



#### Редакційна колегія

##### Головний редактор

**Дмитріков Валерій Павлович**, доктор технічних наук, професор, Полтавська державна аграрна академія

##### Заступник головного редактора

**Дудніков Анатолій Андрійович**, кандидат технічних наук, професор, Полтавська державна аграрна академія

##### Відповідальний секретар

**Біловод Олександра Іванівна**, кандидат технічних наук, доцент, Полтавська державна аграрна академія

#### Економічні науки

**Аранчій Валентина Іванівна**, кандидат економічних наук, професор, Полтавська державна аграрна академія

**Захарчик Галина Миронівна**, доктор економічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка»

**Криківський Євген Васильович**, доктор економічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка»

**Лозинська Тамара Миколаївна**, доктор наук з державного управління, професор, Полтавська державна аграрна академія

**Макаренко Петро Миколайович**, доктор економічних наук, професор, Полтавська державна аграрна академія

**Онищенко Світлана Петрівна**, доктор економічних наук, професор, Одеський національний морський університет

**Плаксінко Валерій Якович**, доктор економічних наук, професор, Полтавська державна аграрна академія

**Waldemar Izdebski**, доктор економічних наук, професор, Варшавський технічний університет, Польща

#### Технічні науки

**Акімов Олег Вікторович**, доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**Афтаназів Іван Семенович**, доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка»

**Горик Олексій Володимирович**, доктор технічних наук, професор, Полтавська державна аграрна академія

**Дудніков Ігор Анатолійович**, кандидат технічних наук, доцент, Полтавська державна аграрна академія

**Кац Марк Давидович**, доктор технічних наук, професор, Східноукраїнський національний університет ім. В. І. Дала

**Мальований Мирослав Степанович**, доктор технічних наук, професор Національний університет «Львівська політехніка»

**Смердов Андрій Андрійович**, доктор технічних наук, професор, Полтавська державна аграрна академія

**Старчевський Володимир Людвикович**, доктор технічних наук, професор Національний університет «Львівська політехніка»

**Тіщенко Леонід Миколайович**, доктор технічних наук, професор, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка

**Jozef Voynarovsky**, доктор технічних наук, професор, Сілезький політехнічний інститут, Польща

#### Міжнародна представленість та індексація журналу:

- ✓ Index Copernicus.
- ✓ Ulrich's Periodicals Directory.
- ✓ DRIVER.
- ✓ Bielefeld Academic Search Engine (BASE).
- ✓ Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

#### Засновники

Полтавська державна аграрна академія  
ПП «Технологічний Центр»

Верстка: Т. Е. Сергієнко

Рекомендовано Вченою Радою  
Полтавської державної аграрної академії  
Протокол № 7 від 27.03.2013

Свідоцтво про державну реєстрацію журналу  
Серія КВ № 18226-7026Р

#### Адреса редакції та видавництва

Україна, 61145, м. Харків, вул. Шатилова дача, 4, Технологічний Центр  
Тел.: +38 (057) 750-89-90. E-mail: eejet.kh@gmail.com

Підписано до друку 29.03.2013. Формат 60x84 1/8  
Ціна договірною. Наклад 300 прим.

Часткове або повне тиражування в будь-який спосіб матеріалів, що надруковані в цьому виданні, дозволяється тільки за наявності письмової згоди редакції

#### Підписка

Оформлюється через редакцію  
Тел.: +38 (057) 750-89-90. E-mail: eejet.kh@gmail.com

- 3** Моделювання напружено-деформованого стану та міцнісно-елементний аналіз конструкції інерційно-фільтруючого газосепаратора  
**Ал-Раммахі Мустафа М. М.**
- 5** Розробка та дослідження моделі структури бізнес процесів  
**Левикін В. М., Халецька О. М.**
- 8** Дослідження процесів спалення низькоякісного вугілля у низькотемпературному киплячому шарі  
**Безносик Ю. О., Логвин В. О., Корінчук К. О.**
- 11** Результати моделювання процесу розгону трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» з гід्रोоб'ємно-механічною трансмісією  
**Самородов В. Б., Бондаренко А. І.**
- 16** Аналіз основних атак на DNS-сервер і методи використання DNSSEC при захисті DNS-сервера  
**Радівілова Т. А., Бушманов В. С.**
- 20** Визначення зусиль в канаті, зігнутому на барабані  
**Фідровська Н. М., Варченко І. С.**
- 22** Технологія прогнозування ситуацій для систем з генетичними принципами функціонування  
**Вавілов Є. В.**
- 24** Скорочення випробувань надійності ІВС за рахунок її функціональної надмірності  
**Грабовський О. В., Казакова Н. Ф.**
- 27** Технологія передпольотної інтелектуальної діагностики двигунів беспілотних літаків  
**Ларін В. Ю.**
- 31** Дослідження системної води крохмалів тензометричним та ЕПП-методами  
**Погожих М. І., Пак А. О., Пак А. В., Мольський О. С.**
- 35** Аналіз науково-теоретичної проблеми розробки систем управління захистом інформації в комп'ютерних мережах  
**Петров А. О.**
- 42** Метод побудови таблиці маршрутизації для безпроводної сенсорної мережі  
**Новоселов С. П., Рак Є. В.**
- 45** Реологічна поведінка водних суспензій каоліну в присутності поверхнево-активних речовин  
**Сікорський О. О., Миронюк О. В., Свідерський В. А.**

