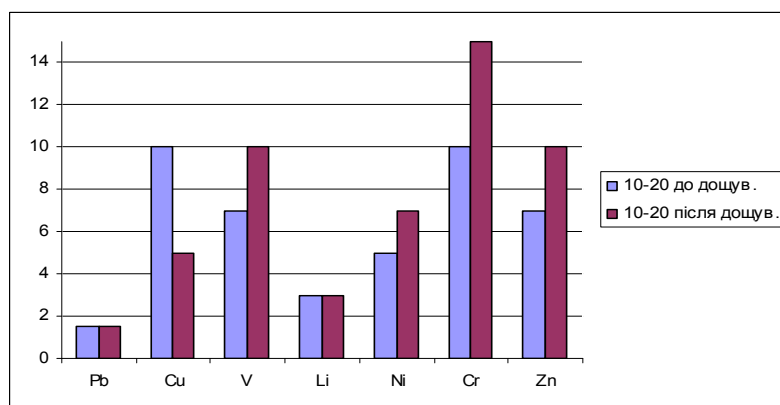
Рис. 5. Результати атомно-емісійного спектрального аналізу фільтрату на вміст різних хімічних елементів у порівнянні з вмістом у атмосферних опадах

Була виявлена закономірність, чим вище концентрація забруднюючих речовин у дощовій воді, тим вище концентрація їх у фільтраті.

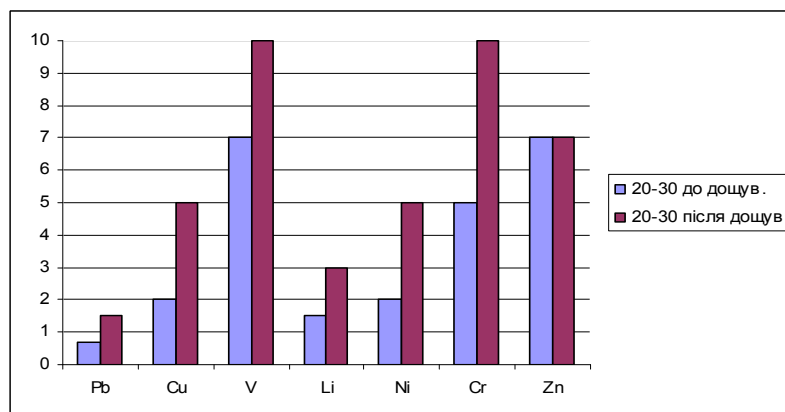
Ґрунт, що відбирали на різних агрофонах, аналізувався на наявність важких металів до і після дощування. Як приклад розглянемо, як змінювався вміст важких металів в ґрунті по шарах до і після дощування, сільськогосподарське угіддя – рілля (рис. 6.).



а



б



в

Рис. 6. Спектральний аналіз ґрунту до і після дощування по шарах

В результаті проведених досліджень було встановлено, що ситуація по деяких елементах в ґрунті не змінилася. Так концентрація фосфору, марганцю, вольфраму, германію, вісмуту, барію, берилію, ніобію, цирконію, лантану залишилася незмінною. А ось концентрація свинцю, міді, титану, ванадію, галію, нікелю, хрому, кобальту, молібдену, олова, літію, скандію, ітрію змінювалася як у значній так і незначній кількості. Таким чином, можна зробити висновок, що атмосферні опади впливають на забруднення ґрунту важкими металами.

Висновки. Встановлено, що вміст забруднюючих речовин після дощування відносно чистих ґрунтів забрудненими атмосферними опадами збільшився по Ni у 2,5 рази, Cr у 2 рази, Cu у 1,6 разів, Pb у 1,5 рази.

Л і т е р а т у р а

1. Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спеціальний випуск до VII з'їзду УТГА (липень 2006 р., м. Київ) Ґрунти – основа добробуту держави, турбота кожного. Книга третя. Харків – 2006. – 259 с.
2. Опис до деклараційного патенту на винахід. Лабораторна установка для вивчення міграції речовини в ґрунті при ерозійно-гідрологічних процесах. Зубов О.Р., Тарасов В.І., Михайлов В.В. 15.01.2004, Бюл. №1, 2004 р.

УДК 681.5.015

**Голуб Ю.В., Калмыков М.А.,
Игнатъева О.В., Командина Т.В.**

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ВЕРСТКИ ВЕБ-СТРАНИЦ

В данной статье рассмотрены основные методы и стандарты верстки веб-страниц, проведена сравнительная характеристика наиболее используемых средств верстки, приведены их преимущества и недостатки, сделаны выводы.

Методы, средства и стандарты верстки HTML страниц интенсивно развиваются, как и другие направления в области информационных технологий. Условно развитие методов HTML верстки и веб-дизайна происходит по двум взаимозависимым направлениям:

1. Изменение дизайна и принципов представления информации.
2. Изменение методов представления информации.

К первому пункту относятся изменения тенденций дизайна, которые, кстати, во многом определяются развитием технических средств, таких как, например, увеличение размеров мониторов. Также очевидно, что увеличение скорости передачи информации и скорости ее обработки позволили в значительно большей мере применять для разработки сайтов технологию FLASH. Та же векторная графика, бурное развитие которой приходится как раз на 1997-2001 годы, в значительной степени изменила подход к дизайну, сократив применение сложных текстур. Различные наработки, пришедшие в веб-дизайн из области визуального маркетинга, оказали влияние на представление информации и логику ее расположения.

В свою очередь, изменение принципов дизайна требует пересмотра методов его реализации. Кроме того, оба пункта зависят от таких факторов как:

– применение систем управления содержанием (CMS), а значит потребность автоматически генерировать HTML страницы, сделать как можно более независимыми дизайн и представленную информацию;

- адаптация представляемой информации для различных компактных устройств;
- веб-синдикация и веб-mash-up (использование одной и той же информации на различных веб-сайтах, а также использование одним сервисом во время работы услуг другого сервиса).

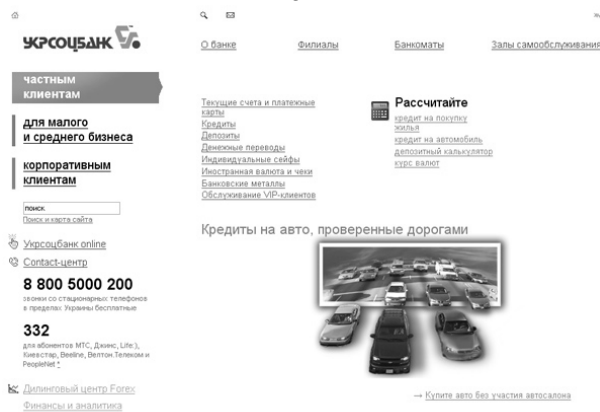
Никуда не исчезла проблема кроссбраузерной совместимости и необходимость обеспечить корректное отображение страницы при любом размере и разрешении монитора.

Список основных средств верстки HTML, используемых на сегодняшний день удивительно лаконичен: тэги `<div>` и `<table>` (принимая во внимание необходимость использования в той или иной мере каскадных листов стилей).

Несмотря на повсеместную информацию о преимуществах верстки тэгом `<div>`, все еще большое количество страниц продолжают создаваться исключительно табличной версткой. В качестве доказательств можно привести пример последних работ двух наиболее востребованных рекламных агентств России – Рекламное агентство Артемия Лебедева (design.ru) и Actis System (actis.ru). Соответственно: <http://www.unimilk.ru/> – (2006 г.) крупная компания молочной промышленности (рис 1. а) и <http://usb.com.ua/> – (2007 г.) Укрсоцбанк, коммерческий банк Украины (рис 1. б).



а



б

Рис. 1. Сравнение верстки студии Actis System и рекламного агентства Артемия Лебедева

Обе страницы являются корпоративными, обладают качественным дизайном, удобной навигацией, однако инструменты реализации у них разные, в первом случае это верстка с помощью таблиц, во втором с помощью списков и блочных элементов. Хотя эти инструменты направлены на достижение категорически различных целей.

`<table>` - изначально является инструментом представления табличных данных. Действительно с помощью этого тега можно реализовать идею дизайна практически любой сложности. Более того, картинка может быть нарисована в какой либо графической программе и в последующем из нее автоматически сгенерирована страница (например, с помощью Adobe ImageReady).

Данный подход будет обладать рядом преимуществ:

- гарантированное одинаковое отображение страницы в различных браузерах (т.к. данная техника не изменялась со времен Internet Explorer 3.0); сюда же можно отнести одинаково простое создание как полноэкранных («резиновых») страниц, так и страниц фиксированного размера;

- возможность автоматически генерировать страницу с помощью любого языка генерации HTML страниц для вывода информации из баз данных или применять в CMS, не беспокоясь, что полученная в результате запроса информация нарушит дизайн.

Однако очевидны следующие недостатки:

- сведения об оформлении неразрывно связаны с приведенной информацией; более того, данные об оформлении при обновлении страницы загружаются снова, что, в первую очередь, негативно отражается на трафике и скорости работы страницы;

- все ячейки таблицы логически связаны между собой, поэтому, удаление или необходимость добавить новую ячейку без ущерба для всей таблицы может стать сложным и трудоемким процессом; соответственно код страницы сложнее воспринимается, отсутствует логическая связь между элементами содержимого;

- делает содержимое труднодоступными для пользователей с компактными устройствами и пользователей, использующих программы чтения вслух с экрана.

Блочный тэг `<div>` предназначен для выделения фрагмента документа с целью изменения вида содержимого. Этот тэг используется в связке с каскадными таблицами стилей, а также позволяет реализовать механизм слоев. К его достоинствам относятся:

- уменьшение передаваемого трафика и уменьшение объема самой страницы (т.к. вся информация касательно логики размещения и дизайна находится в CSS файлах, которые могут быть использованы всеми страницами сайта и кэшируются у пользователя);

- делает независимыми верстку, дизайн и представляемую информацию (например, в одном CSS файле можно целиком реализовать логику размещения информации, в другом – дизайн, а в третьем – особенности связанные с какими-либо регулярно изменяемыми параметрами); т.е. HTML код в этом случае становится легко читаемым, а также обеспечиваются описанные ранее условия;

- содержимое легко воспринимается компактными устройствами и программами для пользователей с ограниченными возможностями;

- уменьшение соотношения команд разметки и содержимого, использование ключевых слов в тегах заголовков, облегчает идентификацию для поисковых систем.

К недостаткам относятся:

- CSS по-разному воспринимается различными браузерами; при этом из Mozilla Firefox, Opera и Internet Explorer наиболее далек от стандарта Internet Explorer, (характерным примером могут быть CSS-дескрипторы: min-width и min-height, описанные стандартом в CSS 2);

- некоторые элементы слишком трудоемки при их реализации через <div>, например, при реализации нетипичного меню (рис. 2) с помощью листов стилей теряются их основные преимущества.

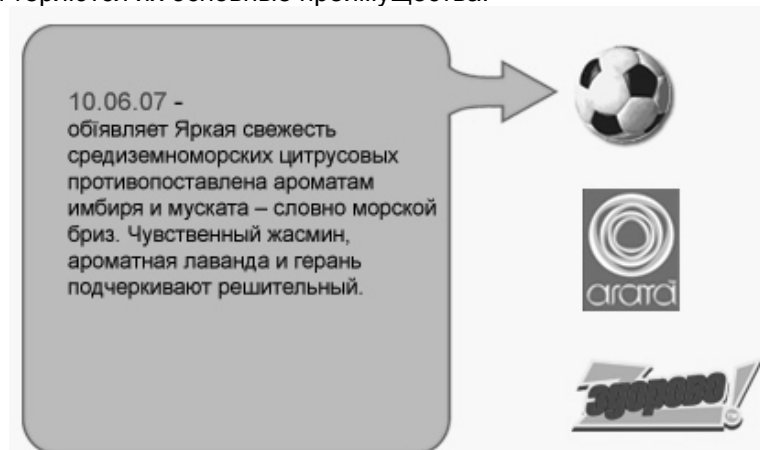


Рис. 2. Пример элемента дизайна сделанного с помощью таблиц

Следует добавить, что рассмотренные теги, лишь определяют логику расположения информации на странице, но не обеспечивают дизайн в целом. Речь идет о тенденции использования блоков и таблиц в альтернативу остальным тегам, таким как , , <p>, <dd>. В идеале, используя CSS, конечно можно обойтись минимумом тегов, однако такая позиция является некорректной, нарушая стандарт и опять же сводя на нет логику использования каскадных слоев.

Если рассмотреть верстку указанных выше сайтов в ракурсе сделанного выше анализа становятся очевидны преимущества дизайна рекламного агентства Лебедева, а именно:

- при необходимости беспрепятственно может быть удален или добавлен новый элемент меню, определенные элементы могут быть полностью переработаны;

- при необходимости могут быть добавлены сезонные элементы дизайна или дополнительная информация об акциях.

- дизайн Actis в данном случае ограничен как по горизонтали, так и по вертикали, элементами графики и раскраски ячеек таблицы, каждая ячейка жестко ограничена по размеру.

Табличную и блочную верстку наглядно можно сравнить с процедурным и объектно-ориентированным программированием, т.е. невозможно и неправильно полностью отказываться от таблиц, однако логичнее и рациональнее пользоваться преимуществами верстки с помощью блоков.

Л и т е р а т у р а

1. Часто задаваемые вопросы // <http://faqs.org.ru/>.
2. Флэнган Д. JavaScript: Подробное руководство. – Москва "Символ-Плюс", 2004. -955 с.

СИСТЕМА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ КРИПТОАНАЛІЗУ

Описано математичну основу для оцінки ризику витоку інформації про приватний ключ під час часового аналізу сучасних методів піднесення до степеня за модулем. Запропоновано можливі методи протидії. Результати даного дослідження можуть бути корисними для дослідження імовірності ризику успішної атаки аналізу енергоспоживання. Табл.1, Літ.7

Часовий аналіз (Timing Analysis – TA) – один з найпростіших, з точки зору застосування, методів проведення аналізу побічних каналів витоку інформації (Side Channel Attacks – SCA) для атаки криптографічних засобів захисту інформації. Такий тип атак може бути дуже ефективний, коли зловмисник має доступ до засобів шифрування [1, 2, 7]. Тому розробка методів протидії (контрзаходів), для зменшення ризику витоку конфіденційної інформації – дуже важливе та актуальне завдання.

Для дослідження шляху проведення TA можна розглянути часовий аналіз виконання операції піднесення до степеня за модулем (модулярне експоненціювання) $f(n) = x^n \pmod{m}$, яка є базовою у використовуваних на даний час асиметричних криптосистемах типу RSA. Як відомо, цю операцію можна здійснити декількома способами. Найпростішим є бінарний метод з напрямком зчитування бітів зліва направо. Загальний час виконання алгоритму здійснення модулярного експоненціювання [2, 3]:

$$T(n) = t_i + c_i + \lceil \log n \rceil \cdot r_i + H(n) \cdot s_i, \quad (1)$$

де t – час, витрачений процесором на переведення показника у двійкову систему числення, c – на просте присвоєння, r – піднесення до квадрату за модулем, s – множення за модулем, $H(n)$ – вага Хемінга, $\lceil \log n \rceil$ – довжина бінарного зображення n .

Відповідно до цієї математичної моделі, біти експоненти впливають на значення часу t_i .

Оскільки прийнято вважати, що в умовах часового аналізу зловмисник може виміряти час здійснення шифрування повідомлення, то загальний час виконання алгоритму будь-якого методу модулярного експоненціювання в загальному записується з урахуванням впливу помилки вимірювання та відстані передачі.

Для реалізації часової атаки криптоаналітик на ідентичному комп'ютері проводить аналогічне до реального експоненціювання і обчислює часи $\tilde{T}_{i,k-1,0}$ та $\tilde{T}_{i,k-1,1}$ (табл.1).

В даній таблиці стовпчик, де є найменша різниця часів ΔT , відповідає значенню біта експоненти, що аналізується. Тобто криптоаналітик може знайти значення n_{k-1} [5, 6].

Будуючи аналогічні різниці часів зловмисник може знайти послідовність бітів експоненти для будь-якого методу. Нижче наведено шлях знаходження різниці між реальним та отриманим часами для кожного з розглянутих методів.

Різниця реального та отриманого часів для значень біта 0 та 1

Значення біта дорівнює 0	Значення біта дорівнює 1
$T_1 - \tilde{T}_{1,k-1,0}$	$T_1 - \tilde{T}_{1,k-1,1}$
$T_2 - \tilde{T}_{2,k-1,0}$	$T_2 - \tilde{T}_{2,k-1,1}$
$T_3 - \tilde{T}_{3,k-1,0}$	$T_3 - \tilde{T}_{3,k-1,1}$
...	...

Нехай j_0 - деяке значення j (порядковий номер біта у представленні експоненти) у відповідному алгоритмі та $g = \begin{cases} 0, & \text{для експоненти 0} \\ 1, & \text{для експоненти 1} \end{cases}$.

Звідси, зловмисник може обчислити для бінарного методу відповідний час:

$$\tilde{T}_{i,j_0,g} = t_i + c_i + \sum_{j=k-1}^{j_0+1} (r_{i,j} + s_{i,j}) + (r_{i,j_0} + \tilde{s}_{i,j_0,g}) \quad (2)$$

А звідси відповідно:

$$\Delta T_i = e_i + \sum_{j=j_0-1}^0 (r_{i,j} + s_{i,j}) + (s_{i,j_0} + \tilde{s}_{i,j_0,g}) \quad (3)$$

Якщо $\tilde{s}_{i,j_0,g}$ визначене правильно, то $\tilde{s}_{i,j_0,g} \equiv s_{i,j_0}$. Звідси слідує, що

$$\Delta T_i = e_i + \sum_{j=j_0-1}^0 (r_{i,j} + s_{i,j}). \quad (4)$$

Проте, на практиці $\tilde{s}_{i,j_0,g} \neq s_{i,j_0}$, а це означає, що правильно визначити $\tilde{s}_{i,j_0,g}$ дуже важко. Саме тому необхідно оцінити ймовірність успіху атаки.

Дисперсія випадкової змінної $T - \tilde{T}_{j_0,g}$ обчислюється з наступними умовами:

1. g визначене правильно (тобто правильно знайдене n_j), тоді дисперсія:

$$\sigma^2(\Delta T) = \sigma^2(e) + j_0 \sigma^2(r) + \frac{1}{2} j_0 \sigma^2(s). \quad (5)$$

Якщо припустити, що операції піднесення до квадрату та множення еквівалентні (а в більшості прикладних імплементацій так воно і є), тобто $r = s$, тоді:

$$\sigma^2(\Delta T) = \sigma^2(e) + \frac{3}{2} j_0 \sigma^2(s). \quad (6)$$

2. g визначене неправильно, тоді можливі два випадки:

$$a) \begin{cases} \tilde{s}_{i,j_0,g} \neq 0 \\ s_{i,j_0} \neq 0 \end{cases}, \text{ тоді:}$$

$$\sigma^2(\Delta T) = \sigma^2(e) + \left(\frac{3}{2}j_0 + 2\right)\sigma^2(s). \quad (7)$$

$$б) \begin{cases} s_{i,j_0} \neq 0 \\ \tilde{s}_{i,j_0,g} = 0 \\ \tilde{s}_{i,j_0,g} \neq 0 \\ s_{i,j_0} = 0 \end{cases}, \text{ звідси:}$$

$$\sigma^2(\Delta T) = \sigma^2(e) + \left(\frac{3}{2}j_0 + 1\right)\sigma^2(s). \quad (8)$$

Ця дисперсія може бути використана як критерій правильності припущення бітів експоненти, оскільки колонка таблиці різниць часів з правильним припущенням має розкид на $\sigma^2(s)$ нижчий, ніж інші колонки значень. Тобто, рівень похибки вимірювання залежить від кількості вимірювань. Тому необхідно оцінити ризик витоку конфіденційної інформації під час проведення часового аналізу розглянутих методів модулярного експоненціювання.

Припустимо, що r , c та s рівномірно розподілені. Нехай $N(\mu_r, \sigma_r^2)$ – розподіл r , а $N(\mu_c, \sigma_c^2)$, $N(\mu_s, \sigma_s^2)$ – розподіли змінних c та s , відповідно.

Крім того, нехай $N(\mu_0, \sigma_0^2)$ – розподіл очікуваного значення ΔT .

Відповідно до аналізу ризику витоку конфіденційної інформації, проведеного в [3, 4]:

$$P(S_W^2 > S_V^2) \approx \Phi\left(\frac{\sigma_s}{\sigma_0} \frac{\sqrt{K}}{2}\right), \quad (9)$$

де $\Phi\left(\frac{\sigma_s}{\sigma_0} \frac{\sqrt{K}}{2}\right)$ – площа під стандартною нормальною кривою від $-\infty$ до Z .

Звідси можна записати:

$$\frac{\sigma_s}{\sigma_0} = \sqrt{\frac{\sigma_s^2}{\frac{3}{2}j_0\sigma_s^2}} = \sqrt{\frac{2}{3j_0}}. \quad (10)$$

Ризик витоку конфіденційної інформації для бінарного методу можна оцінити як:

$$P(S_W^2 > S_V^2) \approx P\left(Z > -\sqrt{\frac{K}{6j_0}}\right). \quad (11)$$

Зі збільшенням K , ймовірність успіху атаки також збільшується. Очевидно також, що ризик витоку конфіденційної інформації зростає у відповідності до кількості правильно визначених бітів, оскільки ентропія зменшується.

Отримані теоретичні результати можуть використовуватись:

- a) для побудови аналогічних імовірнісних моделей для сучасних методів модулярного експоненціювання;
- b) при дослідженні ризику витоку конфіденційної інформації при DPA.

На підставі проведених досліджень можна сформулювати два основні підходи для зменшення ризику витоку конфіденційної інформації під час здійснення часового аналізу:

- збільшення помилки вимірювання $\sigma^2(e)$ шляхом внесення випадкових обчислень, щоб зменшити можливість правильного визначення біт таємного ключа;
- зменшення K - кількості повідомлень, зашифрованих одним ключем, для зменшення ймовірності ризику витоку конфіденційної інформації до значення 0,5.

Л і т е р а т у р а

1. Muir J. Techniques of Side Channel Cryptanalysis // A thesis presented to the University of Waterloo in fulfillment of the thesis requirement for the degree of Master of Mathematics in Combinatorics and Optimization, Waterloo, Ontario, Canada, 2001.
2. Васильцов І.В., Васильків Л.О. Стійкість сучасних алгоритмів модулярного експоненціювання до часового аналізу // Науково-технічний журнал „Захист інформації”. - №1. - 2005. - С. 54-69.
3. Seong-Min H., Sang-Yeop O., Hyunsoo Y. New Modular Multiplication Algorithms for Fast Modular Exponentiation. – Springer-Verlag, 1998.
4. Vasylytsov I., Vasylykiv L., Vasylykiv N., Chyrka M. Investigation of Modern Exponentiation Algorithms // Proceedings of the International Conference TCSET'2004 “Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science” (24-28 February 2004, Lviv-Slavsko, Ukraine). – Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic National University. – 2004. – Pp. 291-293.
5. Biham E., Shamir A. Differential Cryptanalysis of the Data Encryption Standard, Springer-Verlag, 1993.
6. Karpinsky M., Vasylytsov I., Vasylykiv L.: Estimation of the Secret Information Leakage Risk during Timing Analysis of Binary Modular Exponentiation Method // Proceedings of the 2-nd International Conference ACSN–2005 “Advanced Computer Systems and Networks: Design and Application” (21-23 September 2005, Lviv, Ukraine). – Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic National University. – 2005. – Pp. 132-135.
7. Зайчук А.В. Основные пути утечки информации и несанкционированного доступа в корпоративных сетях // Науково-технічний журнал “Захист інформації”. – 2003. – № 4. – С. 19-24.

Кочевская И.А.**ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЛАДШИХ БИТ
В АУДИО ФАЙЛАХ**

Построение математической модели с целью определения закономерностей статистических характеристик младших бит аудио файлов wave формата

Современная стеганография располагает множеством методов для решения задачи внедрения информации в аудио контейнер. Существенное место среди них занимают методы внедрения скрытой информации путем ее кодирования в наименьших значащих битах [1,2,3]. Для эффективного стеганоанализа аудио контейнера необходима разработка модели стеганографической системы.

Метод внедрения в младшие биты используется в самых распространенных и широко используемых стегакомплексах (S-Tools v4.0, StegoMagic v1.0, PUFF v101, Stega v2.01, StegHide v0.5.1, Hide4PGP v2.0). Следует заметить, что в большинстве предлагаемых ранее стеганоаналитических методах авторы исходили из предположения, что распределение значений в младших битах носит случайный характер [4]. Данный факт является очень важным с точки зрения стеганографической стойкости контейнера.

При разработке математической модели стеганоанализа аудио файлов, выдвигалось предположение о не случайности распределения значений в младших битах. Конкретный алгоритм внедрения не являлся существенным, было достаточно того факта, что при внедрении информации происходит замена младшего бита сообщения.

С целью разработки математической модели были проведены статистические исследования аудио файлов wave формата. В статье приводятся результаты проведенных исследований.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках исследования рассматривались цифровые 16-разрядные wav-файлы (как одноканальные, так и стерео) с частотой дискретизации 22кГц. В каждом из файлов выделялась последовательность младших значащих бит, которая рассматривалась как цифровой временной ряд, статистические характеристики которого подлежали исследованию. Выбранные файлы были трех типов: аудиозаписи песенных мелодий, инструментальная музыка и файлы с фрагментами записи речи. В силу специфики формата wave, учитывался также знак (1, -1).

Целью исследования, фрагменты которого приведены в данной статье, является выявление закономерностей, характеризующих искажения в младшем бите аудио файлов, которые являются следствием квантования аналогового сигнала. Выявление подобных закономерностей и их формализация дает возможность разработки такой модели, которую можно было бы принять за основу для разработки эффективных алгоритмов стеганографии и стеганоанализа аудио файлов.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рис.1 а) представлена характерная реализация временного ряда в младшем бите произвольного аудио файла. На рис.1 б) представлен график временного ряда значений младшего бита для того же аудио файла с внедрением в него скрытой информации.

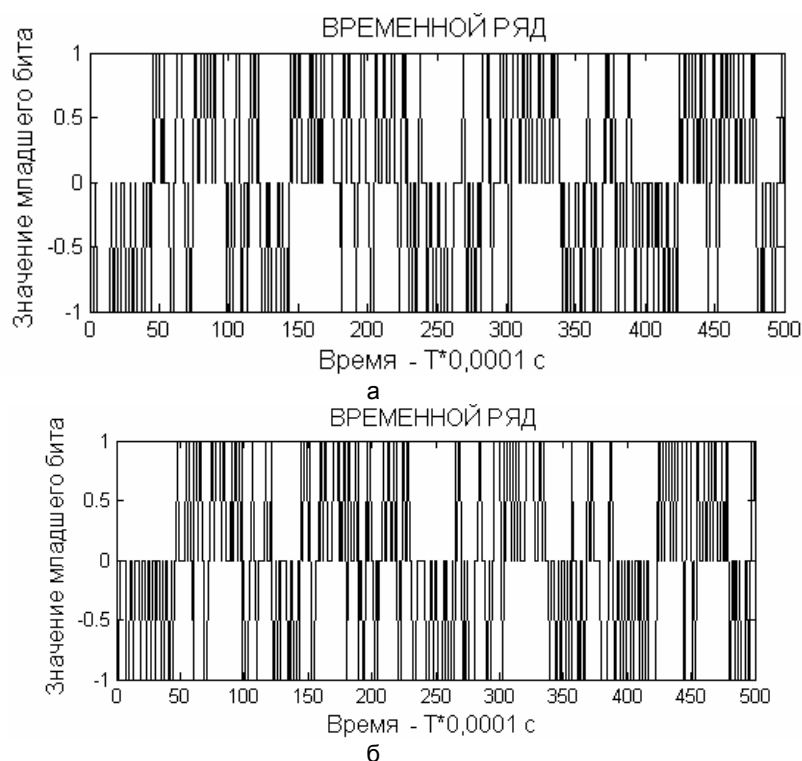


Рис.1. Значение младших бит фрагмента аудио файла:
а - без внедрения; б - с внедрением

Подобные последовательности битов в младшем 16-ом разряде характерны для любых аудио файлов, как с внедрением, так и без него. В дальнейшем исследовании будут рассматриваться закономерности изменения младших бит. Как показывают исследования, эти закономерности не подчиняются строгой периодичности, однако практически все wave файлы имеют повторяющиеся самоподобные структуры битовых последовательностей.

Наличие подобного рода закономерностей было обнаружено во всех исследуемых аудио файлах после небольшой предварительной обработки данных в младшем бите, которая заключается в нескольких последовательных шагах:

из всего временного ряда младших бит, выделяется в отдельную последовательность группы бит, которые состоят из последовательно идущих нулей (единиц);

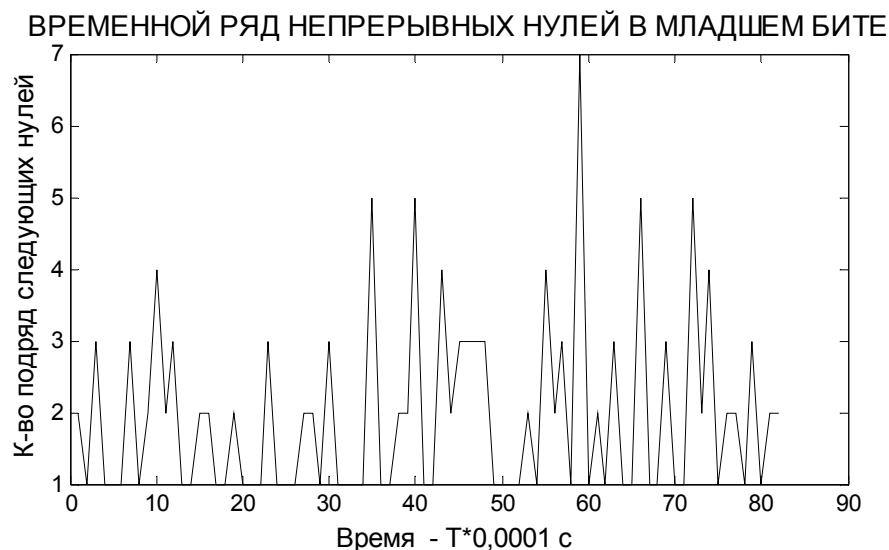
подсчитывается количество нулей (единиц) в каждой группе последовательности;

отбрасываются группы, состоящие из одного нуля (единицы);

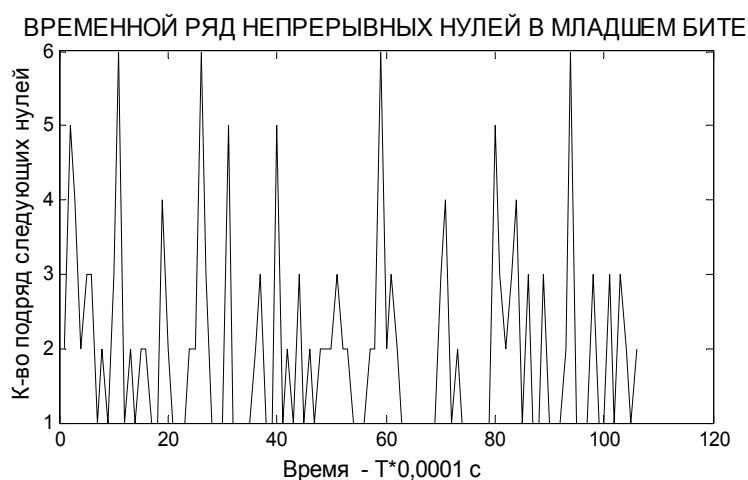
формируется массив сумм количества нулей (единиц) по каждой группе;

строится график временной зависимости количества нулей (единиц) в последовательно следующих группах.

Характерные графики таких зависимостей для wave файлов представлены на рис.2. При рассмотрении этих графиков четко заметны различия между графиком построенного для фрагмента файла без внедрения (рис.2 а) и для того же фрагмента с внедрением (рис.2 б).



а



б

Рис.2. Зависимость количества непрерывно следующих нулей в младшем бите от времени фрагмента аудио файла:
а - без внедрения; б - с внедрением

Для построения математической модели, которая бы была одинаково полезна как для задач стеганографии аудио файлов, так и для их стеганоанализа, необходимо математически формализовать выявленные закономерности. Как показывает практика, также опираясь на опыт многих исследователей [7-9], существующие классические методы (анализ Фурье, вейвлет-анализ) мало эффективны для решения поставленной задачи, поскольку подобного рода пакеты в виде самоподобных структур трудно поддаются эффективному математическому описанию.

В результате применения Фурье-анализа к таким временным рядам получается частотный спектр с множественным частотным составом. При внесении скрытой информации в младшие биты изменяется частотный спектр, но при

этом весьма сложно создать рациональный критерий оценки спектральных отличий, который возможно было бы использовать для большого многообразия аудиоданных.

Как правило, в аудио сигналах характеристики высокочастотных компонент меняются более быстро, чем низкочастотных. Поэтому для получения высокочастотной информации с хорошей точностью важно извлекать ее из относительно малых временных интервалов, а не из всего сигнала: и наоборот – низкочастотную спектральную информацию извлекать из относительно широких временных интервалов сигнала. Фурье-преобразование, даже в его модификациях типа «оконное Фурье-преобразование», плохо работает в таких ситуациях, в то время как вейвлет-преобразование автоматически обладает подвижным частотным окном, узким на малых масштабах и широким на больших. С этой точки зрения применение вейвлет-анализа представляется более предпочтительным [9]. Для математического анализа удобно использовать вейвлет-преобразование с базисом Хаара [7]. Но, в данном случае так же присутствуют недостатки в виду отсутствия явно выраженных периодических составляющих. Скейлограммы носят весьма сложный характер и не позволяют реализовать эффективный анализ.

На рис.3, приведены вейвлет-портреты для данных в младшем бите аудио файла с внедрением и без него. Скейлограмма построена на основе преобразования Хаара для младшего бита. На графиках видны различия между фрагментом без внедрения информации и фрагментом с внедренной информацией. Не смотря на видимые различия анализ подобных зависимостей с целью выявления закономерностей весьма затруднителен.

В данной статье, в качестве математической модели для описания закономерностей изменения характеристик в младшем бите аудиоданных, предлагается использовать методику анализа главных компонент, базирующуюся на алгоритме «Гусеница» (предложенного в теории динамических систем) [10,11]. Проведенное исследование показывает, что применение алгоритма «Гусеница» к временному ряду младших бит аудио сигнала является достаточно эффективным.

Для работы алгоритма выделяется фрагмент временного ряда аудио сигнала длиной L , состоящий из значений младшего бита аудиоданных. Далее алгоритм состоит из 4 основных шагов:

1. Развертка одномерного ряда в многомерный (строится матрица траекторий);
2. Анализ главных компонент (осуществляется спектральное разложение матрицы траекторий по сингулярным значениям);
3. Отбор главных компонент (осуществляется разложение сигнала на главные компоненты и сумму остаточных компонент, характеризующих шумовую составляющую сигнала);
4. Восстановление одномерного ряда.

Таким образом, в рамках предлагаемого подхода, выделенные компоненты на основе данного метода спектрального разложения являются базовой математической моделью.

Так на рис.4 и рис.5 приведены графики динамики изменения компонент спектрального разложения матрицы траекторий по сингулярным значениям. Анализ графиков младших компонент (рис.4) для фрагментов аудио сигнала с внедрением и без него (оба графика практически совпадают), приводит к выводу, что низкочастотные компоненты не являются чувствительными к внедрению информации.

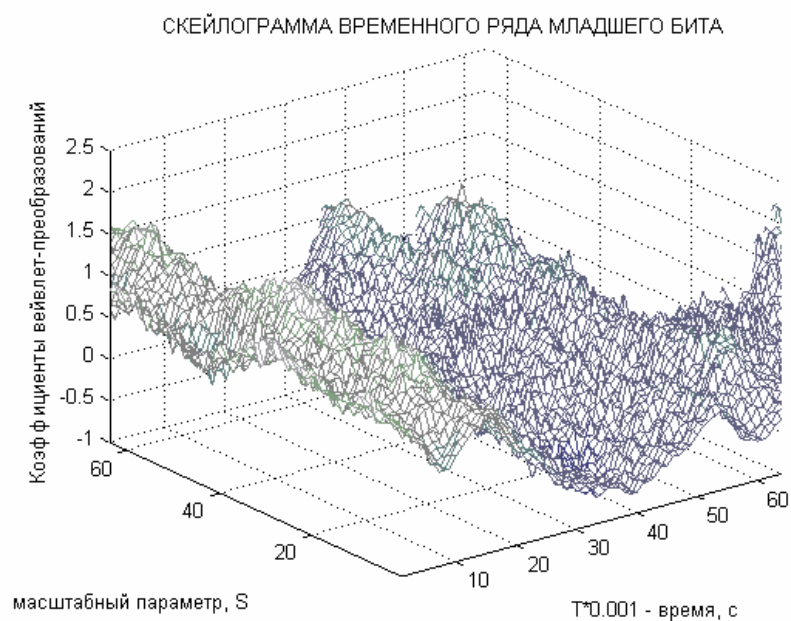
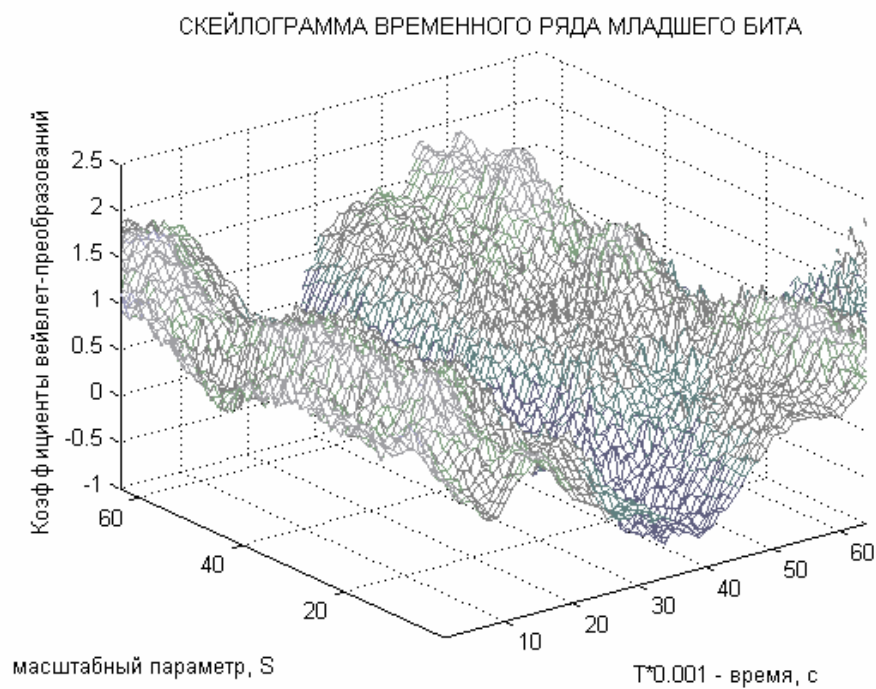


Рис.3. Фрагмент скейлограммы для временного ряда младшего бита аудио файла:
а - без внедрения; б - с внедрением

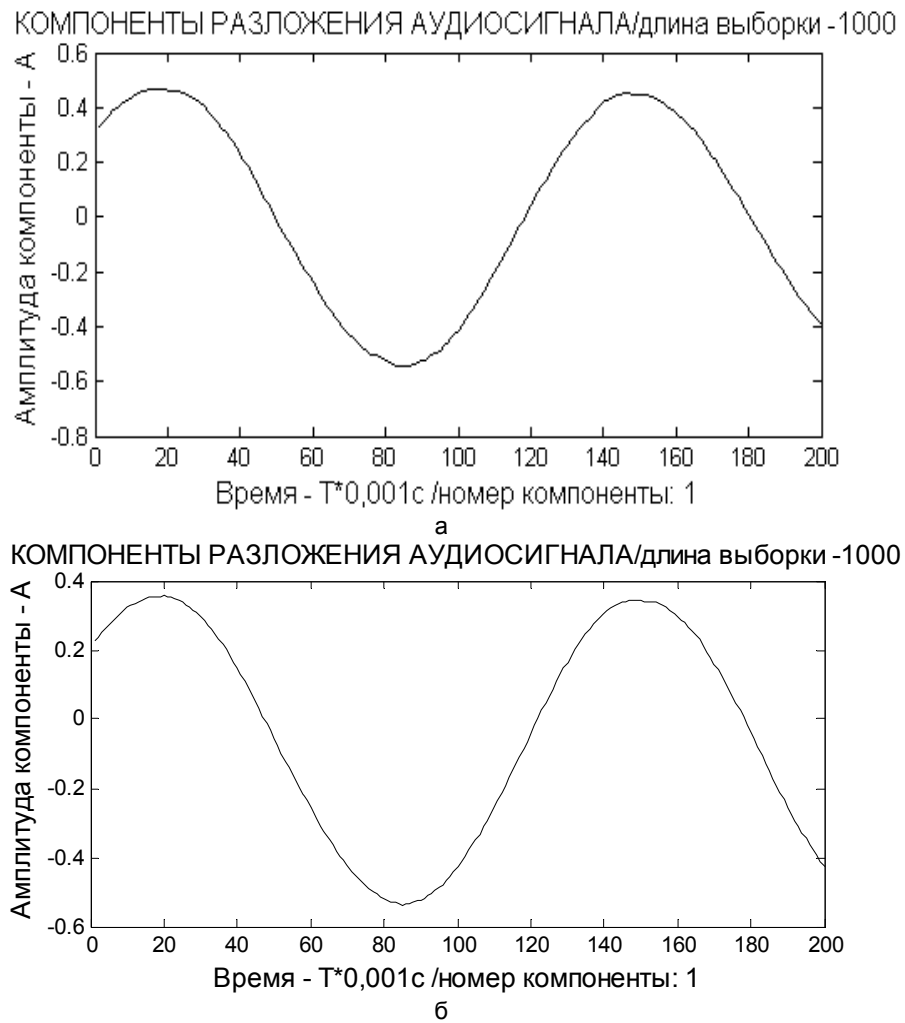


Рис.4. График динамики изменения 1-й главной компоненты спектрального разложения аудио файла: а - без внедрения б - с внедрением

График изменения высокочастотной компоненты фрагмента аудиосигнала без внедрения (рис.5 а) существенно отличается от графика той же компоненты для фрагмента аудиосигнала с внедрением. Подобные различия поведения высокочастотных компонент наблюдались во всех обработанных аудио сигналах с внедрением и без него. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о высокой чувствительности высокочастотных компонент сигнала к внедрению информации в младшие биты аудио файлов.