# СОДЕРЖАНИЕ



## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ

- 3** Моделирование напряженно деформированного состояния и прочностно-элементный анализ конструкции инерционно-фильтрующего газосепаратора  
**Аль Раммахи Мустафа М. М.**
- 5** Разработка и исследование модели структуры бизнес процессов  
**Левыкин В. М., Халецкая О. Н.**
- 8** Исследование процессов сжигания низкокачественного топлива в низкотемпературном кипящем слое  
**Безносик Ю. А., Логвин В. А., Коринчук Е. А.**
- 11** Результаты моделирования процесса разгона трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» с гидробъемно-механической трансмиссией  
**Самородов В. Б., Бондаренко А. И.**
- 16** Анализ основных атак на DNS-сервер и методы использования DNSSEC при защите DNS-сервера  
**Радвиллова Т. А., Бушманов В. С.**
- 20** Определение усилий в канате, изогнутом на барабане  
**Фидровская Н. Н., Варченко И. С.**
- 22** Технология прогнозирования ситуаций для систем с генетическими принципами функционирования  
**Вавилов Е. В.**
- 24** Сокращения испытаний надежности ИИС за счет ее функциональной избыточности  
**Грабовский О. В., Казакова Н. Ф.**
- 27** Технология предполетной интеллектуальной диагностики двигателей беспилотных самолетов  
**Ларин В. Ю.**
- 31** Исследования системной воды крахмалов тензометрическим и ЭПР-методами  
**Погожих Н. И., Пак А. О., Пак А. В., Мольский А. С.**
- 35** Анализ научно-теоретической проблемы разработки систем управления защитой информации в компьютерных системах и сетях  
**Петров А. А.**
- 42** Метод построения таблицы маршрутизации для беспроводной сенсорной сети  
**Новоселов С. П., Рак Е. В.**
- 45** Реологическое поведение водных суспензий каолина в присутствии поверхностно-активных веществ  
**Сикорский А. А., Миронюк А. В., Свидерский В. А.**

# CONTENTS



## TECHNOLOGY AUDIT

- 3** Modeling of stress-strain state and strength-element analysis of construction of inertial-filter gas tank  
**Al-Rammahi Mustafa M. M.**
- 5** Development and research of the model of business structure processes  
**Levykin V., Khaletskaya O.**
- 8** Research of low quality fuel burning in low-temperature fluidized bed  
**Beznosyk Yu., Logvyn V., Kotinchuk K.**
- 11** Results of modeling of process of acceleration of tractor-analogue «Belarus 3022 DV» with hydrovolumetric-mechanical transmission  
**Samorodov V., Bondarenko A.**
- 16** Analysis of main attacks on DNS-server and methods of use DNSSEC for protection DNS-server  
**Radivilova T., Bushmanov V.**
- 20** Some efforts in the rope, bent on drums  
**Fidrovskaya N., Varchenko I.**
- 22** Technology of forecasting of situations for systems with genetic principles of work  
**Vavilov Ye.**
- 24** Reduction of reliability testings of data-measuring system due to its functional redundancy  
**Grabovskyy O., Kazakova N.**
- 27** Technology of preflight intellectual engine diagnostics of unmanned aircraft  
**Larin V.**
- 31** Study of system water of starches by tensometric and EPR-methods  
**Pogozhikh M., Pak A., Pak A., Molsky A.**
- 35** Analysis of research and theoretical problem of development of information security control systems in computer systems and networks  
**Petrov A.**
- 42** The method of constructing the routing tables for wireless sensor networks  
**Novoselov S., Rak E.**
- 45** Rheological behavior of kaoline water suspensions in presence of surfactants  
**Sikorsky O., Myronyuk O., Sviderski V.**



Аль Раммахи  
Мустафа М. М.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОЧНОСТНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ИНЕРЦИОННО-ФИЛЬТРУЮЩЕГО ГАЗОСЕПАРАТОРА

*В статье рассмотрены основные программные продукты для моделирования напряженно-деформированного состояния оболочек. Проведено исследование прочности и устойчивости инерционно-фильтрующего газосепаратора и получены результаты, которые показывают влияние различных концентраторов напряжения на коэффициент устойчивости.*

**Ключевые слова:** моделирование, прочность, инерционно-фильтрующий сепаратор, расчет.

## 1. Введение

При проектировании нового типа оборудования основное внимание уделяется конструированию проточных частей, а также гидродинамической обстановке в рабочих областях устройств, после чего обязательно проводятся поверочные расчеты на прочность основных узлов и деталей разработанной конструкции. Таким образом, моделирование напряженно-деформированного состояния и прочностно-элементный анализ новых конструкций инерционно-фильтрующих (ИФ) сепараторов представляется актуальной задачей и является неперенным условием его длительной и надежной эксплуатации.

## 2. Цель исследования

Целью исследования является определение напряжений возникающих в оболочке газосепаратора ИФ типа при наличии штуцеров различной конструкции и установленных в различных местах оболочки, а также выдача рекомендации по методам уменьшения возникающих рисков.

## 3. Задачи исследования

Создание трехмерной твердотельной модели газосепаратора без штуцеров и внутренних устройств, а также второй модели со штуцерами.

Приложение нагрузок на внутренние поверхности, а также закрепление тех частей аппарата, которые не могут подвергаться перемещениям.

## 4. Литературный обзор источников

Для решения данной задачи сегодня на рынке программного обеспечения имеется несколько альтернативных программных продуктов, которые производят прочностной анализ на основе методик конечно-элементного моделирования. На данный момент в мире разработано множество программных продуктов для моделирования напряженно-деформированного состояния элементов конструкций, среди них Ansys Workbench [1, 6], Пассат

от НТП «Трубопровод» [2], APM Structure3D [3, 7], Autodesk Inventor [4] и другие [8, 9, 10].

Наиболее доступными из таких отечественными инструментами являются система прочностного анализа APM FEM и система автоматизированного расчета APM WinMachine (разработчик НТП «Автоматизированное проектирование машин») [5]. Они предназначены для выполнения экспресс-расчетов твердотельных объектов деталей машин и механизмов, элементов конструкций и узлов, созданных в САД-системе КОМПАС-3D.

## 5. Методика моделирования и результаты исследования

Моделирование проведено для модернизированного ИФ газосепаратора производительностью 50000 м<sup>3</sup>/час природного газа (расчетные давление  $p = 1,6$  МПа и температура  $t = 20$  °С), проходящего опытно-промышленные испытания на Качановском ГПЗ (ПАТ «Укрнефть»). Материал корпуса и внутренних устройств аппарата — Сталь 16ГС. Механические характеристики определены согласно ГОСТ 14249-89.

В процессе моделирования конструкция корпуса разбита на конечные треугольные элементы, которые образуют конечно-элементную расчетную сетку (табл. 1).

Таблица 1

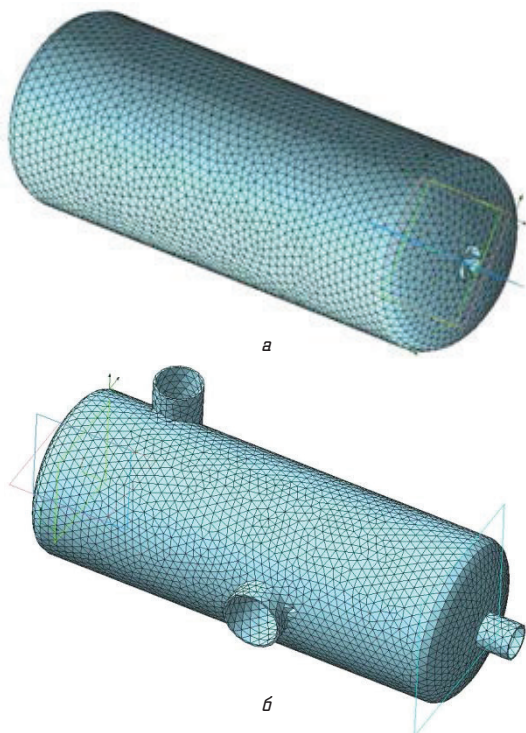
Параметры и результаты разбиения

Наименование	Значение
Максимальная длина стороны элемента [мм]	5
Максимальный коэффициент сгущения на поверхности	1
Коэффициент разрежения в объеме	1,5
Количество конечных элементов	21505
Количество узлов	6728

Как видно из рис. 1 в зонах расположения концентраторов напряжений сетка разбивается на более мелкие элементы.

После этого заданы граничные условия и приложены нагрузки (распределенное давление на внутренние

стенки сосуда и штуцеров), а также указаны закрепления в месте приварки цилиндрической опоры.