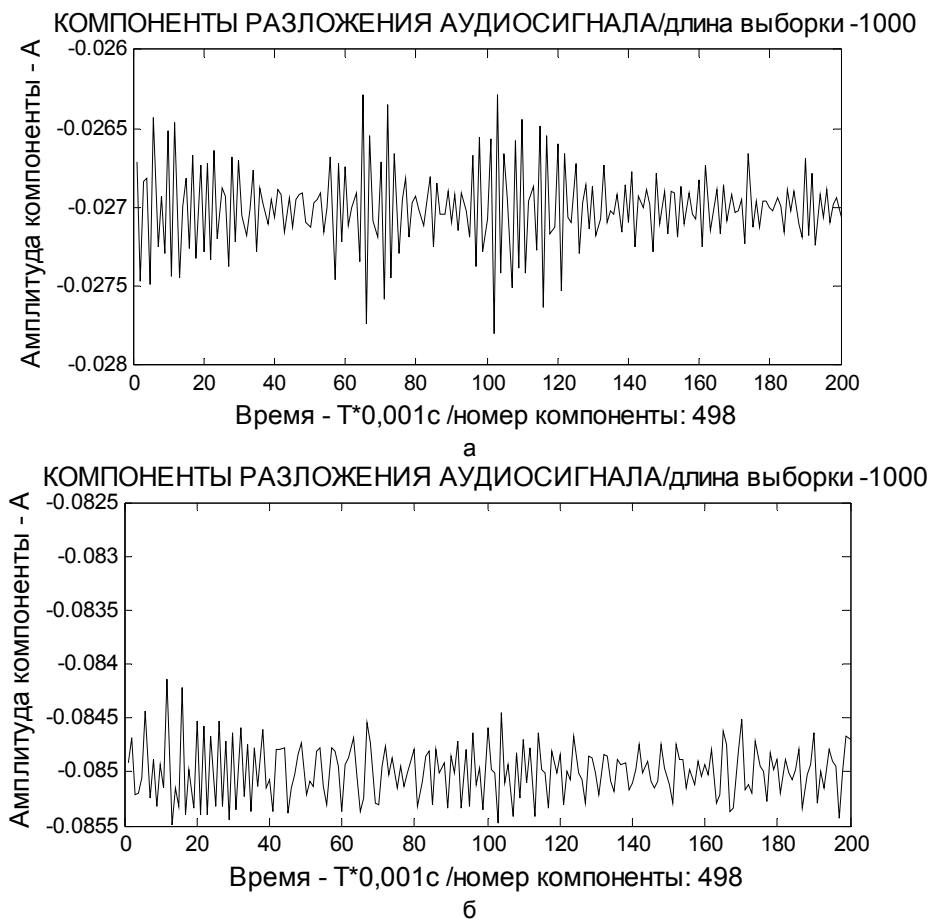


Рис. 5. График динамики изменения 498 компоненты спектрального разложения аудио файла: а - без внедрения б - с внедрением

Выводы

При спектральном разложении сигнала методом «Гусеница» в частотной области наблюдаются стойкие, достаточно периодические закономерности различного характера. Внесение в аудиоданные скрытой информации в младший бит, нарушает характер этих закономерностей.

На базе метода анализа главных компонент временных рядов была предложена математическая модель, которая позволяет построить целый ряд статистических критериев для выявления скрытой информации в аудио файлах.

Л и т е р а т у р а

1. Аграновский А.В., Девянин П.Н., Черемушкин А.В., Хади Р.А. Основы стеганографии: Учеб. пособие для вузов. Ростов-на-дону, 2003, 152 с.
2. Грибунин В.Г., Головачев В.Ю., Оков И.Н., Турищев И.В., Конжев А.В. Компьютерная стеганография. М. Солон-Р, 2002, 240 с.
3. Конахович Г.Ф., Пузыренко А.Ю. Компьютерная стеганография. "МК-Пресс", Киев, 2006, 283 с.
4. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. Москва-Санкт-Петербург-Киев, 2004, 989 с.

5. Соловьев В.И., Кочевская И.А. Определение наличия скрытой информации в аудио файлах. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, №5 (111). – Луганськ: Вид-во СХУ ім. Володимира Даля, 2007. – с.270.
6. Кочевская И.А. Использование методики анализа главных компонент для выявления скрытой информации в аудио файлах. Тезисы доклада. III Міжнародна науково-технічна конференція “Сучасні інформаційно-комунікаційні технології” /COMINFO’ 2007/ Крым, Ливадия 2007.
7. H. Ozer, B. Sankur, N. Memon, I. Avcıba. Detection of audio covert channels using statistical footprints of hidden messages. www.elsevier.com/locate/dsp, 2005.
8. H. Ozer, I. Avcıba, B. Sankur, N. Memon. Steganalysis of audio based on audio quality metrics, in: SPIE Electronic Imaging Conf. on Security and Watermarking of Multimedia Contents, vol. V. Santa Clara, January 20–24, 2003, pp. 55–66.
9. С. Мала. Вейвлеты в обработке сигналов, Москва, “Мир”, 2005, 671 с.
10. Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница» / Под. ред. Д.Л. Данилова, А.А. Жиглявского. Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 1997, 307 с.
11. Elsner J., Tsonis A. Singular Spectrum Analysis. A New Tool in Time Series Analysis. New York: Plenum Press, 1996. 163 p.

УДК 004.9

Лобов И.В.

МОНИТОРИНГ И УПРАВЛЕНИЕ ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЧЕЛОВЕКА

Рассмотрены вопросы текущего состояния мониторинга жизнедеятельности человека. Оценена возможность организации подобной системы с использования бытового аппаратного обеспечения.

В современных условиях постоянно нарастающей компьютеризации удивительным остается факт, что в системе человек-компьютер наибольшее внимание уделяется именно программно-аппаратной составляющей этой системы — человек обеспечивает корректное функционирование компьютера: выполняет настройку программного обеспечения, диагностику неполадок как в программном, так и в аппаратном обеспечении, выявление неисправностей и ремонт, следит за безопасностью, обеспечивает конфиденциальность и сохранность информации. И при использовании отдельного персонального компьютера, и в работе вычислительного центра крупной организации работа человека в основном сосредоточена именно на обслуживании этой системы. Для этой цели создано множество как программных, так и аппаратных средств. Тесты оперативной памяти (напр. MemTest) и жестких дисков (Powermax, SHDIAG, Victoria и т. п.), антивирусные программы и брандмауэры, системы резервного копирования и прочее в виде отдельных программных продуктов или в комплексных комплексном исполнении широко представлены на рынке программного обеспечения. Многие современные операционные системы уже имеют в своем составе разнообразный набор готовых к использованию подобных компонентов. Трудно представить себе современный персональный компьютер (ПК) не оборудованный встроенными средствами диагностики состояния различных подсистем. В качестве примера можно сказать, что даже самый дешевый из ныне имеющихся в продаже компьютеров оборудован как минимум двумя температурными датчиками (для измерения температуры материнской платы и процессора), но, ни в комплекте ни одного ПК нет датчика для измерения темпера-

туры человека (часто это бывает не менее необходимо). Учитывая современный масштаб производства компьютерных комплектующих наличие дополнительных компонент, направленных на взаимодействие с человеком не сильно отразилось бы на его стоимости.

Практически все современные производители программного обеспечения, прежде всего производители операционных систем (например: Микрософт), декларируют дружелюбность интерфейсов пользователя своих продуктов.

Действительно, пользовательские качества интерфейса пользователя постоянно понемногу улучшаются, но принципиальных изменений в интерфейсе нет с 70х годов XX века. В табл. 1 представлены некоторые вехи в разработке элементов интерфейса пользователя.

Т а б л и ц а 1

№ п./п.	Год появления	Название	Создатель
1.	1963	Компьютерная мышь	Дуглас Энгельбарт
2.	1973	Оконный графический интерфейс пользователя	Xerox PARC

В любом случае подобные улучшения направлены на облегчение человеку воздействия на компьютер, но никак не на облегчение ему жизни как таковой.

Опираясь на данные соцопросов можно сказать, что бытовое использование компьютеров для большинства непрофессиональных пользователей обычно складывается из просмотра фильмов, использования его в качестве игровой платформы, для интернет-серфинга, иногда для чтения книг, некоторых других задач. Суммируя сказанное выше можно сделать вывод, что домашний компьютер используется преимущественно в сфере развлечений, в образовании и как средство связи.

Таким образом, невостребованной остаётся область бытового применения, охватывающая обслуживание самого человека, заботу о нём. Действительно, использование компьютера для приготовления чая или чтобы измерить температуру тела уже не являются задачами неразрешимыми. Современный ПК обладает достаточным количеством необходимых интерфейсных элементов (табл. 2) и производительностью, чтобы подключить любое подобное оборудование, будь оно в наличии.

Т а б л и ц а 2

Технология	Число физических портов	Число контроллеров устройств	Число устройств на контроллер
RS-232	1 – 2	1	2
USB	8 – 10	1 – 3	127
IEEE 1394*	1 – 2	1	63

* - Опционально

Из таблицы 2 видно, что только одних штатных средств шины USB достаточно для создания на базе ПК управляющей вычислительной машины для системы мониторинга состояния человека и обеспечения условий комфортного проживания.

К сожалению, в настоящее время только энтузиасты пока создают периферийное оборудование подобной направленности.

Необходимо отметить, что к настоящему моменту уже многое сделано. Уже на практике реализуется концепция "цифрового дома". Но такие системы баснословно дороги, имеют штучную реализацию, требуют специфического аппаратного и программного обеспечения, и, прежде всего направлены на управление состоянием окружающего пространства по прямому приказу человека.

Доступных широкому кругу пользователей средств мониторинга жизнедеятельности человека для обеспечения его комфортного существования, в целом, и комфортной работы на компьютере в частности, позволяющих превратить любой ПК или другое подобное устройство (например КПК, смартфон и т.п.), пока не предусмотрено в составе ни одной операционной системы. В виде отдельных программных продуктов полноценных систем тоже не существует.

Безусловно, у этого правила есть некоторые исключения: в больницах, медицинских НИИ и других учреждениях подобной направленности применяется специальная компьютерная техника и программное обеспечение, но использование её, обычно, не выходит за рамки обработки каких-либо узкоспециальных показателей, и предназначены, прежде всего, для анализа специалистами, а не простыми гражданами.

Для обывателя покупка домой профессионального медицинского оборудования, например электрокардиографа, является задачей дорогой и трудновыполнимой, несмотря на то, что уже существуют даже портативные носимые аппараты, использующие флеш-память и интерфейс для связи с компьютером (холтеровские мониторы), но их использование в домашних условиях невозможно в виду необходимости наличия специалиста (врача-кардиолога) для интерпретация съема.

Более простое оборудование, такое как электронные тонометры или термометры уже набирает популярность, но их пока мало кто имеет и тем более носит постоянно при себе. Но и эти проблемы не являются непреодолимыми. Наличие массового производства подобного оборудования с его некоторым упрощением позволило бы снизить стоимость, а отсутствие рядом специалиста способно компенсировать наличие современных сетей передачи данных (в том числе беспроводных – например GSM) позволить передать информацию в больницу или поликлинику для анализа специалистом, или даже на КПК либо смартфон лечащего или семейного врача.

Рассматривая бытовое применение систем мониторинга состояния жизнедеятельности человека необходимо отметить, что проникновение в этот сегмент компьютерной техники (современных персональных компьютеров, КПК, смартфонов и даже современных мобильных телефонов) с её колоссальными возможностями по обработке информации позволит создать полноценную комплексную среду, способную следить за состоянием здоровья, психологическим состоянием человека, создать комфортные условия работы и жизни. Применение персонального компьютера позволит также проводить мониторинг не только физических и медицинских показателей, но и следить за психическим состоянием, выбирать нужную диету и формировать оптимальный ритм жизни.

Как же обеспечить пользователя средствами диагностики, мониторинга и регулирования здоровья не прибегая к дополнительным затратам? На помощь в этом случае должен прийти, прежде всего домашний ПК, а в случае его отсутствия или в дополнение сотовый телефон (последний хоть и не имеет огромных вычислительных возможностей, но имеет неоспоримое преимущество – мобильность, возможность выполнить простую обработку данных, а в случае не-

возможности полноценной обработки передать информацию для обработки в домашний компьютер или медицинское учреждение)

Как же должна выглядеть современная система мониторинга повседневной деятельности человека, способная обеспечить полноценное наблюдение?

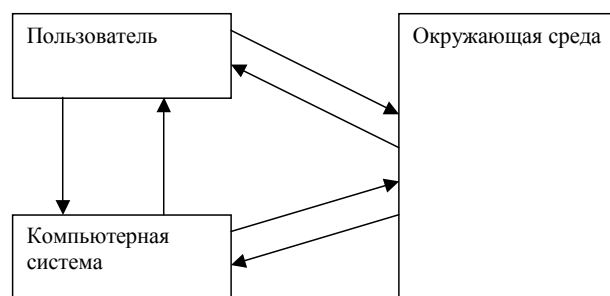


Рис. 1. Общая схема системы человек-компьютер

В представленной на рис. 1 общей схеме системы человек-компьютер будем понимать: под термином "пользователь" — субъекта использующего **персональную** компьютерную технику как для обеспечения своей жизнедеятельности, так и для выполнения профессиональной деятельности; "компьютерная система" — совокупность программных и аппаратных средств с помощью которых выполняется мониторинг жизнедеятельности человека и, с помощью которых возможно выполнение профессиональной деятельности; под понятием "окружающая среда" будем понимать совокупность внешних факторов и объектов (в том числе и компьютерных, не используемых в системе мониторинга) оказывающих влияние как на человека, так и на компьютерную систему, а также являющейся средой передачи воздействий между пользователем и компьютерной системой.

Подобная система должна быть многокомпонентной, включать в свой состав как программно-аппаратные, так и только программные модули. Предполагать возможность использования модулей как в произвольной комбинации, так и отдельно друг от друга. Представлять возможность расширения и масштабирования. Аппаратные модули должны позволять выполнять съём показателей, измерение которых недоступно стандартными периферийными средствами компьютера, а ручной ввод заранее измеренных показателей либо снижает точность или оперативность работы системы, либо нарушает ритм жизни человека, а также изменять состояние внешней среды.

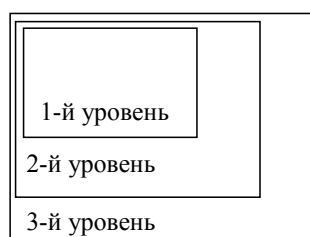


Рис. 2. Схема уровней системы мониторинга для комбинированного показателя
мобильность пользователя + стоимость

На рисунке 2 представлении схема уровней системы мониторинга. На ней видно, что в системе при классификации её компонентов по степени мобильности пользователя и стоимости можно условно выделить три уровня, каждый из которых включает в себя предыдущий как составную часть. На первом уровне находятся компоненты системы способные функционировать без привлечения каких-либо дополнительных аппаратных (компьютер без дополнительной периферии, смартфон, КПК, мобильный телефон 3-го поколения и т.п.) и программных (только установленное программное обеспечение) средств или сетевых комбинаций этих средств. Ко второму уровню следует отнести компоненты первого уровня, а также компоненты системы требующие для своей работы привлечения дополнительного (стандартного) аппаратного (например: видеокамеры, сканера и т.п.) или программного (покупных пакетов) обеспечения, или наличия компьютерной сети. Третий уровень системы помимо компонентов второго уровня должен включать дополнительные аппаратные компоненты (например: датчики и устройства ввода с них, устройства управления состоянием среды), а также дополнительные людские ресурсы. При этом компоненты более «старшего» уровня расширяют возможности компонентов более младшего за счет привлечения дополнительных возможностей, доступных на уровне.

Подобная схема позволит пользователю, развернув систему первого уровня, не включающую аппаратные компоненты, в случае необходимости нарастить её более дорогостоящими модулями.

УДК 330.115

Ludvig V. Guts, Anton V. Veligura

METHOD AND COMPRESSOR FOR INFORMATION MESSAGES WITH MIN. SURPLUS

In the paper the method and the algorithm of compression of the finite information messages are suggested. On the base of developed algorithm the coding/decoding program was worked out, which efficient was estimated

1. Present interest of data compression

A number of data compression techniques have been introduced to reduce the text/data storage and transmission costs. This paper describes the development of a data compression system that employs new based on Huffman method for generating variable-length codes. The classic defined-word scheme was developed over 50 years ago in Huffman's well-known paper on minimum-redundancy coding [1]. Huffman's algorithm provided the first solution to the problem of constructing minimum-redundancy codes. Many people believe that Huffman coding cannot be improved upon, that is, that it is guaranteed to achieve the best possible compression ratio. This is only true, however, under the constraints that each source message is mapped to a unique codeword and that the compressed text is the concatenation of the codewords for the source messages. An earlier algorithm, due independently to Shannon and Fano [2, 3], is not guaranteed to provide optimal codes, but approaches optimal behavior as the number of messages approaches infinity. The Huffman algorithm is also of importance because it has provided a foundation upon which other data compression techniques have built and a benchmark to which they may be compared.

2. Overview

Huffman's algorithm, expressed graphically, takes as input a list of nonnegative weights $\{w(1), \dots, w(n)\}$ and constructs a full binary tree [a binary tree is full if every node has either zero or two children] whose leaves are labeled with the weights. When the Huffman algorithm is used to construct a code, the weights represent the probabilities associated with the source letters. Initially there is a set of singleton trees, one for each weight in the list. At each step in the algorithm the trees corresponding to the two smallest weights, $w(i)$ and $w(j)$, are merged into a new tree whose weight is $w(i)+w(j)$ and whose root has two children which are the subtrees represented by $w(i)$ and $w(j)$. The weights $w(i)$ and $w(j)$ are removed from the list and $w(i)+w(j)$ is inserted into the list. This process continues until the weight list contains a single value. If, at any time, there is more than one way to choose a smallest pair of weights, any such pair may be chosen. In Huffman's paper, the process begins with a nonincreasing list of weights. This detail is not important to the correctness of the algorithm, but it does provide a more efficient implementation [1]. The Huffman algorithm is demonstrated in Figure 1.

w_1	.25	.25	.25	.33	.42	.58	1.0
w_2	.20	.20	.22	.25	.33	.42	
w_3	.15	.18	.20	.22	.25		
w_4	.12	.15	.18	.20			
w_5	.10	.12	.15				
w_6	.10	.10					
w_7	.08						

(a)

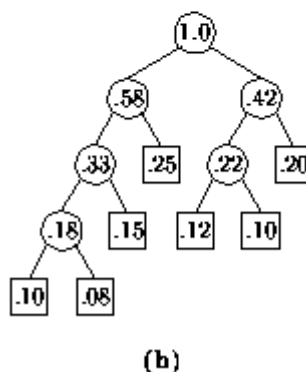


Figure 1. The Huffman process: (a) The list; (b) the tree

The Huffman algorithm determines the lengths of the codewords to be mapped to each of the source letters $a(i)$. There are many alternatives for specifying the actual digits; it is necessary only that the code have the prefix property. The usual assignment entails labeling the edge from each parent to its left child with the digit 0 and the edge to the right child with 1. The codeword for each source letter is the sequence of labels along the path from the root to the leaf node representing that letter. The codewords for the source of Figure 1, in order of decreasing probability, are $\{01, 11, 001, 100, 101, 000, 0001\}$. Clearly, this process yields a minimal prefix code. Fur-

ther, the algorithm is guaranteed to produce an optimal (minimum redundancy) code [1]. Gallager has proved an upper bound on the redundancy of a Huffman code of $p(n) + \lg [(2 \lg e)/e]$ which is approximately $p(n) + 0.086$, where $p(n)$ is the probability of the least likely source message [4]. In a recent paper, Capocelli et al. provide new bounds which are tighter than those of Gallager for some probability distributions [5]. 1986]. Figure 2 shows a distribution for which the Huffman code is optimal while the Shannon-Fano code is not. S-F Huffman

$a(1)$	0.35	00	1
$a(2)$	0.17	01	011
$a(3)$	0.17	10	010
$a(4)$	0.16	110	001
$a(5)$	0.15	111	000
Average codeword length		2.31	2.30

Figure 2. Comparison of Shannon-Fano and Huffman Codes

In addition to the fact that there are many ways of forming codewords of appropriate lengths, there are cases in which the Huffman algorithm does not uniquely determine these lengths due to the arbitrary choice among equal minimum weights. As an example, codes with codeword lengths of $\{1,2,3,4,4\}$ and of $\{2,2,2,3,3\}$ both yield the same average codeword length for a source with probabilities $\{.4, .2, .2, .1, .1\}$.

3. Method

For instance, message is a musical file in digital format (Figure 3).

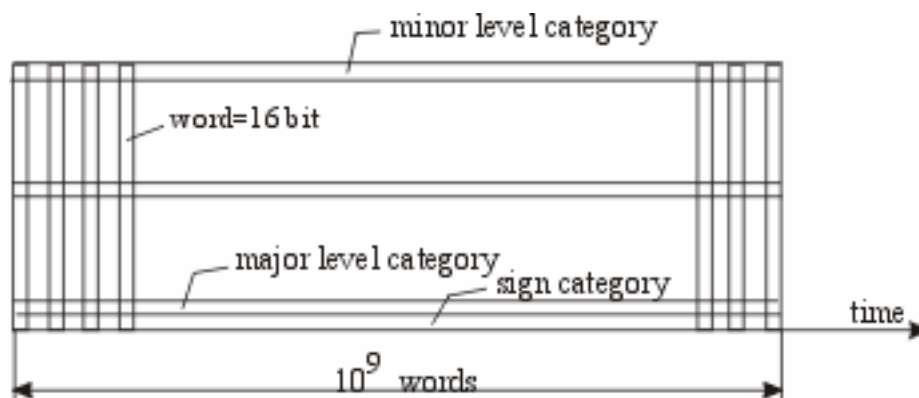


Figure 3. General size of the massive is $16 \cdot 10^9$ bit

Translation of message may be realized in two ways:

- "word by word" sequence $16 \cdot 10^9$ bit (common)
- "category by category" sequence $16 \cdot 10^9$ bit (below)

"Category" is a massive of sequences of 0 or (and) 1 with casual length from 1 to 10^9 . Sum of fragments of the 0 and 1 is equal to 10^9 .

Statistical characteristics every "category" may be examined, compressed (on method similar to method Huffman) before translation. Translation contains $16 \cdot$ (code

key + compressed "category"). Therefore we will get 16 files with different code keys and different length of "compressed "category".

Every file has start-stop marks.

Receiver of the message contains decoder of files and synthesizer of digital words.

4. Compressor

This compressor was realized on combine base of Huffman method for block-codes.

For instance: there is a file "major level category".

In general length is equal to 10^9 symbols of 0 or (and) 1:

0000111100(245*0)001100(835328)00.....1111111 or (for shorten): start mark 0(4, 4, 245, 2, 835328,, 7);

$4+4+245+2+835328+....+7=10^9$.

Length and places of numbers are accidental in common situation.

Compressor fulfills:

a) definition of the statistical distribution of files:

$P(1)=? P(2)=? P(3)=? P(4)=? P(5)=? P(6)=? P(7)=?$

$P(8 \leq L1 < 256)=? P(256 \leq L2 < 10^9)=?$

It may be (for instance):

$P(1)=0,02 P(2)=0,3 P(3)=0,35 P(4)=0,05 P(5)=0,008$

$P(6)=0,006 P(7)=0,002 P(L1)=0,263999 P(L2)=0,000001$

Next:

b) on base of this distribution and method of Huffman it determines opt. code (code key), (for instance):

$1 \rightarrow 1110; 2 \rightarrow 01; 3 \rightarrow 10; 4 \rightarrow 110; 5 \rightarrow 11110; 6 \rightarrow 111110; 7 \rightarrow 111111;$

$\text{block}(L1) \rightarrow 00; \text{block}(L2) \rightarrow 00000;$

It's a primitive prefix code.

c) Format of blocks:

$\text{block}(L1)$: (for instance) number 245 $\rightarrow 1(1110101)$

Here's (1110101) is a maintenance part, with 3 symbols of length 111 (that is 7). So, number 245 $\rightarrow 001111110101$. In common case: prefix code + regular digital code of length + irregular digital code of maintenance part of number: 001111110101. Or like that number 36 $\rightarrow 0010100100$.

Block (L2): prefix 00000 + regular code of length is 5 symbols + maintenance irregular digital code of number.

In general case file is irregular consequences without any "commas": code key + compressed file.

Another example:

a) compressor defines the statistical distribution of file:

$P(1)=0,00001; P(2)=0,000012; P(3)=0,000015; P(4)=0,000014$

$P(5)=0,000012; P(6)=0,000010; P(97)=0,000008;$

b) it's advisable to fix two blocks (L1) and (L2) with prefixes 0 and 1.

c) format of blocks:

$\text{block}(L1)$ ($1 \leq L1 < 8$) is a regular digital code:

$1 \rightarrow 001; 2 \rightarrow 010; 3 \rightarrow 011; 4 \rightarrow 100; 5 \rightarrow 101; 6 \rightarrow 110; 7 \rightarrow 111;$

$8 \rightarrow 000$; for it- prefix 0

For instance number 6; prefix 0 + 110, that is 0110 $\text{block}(L2)$ ($9 \leq L2 < 10^9$) prefix 1 + regular digital code length of number (5 symbols) + irregular digital code, that is a maintenance part of number.

For instance, number 245:

prefix 1 + regular digital code of length (5 symbols) 00111 + irregular digital code of the maintenance part of number 1110101, that is 1001111110101.

* * *

Method and compressor may be effective for digital TV messages with start massive $16 \cdot (10^{30})$ bit.

References

1. Huffman, D. A. 1952. A Method for the Construction of Minimum-Redundancy Codes. Proc. IRE 40, 9 (Sept.), 1098-1101.
2. Shannon, C. E., and Weaver, W. 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana, Ill.
3. Fano, R. M. 1949. Transmission of Information. M.-I.-T. Press, Cambridge, Mass.
4. Gallager, R. G. 1978. Variations on a Theme by Huffman. IEEE Trans. Inform. Theory 24, 6 (Nov.), 668-674.
5. Capocelli, R. M., Giancarlo, R., and Taneja, I. J. 1986. Bounds on the Redundancy of Huffman Codes. IEEE Trans. Infor. Theory 32, 6 (Nov.), 854-857.

УДК 53.082.52

Мельков С.М.

ФОРМИРОВАТЕЛЬ СТАРТОВЫХ И СТОПОВЫХ СИГНАЛОВ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ДАЛЬНОСТИ ЛАЗЕРНЫХ ЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ

Описан формирователь наносекундных импульсов, который может использоваться в лазерно-локационных станциях для получения сигналов „старт” и „стоп” субнаносекундных измерителей временных интервалов при измерениях дальности объектов. Рис. 4, Ист. 2.

В лазерной локации установлены жёсткие требования при регистрации временных интервалов между посылаемыми к объекту измерений и принимаемыми от него когерентными оптическими импульсами. Используемые в лазерных локационных станциях (ЛЛС) измерители временных интервалов (ИВИ) оперируют со стартовыми и стоповыми сигналами, имеющими длительности до нескольких десятков наносекунд и длительности фронтов не более единиц наносекунд. Фотодатчики лазерных импульсов передатчика и фотоприёмники ЛЛС не обеспечивают указанных параметров. Поэтому между данными устройствами и ИВИ необходимо подключение дополнительных устройств для обострения фронтов наносекундных импульсов. Типовое включение быстродействующих ЭСЛ-компараторов непосредственно после фотодатчиков и фотоприёмников не позволяет достичь требуемых результатов.

ЛЛС космического назначения, структурные схемы которых соответствуют рис. 1, обязательно содержат формирователи наносекундных импульсов каналов "старт" и "стоп". Электрические сигналы фотодатчиков лазерного излучения передатчиков и одноэлектронные импульсы, поступающие от фотоприёмников, имеют довольно пологие фронты. Данное обстоятельство вносит неопределённость в измерения длительностей временных интервалов при определении дальности лоцируемого космического объекта (КО), обычно – искусственно-

го спутника Земли. Длительности указанных фронтов необходимо предельно сокращать для повышения точности измерений дальности КО.

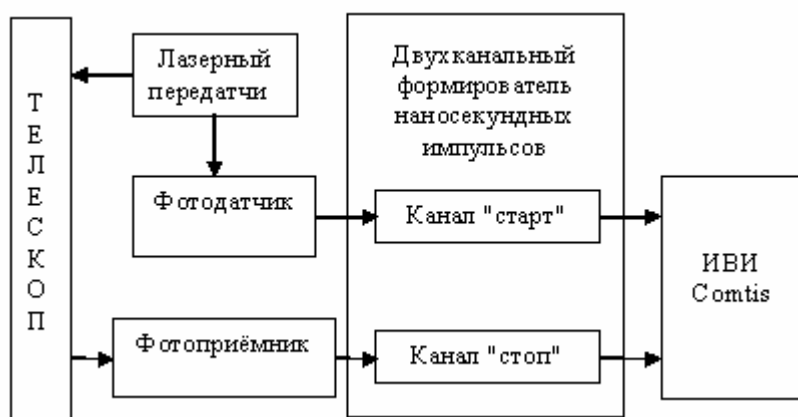


Рис. 1. Структурная схема ЛЛС

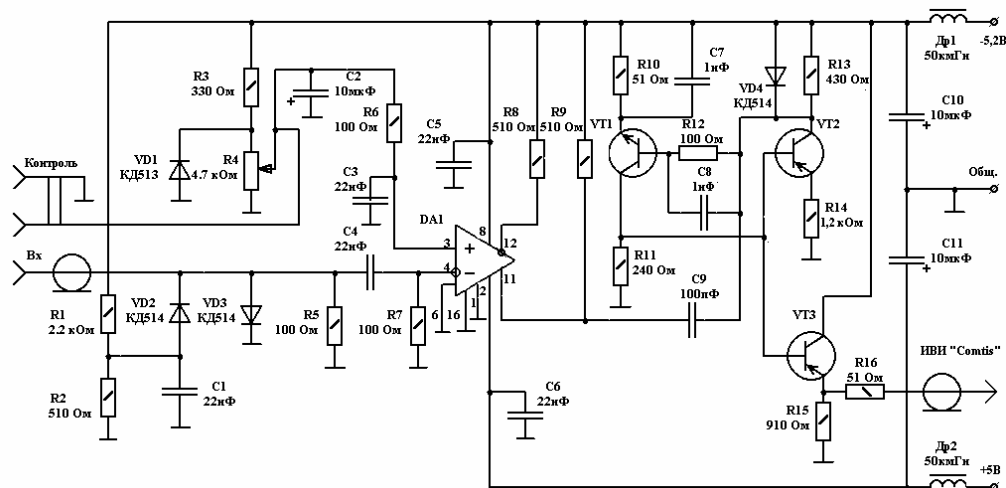


Рис. 2. Принципиальная схема формирователя. DA1 – KP597CA1, VT1 – ГТ383Б-2, VT2 и VT3 – 2Т658А-2

В работе предложен формирователь наносекундных импульсов для каналов „старт” и „стоп” ИВИ "Comtis". "Comtis" разработан Институтом электроники Латвийской академии наук специально для лазерной локации и входит в состав ЛЛС астрономических обсерваторий ВУЗов Украины.

В формирователе осуществлена временная привязка по фронту импульса [1], так как амплитуду и фронт сигнала фотодатчика можно считать постоянными при стабильных параметрах лазера. А длительность фронта одноэлектронного импульса на выходе фотоприёмника существенно укорочена за счёт применения специальных технических решений [2].

Принципиальная схема формирователя показана на рисунке 2. Он состоит из быстродействующего компаратора DA1 с дополнительными входными элементами, имеющего задержку срабатывания 6,5 нс, ждущего мультивибратора на транзисторах VT1 и VT2, а также эмиттерного повторителя на транзисторе VT3.

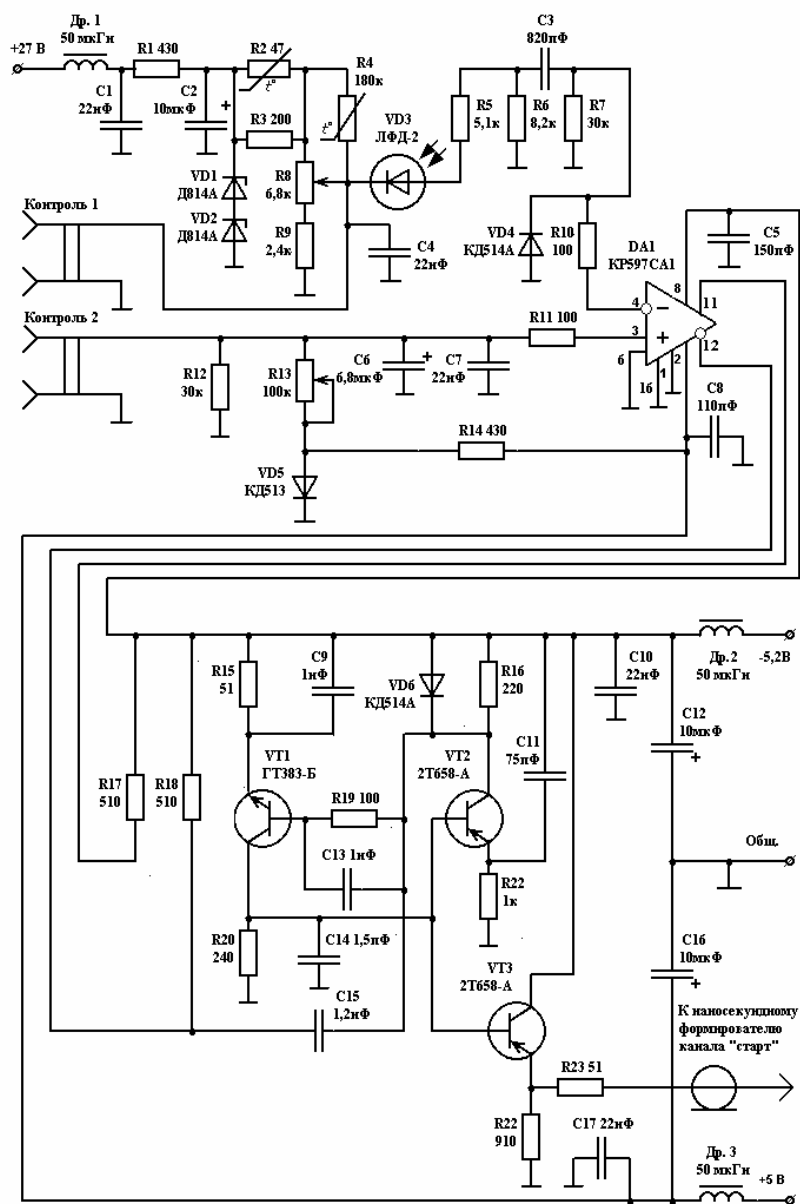


Рис. 3. Принципиальная схема фотодатчика

На инвертирующий вход 4 компаратора DA1 через переходной конденсатор C4 подаются импульсные сигналы от фотодатчика лазера или фотоприёмника, обычно – фотоэлектронного умножителя (ФЭУ). Диоды VD2 и VD3 – защитные. Резисторы R5 и R7 служат для согласования DA1 с кабелем. Порог срабатывания компаратора по напряжению устанавливается резистором R4. Диод VD1 – источник опорного напряжения с высокой термостабильностью.

На вход мультивибратора через переходной конденсатор C9 поступает "ЭСЛ-единица" с выхода DA1. В результате дифференцирования цепью C9, R13 положительный пик сигнала запускает мультивибратор. Диод VD4 защищает транзистор VT2 от отрицательного пика. Эмиттерный повторитель на VT3 предусмотрен для согласования формирователя с кабелем.

Формирователь имеет следующие характеристики: длительность выходного импульса по полувысоте – 10 нс; длительность фронта выходного импульса – не более 1 нс; полярность выходного импульса – отрицательная при амплитуде 1,5 В на нагрузке 50 Ом; пределы установки порогового напряжения – 10...700 мВ; входное сопротивление 50 Ом; время восстановления до прихода следующего импульса – 10 нс.

В качестве источника входного сигнала формирователя для канала "старт", был разработан фотодатчик, принципиальная схема которого показана на рис. 3. В качестве фотоприёмника используется лавинный фотодиод ЛФД-2, который включен по схеме термостабилизации в соответствии с паспортными требованиями. Резистором R8 устанавливается напряжение, соответствующее лавинному пробое. Электрический импульс от фотоприёмника VD3 через переходной конденсатор C3 подаётся на компаратор DA1, который является предварительным усилителем. Для повышения помехоустойчивости к фоновым засветкам введен порог по входному напряжению, который устанавливается резистором R9.

Мультивибратор на транзисторах VT1 и VT2 служит для получения выходного импульса с параметрами, удовлетворяющими требованиям к входному сигналу описанного выше формирователя.



Рис. 4. Внешний вид двухканального формирователя наносекундных импульсов с измерителем уровня порогового напряжения

Конструктивно два однотипных формирователя каналов "старт" и "стоп" объединены в одном корпусе и показаны на рис.4. Дополнительно введён измеритель уровня порогового напряжения по обоим каналам с входным сопротивлением порядка 1 МОм.

Формирователь используется на ЛЛС Алчевской астрономической обсерватории, что позволило оптимально согласовать ИВИ "Comtis" с фотодатчиком лазера и ФЭУ.

Л и т е р а т у р а

1. Мелешко Е.А. Наносекундная электроника в экспериментальной физике. М.: Энергоатомиздат. – 1987. – 216 с.
2. Денищик Ю.С., Эссельбах В.С. Улучшение временных и эксплуатационных характеристик оптических приёмников с фотоэлектронными умножителями // Приборы и техника эксперимента. – 1989. – № 2. – С. 174-178.

УДК 621.3.016.352

Мельник П.В. , Ключев А.А.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОВЕРКИ СИСТЕМЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ

Выполнен анализ надежности системы, основанный на динамике ее эксплуатации, который позволяет прогнозировать ближайшее будущее системы исходя из её траектории в фазовом пространстве.

Ключевым понятием теории управления является устойчивость объекта в смысле предсказуемости поведения в определенный момент времени под воздействием внешней среды, внутренних изменений и управления.

В простейшем случае понятие устойчивости системы связано со способностью ее возвращаться (с определенной точностью) в состояние равновесия после исчезновения внешних сил, которые вывели ее из этого состояния. Если система неустойчива, то она не возвращается в состояние равновесия, из которого ее вывели, а либо удаляется от него, либо совершает вокруг него недопустимо большие колебания.

При анализе системы первым этапом является проверка ее на устойчивость. Рассмотрим линеаризованную систему дифференциальных уравнений

$$\frac{dx_i}{dt} = a_{i1}x_1 + \dots + a_{in}x_n + X_i, \quad i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

где a_{ij} – постоянные коэффициенты;

X_i – нелинейные части рядов Тейлора, которые начинаются с членов не ниже второго порядка.

По теореме Ляпунова, если вещественные части α_i всех корней s_v характеристического уравнения, составленного для уравнений первого приближения

$$\frac{dx_i}{dt} = a_{i1}x_1 + \dots + a_{in}x_n, \quad i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

отрицательны, то исходная система асимптотически устойчива независимо от вида членов X_i .

Таким образом, при исследовании устойчивости системы, необходимо составить характеристическое уравнение для системы (2). Для этого строится определитель

$$\begin{vmatrix} a_{11} - s & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} - s & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} - s \end{vmatrix} = 0.$$

При разложении определителя по строке или столбцу и приведении подобных слагаемых, получим характеристическое уравнение вида

$$b_0 s^n + b_1 s^{n-1} + \dots + b_{n-1} s + b_n = 0, \quad (3)$$

где b_i – постоянные коэффициенты.

Далее с помощью критерия Рауса определим отрицательность всех вещественных частей корней уравнения (3).

Для того чтобы все корни полинома (3) были левыми (с отрицательными вещественными частями), необходимо и достаточно, чтобы выполнялись условия

$$\begin{aligned} b_1 > 0; c_{11} = b_2 - \frac{b_0}{b_1} b_3 > 0, c_{21} = b_3 - \frac{b_1}{c_{11}} c_{12} > 0, \\ c_{31} = c_{12} - \frac{c_{11}}{c_{21}} c_{22} > 0, \dots, c_{n-1,1} = b_n > 0 \end{aligned} \quad (4)$$

где

$$c_{ik} = c_{i-2,k+1} - \frac{c_{i-2,1}}{c_{i-1,1}} c_{i-1,k+1} = \begin{vmatrix} c_{i-2,k+1} & r_i \\ c_{i-1,k+1} & 1 \end{vmatrix}, \quad r_1 = \frac{b_0}{b_1}; \quad r_2 = \frac{b_1}{c_{11}}; \quad r_i = \frac{c_{i-2,1}}{c_{i-1,1}},$$

$i = 1, \dots, n-1$; $k = 1, \dots, \frac{n}{2} + 1$ при нечетном n ; $k = 1, \dots, \frac{n+1}{2}$ при четном n . [1]

Если все выполняются все условия критерия Рауса, то исходная система дифференциальных уравнений устойчива по теореме Ляпунова.

Возможен другой путь исследования знака вещественных корней уравнения (3) при помощи правила Декарта. Для этого составим последовательность знаков коэффициентов уравнения (3). Согласно правилу Декарта число положительных корней уравнения (3) не больше перемен знаков в ряду коэффициентов многочлена и может отличаться от него на четное число. При замене x на $-x$ корни уравнения меняют знаки, значит с помощью правила Декарта можно оценить число отрицательных корней. Для этого в уравнении (3) произведем замену s на $-s$ и посчитаем перемены знаков в ряде коэффициентов уравнения. Если есть хотя бы одна переменная, то существует отрицательный корень характеристического уравнения, значит по теореме Ляпунова исходная система (2) неустойчива. Если перемен знака нет, то система устойчива.

Объекты, не обладающие устойчивостью в смысле предсказуемости, в принципе не поддаются управлению и не могут быть введены в режим самоуправления потому, что поведение их под воздействием внешней среды, предполагаемых или располагаемых средств управления и внутренних изменений носит непредсказуемый заранее характер.

Поэтому при исследовании системы на устойчивость, необходимым этапом анализа поведения системы является проверка ее на управляемость.

Рассмотрим непрерывную динамическую систему в фазовом пространстве. Пусть уравнение движения имеет вид

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x_1, \dots, x_n), \quad i = 1, \dots, n, \quad (5)$$

где f_i – непрерывные функции, которые имеют все частные производные до n -го порядка.

Координаты точки в фазовом пространстве представляют собой фазы движения. В некоторый момент времени t_k в пространстве состояний существует точка $\{x_i(t_k)\}$, которая является решением заданной системы.

В другой момент времени t_m система будет иметь решение $\{x_i(t_m)\}$. Если возможно построение фазовой траектории перевода системы из состояния $\{x_i(t_k)\}$ в состояние $\{x_i(t_m)\}$ при помощи управляющего воздействия, то такая система называется управляемой.

Математическая модель системы часто представляет собой нелинейное дифференциальное уравнение или систему нелинейных уравнений. Исследование такой системы на устойчивость и управляемость сильно затрудняется. Поэтому целесообразно построение приближенной линейной модели, то есть линеаризация исходных уравнений, если таковая возможна.

Рассмотрим стационарную систему линеаризованных дифференциальных уравнений:

$$\frac{dx}{dt} = Ax + Bu, \quad (6)$$

где A, B – матрицы постоянных коэффициентов порядка n ;

x – вектор переменных состояния;

u – вектор управляющих воздействий.

Составим матрицу $N = (A, AB, \dots, A^{n-1}B)$. Порядок такой матрицы будет $n \times mn$.

Система (2) вполне управляема тогда и только тогда, когда ранг матрицы N равен n -порядку системы.

В случае нестационарной системы, когда коэффициенты матриц A, B зависят от t , построим матрицы следующим образом:

$$D_1(t) = B(t), D_2(t) = A(t)D_1(t) - \frac{dD_1(t)}{dt}, \dots, D_k(t) = A(t)D_{k-1}(t) - \frac{dD_{k-1}(t)}{dt}, \quad (k = 2, \dots, n).$$

Пусть существует точка $\hat{t}$, в окрестности которой матрицы $A(t)$ и $B(t)$ имеют $(n-1)$ производную.

Если в точке $\hat{t}$ ранг матрицы $N(t) = (D_1(t), \dots, D_n(t))$ равен n , тогда система вполне управляема на $[t_0, t_1]$. [1]

Таким образом, можно построить алгоритм проверки системы на управляемость:

- 1) если система нелинейная, то производим ее линеаризацию;
- 2) определяем стационарность системы (2);
- 3) если система стационарна, то составляем матрицу $N = (A, AB, \dots, A^{n-1}B)$, если нестационарная, то составляем матрицу

$$N(t) = (D_1(t), \dots, D_n(t)) \quad , \quad \text{где} \quad D_1(t) = B(t), \quad D_2(t) = A(t)D_1(t) - \frac{dD_1(t)}{dt} \quad ,$$

$$D_k(t) = A(t)D_{k-1}(t) - \frac{dD_{k-1}(t)}{dt} \quad , \quad (k = 2, \dots, n) \quad .$$

4) определяем ранг матрицы N

5) если ранг матрицы равен порядку системы n , то она управляема, в противном случае – неуправляема.

Анализ надежности системы, основанный на динамике ее эксплуатации позволяет не только определить текущее состояние системы, но также позволяет прогнозировать ближайшее будущее системы исходя из ее траектории в фазовом пространстве. В этом смысле основной вопрос: возможно ли перевести систему из данного произвольного состояния в момент времени в другое заданное положение за требуемый промежуток времени. Это соответствует ответу на вопрос: является ли система в принципе управляемой. Таким образом, дальнейшее использование системы возможно только после проверки системы на устойчивость и управляемость. Поэтому актуальность разработки алгоритмов, аналогичных предложенному, и их внедрение в действующие динамические системы, не вызывает сомнений.

Л и т е р а т у р а

1. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления: Автоматическое регулирование непрерывных линейных систем. – М.: Энергия, 1980 г. – 312с.
2. Бойчук Л.М. Синтез координирующих систем автоматического управления. – М: Энергоатомиздат, 1991 г. – 160 с.

УДК 519.7, 551.510

С.А. Митрохин

ВЫБОР МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТЕПЕНИ ПОДТОПЛЕННОСТИ ТЕРРИТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННО-ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

Осуществлен анализ и систематизация существующих аналитических методов оценки и прогнозирования элементов режима грунтовых вод в пределах территорий промышленно-городских агломераций (ПГА). Ист. 9.

В настоящее время для большинства промышленно-городских агломераций (ПГА) Украины все более характерным становится повышение степени антропогенного воздействия на геологическую среду, и, как следствие, интенсификация опасных природных явлений и широкое развитие так называемых природно-техногенных процессов. Одним из наиболее распространенных природно-техногенных процессов, наносящих значительный ущерб, является подтопление территорий. Развитие процесса подтопления выражается в подъеме уровня грунтовых вод к поверхности земли, что приводит к сильному увлажнению грунтов, заболачиванию, затоплению подвальных и технических помещений. Подтопление территорий вызывает активизацию оползней, просадок, провалов и набухания грунтов, усиливает коррозионные процессы в подземных конструкциях, что в свою очередь приводит к преждевременным деформациям

и выходу из строя сооружений и подземных коммуникаций, ухудшению экологической обстановки до уровня, при котором условия существования и проживания людей становятся неблагоприятными или невозможными.

Таким образом, на сегодняшний день все более актуальной становится задача управления процессом опасного подъема уровня грунтовых вод в пределах промышленно-городских агломераций. Как показывает опыт, эффективность управленческих решений по выбору мероприятий, снижающих интенсивность возможного развития процесса подтопления, значительным образом зависит от достоверности оценки характера и степени подтопленности анализируемых территорий.

Ключевым моментом при оценке степени подтопленности территорий и классификации территорий ПГА по степени активности неблагоприятных экзогенных процессов является оценка и прогнозирование уровня грунтовых вод.

Методы прогноза уровня грунтовых вод можно разделить на три группы: гидрогеологических аналогий, водно-балансовые и гидродинамические.

Методы гидрогеологических аналогий (статистические) основаны на использовании результатов длительных (желательно не менее 10 лет) наблюдений за режимом грунтовых вод на давно эксплуатируемых объектах [1, 5-9]. Методика расчета рассмотрена в работах [5, 6, 9] и заключается в выявлении водохозяйственных гидрогеологических условий и геологического строения таких объектов и в подборе объектов, аналогичных им по природно-хозяйственным особенностям. При наличии указанной аналогии можно сделать приближенный количественный прогноз изменений уровня грунтовых вод на вновь строящихся или уже построенных объектах. Наиболее точные прогнозы получаются в результате разработки и применения критериев подобия, теоретические и практические основы получения которых применительно к задачам инженерной геологии изложены в трудах Л. Б. Розовского (Одесский госуниверситет) [6]. Используются два метода аналогий:

1. Метод, основанный на анализе графиков колебания уровня грунтовых вод. С его помощью устанавливаются математические зависимости между изменениями уровня и ритмическими изменениями источника их питания при стабильном влиянии других режимообразующих факторов. Используется главным образом в зоне влияния поверхностных водотоков и водоемов.

2. Метод, основанный на установлении корреляционных связей между режимом грунтовых вод и одним или несколькими режимообразующими факторами (давлением воздуха, осадками, величинами утечек, глубиной залегания грунтовых вод и др.). С помощью этих связей выполняются краткосрочные и долгосрочные прогнозы.

В воднобалансовых методах учитывается неустановившаяся фильтрация. Поэтому они дают тем более точный результат, чем меньше горизонтальный обмен водоносного горизонта, обмен через раздельный слой и время прогноза. Если территория исследований неоднородна по интенсивности питания и водообмена грунтовых вод, она разбивается на участки с близкими условиями и баланс рассчитывается для каждого участка. Методика составления прогнозного баланса рассматривается в работах [1, 2, 6].

Гидродинамические методы основываются на использовании математических зависимостей, полученных при решении дифференциальных уравнений. Эти методы учитывают баланс грунтовых вод в более строгой форме, чем балансовые. Они более точны и с их помощью можно полнее учесть сложную природную обстановку. Имеют достаточно простые решения и широко используются на практике. По способу решения уравнений фильтрации они подразделяются на следующие виды:

1. Аналитические методы. Основаны на использовании аналитических формул, полученных в результате решения дифференциальных уравнений фильтрации. Существующие аналитические решения обеспечивают достаточную для практики точность прогнозов в основном только при постоянной проводимости водовмещающих пород, т. е. для водоносных горизонтов большой мощности, имеющих незначительные колебания уровня. При сложных гидрогеологических условиях эти методы не приемлемы.

2. Численные методы. Основаны на применении конечно-разностных уравнений фильтрации. Неустановившаяся фильтрация исследуется путем решения алгебраических уравнений, описывающих процессы в конечных интервалах по времени и пространственным координатам. Принципиально пригодны для расчета фильтрации в любых сложных гидрогеологических условиях, но ими в основном пользуются для однородных по фильтрационным свойствам пластов или пластов, у которых фильтрационные свойства изменяются только по площади. Правда, при этом можно учесть изменение по площади и во времени питания грунтовых вод, сложную конфигурацию области фильтрации, наличие дренажных сооружений, чего не удается сделать с помощью аналитических методов.

3. Методы моделирования. Основаны на замене дифференциальных уравнений фильтрации конечно-разностными, которые решаются на моделирующих устройствах разных типов. На моделях могут быть выполнены прогнозы подъема уровня грунтовых вод, расчеты горизонтального и вертикального дренажа для одномерных, двухмерных и трехмерных неустановившихся фильтрационных течений. При этом достаточно точно и надежно для практических целей учитываются реальные природные и водохозяйственные условия объекта.

Для проведения всесторонне взвешенного и достаточно полного исследования проблемы оценки и прогнозирования подъема уровня грунтовых вод и связанных с процессом подтопления опасных геологических и экологических процессов привлекаются современные методы прогнозов [3, 4].

В основу классификации существующих прогнозов элементов режима подземных вод могут быть положены следующие признаки.

1. Целевое назначение (задачи) прогнозов.
2. Прогнозируемые положения уровня и других элементов режима подземных вод.
3. Заблаговременность прогнозов.
4. Методы прогнозов.

Систематизируем имеющиеся материалы в соответствии с перечисленными признаками.

В настоящее время известно большое число методов прогноза режима подземных вод, в основном уровня. Большинство из них разработано для решения конкретных задач, имеет различную теоретическую основу, точность и достоверность.

Наиболее распространен прогноз уровня подземных вод, поэтому в дальнейшем изложении будем касаться в основном прогноза этого элемента режима подземных вод. Прогноз режима уровня подземных вод может рассчитываться:

- а) с учетом установления функциональной зависимости между изменениями уровня подземных вод и расчетными параметрами;
- б) при корреляционной зависимости.

В первом случае используют различные формулы гидродинамики. Точность и достоверность такого прогноза целиком зависят от правомерности выбора параметров, используемых в расчете.

Во втором случае устанавливают корреляционные зависимости между предшествующими и последующими уровнями в одном пункте, с уровнями и режимобразующими факторами или, наконец, между уровнями в других пунктах. При установлении корреляционных зависимостей решающую роль для точности и достоверности прогноза играет длительность предшествующих наблюдений, т. е. длина ряда наблюдений за режимом подземных вод и режимобразующими факторами.

Аналитические решения в большей степени используются при прогнозах нарушенного режима, когда фактор, изменяющий нарушенный режим, несоизмеримо велик по силе воздействия, чем факторы, определяющие естественный режим. Основанные на аналитических решениях дифференциальных уравнений, получили весьма широкое применение. Аналитические методы прогноза получены пока для условий, когда инфильтрация или отсутствует, или постоянна во времени.

Аналитические методы в некоторых случаях сводятся к построению ломаного (с разной скоростью) графика, а подъем уровня грунтовых вод в скважине определяется по выражению

$$\Delta H = \sum_{i=0}^{n-1} (v - v_i)(t - t_i) F_v(x, t - t_i),$$

где ΔH — прогнозное изменение уровня грунтовых вод; v_i — скорость изменения уровня на i -й ступеньке; $F_v(x, t)$ — функции, значения которых для различных расчетных схем приводятся в специальных таблицах и графиках.

Та же функциональная зависимость лежит в основе аналогового моделирования. Поэтому наиболее рациональным является применение аналитических методов прогноза с использованием моделирования. На модели воспроизводится более детальная картина фильтрационного потока, где учитываются все граничные условия изучаемого участка территории и плановая фильтрационная неоднородность строения водовмещающей толщи пород.

Методы конечных разностей позволяют производить прогноз по следующей расчетной формуле:

$$H_{n,s+2} = H_{n,s} + \frac{4a\Delta t}{(\Delta x)^2} \left(\frac{\sum_1^4 H_{i,s+1}}{4} - H_{n,s+1} \right) + \frac{W}{\mu} \Delta t$$

где $H_{n,s+2}$ — прогнозный уровень зеркала грунтовых вод в средней точке или скважине элемента потока на последующий момент времени $t + \Delta t$, обозначаемый индексом $s + 2$; $H_{n,s}$ — уровень грунтовых вод в той же точке или скважине в предшествующий момент времени t , обозначаемый индексом s ; $H_{i,s+1}$ — уровень грунтовых вод в боковой скважине i на средний $s + 1$ момент времени, отличающийся от предшествующего или последующего моментов на $\Delta t / 2$; $H_{n,s+1}$ — уровень грунтовых вод в средней точке n на средний $s + 1$ момент времени; a — коэффициент уводнепроводности; Δt — промежуток времени; μ — недостаток насыщения; Δx — расстояние между сечениями потока; W — интенсивность информации.

Численные методы могут быть использованы для решения задач любой сложности. К сожалению, однако, они до настоящего времени не нашли широкого применения вследствие трудности разработки программ для расчетов неустановившейся фильтрации.

Прогноз естественного режима подземных вод с использованием корреляционных зависимостей может составляться различными способами:

- а) на основе многолетних закономерностей изменений режимобразующих факторов (прогноз по режимобразующим факторам);
- б) на основе анализа развития процесса формирования режима подземных вод в прошедшее время;
- в) на основе корреляции режима в различных пунктах с аналогичными условиями.

Прогноз режима подземных вод может производиться методом гидрогеологической аналогии. Он основан на аналогии гидрогеологических условий, при которых создаются аналогичные изменения в режиме подземных вод, или аналогии режима подземных вод, с другими природными процессами. При этом следует выделять три различные группы прогноза режима подземных вод, основанные на:

- а) аналогии, наблюдаемой в колебаниях уровня, в прошедшее время. Прогноз составляется на основе сравнения с предшествующим периодом (например, по темпу спада, водности года) и экстраполяции на период заблаговременности;
- б) аналогии режима подземных вод, наблюдаемой в пространстве и позволяющей распространять прогноз, данный для одной или группы точек, на площадь с идентичными гидрогеологическими условиями;
- в) аналогии режима подземных вод с другими природными процессами, для которых составляется прогноз.

Наконец, прогноз режима подземных вод представляется возможным составлять на основе изучения баланса подземных вод. При этом прогноз составляется на основе или экспериментального определения отдельных элементов баланса подземных вод, или водного баланса в целом.

Используя балансовое уравнение, можно дать прогноз одной из его составляющих на какой-то промежуток времени Δt внутри года, например прогноз изменения запасов грунтовых вод $\mu \cdot \Delta H$, приток Q_1 и отток Q_2 грунтовых вод к балансовому участку.

Как пример, прогнозы изменения запасов грунтовых вод для одномерного потока можно составить, решив уравнение

$$\mu \Delta H = w \Delta t + \frac{(Q_1 - Q_2) \cdot 1000 \Delta t}{F},$$

где μ — коэффициент водоотдачи пластов при понижении уровня и недостатке насыщения при подъеме уровня, доли единицы; ΔH — изменение уровня грунтовых вод, мм; w — интенсивность питания грунтовых вод сверху, мм/сутки; Q_1 , Q_2 — расходы соответственно притекающей и оттекающей воды за единицу времени, м³/сутки; F — площадь элемента потока для одномерного движения воды, м²; Δt — расчетный промежуток времени, сутки.

Все входящие в уравнение расчетные параметры определяются при гидродинамическом анализе в пределах балансовой площадки с помощью метода конечных разностей на основании наблюдений за режимом грунтовых вод.

Аналогичным путем составляются прогнозы при использовании уравнения общего водного баланса:

$$\mu\Delta H = x + k_1 - w_1 - w_2 - z + 1000 \frac{I_1 - I_2}{F} + 1000 \frac{Q_1 - Q_2}{F} \Delta t,$$

где w_1 , w_2 — приращение запасов влаги соответственно на дневной поверхности и в зоне аэрации (от поверхности до наиболее высокого за время Δt положения капиллярной каймы), мм; x , k_1 — соответственно сумма атмосферных осадков и конденсация водяных паров на поверхности и в зоне аэрации за промежуток времени Δt , мм; z — суммарное испарение с поверхности земли (транспирация) за промежуток времени Δt , мм; I_1 , I_2 — соответственно приток и отток поверхностных вод, м³/сутки, на балансовом участке площадью F . Остальные обозначения те же, что и в предыдущем уравнении.

Прогноз может составляться также и на основе гидродинамического анализа, их режима. Эти методы построены на функциональных связях между некоторыми обобщенными показателями факторов (сток, инфильтрация, подпор и др.) и последующими изменениями уровня подземных вод. Необходимым условием применения гидродинамических методов является знание гидрогеологических параметров водоносного горизонта.

Наиболее разработанными и широко применяемыми являются следующие методы.

Метод Буссинеска—Майэ. Основан на закономерности существования так называемого независимого, или упорядоченного, спада уровня подземных вод.

Метод дает возможность предсказывать уровни или дебиты на любой момент существования независимого спада.

Для случая, когда мощность водоносного горизонта велика по сравнению с изменениями уровня и может быть принята постоянной, прогнозирование осуществляется по формулам:

$$Q = Q_0 \cdot e^{-\alpha t} \quad (\text{для дебитов}), \quad H = H_0 \cdot e^{-\alpha t} \quad (\text{для уровней}),$$

где Q , H — соответственно дебит источника и мощность водоносного горизонта на момент времени t существования независимого спада; Q_0 , H_0 — то же, на начало существования независимого спада; α — коэффициент истощения.

Коэффициент истощения, являясь комплексной характеристикой водоносного горизонта, определяется по формуле

$$\alpha = \pi^2 K h_{cp} / 4 \mu L^2,$$

где K — коэффициент фильтрации водоносного слоя; h_{cp} — средняя мощность водоносного слоя; μ — коэффициент водоотдачи; L — расстояние от выхода источника (участка дренирования) до водораздела грунтовых вод.

Метод Форхгеймера вытекает из предположения о том, что колебания горизонта воды в реке, с которой гидравлически связаны грунтовые воды, можно описать уравнением синусоиды.

Основываясь на этой закономерности, Ф. Форхгеймер вывел следующее уравнение передачи синусоидальных колебаний реки в глубь берега:

$$z = H \cdot e^{-x\sqrt{\frac{\pi \cdot \mu}{2KhT}}} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{T} - x \cdot \sqrt{\frac{\pi \mu}{2KhT}}\right),$$

где z — подъем или спад уровня грунтовых вод над средним горизонтом воды в реке и в скважине, отстоящей от реки на расстояние x в момент времени t от начала подъема горизонта воды в реке; H — максимальный подъем или спад уровня воды в реке над ее средним уровнем; h — средняя мощность водоносного горизонта; μ — недостаток насыщения (водоотдачи); K — коэффициент фильтрации; T — полупериод колебаний горизонта воды в реке.

Возможность и заблаговременность прогноза этим методом определяется тем, что колебания горизонта воды в реке с меньшей амплитудой и некоторым запозданием распространяются по водоносному горизонту в глубь берега.

Интересным является момент, когда уровень грунтовых вод в скважине в результате подпора достигает максимума.

Этот уровень определяется по упрощенному выражению

$$z_{\max} = H \cdot e^{-x\sqrt{\frac{\pi \mu}{2KhT}}}$$

так как

$$\sin\left(\frac{\pi}{T} - x \sqrt{\frac{\pi \mu}{2KhT}}\right) = 1$$

Уравнение применимо при большей мощности водоносного горизонта, превышающей высоту паводка.

Методы прогнозов на основе гармонического анализа рядов наблюдений. Они основаны на закономерности, учитывающей влияние начальных условий системы на ее последующее состояние. В соответствии с современными представлениями многолетние колебания уровня грунтовых вод можно рассматривать как сумму закономерных (детерминированных) изменений и случайных отклонений (случайной компоненты). Закономерная часть колебаний проявляется в цикличности изменений уровня грунтовых вод.

Вычисление и анализ корреляционных функций базируется на статистической теории, основанной на признании колебания уровня подземных вод процессом с очевидными внутрирядными связями.

Применение аппарата корреляционных функций позволяет решить проблему выявления цикличности на принципиально новой основе, дает возможность перейти от визуальных сопоставлений к количественным оценкам. Циклическая составляющая колебаний уровня подземных вод с точки зрения статистической теории связи является показателем корреляционной связи между членами хронологического ряда, причем наибольшая теснота такой связи наблюдается между уровнями, отстоящими друг от друга на интервал, равный периоду колебания.

Таким образом, процесс вычисления корреляционной функции ряда сводится к последовательному определению коэффициентов автокорреляции между смежными его членами при сдвигах, соответственно равных 1, 2, 3 годам и более.

Применительно к временным последовательностям уровня подземных вод расчет коэффициента корреляции производят по следующей формуле:

$$r_{\tau} = \frac{\sum_{i=1}^{n-\tau} (h_i - \bar{h}_{n-\tau}^{(1)}) (h_{i+\tau} - \bar{h}_{n-\tau}^{(1+\tau)})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-\tau} (h_i - \bar{h}_{n-\tau}^{(1)})^2 \sum_{i=1}^{n-\tau} (h_{i+\tau} - \bar{h}_{n-\tau}^{(1+\tau)})^2}}$$

где r_{τ} — коэффициент корреляции уровней подземных вод, разделенных увеличивающимся интервалом времени τ ; h_i — уровень подземных вод, соответствующий интервалу времени i ; $h_{i+\tau}$ — то же, соответствующий интервалу времени $i + \tau$; $\bar{h}_{n-\tau}^{(1)}$ — среднеемноголетнее значение уровней, определенное по ряду от первого до $n - \tau$ членов; $\bar{h}_{n-\tau}^{(1+\tau)}$ — среднеемноголетнее значение уровней, подсчитанное для ряда от $1 + \tau$ до n членов; τ — промежуток времени, через который анализируется связь уровней подземных вод; n — общее количество членов ряда.

Корреляционную функцию можно назвать ограниченной динамической характеристикой, так как она показывает изменение тесноты связи в зависимости от принятых начального и конечного моментов времени. Кроме того, корреляционная функция характеризует истинное значение внутрирядной статистической связи только в одном случае — при линейности этой связи.

Использование автокорреляционных функций применительно к предсказанию многолетних колебаний уровня подземных вод во многих случаях может быть весьма эффективным. В первую очередь следует указать, что этот метод дает возможность перейти к составлению сверхдолгосрочных гидрогеологических прогнозов на количественной основе.

Так, наличие тесной линейной связи между элементами хронологического ряда уровней подземных вод, разделенными промежуток времени τ , равному периоду колебания или кратным ему, позволяет применять простейшую прогнозическую зависимость в виде прямой регрессии

$$h_{i+\tau} = \bar{h}_n + r_{\tau} \frac{\sigma_{h_n}}{\sigma_{h_{n-\tau}}} (h_{n-\tau} - \bar{h}_{n-\tau}),$$

где $h_{i+\tau}$ — прогнозный уровень подземных вод с заблаговременностью предсказания τ лет, $\bar{h}_n$ — среднеемноголетнее значение уровня, r_{τ} — коэффициент корреляции между уровнями, разделенными промежуток времени τ , σ_{h_n} , $\sigma_{h_{n-\tau}}$ — среднеквадратическое отклонение ряда из n и $n - \tau$ членов.

Исходным для прогноза является ряд эмпирических наблюдений, для которого и вычисляется корреляционная функция. По ней определяется периодичность колебаний, которая соответствует регулярно повторяющимся положительным пикам. Если эти пики довольно высоки, то их целесообразно использовать для составления прогнозного уравнения регрессии.

Прогноз на основе экстраполяции гармонических составляющих колебаний уровня. Этот метод основан на представлении о том, что колебания уровня грунтовых вод являются полициклическим процессом, поддающимся прогнозированию. При таком подходе к прогнозу математическая модель режима грун-

товых вод представлена суммой нескольких гармонических составляющих и случайной компонентой:

$$y_{(t)} = A_0 + \sum_{n=1}^k A_n \cos\left(\frac{2\pi}{T_n} t - \varphi_n\right) + b_t,$$

где $y_{(t)}$ — исходный ряд значений уровней за период наблюдений T в момент времени t , A_0 — среднеегодовое значение уровня за период T , k — число выделенных периодических составляющих, A_n , T_n — амплитуды и периоды гармонических составляющих, φ_n — начальные фазы гармоник, b_t — случайная компонента.

Целью исследований режима подземных вод является установление прогноза их режима для принятия тех или иных управленческих решений, связанных с использованием или регулированием состояния подземных вод. Знание режима подземных вод требуется для определения изменений во времени и в пространстве запасов подземных вод, определения водопритоков, проектирования мелиоративных мероприятий и планирования водоподачи, что представляет существенный интерес для проектирующих организаций и городского хозяйства. При этом следует осознавать, что самый совершенный метод прогноза не может дать удовлетворительных результатов, если в него заложены недостаточно точные и полные исходные данные или неправильно выполнена схематизация условий. Поэтому исходным данным и схематизации при прогнозе должно быть уделено особое внимание.

Л и т е р а т у р а

1. Изыскания и защита от подтопления на застроенных территориях. / Под. ред. Р.А. Смирнова. Киев: «Будівельник», 1976. — 204с.
2. Коноплянцев А.А. Прогноз режима подземных вод. В кн.: Баланс подземных вод. М., 1971, с. 42—78.
3. Коноплянцев А.А., Семенов С.М. Прогноз и картирование режима грунтовых вод.— М. Недра, 1974. 214с.
4. Макаров И.М., Виноградская Т.М. и др. Теория выбора и принятия решений: Учебное пособие. — М.: Наука, 1982. — 382с.
5. Підтоплення в великих містах України / Під. ред. Чебановой О.Ю. — Київ: "Знання" України, 1998. — 130с.
6. Розовский Л.Б., Зелинский И.П. Инженерно-геологические прогнозы и моделирование. Одесса, 1975. — 116с.
7. Рубан С.А., Шинкаревський М.А. Гідрогеологічні оцінки і прогнози режиму підземних вод України за результатами спостережень: Довідково-методичний посібник. — Дніпропетровськ: ДВ УкрДІМР, 2000. — 144с.
8. Системный анализ и структуры управления. / Под ред. проф. В.Г. Шорина. М.: «Знание», 1975. — 304с.
9. СНиП 2.01.15-90. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования/Госстрой СССР. — М.: Арендное производственное предприятие ЦИТП, 1991. — 32с.

Михайлюк А.В.

ЕВОЛЮЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ФОРМАЛЬНИХ ЛОГІЧНИХ ТЕОРІЙ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ТА ОБРОБКИ ЗНАЬ, ЩО МІСТЯТЬСЯ У ПРИРОДНОМОВНИХ ТЕКСТАХ

У роботі описані аспекти розвитку формальних теорій логічного представлення знань, що містяться у природномовних текстах. Зокрема, описано найвагоміші віхи розвитку основних підмножин класичної логіки та варіантів їх реалізації у прикладних системах; вказано на можливості й обмеження даних підмножин і систем. На основі описаних можливостей логічних систем проведено їх порівняльний аналіз; відносні оцінки аналізу зведено в таблицю. За даними таблиці запропоновано доцільність та можливу схему використання розглянутих систем логіки.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із науковими і практичними завданнями. Інтелектуальні інформаційні системи (ІІС) набувають із часом все більшого значення. Однак, вирішення проблеми формального представлення й обробки знань не вирішена й до сьогодні. Вона турбувала мислителів далекого минулого та досі залишається одним із центральних питань комп'ютерної лінгвістики, штучного інтелекту (ШІ) та кібернетики взагалі.

Аналіз і виділення невирішених раніше частин проблеми. При створення ІІС доцільно орієнтуватися на найширше коло можливих для представлення знань. Не викликає сумніву, що найбільшим за обсягом зафіксованих знань людства є множина носіїв природномовних текстів (ПМТ) – паперових й електронних. Автоматична обробка ПМТ передбачає наявність засобів і механізмів, притаманних обчислювальним машинам, тобто система обробки ПМТ повинна мати за основу формальне логічне представлення, бо "описова виразність логіки включає кожен вид інформації, яка може бути збережена й запрограмована на будь-якому цифровому комп'ютері" [19]. Вибір базової системи логіки є першим і принциповим питанням при побудові ІІС та вимагає глибокого аналізу.

Формулювання мети статті. Дана стаття має за мету огляд найвідоміших підмножин класичної логіки першого порядку та систем, що мають за основу одну з цих підмножин, в їх ракурсі їх еволюційного розвитку. Крім того, необхідним є аналіз можливостей і недоліків представлених в роботі підмножин і систем з висновками щодо доцільності та можливої схеми їх використання.

Основний матеріал дослідження з обґрунтуванням наукових результатів. Розглянемо найвідоміші системи логіки, що засновані на певній формальній математичній теорії, оскільки поняття логіки є ширшим за її математичну інтерпретацію, і деякі логіки, маючи за основу виключно філософські твердження, не можуть бути ефективно оброблені за допомогою обчислювальної техніки.

Силогістика. Історія логічного представлення знань, зазвичай, пов'язується з ім'ям Аристотеля. Логічною системою Аристотеля стають так звані силігізми – "умовивід, в силу якого, признавши істинність посилок силігізму, неможна не погодитись з істинністю висновку, що витікає з посилок" [6]. Наприклад, "Птахи літають за допомогою крил (головна посилка); Геша є птахом (вторинна посилка), тоді Геша літає за допомогою крил (висновок)". Висновок зроблено на основі збіжності середніх термінів – в даному прикладі слів "птахи" та "Геша". Також в Аристотеля вперше з'являються твердження, що оперують не з конкретними об'єктами, а з їх мнемоніками (використовуються літери латинського алфавіту) – в такий спосіб він будує універсальні шаблони силігізмів. В період середньовіччя силігізми узагальнюються і доповнюються. Середньовічний

філософ, богослов Адам із Бальзама, аналізуючи протирічні силіогізми, ділить твердження на такі, що можуть стверджувати про себе, й такі, що не можуть (як то "Це висловлювання неправдиве"). Приблизно у XVII ст. в епоху просвітництва німецький математик і філософ І. Юнг (1587-1657) звертає увагу на те, що силіогізми не придатні для представлення наукових знань, бо символічний зв'язок не може повністю виразити смислового зв'язку, для чого він наводить приклад "А є батьком. В є сином для А. Тоді А є батьком для В" [14]. Силіогізми також не дають змогу фіксувати окремі твердження, як то "Птахи літають за допомогою крил", а представляють собою знання, що виводяться. Хоча в силіогічних виразах використовуються слова "і", "якщо... то...", "кожен", "деякий", "обов'язково" і т.п., проте вони не виділяються окремо, тому про логічні оператори чи квантори в силіогістиці мови не йдеться. Формально силіогізми представляються лінійними текстовими шаблонами з невизначеним середнім терміном. Автоматичне виведення в системі силіогізмів може проводитись шляхом порівняння структури висловлювання з шаблонами, та пошуку середніх термінів у головній і вторинній посилці, та у вторинній посилці і висновку за одну ітерацію.

Логіка висловлювань та алгебра логіки. У першому періоді середньовіччя французький філософ П. Абеляр вперше у логіці пропонує "починати з вивчення простих, а потім складних висловлювань" [14], у зв'язку з чим виділяє зв'язку (сорула) у твердженнях та аналізує її. Іспанський філософ Р. Луллій розділяє усі вирази на істинні й неправдиві. Але семантичну спрямованість логіки схоластиків в епоху просвітництва змінює ідея обчислення знань. У 1627 році англійський філософ-матеріаліст Т. Гоббс вперше висловлює думку, що "...мислення є ніщо інше, як обчислення: при цьому додавати й віднімати можна і величини, і тіла, рухи, часи, якості..." [14], а одинадцятьма роками пізніше Юнг робить наголос на математичній формі обчислення висловів. Так, у другій половині XVII ст. німецький філософ і математик Г. В. Лейбніц на основі цих течій у науці про логіку та своєї тези, "що всі поняття можуть бути зведені до елементарних неподільних понять" [14], а складні поняття утворюються за допомогою операції перемноження (логічного) і перетину об'ємів понять і що набір простих понять має бути несуперечливим, розробляє систему математичного представлення тверджень. За прості твердження він узяв прості числа, а за основні операції – арифметичні множення й ділення. Так, якщо поняття "Геша" позначити як G , "птаха" – як B , то вираз "Деякий Геша – птах" буде мати вигляд $G = B \cdot x$, а при позначенні, де T – "пінгвін" і F – "літати", посилка "Жоден пінгвін не літає" буде представлена як $T \cdot x \neq F \cdot y$, де x та y – деякі числа. Але завжди можливо підібрати такі x і y , щоб остання нерівність стала б рівнянням, тому Лейбніц вводить позитивні числа для ствердження, та негативні для заперечення. Проте в такому варіанті неможливим є комбінування тверджень і заперечень: вираз "Птахи літають за допомогою крил, але жоден пінгвін не літає" неможливо представити в системі Лейбніца. Наступні його доповнення у систему, щоб запобігти такої неповноти, не дали бажаного результату. Тим більше, твердження для досить складних об'єктів являли собою числа значного для обчислення порядку. Однак, результатом праці Лейбніца стала перша логічна система, заснована виключно на символах та математичних операціях, і тому можлива для обчислення. Наприкінці XVIII ст. німецький філософ, фізик, астроном, математик І. Г. Ламберт створює числення з операціями додавання, віднімання, множення та ділення і відношеннями рівності і нерівності, позначаючи їх "+", "-", "×", "÷", "=", "≠" відповідно. При цьому, він вводить аксіоми для цих операцій, серед яких $A \times A = A$ (принцип ідемпотентності); $1 + A = 1 - A$, з якої витікає $A + A = 0$ (виключаюче "або"). Така аксіоматика повністю узгоджується із бінар-

ною алгеброю, прийнятою натеper за основу логіки. Але розробником такої алгебри став ірландський математик Джордж Буль. На основі принципу ідемпотентності у логіці $AA = A$ він шукає корені рівняння $AA = A$, або ж $A^2 - A = 0$. Таким чином Буль встановлює, що в алгебрі логіки можуть існувати лише два значення: 1 та 0. Тому однією з аксіом його арифметики є $1+1=0$. І лише з часом 1 та 0 почали трактуватись як "істина" та "неправда" (як пропонува-лось Луллієм), множення як логічне "і", додавання як "або" (у Буля виключаюче) і т.п., інтегруючи досягнення схоластиків середньовіччя і математиків з епохи просвітництва до XIX ст. Найбільший внесок у таке об'єднання зробив Пірс – він, зокрема, змінює виключаюче "або" на включаюче. Вершиною розвитку логіки висловлювань й алгебри логіки стала повна аксіоматика німецького філософа, математика Г. Фреге.

Таким чином, логіка висловлювань представляє собою повну [4,10] сис-тему ітеративної побудови логічних висловлювань, в якій атомарною є конструк-ція, для складових котрої не можна встановити істинність. Наприклад, атомарні речення "Птахи літають за допомогою крил" та "Пінгвіни не літають" не мож-уть бути семантично зв'язані, навіть за наявності того факту, що "Пінгвіни є птахами". Представляється логіка висловлювань множиною формул. Для авто-матичного виведення вона потребує арифметичного обчислення (з правилами арифметики логіки) значень істинності складових у формулах. Для природномо-вного тексту (ПМТ), оперуючи доволі великими за обсягом частинами тексту, ав-томатичне виведення у логіці висловлювань є доволі ефективним механізмом.

Числення предикатів. Предикат – присудок судження; те, що висловлю-ється у судженні про суб'єкт [6]. Предикативна форма ПМТ була помічена ще Аристотелем. У X ст. візантійським філософ М. Псел вперше явно виділив кван-тори: "всякий" (omnis), "ніякий" (nullus), "обидва" (uterque), "ні той, ні інший" (neuter), "увесь" (totus) та ін. Оккам розділяє визначення на імена абсолютні – іменник і дієслово та відповідні їм за значенням (такі, що мають значення тільки разом з абсолютними) – прислівник і дієприслівник. Однією з найголовніших віх в історії предикатного представлення ПМВ стало введення Лейбніцем поняття сим-вольного відношення зі змінними: вирішуючи проблему неспроможності силогі-чного представлення заключення про батька й сина (див. вище), він пропонує розглядати відношення $R(A, B)$ – "A є батьком для B" та $\tilde{R}(A, B)$ – "B є сином для A" такі, що $R(A, B) = \tilde{R}(A, B)$. У другій половині XVIII ст., німецький філософ Г. Плуке вперше представляє частини висловлювань як одномісні предикати. Але аналогічно логіці висловлювань найвагоміший внесок у числення предикатів привніс Фреге. "Він вважав її універсальною мовою, в якій можна б було пред-ставити систематично і математично точним способом будь-яку можливу форму раціонального мислення, яка могла б стати частиною дедуктивного мислення" [12]. Фреге вводить в логічне числення квантор загальності (разом з операціями імплікації та заперечення), причому його система є функціонально повною. Проте, вважаючи природномовну форму представлення знань причиною логічних протиріч, він розробляє власну двовимірну систему означень, яка не мала про-довження, бо ускладнювала запис залученням другого виміру, не маючи при цьому наочності інших двовимірних систем представлення логічних знань (се-мантичні мережі, концептуальні граfi, тощо). Нижче представлено систему примітивів Фреге (рис. 1) і приклад зображення ПМВ у нотації Фреге (рис. 2)

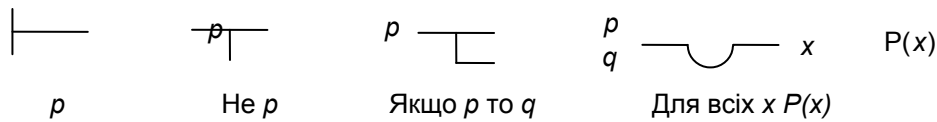


Рис.1. Система примитивів Фреге

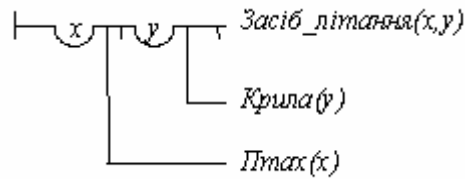


Рис.2. ПМВ "Птахи літають за допомогою крил" у системі Фреге

Як видно з рисунку, мала кількість первинних відношень потребує перефразування висловлювань у досить складну для запису і читання форму, котрі лише тоді можуть бути представлені у нотації Фреге. Спираючись на арифметичні закономірності, Пірс виділяє квантори загальності та існування: взявши грецький символ Π для позначення багатократного логічного множення, та символ Σ – для додавання, він помітив, що $\Pi = 1$ при істинності (значення 1) всіх операндів, а $\Sigma = 1$ – при наявності хоча б одного істинного (дорівнюючого 1) операнда. Таким чином, символ Π Пірс назвав квантором загальності, а символ Σ – квантором існування. Крім того, Пірс використовує знак " $<$ " (модифікований " $\leq$ ") для слідування, бо значення антицидента завжди менше чи дорівнює значенню консеквента. Сучасне числення логіки предикатів (і висловлювань) наслідує систему операцій Буля, Фреге і Пірса, квантори Пірса та нотацію італійського математика Джузеппе Піано. Останній для уникнення плутанини при сумісному використанні логіки й арифметики замінив знаки логічних операцій: квантор існування (від лат. "*Est*") – на " $\exists$ ", слідування (від лат. "*Consequentia*") – на " $\supset$ ", диз'юнкцію (від лат. "*Vel*") – на " $\vee$ ", кон'юнкцію (від диз'юнкції) – на " $\wedge$ ", заперечення (від " $-$ ") – на " $\sim$ ", еквівалентність (від " $=$ ") – на " $\equiv$ " [1]. Квантор загальності " $\forall$ " (від нім. "*Alle*") був введений пізніше. Також, у теперішній час зазвичай використовується типова логіка предикатів, де замість конструкцій

$(\forall x)(\text{Птах}(x) \supset \text{Літає_за_допомогою_крил}(x))$ $(\exists x)(\text{Птах}(x) \wedge \text{Геши}(x))$
використовуються коротші та більш читабельні конструкції

$(\forall x:\text{Птах})(\text{Літає_за_допомогою_крил}(x))$ $(\exists x:\text{Птах})(\text{Геши}(x))$

де запис " $(\forall x:\text{Птах})$ " читається "для всіх x типу Птах ", або просто "для всіх птахів", а " $(\exists x:\text{Птах})$ " – "деякий птах".

Отже, числення предикатів, як і логіка висловлювань, є повною [4, 15] системою ітеративної побудови та розбору логічних висловлювань. Однак, атомарність предикатів, взагалі, є довільною, бо крім можливості повністю розібрати будь-яке ПМВ, наприклад, "Птахи літають за допомогою крил" (тобто, якщо птах літає, то знаряддя польоту є крила):

$(\forall b:\text{Птах } f:\text{Політ})(\exists w:\text{Крила})(\text{Здійснює}(b,f) \supset \text{Знаряддя}(f,w))$

існує можливість подальшої деталізації:

$(\forall b:\text{Птах } f:\text{Політ})(\exists s:\text{Множина})(\text{Належить}(w,s) \supset \text{Крило}(w)) \wedge$
 $(\text{Елементів_у_множині}(s,2)) \wedge (\text{Здійснює}(b,f) \supset \text{Знаряддя}(f,w))$

де пояснюється, що під словом "крила" слід розуміти наявність двох крил. Тобто предикатна модель представлення знань у ПМВ здатна представити будь-яке стверджувальне речення і, навіть деякі модальності і часові відношення [13]. Форма представлення предикатів – множина формул. Автоматичне виведення знань передбачає попереднє переведення формул у специфічну форму (виведення методом резолюції, наприклад, потребує каузальної форми логічних формул [2]). Тому ефективність обчислення знань, представлених предикатною системою, нижче, ніж у висловлювань і швидко зменшується при деталізації знань.

Екзистенціонально-кон'юнктивна логіка. Подальший опис стосується варіантів описаних вище підмножин FOL. Порівняння цих варіантів підмножин FOL проводиться багатьма авторами робіт у галузі ІІС та ШІ ([1, 6, 11] тощо), проте специфікою даного порівняльного аналізу є орієнтація на ПМВ як вхідну форму представлення знань. Першою з підмножин, що розглядаються, є екзистенціонально-кон'юнктивна логіка (ЕК логіка). Її назва пов'язана з логічним оператором кон'юнкції і квантором існування, що в ній використовуються. Найширше застосування ЕК логіка отримала у XX ст. із розробкою та втіленням реляційних баз даних (БД). Так, кожна БД слугує для фіксації наявності деякого об'єкта (квантор існування) та переліку невід'ємних його властивостей (з'єднаних між собою кон'юнкцією). Усе, що не входить в БД, розглядається з логічної точки зору як неіснуюче. Таке обмеження дозволило створити одну з і дотепер найуживаніших мов запитів – SQL (Structured Query Language) з відповідними ефективними механізмами виконання цих запитів, що зводяться до простого однопрохідного перебору. Однак, очевидною є неповнота ЕК логіки як системи представлення знань. Так, загальний факт, що *"Птахи літають за допомогою крил"*, позначуваний в логічній системі з повним набором кванторів та операцій квантором загальності, потребував би внесення всіх птахів у базу з указанням для кожного із них факту спроможності літати за допомогою крил. Така ресурсоемка операція мала б повторюватись для всіх записів з кожною появою нової інформації про клас птахів. Більш того, номінально ЕК логіка не має можливості заявити заперечення, наприклад, що пінгвіни не літають. В останніх діалектах SQL доповнено можливістю написання тригерів (процедури, що виконуються при істинності деякої події), й існує можливість перед доповненням в БД порції нової інформації, наприклад про пінгвінів, перевірити її та не включати як таку, що суперечить (тобто заперечує) існуючій інформації. Проте, використання тригерів, по-перше, розширює SQL за межі ЕК логіки, по-друге залишається неможливим представити інформацію з виключеннями експліцитно: *"Птахи літають за допомогою крил, але пінгвіни не літають"*, і по-третє, написання тригерів як виконуваної процедури відноситься до розробки БД, коли внесення факту *"пінгвіни не літають"* в систему з повною логікою є дією на рівні користувача, що потребує меншої професійності і, відповідно, менших матеріальних витрат.

Продукційні системи. За своєю формою продукційні системи дещо наслідують силізм: система продукцій складається з правил $A \supset B$ (*"якщо A, то B"*), де в загальному вигляді на місці A та B можуть стояти довільні логічні вирази без імплікації. Однак, в автоматичних системах продукцій в якості B використовують одиночний факт чи посилання для простішої реалізації механізму прямого виведення (від антицедента до консеквентна) [5]. Саме системи прямого виведення, зазвичай, називають продукційними, тоді як системи із зворотнім виведенням зазвичай є Хорновими (див. далі). Складається система продукцій (прямого і зворотного виведення) з фактів (предикати з константними предметами) та правил-продукцій. Механізмом обробки продукцій з прямим виведенням може бути просте обчислення формул з предикатами (в т.ч. і продукцій), або ж специфічні процедури, орієнтовані на сталість структури $A \supset B$. Вагомим недо-

ліком при використанні лише специфічних підходів для виведення є ускладнення перевірки несуперечності продукцій [5,10] – для автоматизації цього процесу необхідне повноцінне обчислення предикатних формул, бо методи виведення не призначені для цього.

Диз'юнкти Хорна. Як уже зазначалось, продукційні системи зі зворотнім виведенням у своїй більшості є Хорновими системами. Причиною цьому є використання диз'юнктивів Хорна – імплікативних формул $A \supset B$, де B є атомарним предикатом. Такий підхід дає низку переваг перед повною системою логіки предикатів: ефективне виведення (в загальному вигляді із зростанням бази фактів часова складність зростає експоненціально, але в реальних оптимізованих системах варіативність пошуку значно обмежена [11]), проста схема виведення на основі загальнологічного правила уніфікації, зведена до пошуку відповідностей (детальніше див. [5]), наділення логічних імплікацій більш зрозумілим для користувача процедурним смислом: імплікація

$(Має_крила(x) \wedge Літає(x)) \supset Птаха(x)$

буде читатися не "З того, що x має крила й x літає, слідує, що x – птах", а " x є птахом – це коли x має крила й x літає". Такі принципові переваги зробили мову логічного програмування Prolog, що застосовує логіку диз'юнктивів Хорна, однією з найвідоміших мов проектування й розробки баз знань по всьому світу. Попереднє ПМВ може бути записано у правилі Prolog як

`bird(X) <- has_wings(X) & can_fly(X).`

або в іншому діалекті

`bird(X) :- has_wings(X) , can_fly(X).`

Проте, несуттєве для питально-відповідних систем та баз знань обмеження даної логіки [11] є визначальним при побудові систем представлення ПМВ з автоматизованою обробкою природномовних структур: вираз логіки предикатів

$(Має_крила(x) \wedge Літає(x)) \supset (Птаха(x) \wedge \sim Пінгвін(x))$

відповідний природномовному "*Птахи, окрім пінгвінів, мають крила й літають*" є неприпустимим в Хорнових системах, отже далеко не всі природномовні структури можуть бути представлені в системах з логікою Хорна.

Фреймові системи та об'єктно-орієнтовані системи. "Термін *фрейм* (від англ. "*frame*") був запропонований Марвіном Мінським [15], одним із піонерів штучного інтелекту... Ця модель ... має глибоке психологічне обґрунтування. Фрейм – це абстрактний образ для представлення деякого стереотипу сприйняття" [10]. Пропозиція ж Мінського стосувалась саме представлення знань. В загальному вигляді формально фрейм можна описати як структуру, включаючи ім'я фрейма, множину слотів зі своїми іменами і множину приєднаних процедур, зв'язаних із фреймом чи зі слотами [5]. Такі фрейми називають фреймами-прототипами. Фрейми-приклади є фреймами-прототипами зі значеннями слотів та мають відображати певні реальні об'єкти, ситуації тощо [5,10]. З поняття фреймів виросло поняття об'єктно-орієнтованих (ОО) систем, що звузили трактування фреймів-прототипів до класів, а фреймів-прикладів до об'єктів класу, зберігши повністю структуру й можливості фреймів. Наприклад, речення "*Птахи літають за допомогою крил*" може бути представлено фреймовою структурою як

	Птах	
спосіб_пересування		Літати
засіб_пересування		Крила

чи у вигляді об'єкту класу в ОО мові програмування (наприклад, C++):

```
class Bird {
    const char *moving_method;
```

```

const char *moving_tool;
} some_bird;
some_bird.moving_method = "літати";
some_bird.moving_tool = "крила";

```

Крім того, сутність "літати" може розглядатись як процедура – в такому разі фрейм буде містити інші слоти й процедуру польоту, а клас – інші поля й метод польоту. У фреймових системах просто реалізується функція наслідування. Так, додавання до прикладу інформації про те, що "Геша є птах", може бути представлено як

```

                                Геша
                                Птах
                                чи
фрейм_предок
class Gesha:Bird {
    const char *name;
} gesha;
gesha.name = "Геша";

```

Проте, не зважаючи на широке застосування фреймового представлення знань завдяки інтуїтивній зрозумілості принципу прототипів та прикладів, простоті реалізації наслідування атрибутів, високого ступеня структурованості й інших плюсів фреймових систем, логічною основою фреймів (без використання слотів-процедур) є ЕК логіка з усіма витікаючими з цього обмеженнями.

Семантичні мережі й концептуальні графи. Семантичною мережею називається орієнтований граф з іменованими вершинами, що представляють об'єкти, та дугами – відношеннями між об'єктами. Як граф семантичні мережі використовують як мінімум два виміри для своєї нотації. "Перша семантична мережа з'явилась на межі коментаря...в III ст." [1]. Це було невелике дерево понять із відношеннями рід-вид, побудоване Порфірієм за категоріями Аристотеля. Пізніше неодноразово будувались дерева категорій, проте вони використовували дуже обмежений набір відношень. В XX ст. семантичні мережі отримали небувалого розвитку з можливістю їх автоматичної обробки на ЕОМ, з'являється величезна кількість використаних відношень: лінгвістичні (відмінкові, атрибутивні), логічні (кон'юнкція, диз'юнкція, заперечення, імплікація), квантифіковані (*усі, деякий*) [5]. Логічною основою семантичних мереж є повна логіка предикатів першого порядку – кожне відношення можна розглядати як предикат від суміжних йому (відношенню) вершин-об'єктів. З усього розмаїття семантичних мереж найбільшої уваги заслуговують концептуальні графи (КГ) [6]. Про це свідчить хоча б той факт, що для КГ комітетом NCITS T2 по інформаційному обміну й інтерпретації були прийняті ANSI-стандарти. КГ призначені для представлення знань на рівні людина-машина, хоча існує форма запису КГ, призначення для обміну графами між машинами. Для КГ визначені базові універсальні примітиви (повний опис див. у [6]) для побудови семантичних мереж із довільними відношеннями. Вони мають можливість включати зображення, аудіо-інформацію та інші КГ як об'єкти (вершини графа).

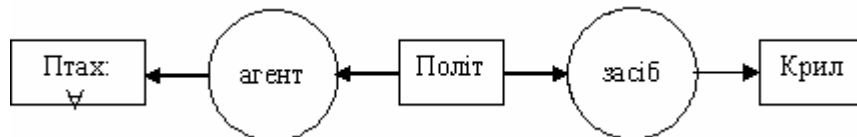


Рис. 3. КГ для речення "Птахи літають за допомогою крил"

Це робить їх максимально наближеними до природної мови, збільшуючи наочність представлення знань, простоту формування КГ з природномовних висловлювань, але й віддаляє таке представлення від формального, яке може бути обчислено. Можливим виходом є деяка модифікація КГ до потреб конкретної системи введенням обмежень на використовувані об'єкти й відношення та їх представлення. Як універсальна система представлення знань КГ не мають штатних механізмів виведення, парсерів та редакторів, що є вагомим недоліком їх використання як базової системи представлення й аналізу знань.

Мова формалізованого представлення та обміну знаннями KIF. Одночасно з КГ розроблено мову, спеціально призначену для обміну знаннями між гетерогенними системами баз знань і баз даних. Вона носить назву Формат обміну знаннями (Knowledge Interchange Format або KIF) і також регулюється ANSI-стандартами. Повний опис KIF можна знайти в [7]. Семантика і логічна база мови KIF ідентична семантиці й логіці КГ, але описова виразність її менша: "щоб спростити аналіз комп'ютером, KIF має спрощений синтаксис та обмежену множину символів" [1]. Природномовне речення "Птахи літають за допомогою крил" у KIF буде мати вигляд

```
(forall      (?b "Птах") (?f "Політ")
  (exists    (?w "Крила")
    (=>      ("Здійснює" ?b ?f)
              ("Знаряддя" ?f ?w)
    )
  )
)
```

Як і КГ, KIF є універсальною мовою представлення та обробки знань, тому її доцільно адаптувати для вирішення конкретної задачі, дещо модернізуючи, але не вносячи змін, які суперечили б стандартам для KIF, що збереже можливість обміну представленими таким чином знаннями між системами з підтримкою KIF. Перевагою KIF над КГ є його лінійна текстова форма запису, подібна до LISP – інтерпретатори останнього мають змогу обробляти KIF-програми за наявності відповідних модулів, що роблять синтаксис KIF "зрозумілим" для LISP-інтерпретаторів [14].

Порівняльний аналіз підмножин FOL для представлення ПМВ. На основі зробленого опису підмножин FOL, в т.ч. з їх реалізаціями в діючих системах і нотаціях, можна зробити висновок, що вони дають змогу в тій чи іншій мірі представляти складні стверджувальні речення та питання до їх частин, замінюючи деякі компоненти представлення (силогізму, формули, графа) невідомою змінною, відповіді на які можуть бути отримані або рішенням рівняння, де значення формул із змінною має бути істиною, або пошуком фрагмента графу-питання в загальному графі [10], та встановленням значення невідомих вузлів чи дуг. ПМВ з модальними операторами або просторовими і часовими відношеннями бути представлені в деяких з розглянутих підмножинах FOL але з певними змінами підходу до формалізації смислу ПМВ, як, наприклад, викладено [4], або залученням інших, неklasичних логік: модальна, часова, багатозначна, нечітка, інтуїціоністська тощо [3,12]. Як механізм, описаний у [4], так і спеціальні квантори, операції, аксіоми та механізми виведення неklasичних логік і їх можливості й обмеження щодо представлення ПМВ, потребують додаткового ґрунтовного дослідження, що виходить за межі даної роботи.

На основі описаних вище переваг і недоліків розглянутих логічних систем та систем представлення знань, можна провести їх нестроге ранжування (опис методу див. у [16]) (від 1 для системи з мінімальними можливостями до 9

для системи з максимальними можливостями) за найвагомішими характеристиками з авторськими оцінками можливостей даних систем, занісши отримані відносні оцінки в таблицю:

Т а б л и ц я

Оцінки можливостей підмножин FOL

	Описова виразність для ПМВ	Наочність представлення	Простота трансляції з природної мови	Простота представлення в оперативній та постійній пам'яті ЕОМ	Ємність представлення в оперативній та постійній пам'яті ЕОМ	Ефективність виведення	Простота декомпозиції	Масштабованість бази знань	Наявність загальних методів і засобів аналізу
Силогізми	1	8,5	9	2	1	9	1	7,5	4
Логіка висловлювань	4	6	8	6,5	3	6	2	7,5	4
Числення предикатів	8	1	1	6,5	6	3	7,5	7,5	4
ЕК логіка	2,5	2	3,5	5	2	1	9	2	4
Продукційні системи	5,5	3	3,5	3,5	4,5	4,5	4,5	3,5	4
Диз'юнкти Хорна	5,5	4	5	3,5	4,5	4,5	4,5	3,5	4
Фреймові та ОО системи	2,5	7	6	6	8,5	8	6	5	4
Концептуальні графи	8	8,5	7	1	8,5	7	3	1	1
KIF	8	5	2	9	7	2	7,5	7,5	4

За даними таблиці стосовно задачі представлення й аналізу знань, що містяться у ПМТ, можна заключити наступне. Найбільшою виразністю володіють три системи: числення предикатів, концептуальні граfi та KIF. Причому різниця між описовою виразністю даних систем та інших, які надано в таблиці, доволі суттєва, але поміж собою ці три системи мають однакову виразність. Це може слугувати критерієм вибору саме цих систем логіки в якості основних для представлення й аналізу знань. За іншими характеристиками, можна запропонувати, що:

- представляти знання для користувача доцільно у КГ;
- трансляцію знань потрібно виконувати у три етапи (з ПМТ в КГ, з КГ в KIF, з KIF у числення предикатів);
- зберігати БЗ в оперативній та постійній пам'яті доцільно у KIF (об'єднуючи оцінки простоти і ємності представлення в пам'яті);
- вибір форми представлення для аналізу знань залежить від задачі аналізу (деякі задачі можна ефективно виконувати навігацією по КГ за алгоритмами роботи з графами, але низка задач не має методів і засобів їх вирішення на графах – в такому разі мають застосовуватись універсальні загальні методи логічного виведення на системі числення предикатів чи на KIF);
- обробку БЗ (доповнення й декомпозицію) доцільно проводити у формі числення предикатів або KIF.

Висновки й перспективи розвитку питання. В роботі проведено огляд найвідоміших підмножин класичної логіки першого порядку та систем, що мають за основу одну з цих підмножин, в їх ракурсі їх еволюційного розвитку. Проведений аналіз та табличні дані, отримані на його основі, надали змогу виділити доцільні для використання у формалізації знань, отриманих з ПМВ, підмножини й системи та запропонувати можливу схему їх використання. Проте, даний аналіз стосується виключно задачі представлення й обробки знань, що містяться у ПМВ, а висновки мають бути перевірені на практиці в діючій системі, розробка якої стоїть наступним завданням.

Л і т е р а т у р а

1. Братко И. Программирование на языке Пролог для искусственного интеллекта: Пер. с англ. М.: Мир, 1990. – 560 с.
2. Гаврилов А.В. Системы искусственного интеллекта: методические указания для студентов заочной формы обучения АВТФ. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2004. – 59 с.
3. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2001. – 384с.
4. Гуц А.К. Математическая логика и теория алгоритмов: учебное пособие. Омск: Издательство Наследие. Диалог-Сибирь, 2003. – 108 с.
5. Искусственный интеллект: история развития. – www.library.by/shpargalka
6. Кондаков Н.И. Логический словарь. М.: Наука, 1999. – 656 с.
7. Логика. – <http://ru.wikipedia.org/wiki/логика.htm>
8. Макаров И.М., Виноградская Т.М., Рубчинский А.А., Соколов В.Б. Теория выбора и принятия решений. М.: Наука, 1982.
9. Минский М. Фреймы и представление знаний. - М.: Энергия, 1979, – 150с.
10. Новиков С.А. Дискретная математика для программистов. СПб.: Питер, 2002.
11. Палагін О.В., Петренко М.Г. Модель категоріального рівня мовно-онтологічної картини світу //Математичні машини і системи. – 2006. - №3. – С. 91-104.
12. Робинсон Дж. Логическое программирование – прошлое, настоящее и будущее / В кн.: Логическое программирование. М.: Мир, 1988.
13. Рубашкин В.Ш. Представление и анализ смысла в интеллектуальных информационных системах. – М.: Наука, 1989. – 191с.
14. Стяжин. И.И. Становление идей математической логики. М.: Наука, 1964. – 304 с.
15. Чёрч А. Введение в математическую логику. М.: ИЛ, 1960.
16. <http://www-ksl.stanford.edu/htw/dme/thermal-kb-tour/kif-ontology.lisp.html>
17. NCITS T2 (1998) Conceptual Graphs, A Presentation Language for Knowledge in Conceptual Schemas, Working draft of proposed American national standard, Document No. X3T2/96-008.
18. NCITS T2 (1998) Knowledge Interchange Format, Working draft of proposed American national standard, document (or available at <http://logic.stanford.edu/kif/dpans.html>).
19. Sowa, John F. Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations, Brooks Cole Publishing Co., Pacific Grove, CA, ©2000.

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОЛИГРАММ

В предлагаемой статье рассмотрен новый подход к построению систем автоматического определения эмоционального состояния человека, основанный на исследовании физических параметров ещо устной речи.

Введение

Речевые технологии – отрасль науки и техники, бурно развивающаяся в XXI веке. Основными направлениями исследований в этой области являются: распознавание речи, синтез голоса, средства речевого управления, идентификация по образцу речи.

Благодаря речевым технологиям, реализованным с помощью вычислительной техники, мы имеем возможность управлять компьютером с помощью голоса, диктовать текст, слушать, а не читать книги, а в перспективе общаться с компьютером на интеллектуальном уровне[1]. Однако, несмотря на перспективность данной отрасли знания, большая часть поставленных задач является либо не решенной, либо решенной удовлетворительно.

Проблема автоматического распознавания эмоционального состояния говорящего по голосу на данный момент не является решенной[2].

Актуальность проблемы

Полиграф (или детектор лжи) — устройство позволяющие тестировать человека на правдивость ответов на основании изменении кровяного давления, пульса, частоты дыхания и электропроводимости кожи. Современный полиграф представляет собой компьютер, к которому подключены датчики. С их помощью происходит измерение и фиксирование ряда физиологических показателей, относящихся к деятельности вегетативной нервной системы[3]. Достоверность тестирования на полиграфе достигает 90-98%.

Именно такие системы не так давно начали применяться в правоохранительных органах всех стран СНГ, в том числе и в Украине[4]. Применяются они так же и в агентствах, специализирующихся на детекции лжи.

Таким образом, в данный момент широко применяются системы, называемые контактными, поскольку требуется непосредственный контакт и согласие испытуемого. Общую схему системы можно обозначить так:

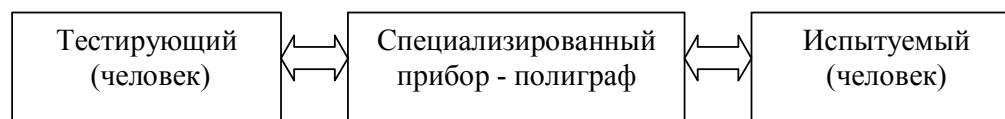


Рис. 1

К недостаткам применяемой на сегодняшний день методики можно отнести: Обязательное присутствие профессионала, проводящего тестирование; как следствие, невозможность автоматизации процесса;

- Информированность испытуемого;
- Неприменимость в построении интерфейса человек-компьютер;
- Возможность противодействия (доступно только спецслужбам).

Исследование новых методов анализа речевой информации

Если предположить, что все изменения физиологических процессов в человеческом организме можно представить в виде суммы гармоник с частотой от нуля до бесконечности, тогда, применяя методы спектрального анализа, можно получить численные значения вклада каждой частотной составляющей в временной генезис измеряемых параметров.

Проведенные исследования показывают, что при проявлении лживости тестируемого изменяются характеристики за счет изменения энергии (грубо – величины амплитуды) в очень узком частотном диапазоне. С помощью применения различных фильтров выделяются сигналы определенных частот, анализируя которые можно с большей вероятностью делать заключения о правдивости, либо лживости тестируемого. Хочется отдельно отметить, что использование описанной методики не имело места в мировой практике обследований на полиграфе. Полученные результаты говорят о возможности минимизации ошибки, даже в очень сложных случаях, однозначной трактовке результатов, отбраковке артефактов и т. д.

Таким образом, один из видов невербальной коммуникации - передача эмоций в речи, связан с ее акустическими характеристиками. Действительно, воспринимая слухом речь или пение, мы получаем информацию как о смысле речи, так и об ее эмоциональном содержании из анализа акустических характеристик, а иногда только из одних акустических характеристик, например, при прослушивании звукозаписей или речи по телефону. Следовательно, эмоции кодируются определенными акустическими параметрами в речевом сигнале. Понимание этих особенностей акустического кодирования эмоций и является одной из главных задач нашего исследования[5].

Прежде всего было установлено, что слушатели правильно идентифицируют эмоции в речи и пении независимо от понимания языка, текста и национально-культурной среды (в Азии, Америке, Африке и др.). Как показали эксперименты, когда слушателей просили опознать эмоции в голосах актеров, в качестве примера был воспроизведен текст на незнакомом языке, прочитанный двадцатью тремя актерами с различными эмоциями (радость, ирония, печаль, страх и т.д.). Был получен достаточно высокий процент правильных оценок независимо от культурного уровня слушателей и их национальности. Это совпадает с проведенными ранее экспериментами, когда предъявлялись фотографии с различными выражениями лица актеров, при этом зрители достаточно точно идентифицировали различные эмоции по выражению лиц. Таким образом, способы выражения эмоций являются общечеловеческими, то есть можно предположить, что существует некий единый код[5].

Каждая эмоция имеет свой образец движения, который отражается в движении всего тела, мимике лица и в том числе в движении артикуляционных органов и голосового источника. Например, при депрессии и печали снижается темп речи, понижается фундаментальная частота, снижается активность дыхательных мускулов, поэтому снижается подглоточное давление, отсюда низкое число обертонов. Наоборот, при гневe уровень частоты фонации высокий, звук от голосового источника богат обертонами, темп быстрый, это отражает большую активность всех видов мускулов, участвующих в голосообразовании. Наконец, характерное для страха сильное увеличение пауз между словами, по-видимому, обусловлено в эволюционном аспекте необходимостью в состоянии страха не только издавать какие-либо сигналы, но и воспринимать сигналы от возможного объекта, вызывающего страх (состояние настороженности и прислушивания).

Модель распознавания эмоционального состояния человека по его речи

В голосе эмоции «кодируются» акустическими параметрами речевого сигнала, основные из которых: частота основного тона, интенсивность, темпоральные и спектральные характеристики.

Учитывая выше сказанное, можно построить упрощенную модель, описывающую эмоциональное состояние человека и представить ее в виде:

$$M = \langle X, Y, f \rangle \quad (1)$$

где X – вектор параметров речевого сигнала; Y – множество эмоциональных состояний; f – функция переходов, задается уравнением вида $Y = f(X)$.

Под множеством X понимаются следующие акустические параметры:

$$X = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}), \quad (2)$$

где x_1 , – математическое ожидание частоты основного тона (ЧОТ, F0), x_2 , – дисперсия ЧОТ, x_3 , – максимум ЧОТ, x_4 , – минимум ЧОТ, x_5 , – математическое ожидание интенсивности речи, x_6 , – максимум интенсивности, x_7 , – минимум интенсивности, x_8 , – дисперсия интенсивности, $x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}$ – математическое ожидание формант F1, F2, F3, F4. Выходными параметрами модели являются эмоциональные состояния пользователя:

$$Y = (y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6) \quad (3)$$

где y_1 –страх; y_2 –грусть; y_3 –гнев; y_4 –стыд; y_5 –радость; y_6 – бесстрашие. В принципе, количество эмоций может составлять не один десяток – здесь мы приводим лишь три пары противоположных эмоциональных состояний:

$$y_1 = \neg y_6, y_2 = \neg y_5, y_3 = \neg y_4 \quad (4)$$

Таким образом, исходя из построенной модели, становится возможным определение эмоционального состояния говорящего. Разложение речевого сигнала на элементарные составляющие (синусоида с опеределенной амплитудой, частотой и фазой) возможно с помощью алгоритма быстрого дискретного преобразования Фурье (БДПФ).

Разработка автоматизированного программного комплекса

На этой модели основано разрабатываемое нами программное обеспечение. В нем должны быть реализованы следующие алгоритмы:

1. Выделение параметров речи, вариативных к активным речевым или образным раздражителям и определение их фоновых значений.
2. Выявление отклонений в значениях этих параметров при воздействии активных речевых или образных раздражителях.
3. Измерение и фиксация значений полученных параметров.
4. Индикация результатов измерений.

В дальнейшем, при изучении полученных данных, делается вывод о том в каком эмоциональном состоянии находится пользователь.

Выводы

Эмоции есть отражение мозгом человека и животных какой-либо актуальной потребности и вероятности ее удовлетворения [6]. Каждому уровню потребностей, соответствует определенная преобладающая эмоция [7]. Следовательно, опираясь на потребности, эмоция является своеобразной «психической силой», направляющей поведение человека [8]. Зная, какую эмоцию испытывает человек в тот или иной момент, можно предугадать его поведение.

На основании полученных результатов можно сделать выводы о связи особенностей акустических средств выражения эмоций с особенностями физиологического состояния организма человека, испытывающего эти эмоции. На этом базируется разрабатываемая в настоящее время методика, предназначенная для получения эмоционального состояния человека по его голосу. Данная методика позиционируется нами, в первую очередь, как способ решения диагностической задачи в фоноскопической судебной экспертизе – построении бесконтактного речевого полиграфа.

Л и т е р а т у р а

1. <http://speech-soft.ru/>
2. Сидорова Ю.А. Алгоритм эмоционального классификатора по речи для построения интерфейса человек-компьютер. // МГУ им. М. В. Ломоносова.
3. Варламов В. А. Детектор лжи. М., 2004.
4. Игнатова Т.А., Петров А.А., Рыбальский О.В. Речевого полиграф. // Вестник государственного университета информационно-коммуникационных технологий, № 3 за 2007, т 5.
5. Ирина Алдошина. Связь акустических параметров с эмоциональной выразительностью речи и пения. // <http://rus.625-net>. Журнал «Звукорежиссер», 2003, № 2.
6. Симонов, П.В. Эмоциональный мозг: Физиология: Нейроанатомия: Психология эмоций. М., 1981.
7. К классификации эмоций / <http://www.voppsy.ru/issues/1991/914/914096.htm>.
8. Фоминых И.Б. Эмоции как аппарат оценок поведения интеллектуальных систем // Десятая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием: Тр. конф. М.: Физматлит, 2006.

УДК 622.7

Крамар Н.М., Пожидаев В.Ф., Сычева Л.Ф.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПЛАТЫ ЗА НЕДРА

В проблеме формирования арендных отношений основной задачей является установление величины платы за недра с учетом географических, горно-геологических, технологических, организационных, экономических и экологических факторов. Предлагаемый метод определения платы за недра должен способствовать поиску и быстрому внедрению их в практику горно-металлургического производства.

Для реализации основных положений радикальной экономической реформы необходимо решить проблему формирования арендных отношений между горными предприятиями и государственными учреждениями различных уровней. Сущность арендной формы заключается в том, что коллектив горного предприятия оформляет договоры на эксплуатацию запасов полезного иско-

паемого в пределах горного отвода и использование земель в пределах земельного отвода [1].

В проблеме формирования арендных отношений основной задачей является установление величины платы за недра с учетом географических, горно-геологических, технологических, организационных, экономических и экологических факторов [2].

Установлено, что в технолого-экономическом отношении любое горное предприятие функционирует как система, в которой взаимодействуют в неразрывной связи геологические, технологические и экологические ценности Экологические ценности - компоненты окружающей среды, которые нарушаются или могут быть нарушены при функционировании горного предприятия. Величина прибыли может формироваться по трем направлениям. За счет эксплуатации балансовых запасов месторождения [3]

$$\Pi_p^{\delta} = \sum_{i=1}^{t_p} A_{\text{год}i} (\Pi_{\text{р.м.}} - \sum C_i) . \quad (1)$$

За счет комплексного использования ППП на всех стадиях получения готовой продукции:

$$\Pi_p^{\text{кпл}} = \sum_{j=1}^{t_p} D_{\text{кпл}j}^{\text{год}} (\Pi_{\text{кпл}j} - \sum C_j) K_{\text{исп}j} \quad (2)$$

За счет снижения экологического ущерба:

$$Y_{\text{эк}} = \sum_{k=1}^{t_p} D_{\text{эк}k}^{\text{н}} \Pi_{\text{эк}k}^{\text{н}} [1 - (K_{\text{эк}k}^{\text{в}} - K_{\text{эк}k}^{\text{з}})], \quad (3)$$

где $\Pi_{\text{р.м.}i}$ - ценность, извлекаемая из каждой тонны добытой рудной массы на современном уровне развития технологии и экономики добычи и переработки рудного сырья, р/т; $A_{\text{год}i}$ - годовая производительность горного предприятия в i -й год эксплуатации, т/год; t_p - срок службы горного предприятия, лет; $\sum C_i$ - суммарные затраты, приходящиеся на 1 т рудной массы по статьям разведки $C_{\text{р}}$, добычи $C_{\text{доб}}$, обогащения $C_{\text{об}}$, транспортирования $C_{\text{тр}}$, металлургического передела $C_{\text{м.п.}}$ и получения попутных продуктов $C_{\text{п.п.}}$, р/т, $\sum C_i = C_{\text{р}} + C_{\text{доб}} + C_{\text{об}} + C_{\text{тр}} + C_{\text{м.п.}} + C_{\text{п.п.}}$; $D_{\text{кпл}j}^{\text{год}}$ - годовые количества образующихся ППП, р/т, р/м³; $\Pi_{\text{кпл}j}$ - ценность единицы ППП, которую можно извлечь при современном уровне технологии комплексного использования запасов, р/т; $\sum C_j$ - затраты, приходящиеся на единицу ППП при комплексном использовании запасов, р/т, р/м³; $K_{\text{исп}j}$ - коэффициент использования ППП, зависящий от стадии разработки запасов; $D_{\text{эк}k}^{\text{н}}$, $\Pi_{\text{эк}k}^{\text{н}}$ - годовые количества и ценность единицы нарушенных компонентов окружающей среды (от 1 до 1г), т, га, м³, р/т, р/га, р/м³; $K_{\text{эк}k}^{\text{в}}$ - коэффициент экологического восстановления k -го компонента окружающей среды; $K_{\text{эк}k}^{\text{з}}$ - коэффициент экологических затрат на восстановление k -го компонента окружающей среды. Величина полной прибыли

$$\Pi_p^{\text{общ}} = \Pi_p^{\delta} + \Pi_p^{\text{кпл}} - Y_{\text{эк}} \quad (4)$$

Выражение (4) отражает множество технолого-экономических ситуаций, которые можно объединить в три группы: $\Pi_p^{\text{общ}} > 0$ - горное предприятие рабо-

тает с прибылью, т. е. $\Pi_p^{\text{б}} + \Pi_p^{\text{кпл}} > Y_{\text{эк}}$; $\Pi_p^{\text{общ}} = 0$ - горное предприятие работает без прибыли (т.е. безубыточно). Это возможно в следующих случаях: $\Delta\Pi_p^{\text{б}} = 0$, но $\Pi_p^{\text{кпл}} = Y_{\text{эк}}$, $\Delta\Pi_p^{\text{кпл}} = 0$, но $\Pi_p^{\text{б}} = Y_{\text{эк}}$, $\Delta\Pi_p^{\text{б}} + \Pi_p^{\text{кпл}} = Y_{\text{эк}}$; $\Pi_p^{\text{общ}} < 0$ - горное предприятие работает убыточно. В этом случае на основе технико-экономического анализа необходимо выявить резервы повышения эффективности работы данного предприятия. Так как плата за недра является частью общей прибыли, определяемой по выражению (4), то введем ее величину в выражение $\Pi_p^{\text{б}}$ (1). Это позволит определять величину $\Delta\Pi_{\text{л}}^{\text{н}}$ с учетом всех видов деятельности горного предприятия, формирующих величину его общей прибыли:

$$\Pi_p^{\text{б}} = \sum_{i=1}^{t_p} A_{\text{год}i} (\Pi_{\text{р.м.}} - \sum C_i - \Delta\Pi_{\text{л}}^{\text{н}}).$$

Ценность рудной массы связана с ценностью балансовых запасов соотношением [4]:

$$\Pi_{\text{р.м.}} = \Pi_{\text{б}} K_{\text{н}}^{\text{ц}} / K_{\text{кол}}, \quad (5)$$

где $K_{\text{н}}^{\text{ц}}$ - коэффициент извлечения ценностей из каждой тонны балансовых запасов руды при современной технологии горного и перерабатывающего производства [4]; $K_{\text{кол}}$ - коэффициент извлечения количества руды; Б - количество балансовых запасов руды в месторождении. С учетом (2), (3) и (5) величина общей прибыли

$$\Pi_p^{\text{общ}} = BK_{\text{кол}} (\Pi_{\text{б}} K_{\text{н}}^{\text{ц}} / K_{\text{кол}} - \sum C_i - \Delta\Pi_{\text{л}}^{\text{н}}) + D_{\text{кпл}j}^{\text{год}} (\Pi_{\text{кпл}j} - \sum C_j) K_{\text{исп}j} - D_{\text{эк}}^{\text{н}} \Pi_{\text{эк}}^{\text{н}} [1 - (K_{\text{эк}}^{\text{в}} - K_{\text{эк}}^{\text{з}})] \quad (6)$$

Формула (6) отражает формирование прибыли на горном предприятии и показывает роль и значение платы за недра в повышении полноты и эффективности использования запасов эксплуатируемого месторождения. Из (6) следует, что плата за недра является частью прибыли, которую горное предприятие могло иметь при отсутствии арендных отношений:

$$\Pi_p^{\text{общ}} + BK_{\text{кол}} \Delta\Pi_{\text{л}}^{\text{н}} = BK_{\text{кол}} (\Pi_{\text{б}} K_{\text{н}}^{\text{ц}} / K_{\text{кол}} - \sum C_i) + D_{\text{кпл}j}^{\text{год}} K_{\text{исп}j} \times (\Pi_{\text{кпл}j} - \sum C_j^{\text{кпл}}) - D_{\text{эк}}^{\text{н}} \Pi_{\text{эк}}^{\text{н}} [1 - (K_{\text{эк}}^{\text{в}} - K_{\text{эк}}^{\text{з}})] \quad (7)$$

Рассмотрим технолого-экономические ситуации, вытекающие из анализа выражения (7).

1. Горное предприятие работает безубыточно, т. е. $\Pi_p^{\text{общ}} = 0$, тогда

$$\Delta\Pi_{\text{л} \text{ос}}^{\text{н}} = \Pi_{\text{б}} K_{\text{н}}^{\text{ц}} / K_{\text{кол}} - \sum C_i + \frac{D_{\text{кпл}j}^{\text{год}} K_{\text{исп}j} (\Pi_{\text{кпл}j} - \sum C_j)}{BK_{\text{кол}}} - \frac{D_{\text{эк}}^{\text{н}} \Pi_{\text{эк}}^{\text{н}} [1 - (K_{\text{эк}}^{\text{в}} - K_{\text{эк}}^{\text{з}})]}{BK_{\text{кол}}} \quad (8)$$

2. Горное предприятие работает с прибылью, т. е. $\Pi_p^{\text{общ}} > 0$. В этой ситуации величина платы за недра образуется из двух составляющих основной части $\Delta\Pi_{\text{л} \text{ос}}^{\text{н}}$ и дополнительной - $\Delta\Pi_{\text{л} \text{доп}}^{\text{н}}$, которая отчисляется из величины общей прибыли с учетом коэффициентов платы за недра $K_{\text{пл}}^{\text{н}}$: $\Delta\Pi_{\text{л} \text{доп}}^{\text{н}} = K_{\text{пл}}^{\text{н}} \Delta\Pi_p^{\text{общ}}$, здесь $\Delta\Pi_p^{\text{общ}} = \Pi_p^{\text{общ}} (BK_{\text{кол}})^{-1}$ - удельная величина прибыли (приходящаяся на 1 т

погашаемых запасов), р/т. Величина платы за недра определяется по выражению:

$$\Delta\Pi^H = \Delta\Pi_{oc}^H + K_{пл}^H \Delta\Pi_p^{общ}. \quad (9)$$

Из выражения (7) с учетом (9) получим формулу для определения платы за недра на любом горном предприятии с учетом всего комплекса факторов:

$$\Delta\Pi^H = \frac{\Pi_6 K_n^{ц.норм}}{K_{кол}} - \sum C_i + \frac{D_{кплj}^{общ} K_{испj}^{норм} (\Pi_{кплj} - \sum C_j^{кпл})}{BK_{кол}} - \frac{D_{эк}^H \Pi_{эк}^H [1 - (K_{эк}^{в.норм} - K_{эк}^3)]}{BK_{кол}} + K_{пл}^H \Delta\Pi_p^{общ}. \quad (10)$$

В формуле (10) нашли отражение горно-геологические (Π_6 , $\Pi_{эк}^H$), технические и технологические ($K_{кол}$, $K_n^{ц.норм}$, $K_{испj}^{норм}$, $K_{эк}^{в.норм}$, $D_{кплj}^{общ}$, $D_{эк}^H$), организационные, экономические и экологические ($\sum C_i$, $\Pi_{кплj}$, $\sum C_j^{кпл}$, $\Pi_{эк}^H$, $K_{эк}^3$, $\Delta\Pi_p^{общ}$, $K_{пл}^H$) факторы, влияющие на величину платы за недра на горных предприятиях.

Рассмотрим обоснование требований к методу определения платы за недра. Необходимо обосновать комплекс требований, которым должен отвечать метод определения платы за недра. В той или иной степени в деятельности горных предприятий участвуют экологические ценности ЭЦ, которые представлены компонентами окружающей природной среды (леса, земли, ландшафты, воды, воздух, пастбища и т. д.) и могут быть нарушены при горных разработках.

Требование стимулирования полноты отработки запасов на горном предприятии обусловлено тем, что в настоящее время потери балансовых запасов на многих рудниках и шахтах достигают 10-40%, причем большая часть их не фиксируется, т. к. в рудной массе незафиксированная часть потерь замещена примешиваемыми вмещающими породами. Плата за недра, определяемая по величине конечной продукции, будет ориентировать горные предприятия на снижение потерь руды.

Обеспечение экономической заинтересованности коллективов горных и перерабатывающих предприятий в комплексном использовании попутно получаемых продуктов использование вскрышных пород, хвостов обогащения, золы, шлаков, растворов и других так называемых технологических отходов для получения строительных материалов, закладки, вяжущих и т. д. Реализация данного требования способствует формированию безотходного или малоотходного производства на горных и перерабатывающих предприятиях, что обеспечит заметное снижение экологического воздействия на окружающую среду в районах размещения горно-обогатительных и горно-металлургических комплексов.

Л и т е р а т у р а

1. Агроскин А.А. Физические свойства угля. – М.: Metallurgizdat, 1961. – С.69-81.
2. Справочник по качеству и обогатимости каменных углей и антрацитов Украинской ССР. – М.: Недра, 1967. – Т.2. – 250с.
3. Таггард А.Ф. Справочник по обогащению полезных ископаемых // М., 1950. – Т.4. – С.50-52.
4. Таскаев В.В. К вопросу о дотациях угольной промышленности. // М., 1999. – 241с.
5. Шпирт М. Я. Безотходная технология. Утилизация отходов добычи и переработки твердых горючих ископаемых. М., Недра, 1986.
6. Kelly E. O; Spottiswood D. I. Introduction to mineral Processin. New York, 1982.

Свиридов В.В., Радкевич Н.А.

ЦИФРОВОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ В СКАНИРУЮЩЕЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ

С целью увеличения пространственного разрешения в конструкции сканирующего спектрофотометра отражения в качестве детектора применена цифровая камера. Установлена возможность избирательной диагностики неоднородности показателя преломления алмазоподобных слоев. Определены условия поиска оптимальных режимов технологических процессов при магнетронном распылении углерода в атмосфере азота. Рис. 4. Ист. 17.

Развитие микро- и нанотехнологий привело к потребности получения слоев с воспроизводимыми и устойчивыми оптическими свойствами [1-9]. Существует большое количество экспериментальных методик для исследования характеристик пленок на различных подложках. Наибольшее распространение получили метод сканирующей спектрофотометрии и эллипсометрии [10-15]. Для увеличения пространственного разрешения применяется уменьшение площади пучка света с помощью диафрагм и оптических систем [12-14]. При этом эффекты, связанные с размером пучка, играют существенную роль.

При автоколлимационном контроле положения образца и замене традиционных детекторов (типа ФЭУ, ФС, ФД) цифровой камерой [16, 17] не требуется ограничивать зондирующий пучок диафрагмами и коллиматорами. После отражения от образца он свободно проходит оптический канал прибора и соответствующим образом заполняет матрицу камеры (с объективом или без него). Матрица в цифровой форме фиксирует распределение интенсивности в отраженном пучке. Каждый разрешенный элемент цифровой фотографии несет информацию об оптических параметрах физически малой поверхности из площади сечения пучка на образце.

Аппаратное решение

Работа выполнена на сканирующем эллипсометре оригинальной конструкции [16, 17]. Для спектральных исследований в схему эллипсометра введен монохроматор и цифровая камера (рис. 1).

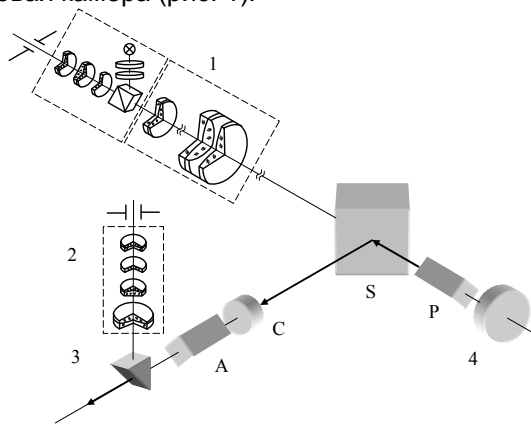


Рис. 1. Оптическая схема сканирующего эллипсометра:

- 1 – автоколлимационная труба с окуляр-кубом; 2 – вспомогательная труба с измерительным окуляром Гюйгенса; 3 – призма полного внутреннего отражения; 4 – выходное зеркало лазера; А – анализатор; С – компенсатор; S – поверхность образца; P – поляризатор

Монохроматор предназначен для работ в области спектра $(200 \div 800) \text{ нм}$; отсчет длин волн осуществляется непосредственно с точностью $\pm 0,2 \text{ нм}$ (величина обратной линейной дисперсии $3,2 \frac{\text{нм}}{\text{мм}}$). Цифровая камера снабжена CMOS матрицей и позволяет получать изображения размером $(1600 \times 1200) \text{ pixel}$ в формате bmp. Такой выбор камеры является оптимальным при использовании объектива с пределом разрешения в центре не менее $90 \frac{\text{линий}}{\text{мм}}$ (стандартный проекционный объектив). После отражения от поверхности образца зондирующий пучок в своем сечении получает сложное распределение интенсивности. Это распределение матрица камеры фиксирует каждым своим пикселем.

Для проведения эксперимента оптическая схема была упрощена – исключены поляризатор и компенсатор. He-Ne лазер (TEM_{00} , $\lambda = 632,8 \text{ нм}$, $P_{\text{вых}} = 1 \text{ мВт}$, полуконфокальный резонатор с радиусом перетяжки гауссова пучка на выходе не более $w_0 = 0,5 \text{ мм}$) оставлен для юстировки и контроля положения элементов прибора.

Методика изготовления образца

В качестве подложки выбрана пластина из плавленого кварца КУ-1, обработанная не хуже 14 класса и с отклонением от плоскости 2 кольца. Выбор подложки объясняется тем, что оптические свойства кварца КУ-1 хорошо изучены и стандартизированы. Частично одна из сторон пластины была заматована с неоптимизированной шероховатостью, но так, что диаграмма направленности рассеянного отраженного света на базе прибора в $0,5 \text{ м}$ не подсвечивала образец. Подложка подвергалась двухступенчатой очистке в этиловом и изопропиловом спиртах. Непосредственно перед процессом роста плёнки, ее рабочая поверхность очищалась азотной плазмой тлеющего разряда. На подложку был нанесен комбинированный по площади и толщине слой C:N. Часть поверхности образца, которая в процессе напыления была заэкранирована, оставалась без слоя C:N.

Алмазоподобная пленка нитрида углерода с металлической примесью была получена на вакуумной установке методом ионно-плазменного распыления комбинированной углерод-металлооксидной мишени в азотной атмосфере. Был применён магнетрон постоянного тока с индукционной стабилизацией плазмы. В качестве мишени использовалась пластина графита. При изготовлении и полировке углеродной мишени неизбежно происходит насыщение ее поверхностных слоев различными примесями. Чтобы эти загрязнения не попадали в образец, мишень предварительно обрабатывалась тлеющим разрядом в атмосфере азота.

Численный анализ

Для достижения цели были проведены спектрофотометрические исследования системы $\text{SiO}_2 - \text{CN}$ в рамках однослойной модели. Измерения проводились при угле падения 7° в диапазоне длин волн $(450 \div 650) \text{ нм}$ с шагом 5 нм . Для построения зависимости отражательной способности от длины волны необходимо иметь серию цифровых фотографий отраженного пучка.

Спектрофотометрический метод позволяет определить толщину и оптические постоянные слоя по экспериментально измеренному спектральному коэффициенту отражения $\rho(\lambda)$ или пропускания $\tau(\lambda)$ системы слой-подложка. В случае прозрачного слоя на прозрачной подложке подложку изготавливают или

клиновидной с углом $\theta = (3 \div 5)^\circ$, или заматованной, что позволяет исключить влияние нерабочей поверхности. Формула для коэффициента отражения системы слой-поверхность подложки при нормальном зондировании, полученная с учётом многолучевой интерференции в слое, имеет следующий вид:

$$\rho(\lambda) = \frac{r_{12}^2 + r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23} \cos\left(\frac{4\pi}{\lambda} \cdot n_2 d_2\right)}{1 + r_{12}^2 r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23} \cos\left(\frac{4\pi}{\lambda} \cdot n_2 d_2\right)}, \quad (1)$$

где r_{12} , r_{23} – амплитудные коэффициенты отражения границ раздела воздух-слой и слой-подложка. Графики, соответствующие формуле (1) при $n_2 > n_3$ и $n_2 < n_3$, приведены на рис. 2. Здесь $\rho_{\text{под}}$ – коэффициент отражения чистой поверхности подложки. Измеряя длины волн (λ_m, λ_{m+1}), соответствующие двум экстремумам $\rho(\lambda)$, и значение экстремума ρ_m , можно определить параметры прозрачного слоя по следующим формулам:

$$n_2 = \sqrt{n_1 n_3 \frac{1 + \sqrt{\rho_m}}{1 - \sqrt{\rho_m}}}; \quad d_2 = \frac{\lambda_m \lambda_{m+1}}{4n_2(\lambda_{m+1} - \lambda_m)},$$

где $\rho_m = \rho_{\min}$ при $n_2 < n_3$; $\rho_m = \rho_{\max}$ при $n_2 > n_3$.

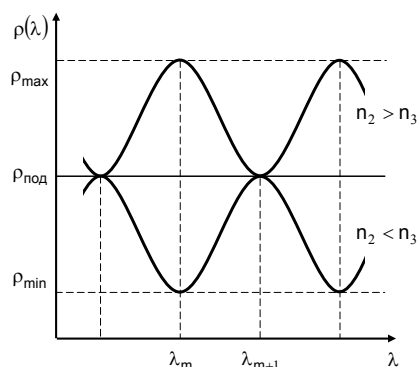


Рис. 2. Зависимость спектрального коэффициента отражения при нормальном падении

В спектрофотометрических измерениях оптическая толщина слоев должна быть не менее $\frac{\lambda_1}{4}$, где λ_1 – длина волны первого экстремума. В видимой области минимальные толщины исследуемых слоев составляют примерно 100 нм.

Т.к. авторы стремились получить однородный образец воздух-CN-SiO₂, то для прогнозирования результатов выполнено математическое моделирование со следующими типичными значениями параметров: $n_1 = 1$, $n_2 = 2,38$, $n_3 = 1,46$, $d_2 = 450$ нм.

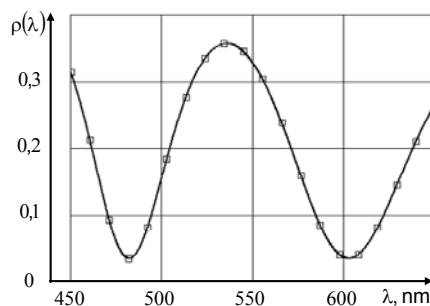


Рис. 3. Результаты моделирования зависимости спектрального коэффициента отражения при нормальном падении системы воздух-алмазный слой-кварц

Полученная модельная зависимость спектрального коэффициента отражения должна выполняться для каждого разрешенного элемента цифровой фотографии, который несет информацию об оптических параметрах физически малой поверхности из площади сечения пучка на образце.

В действительности этого может и не быть вследствие неоднородности показателя преломления слоя. Последнее обстоятельство дает возможность судить о величине и характере неоднородности показателя преломления слоя по спектрофотометрическим кривым коэффициентов отражения.

Математическая обработка каждой экспериментально полученной фотографии проведена в среде MathCad. После обработки строится 3D поверхность в виде гистограммы. Каждый элемент гистограммы представляет собой интенсивность света, отраженного от соответствующего участка образца, положение которого задается плоскими координатами в пикселях.

В результате сканирования по поверхности образца и поэлементного анализа 3D гистограмм получены спектрофотометрические зависимости коэффициентов отражения. Среди них установлена та кривая, которая максимально соответствует модельной (рис. 4).

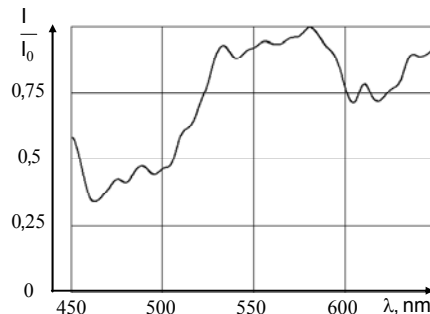


Рис. 4. Экспериментальная спектрофотометрическая зависимость отражательной способности системы воздух- CN - SiO₂

При совершенствовании методов получения пленок с воспроизводимыми оптическими свойствами ведется поиск условий магнетронного напыления. Это требуется для выработки методов получения пленок для устройств оптоэлектроники. Причиной образования неоднородных слоев, является то, что характер неоднородностей зависит от многих технологических параметров, таких как температура нагрева подложек, давление и состав остаточных газов в на-

пылительной камере, скорость осаждения, чистота исходных материалов и др. Это означает, что для получения воспроизводимой зависимости градиентов показателя преломления требуется строгая стабилизация всех параметров технологического процесса.

Цифровое детектирование в сканирующей спектрофотометрии позволяет проводить избирательную диагностику образцов, полученных после того или иного изменения технологических условий.

Выводы

Замена традиционных детекторов (типа ФЭУ, ФС, ФД) цифровой камерой позволяет увеличить пространственное разрешение спектрофотометрических измерений отражения без применения коллиматоров и диафрагм. Использование стандартной неоптимизированной цифровой камеры увеличивает разрешение до $10 \times 10 \mu\text{m}$ и более, что является предельным для традиционных методов.

Предложенное аппаратное решение позволяет получать распределения интенсивности по сечению отраженного пучка света, поддающиеся пикселизации и математической обработке.

Экспериментальные спектрофотометрические зависимости согласуются с теорией отражения от неоднородных поверхностей и указывают на невозможность использовать модель однородного слоя для образцов, полученных по указанной методике.

Л и т е р а т у р а

1. Mitin V., Kochelap V., Strasio M. Quantum Heterostructures. Microelectronics and Optoelectronics, Cambridge: University Press, 1998, p.634.
2. Devies J. The Physics of Low-dimensional Semiconductors, Cambridge: University Press, 1998, p.438.
3. Craighead H.G., Glass A.M.// Opt. Lett. V.6, №5, 1981, p.248.
4. Звездин А.Л., Котов В.А. Магнитооптика тонких пленок. – М.: Наука, 1988.
5. Garoff S., Weits D.A., Gramila T.J., Hanson C.D.//Opt. Lett, V.6, №5, 1981, p.245.
6. Glass A.M., Liao P.F., Bergman J.G., Olson D.H.//Opt. Lett, V.5, №9, 1980, p.368.
7. Spigulis J.//Opt. Photon News, 16(10), 34(2005).
8. Shapira O. et al//Opt. Express, 14, 3929-35 (2006).
9. Shapira O. et al//26| OPN May 2007.
10. Яковлев П.П., Мешков Б.Б. Проектирование интерференционных покрытий. – М.: Машиностроение, 1987.
11. Топорец А.С. Оптика шероховатой поверхности. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988.
12. Azzam R.M.A., Bashara N.M. Ellipsometry and Polarized Light. – Amsterdam, New York, Oxford: North-Holland Publishing Co, 1977.
13. Горшков М.М. Эллипсометрия. – М.: Сов. радио, 1974.
14. Ржанов А.В., Свитаев К.К., Семенов А.И. и др. Основы эллипсометрии – Новосибирск: Наука, Новосибирское отд-ние, 1979.
15. Гадомский О.Н., Кадочкин А.С.//Опт. и спектр., Т.96, №4, 2004, с.646.
16. Свиридов В.В., Радкевич Н.А., Жихарев И.В.//ФТВД, Т.16, №2, 2006, с.43-49.
17. Свиридов В.В., Радкевич Н.А., Романченко С.П.// Вісник ЧНУ, №6 (100), 2006, Ч.2, с. 151-155.

АНАЛИЗ ГРАФИЧЕСКИХ ФАЙЛОВ НА НАЛИЧИЕ СКРЫТОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

Рассматриваются аспекты реализации систем и способ для обеспечения процесса поиска скрытой информации в графических файлах на основе использования методов спектрального анализа изображений.

Введение. Обеспечение надежности реализации вопросов национальной безопасности предполагает использование устойчивых методов обнаружения скрытой информации в файлах различного типа. Одной из сложных задач в этом аспекте является построение научно обоснованных методов обнаружения, позволяющих не только с определенной долей вероятности оценивать наличие скрытой информации в файлах, но и определять ее размер или даже содержание. Развитие теории и практики алгоритмов сжатия изображений привело к изменению представлений о технике внедрения скрытой информации. В стего-алгоритмах зачастую используются те же преобразования, что и в современных алгоритмах сжатия (дискретное косинусное преобразование в JPEG, вейвлет-преобразование в JPEG2000). Однако наиболее изученным и хорошо отработанным в реализации является метод встраивания в малозначащие биты, поэтому исследование подобных алгоритмов встраивания в настоящее время является достаточно актуальным.

Постановка задачи исследования. Создание алгоритмов поиска скрытой информации базируется на изменении статистических характеристик цифровых компонентов данных, как следствии внедрения информации, отличающейся от выявленных закономерностей графических файлов [1,2,3]. Это подразумевает наличие таких закономерностей, наблюдаемых в большинстве графических файлов и обладающих повторяемостью и воспроизводимостью, которые существенно изменяются при внедрении скрытой информации. Выявление таких закономерностей представляет собой актуальную задачу, решение которой в целом позволит с определенной степенью вероятности прогнозировать наличие встроеной информации в рассматриваемых графических файлах.

Основная часть. Одним из наиболее важных элементов исследования является выбор формы представления входных данных. Будем рассматривать в качестве входных данных графического файла набор рядов, членами которых являются вертикальные и горизонтальные элементы матрицы описания графического файла. Анализ исследований в рамках разработки системы выявления скрытой информации указывает на возможность использования методологии выявления скрытой информации в графических файлах на основе статистических критериев типа сигнал/шум [4,5,6,7]. В частности, для того чтобы статистическая характеристика типа «сигнал/шум» была достаточно инвариантна для различных графических файлов и существенно изменялась при наличии скрытой информации, необходима специальная группировка информации, которая в свою очередь требует определения критериев группировки информации.

Одним из принципов группировки информации может быть принцип разделения информации на две составляющие: само изображение, с незначительным влиянием скрытой информации, и часть сигнала, в котором влияние скрытой информации очень велико. Подобное разделение должно удовлетворять критерию инвариантности ряда статистических характеристик для большой

группы графических файлов. Для решения подобных задач наиболее рационально использовать методы спектрального анализа сигнала, позволяющие проанализировать статистические характеристики графической информации и выявить наиболее чувствительные к встраиванию скрытой информации.

Для разделения исходного графического сигнала на составляющие использована методология анализа главных компонент [9]. Анализировались графические файлы, представлявшие собой наборы графических элементов 800х600. Последовательно исследовались параметры точек по заранее заданному алгоритму их перебора. Анализ экспериментальных данных исследований показывает высокую чувствительность используемой методологии к встраиванию информации. Так, например, даже если доля встраиваемой информации не превышает 3-4% по объему от информации, содержащейся в младших четырех битах графических файлов, высокочастотные компоненты частотно-временного разложения чувствительны к встраиваемой информации.

Проведенное исследование показало, что разделение сигнала на составляющие и выделение наиболее чувствительного к встраиванию сигнала возможно на основе анализа второй точки перегиба кривой собственных значений матрицы траекторий.

Сравнение высокочастотной компоненты спектрального разложения графического сигнала одного и того же файла со встроенной информацией и без нее показывает возможность использования этого метода для выявления скрытой информации в графических файлах.

Кроме того, в ходе проведения исследования установлено, что в старших компонентах спектрального разложения встраиваемая информация сказывается весьма слабо и недоступна для анализа. Поэтому вторая часть сигнала представляет собой в рамках описанной методологии «условный шум». Встраиваемая в младшие биты информация существенно изменяет структуру второй «шумовой» составляющей, которая и является определяющей в настоящем исследовании. Так на рис.1 представлены графики высокочастотных компонент разложения графического изображения с последующей обработкой и без обработки, без скрытой информации и со встроенной информацией. При этом анализировались лишь младшие 2 бита. Для проведения анализа графическое изображение раскладывалась по элементам R, G, B.

Выполненный анализ показывает наличие сдвига характеристик графического сигнала в младших битах в сторону большей хаотичности в сигналах, содержащих вложения. Достаточно интересной для анализа является уровень автокорреляции компонент разложения. Проведенные экспериментальные исследования показывают наличие четко выраженных закономерностей корреляции. Как правило, любое встраивание скрытой информации с ее достаточно равномерным рассредоточением по аудио файлу для конкретного алгоритма встраивания должно давать вполне определенные по порядку величин автокорреляции для высокочастотных компонент спектрального разложения. Экспериментальные исследования подтвердили эту гипотезу для достаточно широкого диапазона параметров исследования.

Так на рис.2. представлены характерные фрагменты автокорреляционных функций высокочастотных компонент разложения для двух фрагментов различных графических файлов без скрытой информации и содержащих скрытую информацию. Значения рассматриваемых статистических характеристик имеют отличия, связанные с разной степенью выраженной периодичности сигналов. При этом данные значения для различных графических файлов, конкретных стеганографических алгоритмов и фиксированном объеме скрытой информации по отношению к исходной весьма стабильны.

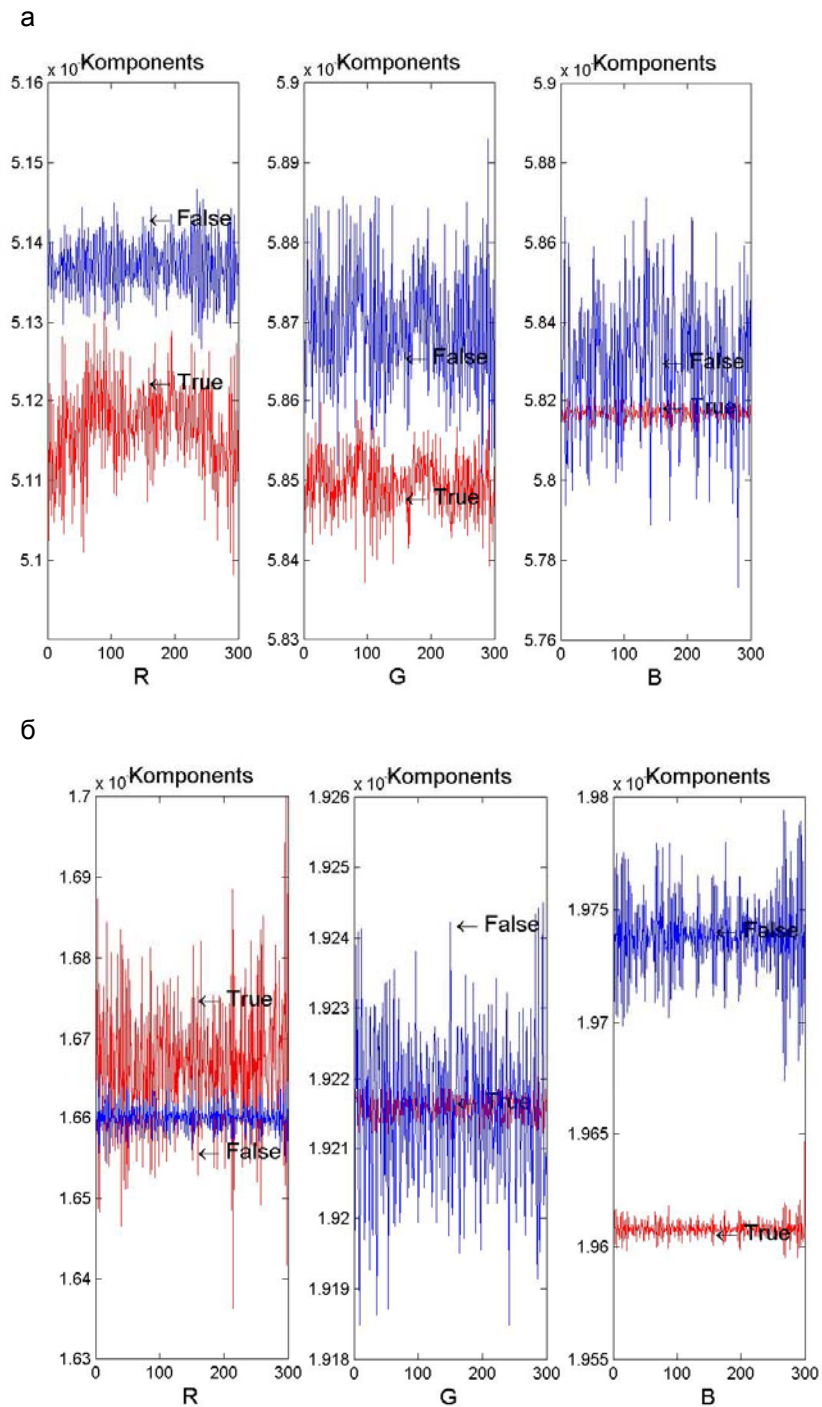


Рис.1. Высокочастотные компоненты разложения графического сигнала (с встроенной скрытой информацией и без применения стеганографических алгоритмов)
 а – файлы фотографий без корректировки графических контейнеров в графических редакторах; б – файлы фотографий с корректировкой графических контейнеров в графических редакторах

Как показывает анализ для большинства исследованных стеганографических алгоритмов при объеме вложения скрытой информации порядка нескольких процентов от объема младших четырех бит графического файла нет необходимости при анализе использования известных критериев проверки статистических гипотез – рассматриваемые статистические характеристики отличаются значительно.

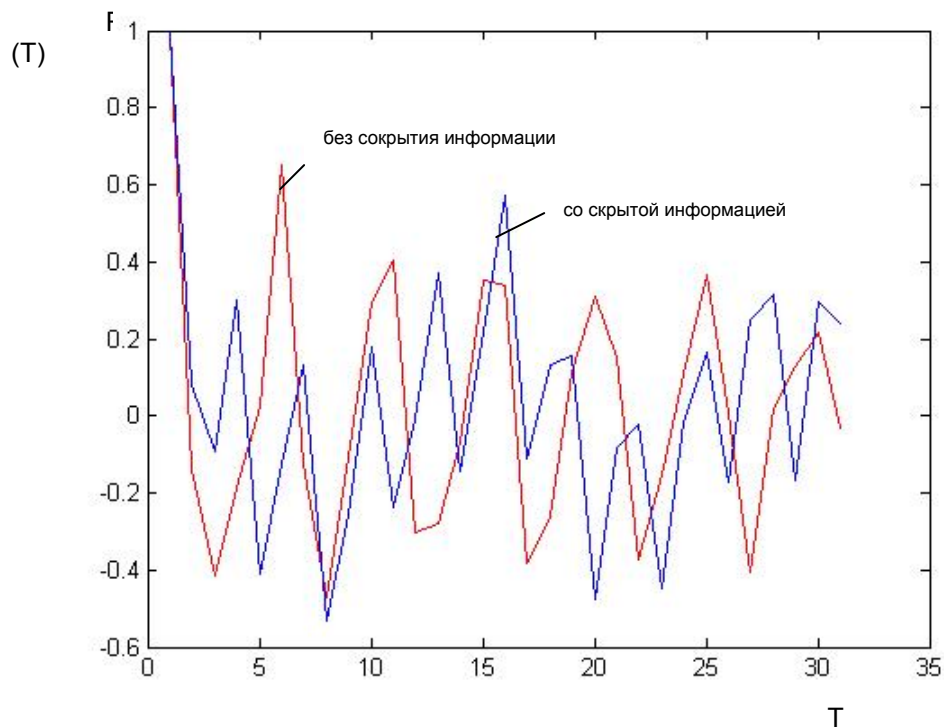


Рис.2. Фрагменты автокорреляционных функций графических файлов

Поведение автокорреляционных функций выделенной части графического сигнала не является единственным возможным критерием для выявления скрытой информации. Главным в данной методологии является значительное изменение амплитуды высокочастотных компонент разложения графического сигнала при встраивании скрытой информации. Фактически при проведении ряда сравнительных исследований даже неопытный наблюдатель может с легкостью идентифицировать наличие встроенной информации в графических файлах. На этой основе возможно построение целой группы различных статистических критериев выявления скрытой информации, выявление которых не входило в задачи представленного исследования. Проведенный анализ показал, что в зависимости от используемого при сокрытии стеганографического алгоритма имеются заметные изменения статистических характеристик, которые в целом отличаются от представленных частотой и амплитудой компонент разложения графического сигнала. Выявление подобных зависимостей требует проведения дальнейших широких исследований.

Исследования позволили также доказать незначительное влияние на процесс выявления скрытой информации на основе предлагаемого метода

предварительной графической подготовки файлов-контейнеров. Так существует мнение, что для усложнения или в целом исключения возможности обнаружения скрытой информации в графических файлах может быть использована в числе прочих методов предварительная обработка графических файлов-контейнеров в графических редакторах, например, наложения объектов, перетекания, заливки и прочее. Выполненный анализ таких файлов вместе с неизменяемыми файлами фотографий показал незначительные изменения в характеристиках зависимостей на основе предлагаемого метода обнаружения, что в целом говорит о схожих закономерностях их структурообразования.

Таким образом, выполненное исследование и выявленные характерные закономерности обнаружения встроенной информации являются в целом достаточно эффективным инструментом обнаружения как в подготовленных графических файлах, так и файлах, полученных при цифровой съемке.

Выводы. Проведенные исследования позволили подтвердить возможность использования для стеганоанализа графических файлов методологии анализа главных компонент на основе спектрального разложения матриц по сингулярным значениям. Дальнейшие исследования могут быть направлены на выявления более точных закономерностей связанных с нарушением целостности структуры графического файла при встраивании информации, а также построении адекватного аппарата выявления скрытой информации.

Л и т е р а т у р а

1. Fridrich J., Du R., Long M. Steganalysis of LSB encoding in color images // ICME, 2000.
2. Marvel L. Image Steganography for hidden communication. PhD Thesis. Univ. of Delaware, 1999. 115p.
3. Maes M., Rongen P., van Overveld C. Digital image watermarking by salient point modification practical results // SPIE Conference on Security and Watermarking of Multimedia Contents. 1999. Vol. 3657. P. 273-282.
4. Bender W., Gruhl D., Morimoto N., Lu A. Techniques for Data Hiding // IBM Systems Journal. 1996. Vol. 35.
5. Marvel L., Boncelet C., Retter J. Reliable Blind Information Hiding for Images // Proceedings of 2nd Workshop on Information Hiding. Lecture Notes in Computer Science. 1998.
6. Ramkumar M. Data Hiding in Multimedia – Theory and Applications. 1999.
7. Hsu C.-T., Wu J.-L. Hidden digital watermarks in images // IEEE Transactions on Image Processing. 1999. Vol. 8. № 1. P. 58-68.
8. Cox I., Kilian J., Leighton T., Shamoon T. Secure spread spectrum watermarking for multimedia // IEEE Transactions on Image Processing. 1997. Vol. 6. № 12. P. 1673-1687.
9. Эммануил Айфичер, Барри Джервис Цифровая обработка сигналов, Москва-Санкт-Петербург-Киев, 2004 г., 989 с.

Спирягин М.И., Спирягин В.И., Костенко И.В.,
Мельник П.В., Ключев А.А.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА В ПАКЕТЕ SIMPACK ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭКИПАЖНОЙ ЧАСТЬЮ

В данной статье рассматривается вариант компьютерного моделирования движения рельсового транспортного средства в пакете Simpack. Описана технология использования данного пакета совместно с пакетом Simulink для создания систем управления экипажной частью рельсового транспортного средства.

Для создания моделей электромеханических продуктов, к которым относится рельсовое транспортное средство, ранее необходимо было использовать группу разработчиков, которая включала в себя инженеров-механиков, инженеров в области электротехники и электроники, а так же инженеров, специализирующихся в области компьютерной инженерии для работы с аппаратным и программным обеспечением в режиме реального времени[1].

Однако, ситуация начала существенно изменяться с появлением такой специализации как мехатроника. Согласно работе [1], мехатроника представляет собой синергетическое объединение трех традиционных областей инженерии для системного уровня конструкторского процесса. Этими областями являются:

1. Механика.
2. Электротехника и электроника.
3. Компьютерные науки.

Для более точного определения мехатроники, можно воспользоваться информацией, представленной на рис.1.

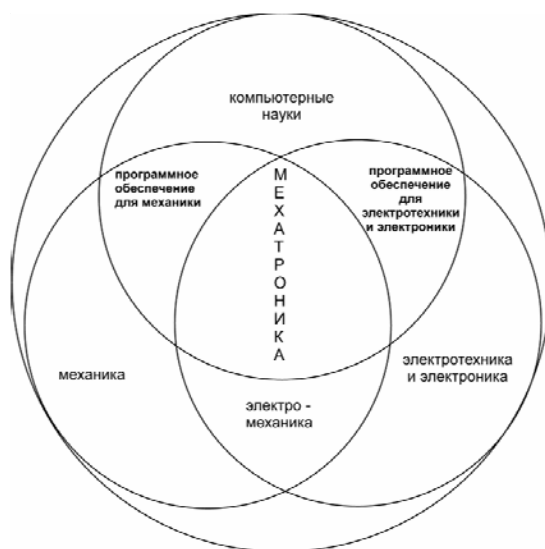


Рис. 1. Понятие мехатроника и его связь с тремя традиционными областями инженерии

В последнее время, для решения задач в области мехатроники для железнодорожного транспорта, широкое распространение получило моделирование механической и электрической частей для рельсовых транспортных средств в системах математического моделирования. Одной из таких систем является пакет Simulink программного комплекса MatLab [2,3]. Однако, следует отметить, что большой проблемой при таком виде моделирования является адекватное описание движения рельсового транспортного средства, связанное с сложностью механической системы.

Авторами был произведен анализ существующих решений в области моделирования рельсовых транспортных средств, который может быть представлен в виде графической информации, показанной на рис. 2, и совпадает с исследованиями, представленными в работе [4].

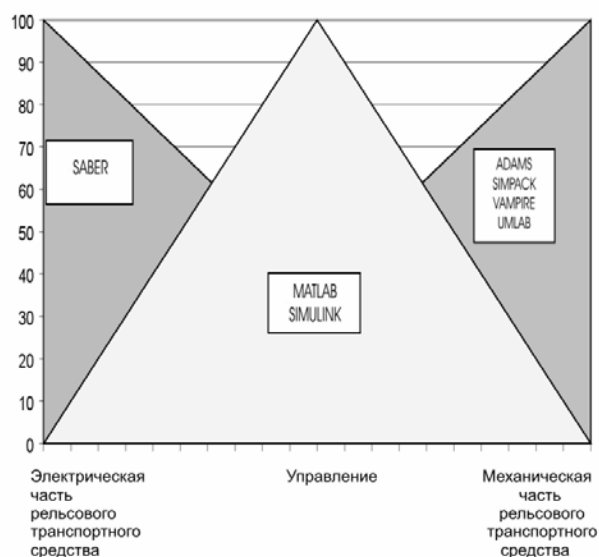


Рис. 2. Диаграмма применения программного обеспечения для моделирования рельсового транспортного средства

Представленные программные комплексы нашли широкое применение в области железнодорожного транспорта и хорошо описаны в литературе и в научных работах по данной тематике и материалах конференций производителей данного программного обеспечения.

Однако, программное обеспечение SIMPACK, зарекомендовавшее себя как надежный и эффективный инструмент анализа динамики рельсовых транспортных средств, позволяющее полностью автоматизировать построение уравнений движения локомотива как механической системы и приблизить модель к реальному рельсовому транспортному средству, практически не известно в Украине. По мнению авторов данной статьи, это связано с тем, что компания-производитель не представляет пользователям соответствующей поддержки на украинском и русском языках.

С точки зрения пользователей данного программного продукта, мы хотим отметить, что часть данного программного обеспечения SIMPACK RAIL дает возможность использовать расчетные схемы с практически любой степенью детализации и обладает следующими характерными особенностями:

- легкое и быстрое создание моделей рельсовых транспортных средств;
- удобная работа с моделями сцепления колеса с рельсом, что позволяет использовать различные контактные модели и работать с различными профилями колеса и рельса;
- задача характеристик пути при моделировании с помощью аналитических, встроенных и свободно задаваемых пользователями функций;
- наличие средств анализа комфорта движения и схода рельсового транспортного средства с рельс;
- большая библиотека элементов, субструктур и параметров рельсовых транспортных средств;
- возможность совместной работы с системами управления за счет применения SIMAT интерфейса;
- наличие интерфейсов сопряжения со многими CAD системами, использующими в области железнодорожного транспорта.

Отдельно стоит отметить, что данное программное обеспечение может устанавливаться на различные операционные системы.

Закончив с описанием возможностей данного программного обеспечения, переходим к процессу создания модели рельсового транспортного средства. Как и в других MBS (MultiBody Systems) программных комплексах, рельсовое транспортное средство представляется в виде системы твердых тел (кузова, рам тележек, зубчатых колес редукторов, колесных пар, остовов тяговых двигателей и т.д.), связанных друг с другом через элементы, обладающие упругими и диссипативными свойствами. Соединение такой модели с моделью электрической и управляющей подсистем с помощью интерфейса SIMAT открывает новые возможности для более полного анализа динамических свойств и разработки систем управления экипажной частью рельсовых транспортных средств. Согласно технической документации данного продукта, общий интерфейс сопряжения SIMAT включает в себя структуру, которая показана на рис. 3. Из представленной структуры видно, что данный интерфейс позволяет ввод матриц линейных систем или нелинейных моделей с помощью проведения совместного моделирования в среду Matlab.

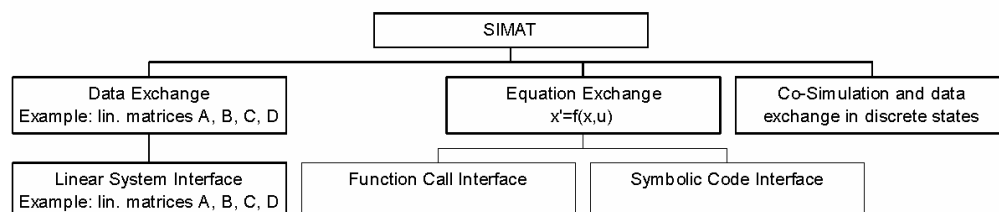


Рис. 3. Структура интерфейса между SIMPACK и MATLAB/SIMULINK

В реальных условиях совместного использования программных продуктов, процесс моделирования может быть показан в виде, изображенном на рис. 4. При чем стоит отметить, что тяговые электродвигатели, установленные на обмоточных осях рельсового транспортного средства могут быть описан с помощью встроенных элементов пакета Simpack, что позволяет упростить процесс моделирования тягового электропривода в пакете Simulink.

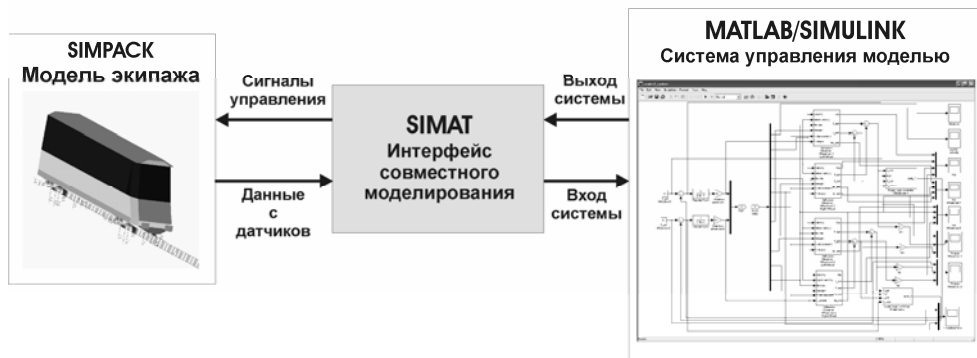


Рис. 4. Структура интерфейса между SIMPACK и MATLAB/SIMULINK

Данная методика моделирования, представленная на рис. 4, использовалась при создании систем управления сцеплением рельсового транспортного средства [5]. Кроме этого, совместное использование данных двух пакетов, было применено при разработке систем управления радиальной установкой колесных пар и подвешиванием рельсового транспортного средства [6,7].

Особенно интересной, в этой связи, представляется модель системы радиальной установки колесных пар, которая объединяет в себе две стратегии управления – пассивную и активную. Эта механическая конструкция, представленная на рис. 5, представляет собой сложную мехатронную систему. Пассивная стратегия управления работает за счет выбора механической конструкции буксового узла 3 с наклонными поводками 1, а активная получается за счет установки актуатора 4 вместо одного из поводков. В данной системе, используются микрофоны 2, которые могут устанавливаться в положения А, В или С, для получения сигнала о характеристиках контактирования.

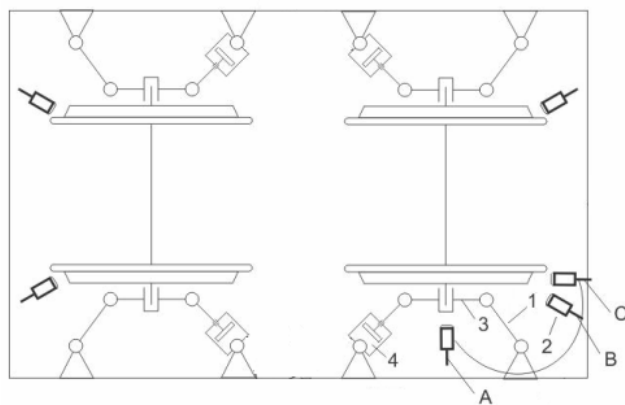


Рис. 5. Мехатронная система для радиальной установки колесных пар

Структурная схема микропроцессорной системы управления, позволяющая осуществлять принудительную установку колесных пар показана на рис. 6.



Рис. 6. Микропроцессорная система радиальной установки колесных пар

Поставленная задача достигается тем, что сперва анализируется акустический сигнал в контакте колесо–рельс. Затем, по результатам анализа происходит поиск в базе данных по критериям уровня звукового сигнала, характеристикам экипажной части и радиуса кривизны кривой, который получается за счет использования GPS та GPRS технологий, который позволяет получить реальное значение угла набегания ψ .

Угол установки колесной пары относительно колесной пары определяется следующим образом

$$\gamma = \psi - \frac{y_1 - y_2}{b} + i^* \cdot \frac{b}{2R} \quad (1)$$

где y_1, y_2 – поперечные перемещения колес; $i^* = 2i - 3$ (i равно 1 для ведущей оси и 2 для ведомой оси колесной пары); $2b$ - расстояние между центрами колесных пар тележки; R - радиус кривой.

Оптимальный угол установки колесной пары определяется по формуле

$$\gamma_{ideal} = \arcsin\left(\frac{b}{2R}\right) \quad (2)$$

Метод управления актуаторами использует простой пропорциональный контроллер, который может быть представлен следующим уравнением, описывающий необходимое усилие F_{in} на актуаторе

$$F_{in} = F + \Delta F \quad (3)$$

где F начальное усилие данной колесной пары от актуатора, ΔF - корректирующее значение усилия актуатора. Значение начального усилия F может быть получено с помощью поиска в специальной базе данных в зависимости от характеристик экипажа, скорости движения рельсового транспортного средства и радиуса проходимой кривой.

Корректирующее значение ΔF определяется следующим образом

$$\Delta F = K \times (\gamma_{ideal} - \gamma) \quad (4)$$

где K - пропорциональный коэффициент, который зависит от конструкции экипажной части рельсового транспортного средства.

Предложенный контроль применяется только к ведущей колесной паре.

Модель мехатронной системы, представленной на рис. 5 и 6, была смоделирована как написано выше при совместном использовании данных двух пакетов, результаты для кривой с радиусом 300 метров представлены на рис. 7.

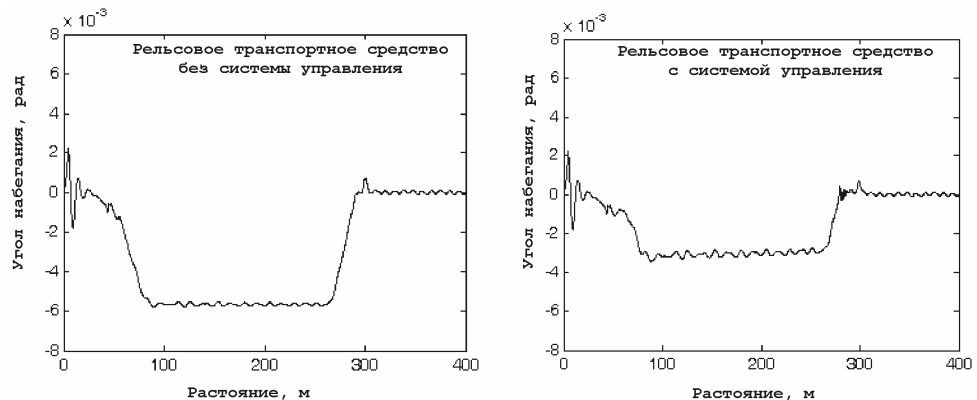


Рис. 6 Результаты моделирования при совместном моделировании для предлагаемой мехатронной системы дизель-поезда ДЭЛ-01

Полученные результаты свидетельствуют о возможности совместного использования двух пакетов, и позволяют получить инструментарий для дальнейших исследований в области мехатроники экипажной части.

Выводы

В данной статье представлены варианты использования пакета SIMPACK для построения микропроцессорной системы управления экипажной частью рельсового транспортного средства.

Результаты любых теоретических исследований и разработок, их конструктивность касательно практического применения, всегда определяются их «выходными данными», в нашем случае – комплексом механических моделей, выполненных в пакете SIMPACK, и моделей их систем управления, выполненных в пакете Simulink среды Matlab.

Полученные результаты моделирования, показывают устойчивую совместную работу этих двух пакетов. Кроме этого, данные пакеты позволяют изучать вопрос совместной работы всех систем управления рельсовым транспортным средством.

В дальнейшем, авторы планируют испытать предложенные конструкции на реальных локомотивах для более детальной оценки результатов моделирования.

Л и т е р а т у р а

1. Sabri Getinkunt. Mechatronics. – John Wileys & Sons, Inc. – USA.- 2007.- 615 p.
2. Федяева Г. А., Федяев В. Н. Математическое моделирование электромеханических процессов в асинхронном тяговом приводе тепловоза ТЭМ21// Вестник ВНИИЖТ.- 2005.- N 6. - с.39-45.
3. Andrzej Chudzikiewicz. Simulation of rail vehicle dynamics in MATLAB environment//Vehicle System Dynamics. - N.33. - 2000.- pp. 107–119.
4. Peter Häse, Christoph Decking. Investigation of drive systems using ADAMS and MATLAB/SIMULINK// ADAMS/Rail Users' Conference 2000.- Harlem, Netherlands.-2000. (<http://www.mscsoftware.com/support/library/conf/adams/rail/pdf/Drive%20Systems.pdf>)
5. Maksym Spiryagin, Kwan Soo Lee and Hong Hee Yoo. Study on using noise for adhesion control system of railway vehicle// Proceedings of the Fourteenth International Congress on Sound and Vibration (ICSV14), Cairns, Australia, 2007.
6. Spiryagin M., Spiryagin V., Ulshin V. Wheel load control system of a railway vehicle using noise spectrum analysis and GPS/GPRS technologies//18th DAAAM International Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Creativity, Responsibility, and Ethics of Engineers", Zadar, Croatia, 24-27th October 2007.
7. Spiryagin M., Kwan Soo Lee, Hong Hee Yoo, Spiryagin V., Vivdenko Y. Active steering control system of a rail vehicle based on the analysis of the sound radiation//Noise-Con 2007, Reno, Nevada, USA, 21–24 October 2007.

УДК 622.179

Тарасенко С.О.

АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗРАХУНКУ ЗБАГАЧУВАЛЬНОЇ ФАБРИКИ

Подано розгорнутий аналіз функціональності автоматизованої системи розрахунку технологічної схеми збагачувальної фабрики з використанням засобів UML.

Задача автоматизації одержання параметрів результуючих продуктів збагачення виходячи з наявних параметрів вихідної сировини й заданих параметрів технологічного встаткування залишається актуальною весь час існування галузі збагачення корисних копалин.[1-3] Також важливою є задача розрахунку водно-шламової схеми за умови її збалансованості. Від якості розрахунку водно-шламової схеми залежить, чи будуть функціонувати окремі збагачувальні апарати, а також витрати води, що впливає на собівартість продуктів збагачення. Враховуючи все це, задача створення автоматизованої системи проектування та розрахунку технологічної схеми збагачувальної фабрики є актуальною науковою задачею.

Розглянемо необхідну функціональність автоматизованої системи розрахунку збагачувальної фабрики. На рис 1. представлено діаграму використання (Use Case Diagram). Ця діаграма являє собою перший етап проектування будь-якої системи. Взаємодії з системою поділимо на активні та пасивні. Актором, що активно взаємодіє з системою визначимо технолога, який має повний доступ до

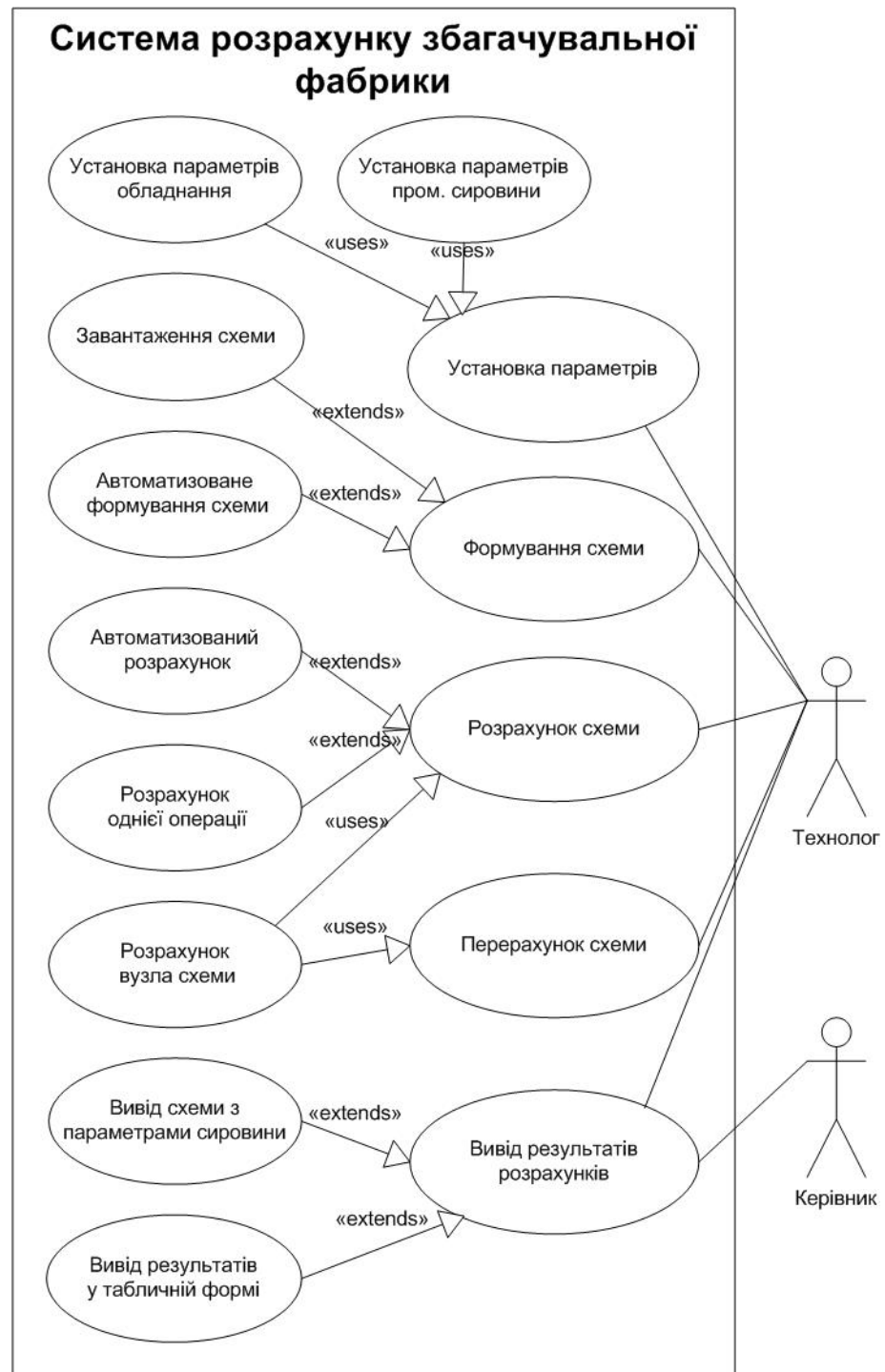


Рис 1. Діаграма використання системи

всіх функцій системи. Технолог за допомогою системи може як спроектувати нову фабрику на основі існуючої або нової схеми, так і виконати перерахунок вже існуючої фабрики за умови змін у навантаженні фабрики, або зміни первинної сировини. Також технолог може виконати аудит вже існуючої фабрики, розрахувавши за допомогою системи деякі параметри, що підлягають перевірці. Користувач-технолог повинен мати значний досвід розрахунку схем збагачувальних фабрик, та чітко уявляти, до чого можуть призвести ті чи інші зміни як у самій схемі так і у параметрах апаратів, та водно-шламової схеми. Пасивним користувачем визначимо керівника, що може запросити від системи результати розрахунків, що виконані системою. Не будемо окремо розглядати випадок, коли керівник виконує роль технолога.

Виходячи з уже описаної діяльності акторів, можна визначити найважливіші варіанти її використання (Use Cases). Як видно з рис. 1, актори можуть використовувати систему для виконання таких задач:

- формування схеми
- установка параметрів апаратів та проміжної сировини
- автоматизований розрахунок схеми
- перерахунок схеми
- отримання результатів розрахунків у графічному та табличному видах

Причому, актору Технолог доступні всі функції системи, а актору Керівник доступна лише остання функція. Розглянемо більш докладно кожен з перерахованих прецедентів з більшою деталізацією.

Прецедент «Формування схеми» включає в себе набір функцій системи, що дозволяють сформувати технологічну схему збагачувальної фабрики шляхом додавання до схеми збагачувальних апаратів, та об'єднання їх у єдину схему за допомогою потоків проміжної сировини, що йде з одного апарата на інший. Досвідчені технологи, як правило, за початкове наближення беруть яку-небудь існуючу й повністю розраховану або випробувану на існуючій збагачувальній фабриці схему. Одною з основних вимог до цієї частини системи є графічний інтерфейс, який дозволить у інтерактивному режимі вносити зміни до технологічної схеми. Бажано мати можливість представити розроблену схему у вигляді послідовності апаратів. Також мають бути реалізовані функції завантаження та збереження створеної схеми. Однією з додаткових можливостей створення схеми можна вважати автоматизацію формування схеми за наданими технологом критеріями. Але реалізація цієї функції є досить складною. Для подальшої автоматизації розрахунків параметрів потоків проміжної сировини зручно розглядати збагачувальні апарати у вигляді уніфікованих блоків, що працюють із потоками сировини. Сукупність апаратів збагачувальної фабрики зручно представити у вигляді спрямованого графа, у якому вершинами є збагачувальні апарати й змішувачі, а дугами – потоки проміжної сировини [4]. Тобто ця частина системи дозволяє задавати топологію технологічної схеми.

Наступним етапом роботи над схемою є установка необхідних або відомих параметрів елементів, що розташовані на схемі. Якщо проектується нова збагачувальна фабрика, то можуть бути задані тільки параметри технологічного обладнання і параметри первинної сировини. У випадку ж перерахунку або аудиту фабрики можуть бути задані усі чи майже усі параметри. Такими параметрами для первинної сировини, та для потоків проміжної сировини є:

- фракційний склад у табличному вигляді або у вигляді параметрів закону розподілу[5], що дозволяють отримати табличний вигляд з будь-якою деталізацією;

- ситовий склад у табличному вигляді або у вигляді параметрів закону розподілу[5];
- навантаження по сухому, Q , т/год.
- вихід по сухому, γ , %;
- зольність, A , %;
- вологість, W , %. Вказується для потоків сировини з незначним вмістом вологи;
- кількість води, V , м³/год. Вказується для потоків сировини зі значною кількістю води.
- кількість пульпи, P , м³/год;
- вміст твердого, C , г/л. Вказується для потоків сировини зі значною кількістю води;
- щільність матеріалу, δ , т/м³;
- питома витрата води, q_v .

Для усіх цих параметрів система повинна забезпечити ефективні методи їх введення, легке змінювання та збереження разом із структурою технологічної схеми для наступного відображення або повторного розрахунку. Параметри технологічного обладнання повинні задаватися у системі в залежності від типу апарату. Для цього у системі необхідно передбачити різні класи технологічного обладнання з відповідними параметрами та функціями розрахунку виходів апарату за параметрами вхідного потоку сировини та параметрами апарату.

Функція розрахунку схеми включає в себе розрахунок параметрів всіх потоків сировини на схемі. Розрахунок параметрів проміжної сировини й кінцевого продукту необхідно починати з вершини того апарату, у який надходить первинна сировина, і поступово переміщатися, виконуючи обчислення, до тих вершин графу, для яких уже розраховані параметри всіх вхідних потоків.

Використовувані зараз методи розрахунку параметрів технологічних схем збагачувальних фабрик припускають значні витрати часу, тому що в схемах часто присутні зворотні зв'язки, що утворюють на схемі замкнуті цикли проміжної сировини. При розрахунку замкнутих циклів для першої операції циклу приймаються деякі параметри задані технологом із власного досвіду, прораховуються всі операції циклу. Потім, на підставі виконаних розрахунків, коректуються параметри початкової операції циклу, і повторно розраховуються всі операції циклу. Ще одним важливим й складним для розрахунку елементом є водно-шламова складова технологічної схеми, від коректності якої залежить, чи буде нормально функціонувати встаткування.

Функція перерахунку схеми включає повний або частковий перерахунок схеми за умови зміни одного або декількох параметрів первинної сировини. Для реалізації такого перерахунку, а також для реалізації розрахунку замкнених циклів, для кожного потоку сировини необхідно зберігати два комплекти параметрів – минулий та поточний. При перерахунку минулий набір параметрів використовується у якості початкових значень.

Результати роботи системи треба надати у двох формах:

- технологічна схема фабрики з нанесеними на неї розрахованими параметрами Q , γ , A , W , V , P , C ;
- таблиці з усіма параметрами, розрахованими системою (як якісні параметри продуктів збагачення, так і параметри водно-шламової схеми)

Для обох форм вихідних даних необхідно передбачити їх роздрукування та збереження у загальноновживаних форматах.

Розглянуті прецеденти використання системи автоматизованого розрахунку технологічної схеми збагачувальної фабрики дозволяють перейти до наступного етапу проектування системи з деталізації її структури.

Л і т е р а т у р а

1. Шупов Л.П. Моделирование и расчет на ЭВМ схем обогащения. – М.: «Недра», 1980. – 228 с.
2. Койбаш В.А., Король В.Я. Проектирование углеобогачительных фабрик. – М.: Углетехиздат, 1954. – 199 с.
3. Полулях А.Д., Пилов П.И., Егурнов А.Е. Практикум по расчетам качественно-количественных и водно-шламовых схем углеобогачительных фабрик: учебное пособие. – Д.: Донецкий горный университет, 2007. – 504 с.
4. . Пожидаев В. Ф., Грачев О. В., Тарасенко С. А. Информационная модель схемы углеобогачительной фабрики // Наук.-техн. зб. – Дніпропетровськ, 2007. Вип. 29 (70)-30 (71). – С. 216-218.
5. Гарус В.К., Грачев О.В., Пожидаев В.Ф., Полулях О.Д. Формалізація результатів розподільчих процесів у вуглезбагаченні: Монографія. – Луганськ: вид. ООО «НВФ» «Стек», 2003. – 176 с.
6. Ларман К. Применение UML и шаблонов проектирования. 2-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 624 с.

УДК 656.025.2 : 519.248

Пожидаев В.Ф., Тригуб А.С., Ищенко Н.Г.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ МЕЖДУГОРОДНИМИ ПЕРЕВОЗКАМИ С ЦЕЛЬЮ МИНИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ

На основании статистического моделирования, на примере организации перевозок пассажиров автотранспортом в междугородном сообщении, предлагается система минимизации потерь построенная на анализе законов распределения спроса. Рис.3., Табл.3, Ист.7.

Транспорт в жизни человека, общества, и государства в целом занимает значимую нишу. Его следует рассматривать своеобразным «усилителем» способности людей к передвижению. Для пассажиров пользование транспортом связано, прежде всего, с экономией времени и сил, затрачиваемых на передвижение [1].

Для эффективного функционирования рынка транспортных услуг первоочередное значение имеет полная информация о транспортных потребностях жителей города, области, государства. Спрос предопределяет предложение, а от соотношения спроса и предложения зависит ситуация на рынке. [2].

На формирование спроса на транспортные услуги существенное влияние оказывает уровень предоставляемого качества обслуживания.

При любом производстве услуг для населения возможны потери двух типов, смотреть Рис.1.:

- 1) от неудовлетворенного спроса, в этом случае происходит недополучение прибыли;
- 2) от превышения предложения над спросом, в этом случае происходят потери от производства услуг не нашедших спроса.

Это в полной мере относится и к транспортным перевозкам.

Идеальный случай - это когда закон распределения спроса предсказан идеально и кривая предложения полностью совпадает с законом распределения спроса. В действительности так никогда не происходит, эти кривые сдвинуты относительно друг друга, если это два унимодальных распределения, то они пересекаются в двух точках [3].



Рис. 1. Структура образования потерь при предоставлении транспортных услуг

При управлении пассажирскими перевозками минимизация суммарных потерь является целевой функцией. Очевидно, что поставленная задача, безусловно, актуальна.

Проведя анализ предыдущих исследований можно отметить, что в основном все они были ориентированы на прогнозирование пассажиропотоков [4]. Но поскольку управление в конкретном случае связано с подстройкой распределения выезда транспорта под распределение спроса, то в данной работе изучается, прежде всего, закон распределения спроса и обработка данных нацелена на нахождение параметров закона распределения. Исходя из чего, можно сказать, что подход на основе статистического моделирования, нами предлагается впервые.

Спрос на услуги пассажирского транспорта может быть оценен обследованием пассажиропотоков, который проводят с целью повышения качества транспортного обслуживания пассажиров.

Изучение пассажиропотоков позволяет выявить основные закономерности их колебания для использования результатов обследований в планировании и организации перевозок.

Пассажиропотоки характеризуют нагрузку транспортной сети по направлениям перемещений в определенный период времени (час, сутки, месяц).

Потребность в поездках закономерно изменяется по периодам суток [2], достигая максимума в часы пик. Часами пик называют периоды времени, в течение которых провозные возможности транспортной системы используются в максимальной степени. В часы пик совершаются преимущественно трудовые и учебные поездки.

Проведенные статистические исследования маршрута, схематически изображены на Рис.2 в виде эпюры распределения пассажиропотока.

По интенсивности спроса на транспортное обслуживание выделяются характерные периоды. Нами предполагалось рассматривать **два пассажиропотока**: первый и второй, соответственно разделенные на утренний и вечерний пики. Периоды транспортного обслуживания по часам суток представлены в таблице 1.

Но, поскольку общий закон распределения не унимодален, это означает, что он неоднороден. Эмпирические данные не отвечают никакому унимодальному распределению, поэтому выделяется еще один пассажиропоток — **третий пассажиропоток**, который образуют пассажиры с безразличным временем осуществления поездки.

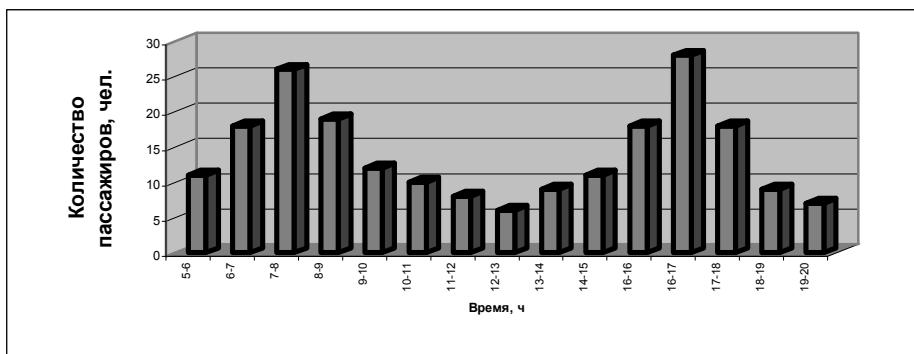


Рис. 2. Распределение пассажиропотока в течение дня на маршруте «Луганск - Свердловск»

Т а б л и ц а 1

Периоды транспортного обслуживания по часам суток

№ п/п	Период	Время
1	Начальный	с начала движения до 7 ч
2	Утренний пик	7 ... 9 ч
3	Межпиковый период	9 ... 15 ч
4	Вечерний пик	15 ... 18 ч
5	Заключительный	с 18 ч до окончания движения

Для статистического анализа пассажирских потоков была разработана система анкетирования. Анкетный метод, как правило, охватывает всю маршрутную сеть и позволяет выявить характерные для обследуемого маршрута пассажиропотоки [2]. Этот метод предусматривает получение необходимых сведений с помощью предварительно разработанных специальных опросных анкет. Вариант анкеты для обследования приведен в **Таблице 2**.

Т а б л и ц а 2

Анкета обследования пассажиропотоков

Будьте любезны, сделайте пометку напротив правильного ответа!

Время опроса _____ День недели _____

№п/п	Вопрос
1	Сколько минут Вы ожидаете транспорт? _____
2	Цель Вашей поездки (подчеркнуть): работа, школа, университет, возвращение домой, осуществление покупок, визит в гости, другое.
3	Вы каждый день осуществляете поездку (подчеркнуть): Да, Нет.
4	Сколько поездок Вы осуществляете за неделю (подчеркнуть): одна, две, три, четыре, пять, шесть, больше поездок?
5	Вам необходимо уехать из города до 10.00 (подчеркнуть): Да, Нет.
6	Необходимо уехать из города с 10.00 до 14.00 (подчеркнуть): Да, Нет.
7	Вам необходимо уехать из города до 16.00 (подчеркнуть): Да, Нет.
8	Необходимо уехать из города после 17.00 (подчеркнуть): Да, Нет.
9	Все равно, в какое время осуществлять поездку (подчеркнуть): Да, Нет.

Благодарим за участие в анкетировании!

После обработки результатов, данные анкетирования, представлены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Распределение пассажиропотока согласно анкетированию

t	Пн			Вт			Ср			Пт			Сб			Вс		
	>10	>16	?	>10	>16	?	>10	>16	?	>10	>16	?	>10	>16	?	>10	>16	?
5-6																		
6-7	9	1	1	10	1	2	14	0	0	7	2	5	16	2	1	12	2	2
7-8	10	1	0	7	3	1	12	1	1	12	1	2	15	0	2	15	1	1
8-9	4	3	1	12	1	1	15	2	4	13	3	4	12	0	1	17	1	1
9-10	9	1	2	15	1	1	12	1	2	9	1	7	17	1	1	14	1	1
10-11	10	1	2	10	1	1	15	1	3	15	2	9	19	1	3	12	0	3
11-12	2	10	2	12	9	3	1	9	2	5	18	4	3	10	2	2	12	4
12-13	3	15	1	1	13	7	2	19	1	3	15	3	4	12	10	1	15	5
13-14	2	13	3	2	15	2	1	12	4	2	12	9	5	15	7	1	16	10
14-15	1	10	2	1	10	1	0	15	2	3	11	5	7	12	5	0	11	7
15-16	2	12	1	2	12	4	0	12	1	4	17	7	2	14	4	3	12	2
16-17	1	9	2	0	15	1	0	13	1	2	16	6	1	17	2	2	17	5
17-18	2	7	3	1	12	3	1	12	5	1	12	10	3	10	1	1	19	3

После обработки данных анкетирования появляется возможность определить кривую спроса и ее динамику по дням недели, очевидно, что эта кривая не может не меняться в зависимости от начала и конца недели, выходных и праздничных дней и т.д.

Закон распределения на фиксированном отрезке описывается семейством распределения Пирсона, в частности для этого лучше всего подходит β - распределение. Его плотность описывается функцией [3,5,6].

$$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}, \alpha > 0, \beta > 0, 0 < x < 1$$

функция распределения выражается через неполную бета - функцию

$$F(x) = \frac{B_x(\alpha, \beta)}{B(\alpha, \beta)}, B_x(\alpha, \beta) = \int_0^x t^{\alpha-1} (1-t)^{\beta-1} dt.$$

Для первичной оценки параметров β - распределения использован метод моментов, это дает точечную оценку параметров распределения α и β .

На следующем этапе от исходной оценки получаем ее улучшение за счет минимизации теоретической и практической кривой функции распределения (накопленных частот) [6,7].

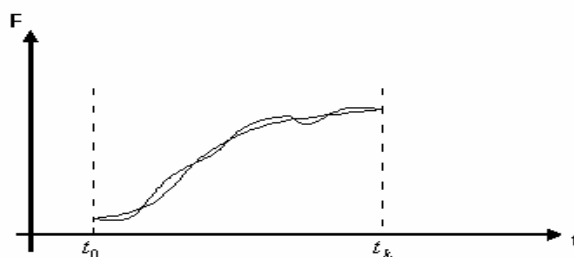


Рис. 3. Теоретическая (монотонная линия) и эмпирическая функции распределения

Для этой цели разработана программа «Оптимизатор». Полученные параметры закона распределения α и β декларируются на каждый последующий день недели, и по ним происходит планирование выхода транспорта на линию.

Предварительный оценочный анализ показывает существенное уменьшение потерь в денежном выражении в сравнении с традиционным планированием.

Такой тип управления позволяет обнаруживать недостатки, существующие в материально-технической базе предприятия и заблаговременно целесообразно распределить материально-технические ресурсы предприятия.

Л и т е р а т у р а

1. Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 400с.
2. Курганов В.М. Логистические транспортные потоки: Учебно-практическое пособие. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К0», 2003. – 252 с.
3. В.Ф.Пожидаев «Прикладные задачи математической статистики». - Луганск: Изд-во Восточноукраинского государственного университета, 1998. – 156с., ил.
4. <http://www.cognitive.ru/innovation/sbornic6/index.htm>
5. Алексахин С.В. «Прикладной статистический анализ». «Приор», Москва-2001.
6. Справочник по теории вероятностей и математической статистике (под ред. Академика АН УССР В.С. Королюка). – Киев: Наукова думка, 1978. – 584с.
7. Смирнов Н.В. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Наука, 1970. – 288с.

УДК 233.42.23

Фроликов Е.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСПЕРТНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ

Рассмотрены проблемы введения дистанционного обучения математике. Предложен способ решения проблемы освоения учащимся практической части изучаемого материала. Описан подход использования экспертных систем для создания программного продукта, заменяющего преподавателя математики в области решения задач высшей математики. Описаны основные модули разрабатываемой системы. Рис. 1 Ист. 4

В последнее время в высших учебных заведениях Украины появилось новое направление развития, называемое **дистанционным обучением**. Суть этого направления состоит в том, что студенты заочного отделения (а также других форм обучения) могут обучаться той или иной дисциплине дистанционно посредством компьютера и мировой сети Интернет. Повсеместное развитие компьютеризации позволяет это сделать.

Однако с появлением этого нового варианта обучения появились новые проблемы, связанные с качеством такого обучения. Перечислим ряд таких проблем и, соответственно, задач, требующих решения:

1. Учащийся может не понять или неправильно понять материал, который изучает.

2. Учащегося некому направлять и заставлять обучаться.
3. Учащийся не сможет без присутствия преподавателя освоить практическую часть изучаемого материала.
4. И др.

Это касается всех дисциплин. При изучении математики вопрос освоения практической части стоит особенно остро. При обычном обучении в аудитории с присутствием преподавателя студенты решают типичные задачи. Преподаватель тут же направляет учащихся и исправляет появляющиеся ошибки. В случае же самостоятельного дистанционного обучения некому выполнить эту важную функцию, т.к. эксперта в данной области рядом нет. Таким образом возникает задача: как помочь студенту, обучающегося дистанционно с помощью компьютера, обрести навык правильного решения задач высшей математики. В данном случае было бы неплохо, если бы у учащегося была возможность консультации с экспертом по высшей математике при решении конкретной задачи. Преподаватель, как эксперт, к сожалению, физически не смог бы оказывать помощь всем обучающимся в связи с недостатком времени и других ресурсов. В данной ситуации использование компьютерных технологий и современных программных средств решения задач могло бы решить этот вопрос если не полностью, то хотя бы частично.

В настоящий момент на программном рынке существует ряд продуктов, которые позволяют решать задачи высшей математики. Это так называемые системы компьютерной алгебры (CAS) [1]. Наиболее распространенные системы в данный момент такие: MathCAD, Mathematica, Maple, GiNaC, Yacas, Derive, Reduce и др. Часть из них представляют уже готовые пакеты программ. Это: MathCAD, Mathematica, Maple, Derive, Reduce и др. Часть – являются библиотеками классов для программирования пакетов программ, решающих математические задачи. Это: GiNaC, Yacas и др.

Однако всем этим продуктам свойственен один большой недостаток, который не позволяет использовать их в качестве эксперта в решении математических задач. Этот недостаток состоит в том, что эти продукты не позволяют увидеть ход решения задачи. Они просто выдают решение без всяких комментариев и объяснений. Это связано с тем, что решение задач математики в этих системах производится методом, отличным от того метода, которым пользуется человек. Этот метод был разработан в рамках специальной дисциплины **Компьютерная алгебра** [1]. Таким образом, эти системы не подходят для выполнения роли эксперта при решении задач высшей математики.

Другим набором программных продуктов, решающих математические задачи, являются программные пакеты, которые выдают вместе с решением задачи все шаги, которые были выполнены при ее решении, вместе с комментариями. Однако, в данный момент эти программные продукты решают в основном задачи школьного курса математики и лишь частично затрагивают курс высшей математики.

Таким образом, возникает необходимость в создании программного продукта, который выполнял бы следующие функции:

1. Решать задачи высшей математики. Метод решения задач должен быть тем же самым, что используется людьми.
2. Выдавать ответ задачи пользователю.
3. Выдавать все шаги, предпринятые для решения задач.
4. Выдавать комментарий к каждому шагу решения задачи.

При выполнении данных функций этот программный продукт смог бы полностью заместить собой эксперта в области решения задач высшей матема-

тики. Студент, пользуясь таким продуктом, всегда сможет сделать следующие вещи:

1. Увидеть правильное решение определенной группы задач высшей математики.
2. Попытаться самостоятельно решить какую-то задачу, а потом свериться с решением экспертной системы.
3. Увидеть комментарии к каждому шагу решения задачи, и тем самым разобраться с ходом решения.
4. Увидеть практическое использование правил и теорем и формул, которые составляют теоретический базис решения данного рода задач.
5. Увидеть решения типовых задач.
6. Научиться логике решения задач математики.

Итак, перед нами стоит задача разработки системы, исполняющей роль эксперта в решении задач высшей математики. Для подобного рода задач в программировании существует подход, названный **Проектирование экспертных систем**. А сами, программы, получаемые в результате, называются **Экспертными системами**.

Экспертная система (ЭС) – это программа для компьютера, которая оперирует знаниями в определенной предметной области с целью выработки рекомендаций или решения проблем. Экспертная система может полностью взять на себя функции, выполнение которых обычно требует привлечения опыта человека-специалиста, или играть роль ассистента для человека, принимающего решение. [2]

ЭС система состоит из следующих блоков:

- **База знаний** – реализует функции представления знаний в конкретной предметной области и управление ими.
- **База данных** – представляет собой хранилище текущей информации по решению поставленной задачи.
- **Механизм логических выводов** – выполняет логические выводы на основании знаний, имеющихся в базе знаний.
- **Пользовательский интерфейс** – необходим для правильной передачи ответов пользователю, иначе пользоваться системой крайне неудобно.
- **Модуль приобретения знаний** – необходим для получения знаний от эксперта, поддержки базы знаний и дополнения ее при необходимости.
- **Модуль ответов и объяснений** – формирует заключение экспертной системы и представляет различные комментарии, прилагаемые к заключению, а также объясняет мотивы заключения.

Схематически структура ЭС представлена на рисунке 1.

Знания в базе знаний представляются в виде правил:

ЕСЛИ X, ТО Y.

Здесь X – какая-то информация из базы данных (условие), Y – новая информация, помещаемая в базу данных (заключение). Механизм логических выводов постоянно просматривает базу знаний для того, чтобы найти правило, которое можно было бы применить к базе данных. Если такое правило было найдено, то оно выполняется и заключение, получаемое по этому правилу, помещается в базу данных. Так продолжается до тех пор, пока в базе данных не появится информация, являющаяся собой ответом решаемой задачи.

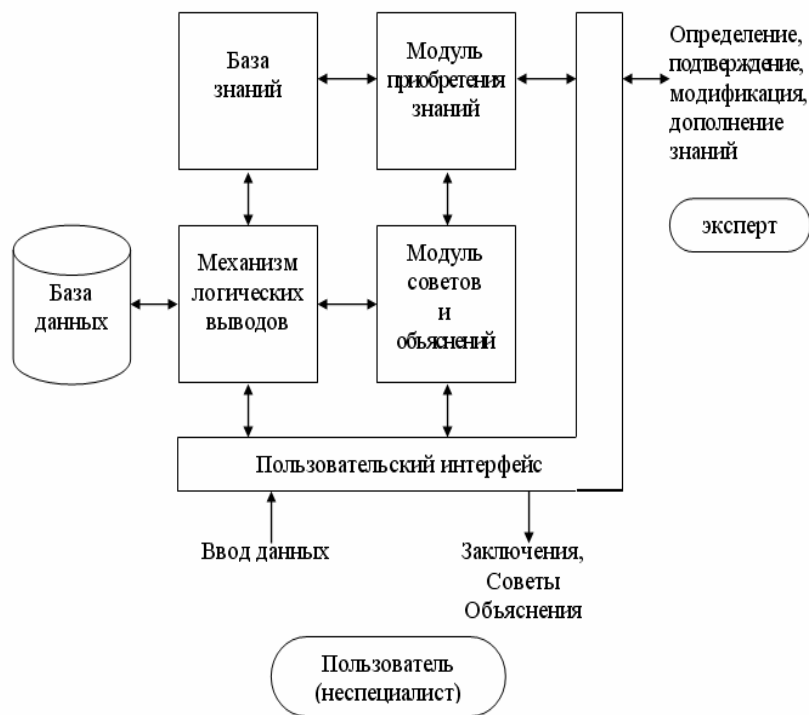


Рис. 1. Схема экспертной системы

Таким образом, общий алгоритм работы ЭС следующий:

1. В базу данных помещается поставленная задача для решения.
2. Механизм логических выводов производит поиск правила или набора правил, которые можно применить к информации в базе данных.
3. Результат шага 2 помещается в базу данных.
4. Если в базе данных появляется ответ решаемой задачи, то выдается ответа и конец алгоритма.
5. Иначе, переход к шагу 2.

Применим данный подход для решения задач математики.

В разрабатываемой системе правила базы знаний будут представляться парами $(X \rightarrow Y)$, где X – условие, Y – заключение. Все правила базы знаний распределены по следующим блокам:

- Алгебраические правила;
- Тригонометрические правила;
- Правила дифференцирования;
- Правила интегрирования;
- Другие правила.

Можно добавлять новые блоки правил, если система будет решать соответствующие задачи. Это выполняет эксперт при обучении системы посредством модуля приобретения знаний.

Примеры правил, находящихся в базе знаний:

Алгебраические:

$$(a + b) / c \Rightarrow a / c + b / c$$

$$a^p b^p = (ab)^p$$

Тригонометрические:

$$\sin(a + b) \Rightarrow \sin(a) \cos(b) + \cos(a) \sin(b)$$

$$\sin^2(a) + \cos^2(a) \Rightarrow 1$$

Правила дифференцирования:

$$\text{dif}(a + b) \Rightarrow \text{dif}(a) + \text{dif}(b)$$

$$\text{dif}(\sin(x)) \Rightarrow \cos(x)$$

Далее, данные, находящиеся в базе данных, представляют собой текущее состояние выражения, над которым производятся действия согласно правилам из базы знаний. Изначально в базу данных помещается поставленная задача.

Например, необходимо продифференцировать выражение $\sin(x) + \cos(x)$. Это выражение пользователь вводит в систему, и оно помещается в базу данных. Далее, в процессе работы системы механизм логических выводов будет изменять это выражение согласно тому или иному правилу.

Механизм логических выводов (МЛВ) в разрабатываемой системе представляет собой цикл, который проходит по всем правилам базы знаний и ищет в условии каждого правила такое выражение, которое было бы сопоставимо с выражением (или частью выражения), находящимся в базе данных.

Например, для выше приведенной задачи МЛВ найдет правило: $\text{dif}(a + b) \Rightarrow \text{dif}(a) + \text{dif}(b)$. МЛВ применит это правило в исходному выражению и таким образом заменит его на новое выражение: $\text{dif}(\sin(x)) + \text{dif}(\cos(x))$. На следующем витке цикла МЛВ сможет применить правило: $\text{dif}(\sin(x)) \Rightarrow \cos(x)$ и тем самым заменит выражение на $\cos(x) + \text{dif}(\cos(x))$. Так будет продолжаться до тех пор, пока в выражении, находящемся в базе данных не окажется выражение, которое не содержит дифференцирования. В этом случае задача считается решенной, а выражение, находящееся в базе данных, будет являться решением задачи. Для нашей задачи в итоге в базе данных окажется выражение $\cos(x) - \sin(x)$.

При выполнении очередного шага решения задачи модифицированное выражение из базы данных вместе с комментарием о выполненном правиле посредством модуля советов и объяснений выдается пользователю. Таким образом, пользователь, т.е. учащийся, сможет просмотреть все шаги выполнения решаемой задачи.

Помещая в базу знаний правила из других новых разделов математики, таких как, например, решение систем уравнений, решение дифференциальных уравнений и др., мы сможем научить нашу экспертную систему решать соответствующие задачи.

Исходя из всего выше сказанного, можно сделать следующие выводы. Разрабатываемая нами система выполняет все функции, которые были на нее возложены. Т.е. решает задачу как человек, выдает решение, выдает шаги решения, комментирует решение. Студент, пользующийся данной системой, может использовать ее в качестве эксперта в области решения задач высшей математики, тем самым, обучаясь практике решения математических задач. Дан-

ная система является автономным программным продуктом, который может быть установлен на компьютере учащегося. Привлечение, в данном случае, преподавателя уже не требуется. Таким образом, решается та проблема дистанционного обучения математике, которая требует от учащегося самостоятельно освоить практическую часть изучаемого материала.

Л и т е р а т у р а

1. Давенпорт Дж., Сирз И., Турнье Э. Компьютерная алгебра. Системы и алгоритмы алгебраических вычислений. М: Мир, 1991.
2. Джексон П. Введение в экспертные системы. – М.: Вильямс, 2001. – 624 с.
3. Элти Дж., Кумбс М. Экспертные системы: концепции и примеры / Пер. с англ. и предисл. Б.И. Шитикова. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 191 с.
4. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский – СПб: Питер, 2000. – 384 с.: ил.

УДК 621.3.029.6

Чичикалов А. В.

АНАЛИЗ ВОПРОСОВ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА НАПРАВЛЕННЫХ МИКРОПОЛОСКОВЫХ ОТВЕТВИТЕЛЕЙ

В статье рассмотрены вопросы синтеза направленных ответвителей на микрополосковых линиях, а также дана оценка точности расчета геометрических размеров связанных линий.

Введение. Сверхвысокие частоты широко используются в различных областях науки, техники и медицины. На данном этапе разрабатывается множество электронных устройств СВЧ диапазона, которые находят применение в радиотехнических системах передачи информации, радиоастрономии, навигационных и охранных системах, промышленности и хозяйстве, биологии. Однако, при проектировании СВЧ цепей возникает ряд трудностей, сопряженных с точностью изготовления отдельных элементов, взаимодействием между близко расположенными элементами, наличием паразитных связей и неоднородностей материала, отсутствием точной математической модели и т. д. Машинный анализ (с применением ПК) уменьшает трудоемкость и позволяет учитывать много различных факторов для получения более точного соответствия результатов расчета практическому образцу. Но появление новых материалов и совершенствование технологических процессов изготовления СВЧ элементов приводит к необходимости решения задач с учетом новых условий в направлении миниатюризации конструкции, улучшения электрических параметров и оптимизации математических моделей функциональных элементов устройств сверхвысоко-частотного диапазона.

Постановка задачи. Анализ существующих схем направленных ответвителей (НО) и оценка точности методики расчета и синтеза НО на микрополосковой линии.

Основная часть. В СВЧ - технике передача энергии от одного устройства к другому осуществляется с помощью волноводов, фидерных и полосковых линий. Они же применяются для изготовления таких СВЧ устройств как фильтры, резонаторы, направленные ответвители, фазовращатели, делители мощно-

сти, согласующие и мостовые устройства, ослабители и короткозамыкатели. Для электронных приборов и систем эти устройства изготавливаются, как правило, из микрополосковых линий из-за того, что они просты и технологичны в изготовлении, имеют малые габариты, массу и возможность практической реализации на базе интегральных технологий. На рис. 1 показан пример исполнения микрополосковых фильтров [1].

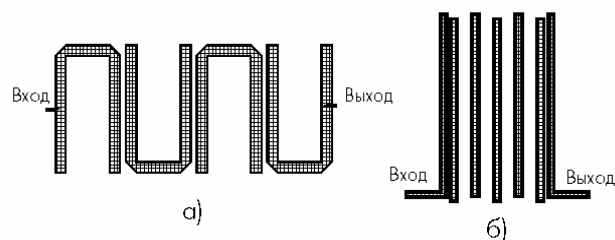


Рис. 1. Схемы фильтров на элементах с распределенными параметрами:
а) на частоту 1500 МГц; б) 1300 МГц

Большинство современных электронных систем содержат несколько каналов по преобразованию и обработке информационного сигнала. Обычно в таких многоканальных устройствах происходит разделение исходного сигнала и одновременная обработка его в n – каналах (рис. 2) по определенному алгоритму, заложенному в каждый канал.

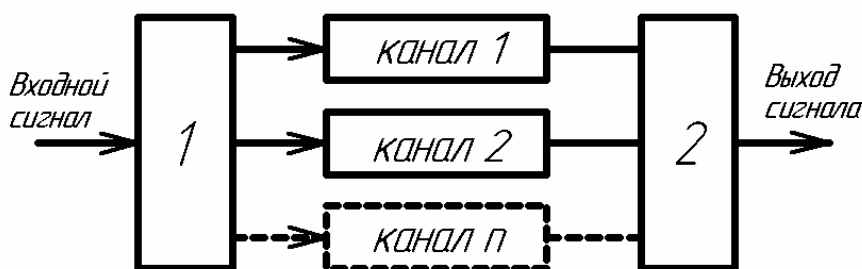


Рис. 2. Функциональная схема многоканального устройства:
1 - делитель мощности; 2 – сумматор или умножитель

В низкочастотных схемах разделение сигнала реализуется с помощью резистивных делителей напряжения и не представляет больших трудностей. В СВЧ диапазоне для этих целей используют направленные ответвители. Это восьмиполюсник, который ответвляет часть мощности падающей и отраженной волны из основного канала во вспомогательный. Различные варианты конструктивного исполнения НО определяют их функциональные особенности. В табл. 1 приведена классификация НО по различным признакам. Выделяют следующие виды НО: шлейфовые ответвители, кольцевые, квадратные мосты, мосты Ланге, тандемные ответвители, ступенчатые ответвители [2, 3].

Классификация направленных ответвителей	
по виду связи	с распределенной, сосредоточенной связью
по степени связи	слабая ($C_{12} \geq 10$ дБ), сильная ($C_{12} \leq 10$ дБ)
по волновому сопротивлению	одинаковые, неодинаковые
по типу линий передачи	микрополосковые, симметричные, волноводные и т. д.
по характеру нагрузки	с замкнутыми и разомкнутыми плечами

Простыми по конструкции являются ответвители на связанных линиях. Они представляют собой систему из двух полосковых передающих линий с боковой или фронтальной связью. Для получения необходимых частотных характеристик НО, область связи может состоять из набора ступенчатых отрезков (ступенчатые ответвители) или из двух линий с плавно изменяющимся зазором между ними. Ниже представлена топология симметричного и несимметричного ступенчатого ответвителя.

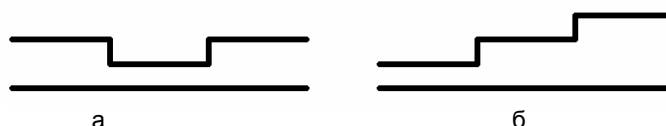


Рис. 3. Топология ступенчатого ответвителя:
а - симметричного; б - несимметричного [4].

Симметричные ответвители имеют постоянный фазовый сдвиг $\varphi = \pi/2$, в отличие от несимметричных, в которых фазовый сдвиг является функцией частоты. Поэтому ответвители с фазовым сдвигом $\varphi = \pi/2$ в плечах еще называют квадратурными.

Запишем основные рабочие характеристики НО, выраженные через элементы матрицы рассеяния [2].

Переходное ослабление (затухание):

$$C_{12} = 10 \cdot \lg \frac{1}{|S_{12}|^2} \quad (1)$$

Рабочее затухание:

$$C_{13} = 10 \cdot \lg \frac{1}{|S_{13}|^2} \quad (2)$$

Коэффициент деления мощности:

$$C_{23} = 10 \cdot \lg \left| \frac{S_{13}}{S_{12}} \right|^2 \quad (3)$$

Элементы матрицы рассеяния S_{12} , S_{13} находятся из следующих зависимостей:

$$S_{12} = j \frac{(Z_e - Z_o) \cdot \sin(\theta)}{2 \cdot \cos(\theta) + j(Z_e + Z_o) \cdot \sin(\theta)} \quad (4)$$

$$S_{13} = \frac{2}{2 \cdot \cos(\theta) + j(Z_e + Z_o) \cdot \sin(\theta)} \quad (5)$$

где $\theta = 2 \cdot \pi \cdot l / \lambda$ - электрическая длина области связи; Z_e , Z_o - характеристические нормированные сопротивления для четного и нечетного типов колебаний соответственно.

При длине участка связи $l = \lambda/4$ ($\theta = \pi/2$) модуль коэффициента связи между линиями на средней частоте будет равен:

$$K = |S_{12}| = \frac{\rho_e - \rho_o}{\rho_e + \rho_o} \quad (6)$$

где ρ_e , ρ_o - ненормированные волновые сопротивления для четного и нечетного типов колебаний.

Из формулы (6) можно получить следующие расчетные формулы для волновых сопротивлений четной и нечетной моды колебаний:

$$\rho_e = Z \cdot \sqrt{\frac{1+K}{1-K}} = Z_e \cdot Z \quad (7)$$

$$\rho_o = Z \cdot \sqrt{\frac{1-K}{1+K}} = Z_o \cdot Z \quad (8)$$

где Z - волновое сопротивление подводящих линий.

Условие идеального согласования области связи плеч ответвителя выражается следующей зависимостью:

$$Z = \sqrt{\rho_e \cdot \rho_o} \quad (9)$$

Используя перечисленные выше соотношения можно провести синтез направленного ответвителя [5, 6] по заданным значениям амплитудного коэффициента связи или переходного ослабления. Алгоритм расчета состоит из следующих этапов:

- 1) выбор коэффициента связи и волнового сопротивления подводящих линий;
- 2) по формулам (7, 8) расчет волновых сопротивлений ρ_e , ρ_o для четной и нечетной моды;

- 3) нахождение геометрических параметров связанных линий из уравнений $\rho_e = f_1(w, h, s, t)$ и $\rho_o = f_2(w, h, s, t)$;
- 4) определение длины области связи;
- 5) расчет геометрических параметров подводящих линий;
- 6) построение частотных характеристик ответвителя.

Рассмотрим реализацию данной методики на примере микрополоскового ответвителя на связанных линиях (рис. 4).

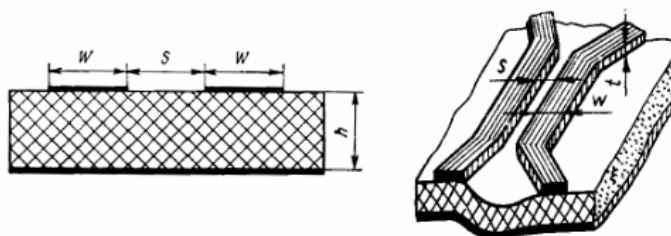


Рис. 4. Схема микрополоскового ответвителя на связанных линиях

Принимая переходное затухание $C_{12} = 10$ дБ и волновое сопротивление питающей линии $Z = 50$ (ом) с помощью соотношений (1, 7, 8) определяем сопротивления для четной и нечетной моды: $\rho_e = 69.371$ (ом), $\rho_o = 36.038$ (ом), а также коэффициент связи $K = 0.316$. Однако, здесь необходимо учесть, что указанные соотношения строго выполняются для ТЕМ мод (в симметричной полосковой линии), когда коэффициенты распространения четной и нечетной моды равны. Поэтому использование их для расчета микрополосковых линий вносит определенную погрешность. Следующий, наиболее важный этап расчета НО, предполагает нахождение геометрических параметров линий. В различных литературных источниках [2, 5] для проведения подобного расчета, как правило, авторы предлагают воспользоваться графиками. Это связано с тем, что величины волновых сопротивлений и геометрические размеры находятся в сложной взаимосвязи. Длина волны вдоль микрополосковой линии изменяется в зависимости от ширины линии, которая в свою очередь является функцией переходного ослабления. В ист. [7], приведены следующие формулы для расчета волновых сопротивлений:

При $w/h \leq 1$

$$\rho = \frac{120}{\sqrt{2(\varepsilon + 1)}} \cdot \left(-\ln\left(\frac{w}{8h}\right) + \frac{w^2}{32 \cdot h^2} - \frac{\varepsilon - 1}{2} \cdot \frac{\ln(\pi/2) + \frac{\ln(4/\pi)}{\varepsilon}}{\varepsilon + 1} \right) \quad (10)$$

$$\left(\frac{w}{h}\right)_e = \frac{2}{\pi} \cdot \operatorname{arch} \left(\frac{2 \cdot \operatorname{ch}\left(\frac{\pi \cdot w}{h} + \frac{\pi \cdot s}{2h}\right) - \operatorname{ch}\left(\frac{\pi \cdot s}{2h}\right) + 1}{\operatorname{ch}\left(\frac{\pi \cdot s}{2h}\right) + 1} \right) \quad (11)$$

При $\varepsilon \geq 6$

$$\left(\frac{w}{h}\right)_o = \frac{2}{\pi} \cdot \operatorname{arch} \left(\frac{2 \cdot ch \left(\frac{\pi \cdot w}{h} + \frac{\pi \cdot s}{2h} \right) - ch \left(\frac{\pi \cdot s}{2h} \right) - 1}{ch \left(\frac{\pi \cdot s}{2h} \right) - 1} \right) + \frac{1}{\pi} \cdot \operatorname{arch} \left(1 + 2 \frac{w}{s} \right) \quad (12)$$

Подставляя выражения (11) и (12) в (10), получим соответственно ρ_e и ρ_o . Принимая значение диэлектрической проницаемости материала подложки равным $\varepsilon = 10$ и учитывая полученные выше волновые сопротивления, находим по формуле (10) геометрические параметры: $w = 0.116$ (мм), $h = 1$ (мм), $s = 0.33$ (мм). Для оценки точности расчета по формуле (10) проведем обратные вычисления в подпрограмме TXLINE входящей в пакет программ Microwave Office. Задавая в качестве исходных значений полученные геометрические параметры, получаем следующие значения волновых сопротивлений четной и нечетной моды: $\rho_e = 178.989$ (ом), $\rho_o = 74.358$ (ом). Значения полученных сопротивлений отличаются от рассчитанных по формулам (7, 8), а значит и геометрические параметры будут другими. Соответственно, с помощью TXLINE, определяем необходимые размеры: $w = 0.865$ (мм), $h = 1$ (мм), $s = 0.355$ (мм). Как видно из полученных результатов, расчет по формуле (10) при условии $s/w = 2.8$ дает погрешность вычислений по ширине полоски в 87%, по зазору в 7%.

Выводы. Таким образом, при решении задачи синтеза направленного микрополоскового ответвителя основным этапом расчета является определение геометрических параметров связанных линий по известным волновым сопротивлениям для четных и нечетных колебаний. Использование расчетов и формул, полученных в квазистатическом приближении, не позволяют получить необходимой точности. Поэтому, проектируемый таким образом микрополосковый ответвитель, потребует большой экспериментальной и практической работы для получения готового образца с заданными параметрами. Поиск оптимальных аналитических зависимостей $(w, h, s, t) = f(\rho_e, \rho_o)$ поможет существенно упростить алгоритм проектирования НО и повысит точность инженерных расчетов.

Л и т е р а т у р а

1. Егоров Г., Капкин С. и др. Многослойные керамические микросхемы, низкотемпературная совместно обжигаемая керамика// Электроника: Наука, Технология, Бизнес 2006. №3. С. 60-65.
2. Конструирование и расчет полосковых устройств/ под ред. проф. И. С. Ковалева. – М.: Сов. радио, 1974.
3. Алмазов-Долженко К. И., Королев А. Н. Техническая электродинамика и устройства СВЧ. – М.: Научный мир, 2006.
4. Фельдштейн А. Л., Явич Л. Р. Синтез четырехполюсников и восьмиполусников на СВЧ. – М.: Связь, 1971.
5. Фуско В. СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование. – М.: Радио и связь, 1990.
6. Бова Н. Т., Ефремов Ю. Г., Конин В. В. и др. Микроэлектронные устройства СВЧ. – К.: Техніка, 1984.
7. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств/ под ред. В. И. Вольмана. – М.: Радио и связь, 1982.

Якименко І.З.

ПОРІВНЯННЯ ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИКОНАННЯ БАЗОВИХ КРИПТОГРАФІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ НА ЕЛІПТИЧНІЙ ТА ГІПЕРЕЛІПТИЧНІЙ КРИВИХ.

Розглядається проблематика часових характеристик виконання базових криптографічних операцій еліптичних і гіпереліптичних кривих. Запропоновано метод з використанням бібліотеки великих чисел Ар'єна Ленстри, для цих операцій. Наведено результати часових характеристик роботи програми, розробленої на основі даного методу.

В працях Менеза, Ву, Цукхерато, Коблітца, Лоренціні, Стіттенота, Фрея і Ланге розглядаються операції додавання і подвоєння на гіпереліптичних кривих (ГЕК) [1,2,3,4].

Нехай: а) $\mathbf{F}_q(C)/\mathbf{F}_q$ – квадратичне поле функції, описане рівнянням

$$C: y^2 + h(x)y = f(x) \text{ в } \mathbf{F}_q[x, y], \quad (1)$$

де $f(x) \in \mathbf{F}_q[x]$ – монічний поліном степеня $2g + 1$, $h(x) \in \mathbf{F}_q[x]$ – у більшості випадках є поліном степеня g ;

б) немає розв'язків для $(a, b) \in \overline{\mathbf{F}_q} \times \overline{\mathbf{F}_q}$, які б одночасно задовольняли рівняння $b^2 + h(a)b = f(a)$ та були частковими похідними рівняння $2b + h(a) = 0$ і $h'(a)b - f'(a) = 0$, причому крива $C/\mathbf{F}_q$, яка належить цьому полю, є ГЕК порядку g на полі $\mathbf{F}_q$.

Достатньо розглядати точку, як впорядковану пару $(a; b) \in \overline{\mathbf{F}_q}^2$, яка задовольняє рівнянню $b^2 + h(a)b = f(a)$. Окрім цих пар існує ще нескінченно віддалена точка ∞ , яка належить кривій (1). Дільник $D \in C(\overline{\mathbf{F}_q})$ є елементом довільної абелевої групи відносно точок кривої $C(\overline{\mathbf{F}_q})$ і визначається:

$$D = \sum_{P \in C(\overline{\mathbf{F}_q})} n_P P \quad (2)$$

де $n_P \in \mathbb{Z}$ і $n_P = 0$ майже для всіх точок P . Степінь D позначається $\deg(D) = \sum_{P \in C(\overline{\mathbf{F}_q})} n_P$.

Базовими криптографічними операціями над еліптичними кривими (ЕК) та ГЕК є додавання, подвоєння точки та множення точки на скаляр. Подвоєння точки – це додавання її самої до себе, множення точки на скаляр можна подати за допомогою набору подвоєнь і додавань точок кривої. На рис. 1 показано додавання точок на ЕК, на рис. 2 – додавання точки на ГЕК.

Додавання та подвоєння точок на ГЕК можна здійснювати з використанням алгоритму Кантора [4].

Цей алгоритм складається з двох основних частин – складення (composition) та скорочення (reduction), в яких точки подаються дільниками (divisors). Нижче наведено обидві частини алгоритму:

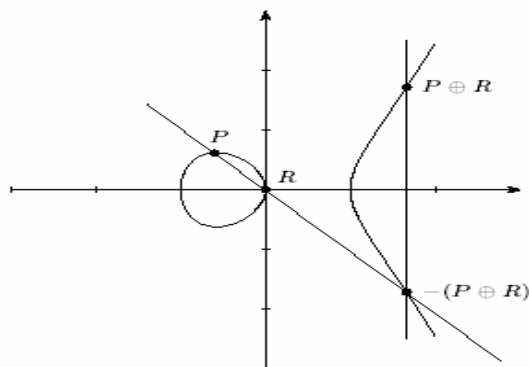


Рис. 1. Додавання точки на еліптичній кривій

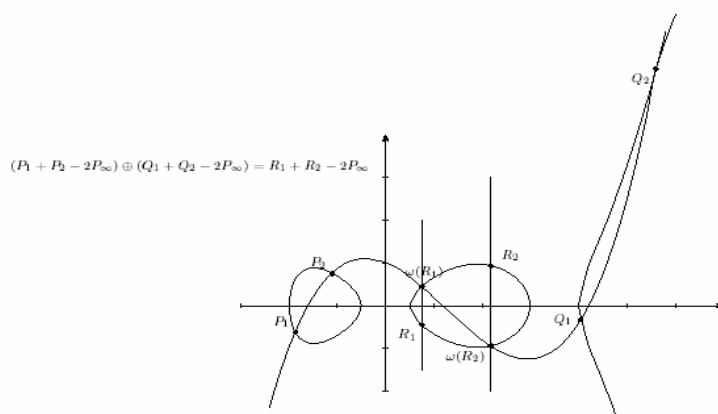


Рис. 2. Додавання точки на гіпереліптичній кривій другого порядку

Композиція:

Вхід: $D_1 = [u_1, v_1]$, $D_2 = [u_2, v_2]$, $C: y^2 + h(x)y = f(x)$.

Вихід: $D[u, v]$ напівскорочене (semi-reduced), $D \equiv D_1 + D_2$.

- 1) Обчислити $d_1 = \text{НСД}(u_1, u_2) = e_1 u_1 + e_2 u_2$;
- 2) обчислити $d = \text{НСД}(d_1, v_1 + v_2 + h) = c_1 d_1 + c_2 (v_1 + v_2 + h)$;
 а) нехай $s_1 = c_1 e_1$, $s_2 = c_1 e_2$, $s_3 = c_2$; тоді $d = s_1 u_1 + s_2 u_2 + s_3 (v_1 + v_2 + h)$;
- 3) $u = \frac{u_1 u_2}{d^2}$, $v = \frac{s_1 u_1 v_1 + s_2 u_2 v_2 + s_3 (v_1 v_2 + f)}{d} \mod u$.

Скорочення:

Вхід: $D = [u, v]$ напівскорочене.

Вихід: $D' = [u', v']$ скорочене, $D \equiv D'$.

- 1) Нехай $u' = \frac{f - v h - v^2}{u}$, $v' = (-h - v) \mod u'$;

- 2) якщо $\deg(u') > g$, присвоїти $u = u'$, $v = v'$; перейти на крок 1;
- 3) перетворити поліном u' в монічний.

Отже, додавання точок на гіпереліптичній кривій здійснюється наступним чином [4]:

- 1) Обчислити $v = v_1 \bmod u_1$ або $v = v_2 \bmod u_2$;
- 2) обчислити $u' = \frac{f - vh - h^2}{u_1 u_2}$ і привести до монічного вигляду;
- 3) обчислити $v' = (-h - v \bmod u')$.

Алгоритм подвоєння точок на гіпереліптичній кривій:

- 1) $u_{new} = u^2$;
- 2) $v_{new} \equiv v \bmod u$;
- 3) $u_{new} \mid u_{new}^2 + u_{new}h - f$.

Розглянемо алгоритмічну складність додавання та подвоєння точок на ГЕК. За приклад візьмемо ГЕК другого порядку. При додаванні точки існує кілька випадків залежно від порядку поліномів, що виступають координатами точки – порядок другого поліному має дорівнювати або бути менший від порядку першого поліному. Оскільки розглядається крива другого порядку, то цих варіантів буде тільки два. Нехай точка на кривій задана як $[u, v]$. Тоді можливі варіанти будуть такі: $\deg(u) = \deg(v) = 2$; $\deg(u) = 2, \deg(v) = 1$. В табл. 1-2 подано алгоритмічну складність алгоритму додавання двох точок на ГЕК, а в табл. 3 алгоритму подвоєння точки на ГЕК. В даних таблицях подано кількість необхідних операцій (I – пошук інверсії x^{-1} , K – піднесення до квадрату, M – множення).

Т а б л и ц я 1

Алгоритмічна складність додавання точки на ГЕК, якщо $\deg(u_1) = \deg(u_2) = 2$

Вхід	$[u_1, v_1], [u_2, v_2], \deg(u_1) = \deg(u_2) = 2, u_i = x^2 + u_{i1}x + u_{i0}, v_i = v_{i1}x + v_{i0}$ $h = h_2x^2 + h_1x + h_0, f = x^5 + f_4x^4 + f_3x^3 + f_2x^2 + f_1x + f_0$	
Вихід	$[u', v'] = [u_1, v_1] + [u_2, v_2]$	
Крок	Вираз	Операції
1	Обчислити значення r від u_1, u_2 : $z_1 = u_{11} = u_{21}, z_2 = u_{20} - u_{10}, z_3 = u_{11}z_1 + z_2$; $r = z_2z_3 + z_1^2u_{10}$;	1K, 3M
2	Обчислити інверсію u_2 по модулю u_1 ($inv = r / u_2 \bmod u_1$): $inv_1 = z_1, inv_0 = z_3$	

3	Обчислити $s' = rs \equiv (v_1 - v_2) \text{inv} \bmod u_1$; $w_0 = v_{10} - v_{20}$, $w_1 = v_{11} - v_{21}$, $w_2 = \text{inv}_0 w_0$, $w_3 = \text{inv}_1 w_1$; $s'_1 = (\text{inv}_0 + \text{inv}_1)(w_0 + w_1) - w_2 - w_3(1 + u_{11})$, $s'_0 = w_2 + u_{10} w_3$; Якщо $s_1 = 0$, див. нижче	5M
4	Обчислити $s'' = x + s_0 / s_1 = x + s'_0 / s'_1 \bmod s_1$; $w_1 = (rs_1^{-1}) (= 1/r^2 s_1)$, $w_2 = rw_1 (= 1/s'_1)$, $w_3 = s_1'^2 w_1 (= s_1)$; $w_4 = rw_2 (= 1/s_1)$, $w_5 = w_4^2$; $s'' = s'_0 w_2$;	I, 2K, 5M
5	Обчислити $l' = s'' u_2 = x^2 + l'_2 x^2 + l'_1 x + l'_0$; $l'_2 = u_{21} + s''_0$, $l'_1 u_{21} s''_0$, $l'_0 = u_{20} s''_0$;	2M
6	Обчислити $u' = (s(l + h + 2v_2) - k) / u_1 = x^2 + u'_1 x + u'_0$; $u'_0 = (s''_0 - u_{11})(s''_0 - z_1 + h_2 w_4) - u_{10} + l'_1 + (h_1 + 2v_{21}) w_4 +$ $+ (2u_{21} + z_1 - f_4) w_5$; $u'_1 = 2s''_0 - z_1 + h_2 w_4 - w_5$;	3M
7	Обчислити $v' \equiv -h - (l + v_2) \bmod u' = v'_1 x + v'_0$; $w_1 = l'_2 - u'_1$, $w_2 = u'_1 w_1 + u'_0 - l'_1$; $v'_1 = w_2 w_3 - v_{21} - h_1 + h_2 u'_1$; $w_2 = u'_0 w_1 - l'_0$; $u'_0 = w_2 w_3 - v_{20} - h_0 + h_2 u'_0$;	4M
Всього		I, 3K, 22M
Окремий випадок при $S = S_0$		
4'	Обчислити S : $\text{inv} = 1/r$, $s_0 = s'_0 \text{inv}$;	I, M
5'	Обчислити $u' = (k - s(l + h + 2v_2)) / u_1 = x + u'_0$; $u'_0 = f_4 - u_{21} - u_{11} - s_0^2 - s_0 h_2$;	K
6'	Обчислити $v' \equiv -h - (l + v_2) \bmod u' = v'_0$; $w_1 = s_0(u_{21} + u'_0) + h_1 + v_{21} + h_2 u'_0$, $w_2 = s_0 + v_{20} + h_0$; $v'_0 = u'_0 w_1 - w_2$;	2M
Всього		I, 2K, 11M

Алгоритмічна складність додавання точки на ГЕК, якщо $\deg(u) = 2, \deg(v) = 1$

Вхід:	$[u_1, v_1], [u_2, v_2], \deg(u_1) = 1, \deg(u_2) = 2$	
Вихід:	$u_1 = s + u_{10}, u_2 = x^2 + u_{21}x + u_{20}, v_1 = v_{10}, v_2 = v_{21}x + v_{20}$ $h = h_2x^2 + h_1x + h_0, f = x^5 + f_4x^4 + f_3x^3 + f_2x^2 + f_1x + f_0$ $[u', v'] = [u_1, v_1] + [u_2, v_2]$	
Крок	Вираз	Операції
1	Обчислити $r \equiv u_2 \bmod u_1$: $r = u_{20} - (u_{21} - u_{10})u_{10}$;	M
2	Обчислити інверсію u_2 по модулю u_1 : $inv = 1/r$;	I
3	Обчислити $s = (v_1 - v_2)inv \bmod u_1$: $s_0 = inv(v_{10} - v_{20} - v_{21}u_{10})$;	2M
4	Обчислити $l = s \cdot u_2 = s_0x^2 + l_1x + l_0$: $l_1 = s_0u_{21}, l_0 = s_0u_{20}$;	2M
5	Обчислити $k = (f - v_2h - v_2^2)/u_2 = x^3 + k_2x^2 + k_1x + k_0$: $k_2 = f_4 - u_{21}, k_1 = f_3 - (f_4 - u_{21})u_{21} - v_{21}h_2 - u_{20}$;	M
6	Обчислити $u' = (k - s(s + h + 2v_2))/u_1 = x^2 + u'_1x + u'_0$: $u'_1 = k_2 - s_0^2 - s_0h_2 - u_{10}$; $u'_0 = k_1 - s_0(l_1 + h_1 + 2v_{21}) - u_{10}u'_1$;	K, 2M
7	Обчислити $v' \equiv -h - (l + v_2) \bmod u' = v'_1x + v'_0$: $v'_1 = (h_2 + s_0)u'_1 - (h_1 + l_1 + v_{21})$; $v'_0 = (h_2 + s_0)u'_1 - (h_0 + l_0 + v_{20})$;	2M
Всього		I, K, 10M

Алгоритмічна складність подвоєння точки на ГЕК

Вхід:	$[u, v], \deg(u) = 2$ $u = x^2 + u_1x + u_0, v = v_1x + v_0$ $h = h_2x^2 + h_1x + h_0, f = x^5 + f_4x^4 + f_3x^3 + f_2x^2 + f_1x + f_0$	
Вихід:	$[u', v'] = 2[u, v]$	
Крок	Вираз	Операції
1	Обчислити $\tilde{v} \equiv (h + 2v) \bmod u = \tilde{v}_1x + \tilde{v}_0$: $\tilde{v}_1 = h_1 + 2v_1 - h_2u_1, \tilde{v}_0 = h_0 + 2v_0 - h_2u_0$;	
2	Обчислити значення $r = \text{res}(\tilde{v}, u)$: $w_0 = v_1^2, w_1 = u_1^2, w_2 = \tilde{v}_1^2, w_3 = u_1\tilde{v}_1$; $r = u_0w_2 + \tilde{v}_0(\tilde{v}_0 - w_3)$;	2K, 3M
3	Обчислити майже інверсне $inv' = inv \cdot r$: $inv' = -\tilde{v}_1, inv'_0 = \tilde{v}_0 - w_3$;	
4	Обчислити $k' = (f - hv - v^2)/u \bmod u = k'_1x + k'_0$: $w_3 = f_3 + w_1, w_4 = 2u_0$; $k'_1 = 2(w_1 - f_4u_1) + w_3 - w_4 - v_1h_2$; $k'_0 = u_1(2w_4 - w_3 + f_4u_1 + v_1h_2) + f_2 - w_0 - 2f_4u_0 - v_1h_1 - v_0h_2$;	1M
5	Обчислити $s' = k'inv' \bmod u$: $w_0 = k'_0inv'_0, w_1 = k'_1inv'_1$; $s'_1 = (inv'_0 + inv'_1)(k'_0 + k'_1) - w_0 - w_1(1 + u_1)$; $s'_0 = w_0 - u_0w_1$; Якщо $s_1 = 0$, див. нижче	5M
6	Обчислити $s'' = x + s_0 / s_1$ і s_1 : $w_1 = 1/(rs'_1) (= 1/r^2s_1), w_2 = rw_1 (= 1/s'_1), w_3 = s_1'^2w_1 (= s_1)$; $w_4 = rw_2 (= 1/s_1), w_5 = w_4^2$; $s''_0 = s'_0w_2$;	I, 2K, 5M
7	Обчислити $l' = s''u = x^3 + l'_2x^2 + l'_1x + l'_0$: $l'_2 = u_1 + s''_0, l'_1 = u_1s''_0 + u_0, l'_0 = u_0s''_0$;	2M
8	Обчислити $u' = s^2 + (h + 2v)s / u + (v^2 + hv - f)/u^2$: $u'_0 = s_0'^2 + w_4(h_2(s_0'' - u_1) + 2v_1 + h_1) + w_5(2u_1 - f_4)$; $u'_1 = 2s_0'' + w_4h_2 - w_5$;	K, 2M

9	Обчислити $v' \equiv -h - (l + v) \bmod u' = v'_1 x + v'_0$: $w_1 = l'_2 - u'_1$, $w_2 = u'_1 w_1 + u'_0 - l'_1$; $u'_1 = w_2 w_3 - v_1 - h_1 + u'_1 h_2$; $w_2 = u'_0 w_1 - l'_0$; $u'_0 = w_2 w_3 - v_0 - h_0 + h_2 u'_0$;	4M
Всього		I, 5K, 22M
Окремий випадок при $S = S_0$		
6'	Обчислити S та провести попередні розрахунки: $w_1 = 1/r$, $s_0 = s'_0 w_1$; $w_1 = u_1 s_0 + v_1 + h_1$, $w_2 = u_0 s_0 + v_0 + h_0$;	I , 3M
7'	Обчислити $u' = (f - hv - v^2)/u^2 - (h + 2v)s/u - s^2$: $u'_0 = f_4 - s_0^2 - s_0 h_2 - 2u_1$;	K
8'	Обчислити $v' \equiv -h - (su + v) \bmod u'$: $w_1 = w_1 - u'_0(s_0 + h_2)$, $v'_0 = u'_0 w_1 - w_2$;	2M
Всього		I, 3K, 14M

Операції додавання і подвоєння на еліптичній кривій виду

$$y^2 = x^3 + ax + b \pmod{p} \quad (3)$$

де $a, b \in F_p$, $(x, y) \in F_p^2$, над простим полем $GF(p)$, просте число p – модуль перетворення груп точок еліптичної кривої описується формулами:

1) якщо $P(x_1, y_1)$, $Q(x_2, y_2)$ - координати точок на ЕК, тоді $R=P+Q=(x_3, y_3)$:

$$\begin{cases} x_3 = \lambda^2 - x_1 - x_2, P \neq Q; \\ y_3 = -y_1 - \lambda(x_3 - x_1), \lambda = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \end{cases}$$

2) якщо $P=Q$, тоді $R=P+P=(x_3, y_3)$:

$$\begin{cases} x_3 = \lambda^2 - x_1 - x_2, P = Q; \\ y_3 = -y_1 - \lambda(x_3 - x_1), \lambda = \frac{3x_1^2 + a}{2y_1} \end{cases}$$

Якщо порівняти алгоритмічну складність виконання базових криптографічних операцій на ЕК і ГЕК, то можна побачити що додавання та подвоєння точки на ЕК потребує значно менше операцій (табл. 4).

Для порівняння часу виконання обчислень у [4] було використано дві математичні бібліотеки для роботи з великими числами. Відповідно алгоритм додавання та подвоєння точки було реалізовано на С з використанням бібліотеки GMP та на мові С++ з використанням бібліотеки NTL. При цьому для бібліотеки GMP елементи поля вважалися цілими числами, для NTL арифмети-

ка полів була реалізована окремо [4]. Нами була запропонована програмна реалізація на мові С скалярного множення точки на ЕК і ГЕК з використанням бібліотеки великих чисел Ар'єна Ленстри, LIP– Long Integer Package (табл. 7). Також на рис. 3 подано графічне представлення отриманих результатів.

Т а б л и ц я 4

Порівняння кількості операцій алгоритмів ЕК та ГЕК

	ЕК			ГЕК		
	І	К	М	І	К	М
Додавання	1	1	2	1	2	23
Подвоєння	1	2	2	1	5	22

Т а б л и ц я 5

Час виконання алгоритму скалярного множення точки при використанні бібліотеки GMP

Довжина модуля кривої	ЕК(мс)	ГЕК(мс)
~ 160 біт	4.577	8.232
~ 180 біт	5.668	9.121

Т а б л и ц я 6

Час виконання алгоритму скалярного множення точки при використанні бібліотеки NTL

Довжина модуля кривої	ЕК(мс)	ГЕК(мс)
~ 160 біт	10.785	11.326
~ 180 біт	14.303	16.324

Т а б л и ц я 7

Залежність часу скалярного множення точки при використанні бібліотеки LIP

Довжина модуля кривої	ЕК(мкс)	ГЕК(мкс)
~ 200 біт	49.100	52.034
~ 256 біт	64.005	70.784

Аналіз результатів досліджень показує, що при використанні бібліотеки LIP продуктивність скалярного множення точки збільшилася приблизно в 225 разів порівняно з NTL, та у 120 раз у порівнянні з бібліотекою GMP. Отже, при розробці програмного забезпечення доцільно використовувати саме бібліотеку Ленстри, якій притаманна значно вища продуктивність, ніж більш загальновідомим бібліотекам GMP та NTL.

В таблицях 5-7 подано порівняння ЕК та ГЕК приблизно однакової криптографічної стійкості. З отриманих результатів випливає, що алгоритмічна складність базових криптографічних операцій на ЕК менша, тому швидкодія виконання базових операцій вища. Менша кількість операцій означає не тільки вищу швидкодію, але й менше енергоспоживання апаратурою, обсягу обчислювальних ресурсів, тому ЕК зручні для використання у старт-картках та портативних телефонах. Варто зазначити, що в даному випадку базова операція не є однією інструкцією процесора, адже при використанні 160 - або навіть 256-

бітного ключа процесор має обробляти числа частинками (nits). Тобто при додаванні двох 256-бітних чисел 32-розрядний процесор має виконати 8 операцій додавання, 16-розрядний процесор – 16 операцій. При множенні (а тим більше діленні) кількість необхідних операцій значно зростає.

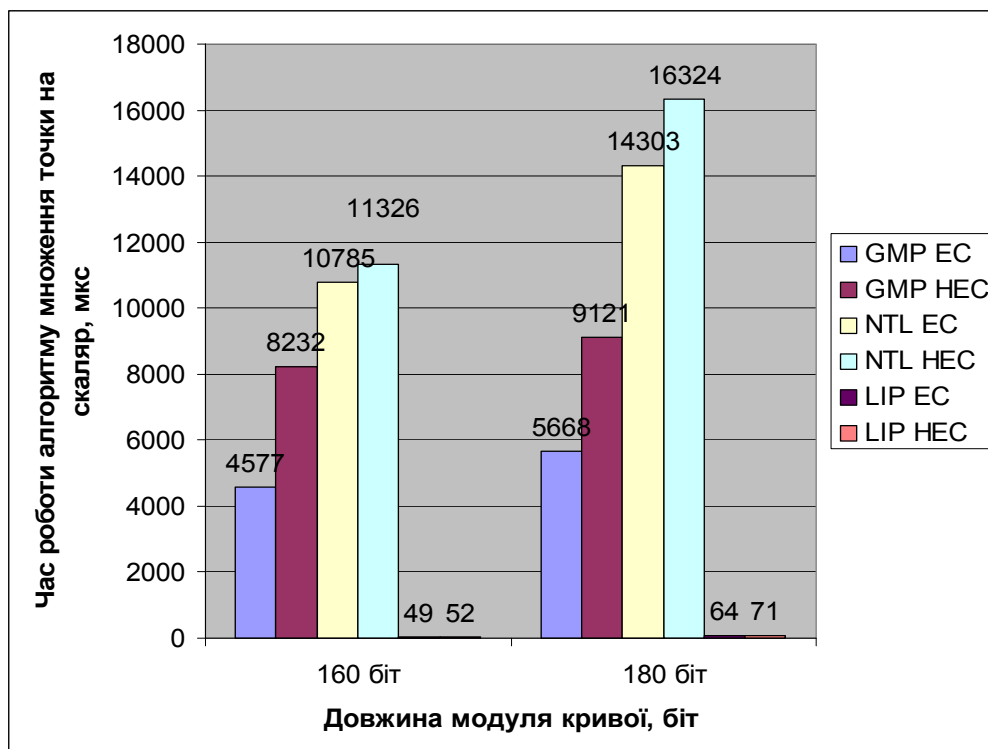


Рис. 3. Графік порівняння часових характеристик програми множення точки на скаляр з використанням різних бібліотек великих чисел

Висновки. В даній роботі авторами запропоновано метод з використанням бібліотеки великих чисел Ар'єна Ленстри - LIP, для скалярного множення точки на еліптичних та гіпереліптичних кривих, що дозволило збільшити продуктивність в 225 разів порівняно з бібліотекою NTL, та у 120 раз у порівнянні з бібліотекою GMP. Крім того, на сьогодні еліптичні криві забезпечують практично абсолютно надійний захист завдяки високій складності розв'язку задачі дискретного логарифмування. Отже, що при розробці системи шифрування та електронно-цифрового підпису на даний час доцільніше використовувати саме еліптичні криві, які за однакової з гіпереліптичними кривими криптографічної стійкості є продуктивніші та потребують менше обчислювальних ресурсів, та бібліотеку великих чисел LIP при розробці програмного забезпечення.

Л і т е р а т у р а

1. Menezes, Y.-H. Wu, and R. Zuccherato. An Elementary Introduction to Hyperelliptic Curves. In Algebraic Aspects of Cryptography.
2. N. Koblitz. Hyperelliptic cryptosystems. J. of Cryptology, 1:139-150, 1989.
3. D. Lorenzini. An Invitation to Arithmetic Geometry, volume 9 of Graduate studies in mathematics. AMS, 1996.
4. T. Lange. Efficient Arithmetic on Genus 2 Hyperelliptic Curves over Finite Fields via Explicit Formulae. Report 2003. <http://eprint.iacr.org/> or <http://www.itsc.ruhr-uni-bochum.de/tanja>.

УДК 637.52:631.151.6

Ксенофонтowa К.Ю. , ТихоновЮ.Л.

ВИБОР СТРУКТУРИ ПРИ ІЄРАРХІЧНІЙ ІНТЕГРАЦІЇ.

У роботі запропонована методика побудови структури каналів реалізації продукції або послуг в ієрархічній системі.

Постановка проблеми в загальному вигляді.

Інтеграція обумовлена інтенсифікацією процесов у різних областях господарської діяльності.

Інтеграційні процеси є об'єктивним явищем що супроводжують розвиток науково-технічного прогресу. Сутність інтеграції полягає в посиленні взаємозв'язків між суб'єктами єдиного техпроцесу, з метою збільшення економічного ефекту за рахунок спільної діяльності [1].

Мотиви інтеграції зв'язані зі стратегічною стійкістю об'єктів інтеграції й з можливістю зменшити загальні транзакційні витрати в інтегрованій системі. Наприклад, підсилюється спеціалізація та концентрація с відповідною ієрархією сільськогосподарського виробництва. Інший приклад дає технологія дистанційного навчання, де ієрархічна інтеграція закладена в самій організації навчання. В інших галузях інтеграційні процеси також приводять до економії витрат і підвищенню якості технологічних процесів.

Цілі статті. Метою статті є розробка методів побудови структури каналів реалізації продукції або послуг в ієрархічній системі господарських об'єктів.

Актуальність. Сутність інтеграції полягає в посиленні взаємозв'язків між суб'єктами єдиного техпроцесу, з метою збільшення економічного ефекту за рахунок спільної діяльності. Основою цього виступає сформульований І. Ансоффом [1] "синергетичний ефект", тобто можливість того, що результат від сумісних зусиль декількох одиниць буде більшим за загальний результат від їх самостійної діяльності.

У зв'язку з розмаїтістю можливих каналів реалізації актуальним стає можливість вибору економічно кращих схем зв'язків, що у свою чергу вимагає застосування математичних методів і їхньої реалізації на комп'ютерах.

Для опису процесу інтеграції використовуємо матричний апарат.

Нехай R - матриця ймовірностей виконання робіт $y_1, y_2, \dots, y_M$ господарськими об'єктами $x_1, x_2, \dots, x_N$.

$$R = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & \cdot & \cdot & \cdot & y_M \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_N \end{matrix} & \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & p_{1M} \\ p_{21} & p_{21} & \cdot & \cdot & \cdot & p_{2M} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ p_{N1} & p_{N2} & \cdot & \cdot & \cdot & p_{NM} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

$$\sum_{j=1}^M p_{ij} = 1, \quad \forall i.$$

S – матриця витрат по всіх роботах з видів витрат.

$$S = \begin{matrix} & Z_1 & Z_2 & \cdot & \cdot & \cdot & Z_L \\ \begin{matrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_M \end{matrix} & \begin{pmatrix} s_{11} & s_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & s_{1L} \\ s_{21} & s_{21} & \cdot & \cdot & \cdot & s_{2L} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ s_{M1} & s_{M2} & \cdot & \cdot & \cdot & s_{ML} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

$s_{i,j}$ - елементи матриці S, $Z_1, Z_2, \dots$ - види затрат

$$T = RS = \begin{matrix} & Z_1 & Z_2 & \cdot & \cdot & \cdot & Z_L \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_N \end{matrix} & \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & t_{1L} \\ t_{21} & t_{21} & \cdot & \cdot & \cdot & t_{2L} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ t_{N1} & t_{N2} & \cdot & \cdot & \cdot & t_{NL} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

$$t_{ij} = \sum_{m=1}^M p_{im} \cdot s_{mj}, \quad \forall i, j.$$

t_{ij} - середні витрати по видах витрат господарського об'єкта x_i , по всіх роботах $y_1, y_2, \dots, y_M$...

Для вибору порога поділу знаходимо

$$\max \min = \max_{i=1, \dots, N} \min_{j=1, \dots, L} t_{ij}$$

В качестве порога разделения берем $K = \max_{ij} t_{ij} : t_{ij} < \max \min []$.

Для кожного виду витрат $\forall j = 1, \dots, L$ Становимо урівневі безлічі M_j

$$M_j = (x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_j}), \text{ где } x_{i_h} : t_{i_h j} \geq K.$$

Для кожного виду витрат $\forall j = 1, \dots, L$ уводяться вагові коефіцієнти $W_1, W_2, \dots, W_L$.

$\forall i_h \subset M_j \quad \forall j = 1, 2, \dots, L$ визначаємо коефіцієнти

K_{i_h} , рівні сумі всіх W_{i_h} , вхідних в усі M_j .

Становимо структуру ієрархії у вигляді

$M = (K_{i_1} \cdot x_{i_1}, K_{i_2} \cdot x_{i_2}, \dots, K_{i_h} \cdot x_{i_h}, \dots, K_{i_{\max}} \cdot x_{i_{\max}})$, де

$$i_{\max} = \max_{i_h \subset M_j, \forall j=1,2,\dots,L} i_h.$$

Якщо $K_{i_h} < K_{i_p}$, то K_{i_h} займає в структурі ієрархії місце нижче чим K_{i_p} .

Якщо $K_{i_h} = K_{i_p}$, то K_{i_h} займає в структурі ієрархії те ж місце що й K_{i_p} .

Як приклад розглянемо технологію дистанційного навчання, де ієрархічну структуру можна вводити серед об'єктів одержання послуг (навчання) сцелью ефективного оперативного моніторингу якісного навчання. Наприклад, при дистанційному навчанні кількість тих, яких навчають, за даним курсом можебыть велико й ослаблений контакт із викладачем. Як результат, можна чекати нагромадження черги заборгованостей аж до блокування системи [2, 3].

Ієрархічне структурування в такому випадку дозволить виділити урівневі безлічі тих, яких навчають, по яких необхідно застосовувати більше інтенсивні методики навчання аж до виклику у ВНЗ для консультацій.

Особливістю опису для таких систем буде більша розмірність N матриці R і постійна зміна урівневих безлічей. Наприклад для 100 тих, яких навчають, матриця R прийме вид:

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} y_1 & y_2 & \cdot & \cdot & \cdot & y_M \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{100} \end{matrix} & \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & P_{1M} \\ P_{21} & P_{21} & \cdot & \cdot & \cdot & P_{2M} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ P_{100,1} & P_{100,2} & \cdot & \cdot & \cdot & P_{100,M} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Обробка матриці такої розмірності викличе додаткові витрати на розробку спеціалізованого алгоритму, що забезпечує расчет у приемлимые строки.

Інший приклад. Розглянемо 6 господарських об'єктів $x_1, x_2, \dots, x_6$. У їхнє число можуть входити м'ясокомбінати, откормочные господарства, ветеринарні фірми й т.д. Кожний з об'єктів $x_1, x_2, \dots, x_6$ може виконувати роботи $y_1, y_2, \dots, y_5$...

Як можливі роботи розглянемо:

y_1 - закупівля яловичини, середня ціна 600грн/центнер готової продукції;

y_2 - закупівля свинини, середня ціна 900грн/центнер готової продукції ;

y_3 - закупівля птаха, середня ціна 400грн/центнер готової продукції ;
 y_4 - закупівля кормів, середня ціна 1300грн/центнер готової продукції ;
 y_5 - ветеринарні заходи, середня ціна 2000грн/центнер готової продукції.
 Види витрат по всіх роботах :
 Z_1 – транспортні витрати;
 Z_2 – витрати на зберігання;
 Z_3 – банківські послуги (0 у випадку розплати готівкою або бартером).
 Нехай

$$\begin{matrix} & y_1 & y_2 & y_3 & y_4 & y_5 \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ . \\ . \\ . \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0.5 & .2 & .2 & .1 & 0 \\ .6 & .3 & .1 & 0 & 0 \\ .4 & .2 & .2 & .1 & .1 \\ .9 & 0 & 0 & 0 & .1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Розподіл видів витрат по видах робіт:

$$S1 := \begin{pmatrix} .1 & .1 & .05 \\ .1 & .1 & .05 \\ .08 & .01 & .05 \\ .07 & .08 & .05 \\ .1 & .1 & .05 \end{pmatrix}$$

Вагові коефіцієнти $W_1 = .58$, $W_2 = .33$, $W_3 = .09$.

Застосувавши описану вище методику можна рекомендувати структуру ієрархії (мал.1).

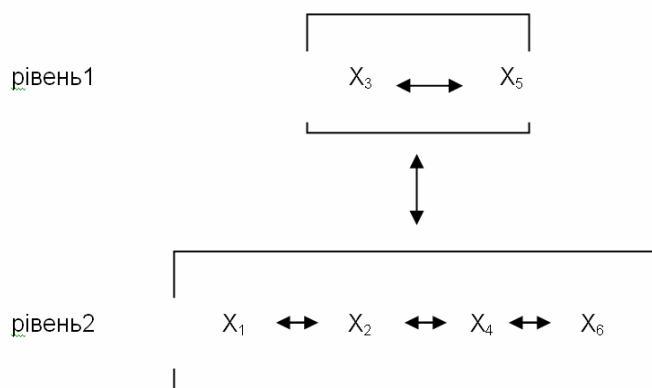


Рис.1. Структура ієрархії

У випадку відмови зайняти свій рівень у структурі інтеграції господарський об'єкт x_1 , наприклад, ризикує втратити економічні вигоди від кооперації по

попутному транспорті з х3 або х5, у яких при більших витратах на транспорт (див. матрицю RS) можна чекати в деяких випадках машинних ходок з неповним завантаженням. Відповідно постраждають і канали реалізації, що залежать від транспорту. У свою чергу, при відмові зайняти свій рівень у структурі інтеграції господарський об'єкт х3, наприклад, ризикує втратити можливість знизити транспортні витрати від неповного завантаження транспорту.

Як видно з наведеного вище метод придатний для різних господарських структур, зокрема м'ясопродуктових підкомплексів та навчальних систем, та інших галузях, де, інтеграційні процеси також приводять до економії витрат і підвищенню якості технологічних процесів. З'являється можливість підвищення ефективності використання техніки та обладнання за рахунок збільшення розмірів виробництва, консолідації зусиль для отримання переваг на ринку, пошуку альтернативних напрямків отримання та використання кредитів та страхування. За рахунок збільшення масштабів діяльності та вдосконалення організації виробництва, вони зміцнюють зв'язків між галузями, що послідовно приймають участь у виробництві кінцевої продукції або послуг.

Висновки. Інтеграційні процеси є об'єктивним економічним явищем, що супроводжує науково-технічний прогрес. Розробка методів побудови ієрархічної структури каналів реалізації продукції або послуг дозволить реалізувати переваги даної форми організації виробництва у м'ясопродуктовому виробництві.

Л і т е р а т у р а

1. Ансофф И. Стратегическое управление. Сокр.пер. с англ./Науч.ред и автор предисл. Л.И. Евенко. –М.: Экономика, 1989. -519 с.
2. Меньяйленко А.С., Могильный Г.А., Скачко В.В., Тихонов Ю.Л. Матричный аппарат для опису процесу інтеграції. Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій в науці, освіті та економіці: Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції. 8–10 квітня 2008 р., м. Луганськ. – Луганськ: Альма-матер, 2008. – 226 с.
3. Тихонов Ю.Л. Матричный анализ сетей массового обслуживания М: Институт проблем управления, 1985 Программное средство зарегистрировано во ВНИИ Центре N 50850000749

УДК 004.415:330.47

Могильный Г.А., Шкандыбин Ю.А., Жуковский М.А.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ НА ОСНОВЕ EDIRECTORY

В статье представлены результаты и описаны некоторые особенности подхода к созданию автоматизированной системы составления расписания учебных занятий.

Одним из способов повышения эффективности использования научно-педагогического потенциала и качества подготовки специалистов в высших учебных заведениях (ВУЗах) является внедрение систем автоматизации организации учебного процесса.

Важнейшей составляющей учебного процесса является расписание занятий, осуществление контроля за эффективным использованием аудиторного фонда, организация удобного графика работы для студентов, преподавателей и других привлеченных специалистов, которые участвуют в учебном процессе. Расписание за-

нятий определяет взаимодействие основных объектов учебного процесса ВУЗа, к которым относятся: учебные и рабочие планы специальностей, преподавательский состав, студенты (группы, подгруппы, потоки), ограниченный аудиторный фонд и ряд дополнительных условий, накладывающих ограничения на проведение лабораторных и практических занятий.

В таких условиях, задача составления расписания является очень сложным и трудоемким процессом, обладающим большим количеством входных данных, а также сочетанием различных факторов и особенностей конкретного ВУЗа. Зачастую решение данной задачи становится практически невозможным без создания автоматизированных советующих систем на основе современных информационных технологий.

Использование новых информационных технологий в значительной степени решает проблему формирования учебного расписания. Готовые программные продукты [1,2,3,4,5], частично или полностью автоматизирующие процесс составления расписания в большинстве случаев не учитывают индивидуальных особенностей конкретного ВУЗа. Например, в ЛНУ имени Тараса Шевченко расписание составляется понедельно отдельными структурными подразделениями, кроме того, из-за специфики подготовки специалистов по целому ряду педагогических специальностей учебный процесс с аудиторными занятиями прерывается педагогическими и другими практиками. С другой стороны, все существующие программные разработки являются самостоятельными продуктами, не предполагают интеграции с другими информационными системами и не позволяют создать единого информационного пространства в ВУЗе и его филиалах. Следовательно, в сфере высшего образования стоит проблема построения гибкой интегрированной системы, которая включает задачи автоматизации составления расписания, контроля за использованием информационных ресурсов: библиотек прикладных программных средств, электронных документов, компьютеров, принтеров, Интернет и других сетевых устройств.

В данной работе предложен и описан один из подходов к решению данной проблемы на примере задачи составления расписания учебных занятий в ЛНУ имени Тараса Шевченко.

Для реализации системы в качестве хранилища данных выбрана объектная СУБД eDirectory [6]. Служба eDirectory - это глобальная служба, использующая распределенную объектно-ориентированную СУБД сетевых ресурсов. Она содержит информацию обо всех сетевых ресурсах, включая информацию о пользователях, группах пользователей, принтерах, томах и компьютерах, их адресах, правах доступа и т.д.

Предварительный анализ показал, что служба eDirectory представляет собой эффективное решение для создания единого информационного пространства интегрированных корпоративных информационных систем (КИС) и обладает рядом преимуществ по сравнению с подобными компонентами других операционных систем за счет распределенности, реплицируемости, объектности, прозрачности, глобальности.

Объекты eDirectory организованы в иерархическую структуру, соответствующую структуре организации, и позволяют создавать новые объекты, отражающие реальные информационные потоки и потребности разделения ресурсов реальной КИС.

Учитывая специфику процесса составления расписания необходимо обеспечить хранение в БД исходных данных, используемых при заполнении сетки расписания: список студентов, список преподавателей, список дисциплин, расписание по видам занятий и т.д.

Для хранения данной информации был разработан дополнительный ряд объектов eDirectory с необходимыми атрибутами (свойствами). Один из объектов базы представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Объект базы данных Nagruzka (Предмет нагрузки).

Название атрибута объекта	Тип данных	Обязательные атрибуты	Краткое описание
Cn	String	1	Уникальное имя объекта в пределах контейнера.
Object Class	Class Name	1	Имя класса к которому принадлежит объект
NazvanieDisciplinu	String	0	Полное название дисциплины.
Lekcii	String	0	Количество лекций дисциплины.
KSR	String	0	Количество КСР дисциплины
LabRab	String	0	Количество лабораторных работ по дисциплине.
Practici	String	0	Количество практических работ по дисциплине.
PGrups	String	0	Информация о количестве подгрупп на которые делится группа.
Prepodavatel	String	0	Имя преподавателя(лей) ведущего дисциплину.
KolChasVN	String	0	Предполагаемое количество пар предмета в неделю.
Semestr	String	0	Семестр в котором дисциплина проводится.

Для расширения структуры дерева eDirectory дополнительными объектами и атрибутами использовалась многофункциональная утилита ConsoleOne. Пример окна программы представлен на рисунке 1.

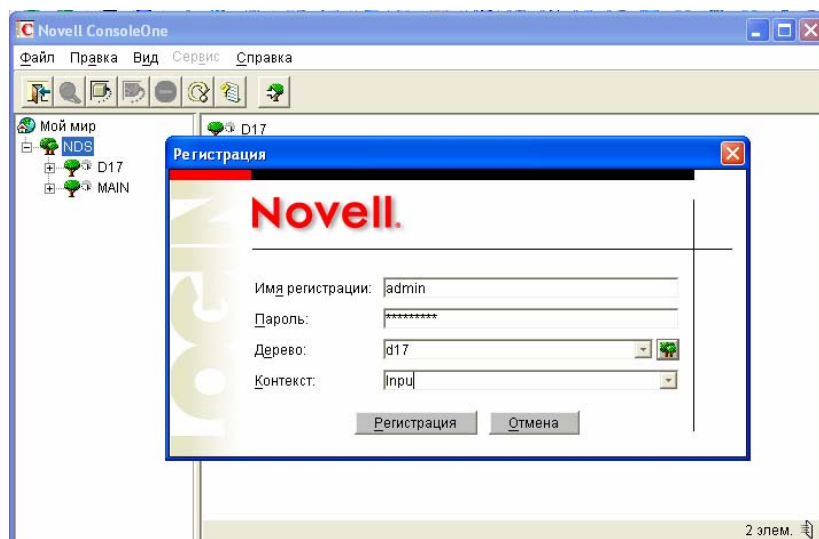


Рис. 1 Утилита ConsoleOne

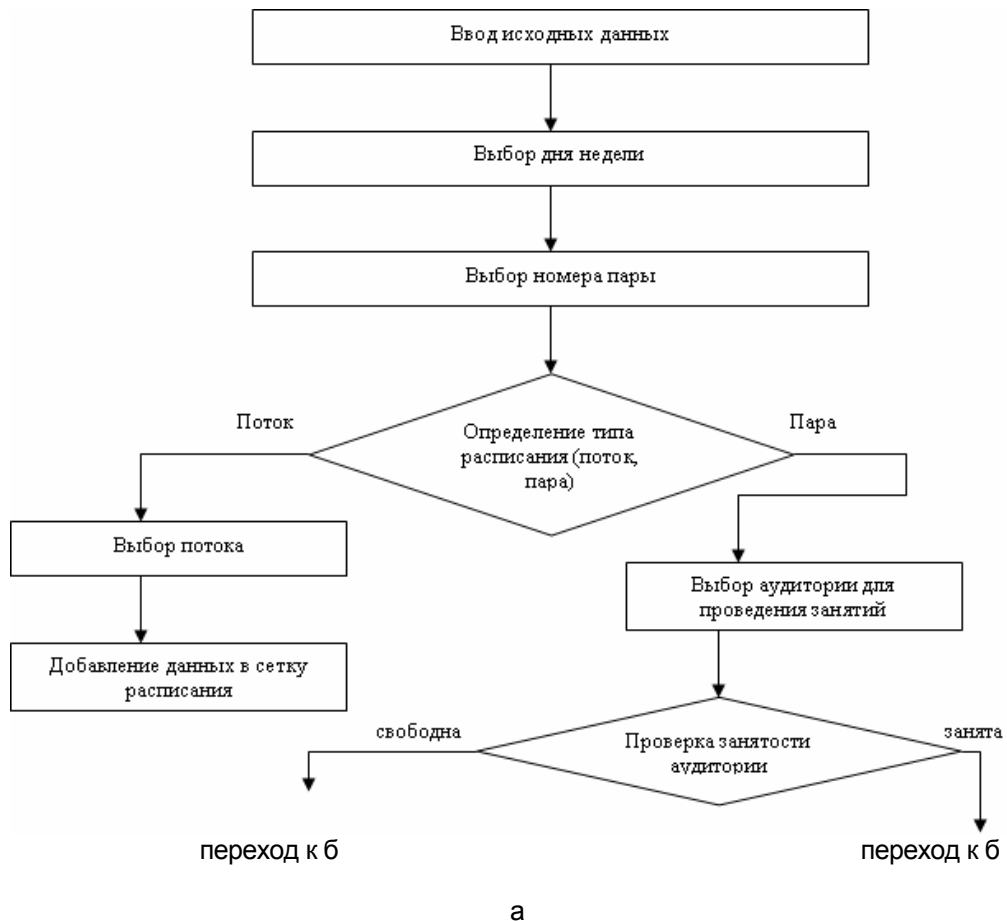
Основываясь на анализе принципов составления расписания и обзоре существующих программных продуктов, была разработана модель поэтапного составления расписания, представленная на рисунке 2.

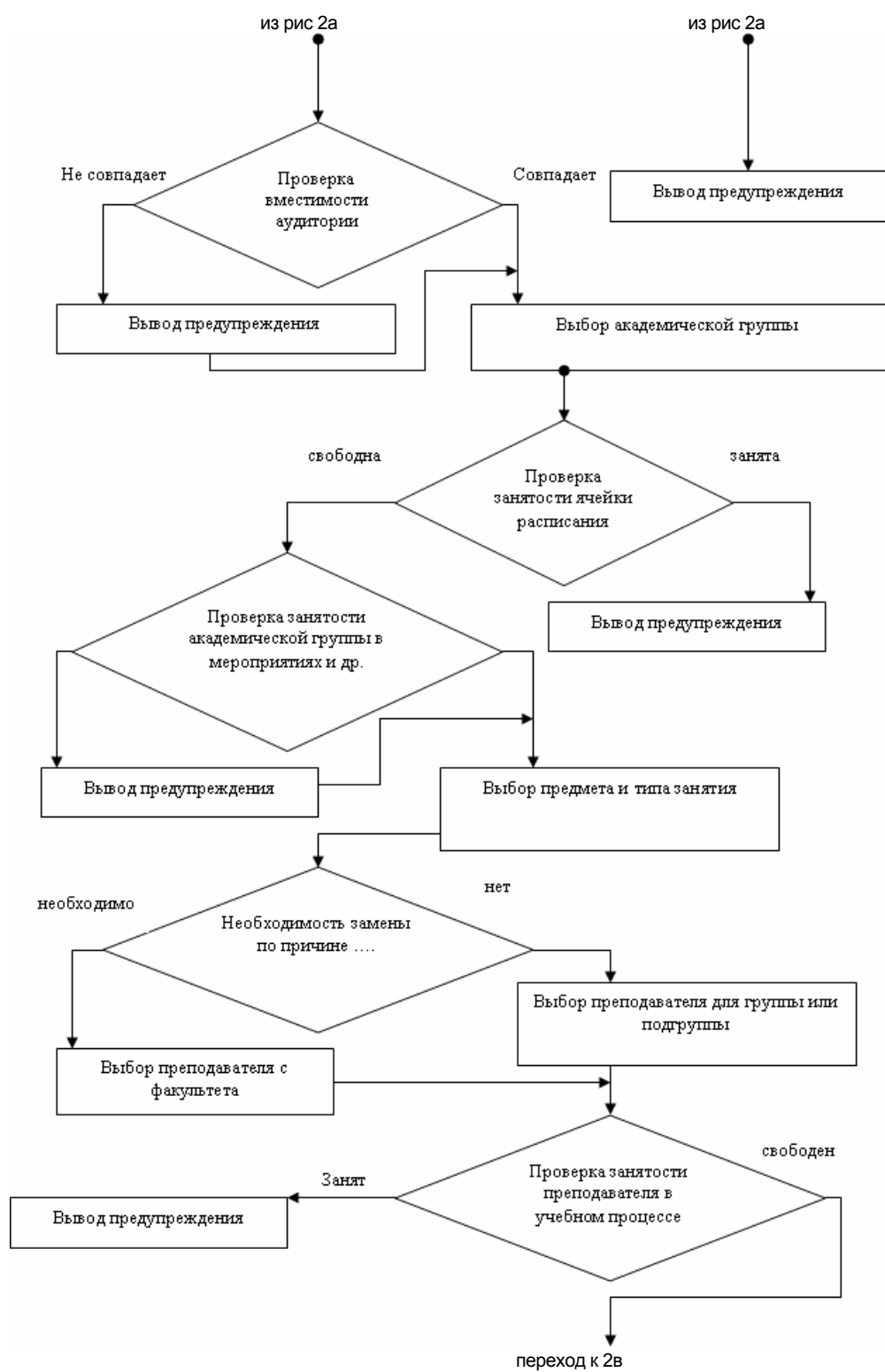
Данная модель, частично автоматизирует процесс заполнения сетки расписания.

В результате анализа программных утилит для работы с eDirectory и различных API фирмы Novell было выбрано два подхода к реализации клиентской части программного комплекса: расширение возможностей интерфейсной части программы ConsoleOne [7] и создание нового приложения на основе технологии Java Server Pages (JSP)[8,9].

Однако второй подход обладает более высокой универсальностью, позволяет использовать клиентские машины с практически любой операционной системой, предоставляет возможность проектирования динамических приложений, обеспечивает возможность удаленного доступа пользователей через локальную сеть или Интернет, с помощью любого современного браузера. Это избавляет пользователя и администраторов от необходимости установки дополнительного ПО.

В результате реализации данной модели было разработано приложение, при запуске которого, в браузере, пользователь попадает на страницу выбора подразделения (факультет, институт). В данный момент приложение реализовано только для работы с одним структурным элементом, институтом, но в дальнейшем будет расширено с учетом всех структурных единиц ВУЗа.





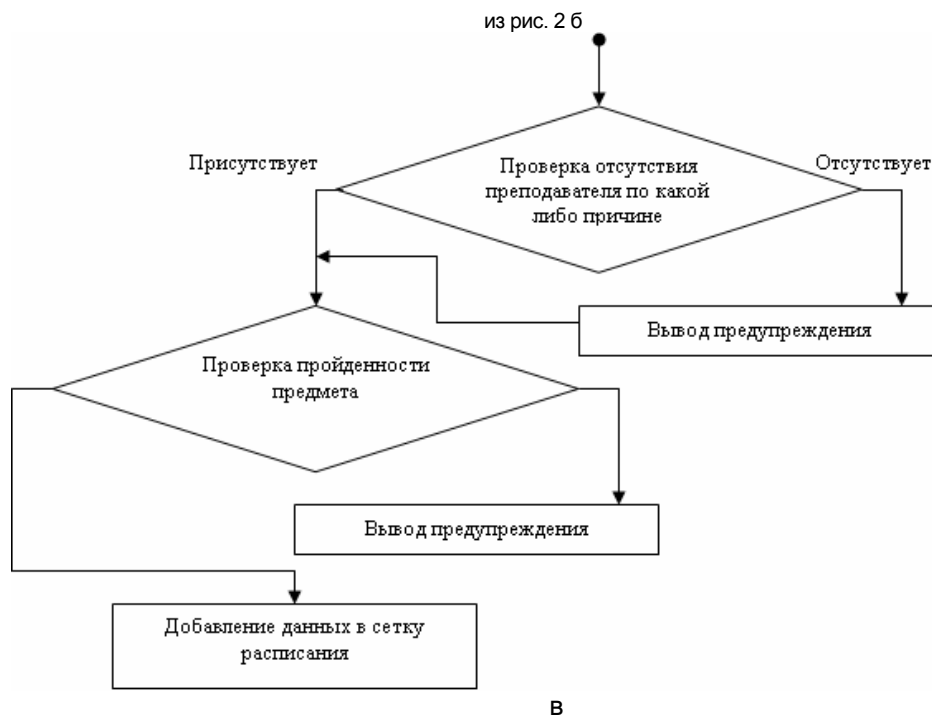


Рис. 2 Модель поэтапного составления расписания

После того как пользователь произвел выбор структурного подразделения (институт, факультет), ему предлагается возможность пройти регистрацию на основе интеграции с деревом eDirectory, назначаются права доступа. Обычный рядовой пользователь имеет ограниченные права доступа, и может просматривать только ранее составленное расписание структурного подразделения.

Администратор (методист), может проводить все виды работы с данными находящимися в рамках структурной единицы. Распределение прав осуществляется по средствам принадлежности пользователя, какому либо из подразделений структурной единицы (деканат, кафедра, научно исследовательский сектор, студент). Основными составляющими интерфейса главного окна программы являются 3 группы элементов:

Исходные данные – группа инструментов, обеспечивающая ввод исходных данных, таких как нагрузка академических групп, аудиторный фонд факультета (института), преподаватели и группы. Пример страницы ввода исходных данных представлен

Составление расписания для факультета (института) – группа инструментов реализующих процесс формирования сетки расписания на заданный период. Пример страницы заполнения сетки расписания и задания начала его действия представлен на рисунке 3.

Расписание факультета (института), статистика пройденной нагрузки – группа элементов реализующих возможность просмотра расписания для академических групп, преподавателей, а так же вывода статистики пройденной нагрузки.

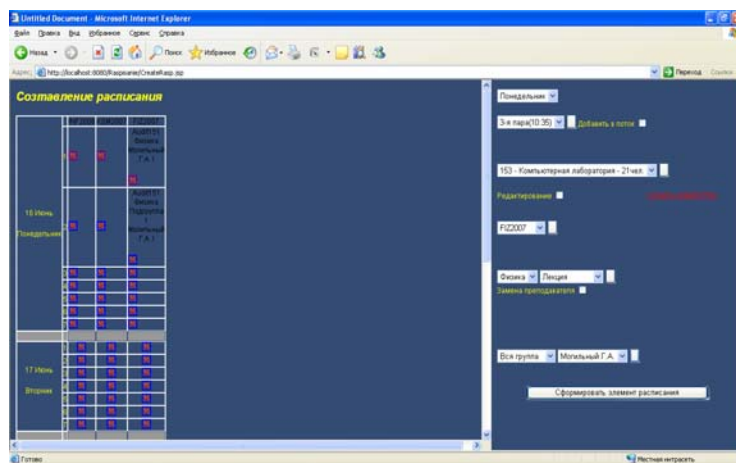


Рис. 3 Заполнение сетки расписания

В результате проделанной работы, предложен подход к созданию интегрированной информационной системы управления ВУЗом, создана модель составления расписания занятий и разработана программа заполнения сетки расписания на основе ряда критериев и исходной документации хранимой в объектной СУБД eDirectory.

Л и т е р а т у р

1. <http://www.timetabler.narod.ru/>
2. www.rector.spb.ru
3. <http://allmath.ru/appliedmath/operations/operations27/operations.htm>
4. <http://infoschool.at.tut.by/>
5. <http://www.chair36.msiu.ru/science/science/articles/14/main.pdf>
6. www.novell.com
7. Джеймс Е. Гаскин. "Администрирование Novell NetWare 6.0/6.5": Пер. с англ. – СПб.: БХП-Петербург, 2003. – 1056 с.
8. Х.М. Дейтел, П.Дж. Дейтел, С.И. Сантри Технологии программирования на Java 2; Книга 3. Корпоративные системы, сервлеты, JSP, Web - сервисы. Пер. с. Англ. - : ООО «Бином - Пресс», 2003 г. – 672.
9. Хорстманн К. С, Корнелл Г. Библиотека профессионала. Java 2. Основы.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2003.

ВІСНИК
Східноукраїнського національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
№ 9 (127) 2008

Науковий журнал

Відповідальний за випуск
Технічний редактор
Оригінал-макет

В.Ф. Пожидаєв
Т.М. Дроговоз
О.В. Могильна

Підписано до друку 12.06.2008 р.
Формат 70 x 108 1 /16. Папір офсетний. Гарнітура Arial Суг.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. 16,8. Обл. друк. арк. 18,2.
Наклад 300 прим. Вид. № 2204. Замовлення № _____. Ціна вільна.

Видавництво
Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса видавництва: 91034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20 а,
Телефон (0642) 41-34-12. Факс (0642) 41-31-60.
E-mail: uni@snu.edu.ua