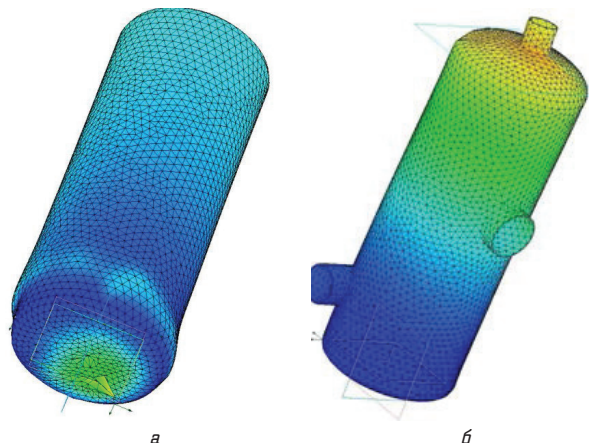


**Рис. 1.** Разбиение конструкции на элементы расчетной сетки: *а* — оболочка без внутренних устройств и штуцеров; *б* — оболочка при наличии штуцеров

Анализируя конструкцию газосепаратора можно сказать, что в нем есть несколько видов концентраторов напряжений, такие как тангенциально и радиально расположенные штуцера, места соединения цилиндрической и эллиптической части. Влияние вышеперечисленных факторов на прочность и устойчивость рассмотрено ниже (рис. 2).

Результаты моделирования показывают, что без наличия штуцеров напряжения в оболочке распределяются

равномерно, и это положительно влияет на надежность и прочность аппарата (рис. 3).



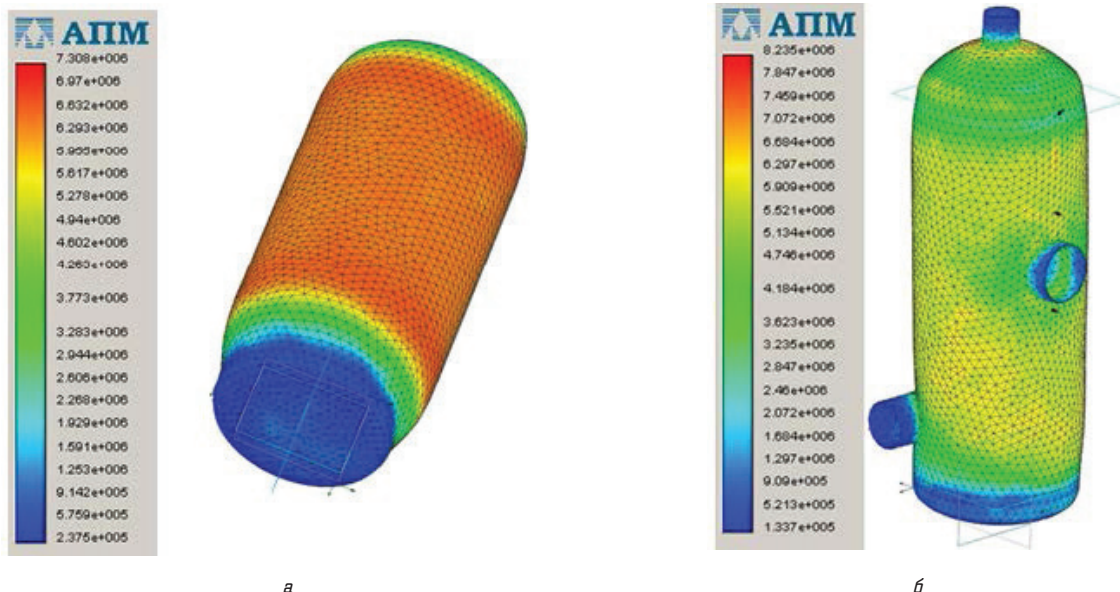
**Рис. 3.** Результаты моделирования потери устойчивости

Таким образом, для сохранения прочности конструкции необходимо укреплять отверстия за счет избыточной толщины стенки штуцера и аппарата, а также накладных колец.

Результаты моделирования оболочки со штуцерами и без показывают что напряжения в оболочке без штуцеров распространяются более равномерно и это положительно влияет на надежность конструкции. В свою очередь, так как наш газосепаратор работает в составе технологической схемы и необходимо подводить и отводить среды, а также контролировать технологические параметры, то наличие штуцеров является обязательным условием. Но, как видно по коэффициенту запаса устойчивости штуцера, отрицательно влияют на него (без штуцеров  $K_y = 0,002136$ , со штуцерами  $K_y = 0,000305$ ).

## 6. Выводы

Прочностной анализ модуля APM FEM позволяет решать линейные задачи: напряженно-деформированного состояния (статический расчет), статической прочности



**Рис. 2.** Распределение напряжений в оболочке корпуса аппарата

сборок, устойчивости, термоупругости, стационарной теплопроводности. Динамический анализ позволяет определять частоты и формы собственных колебаний, в том числе для моделей с предварительным нагружением.

Расчетами определены: распределение эквивалентных напряжений и их составляющих, а также главных напряжений; распределение линейных, угловых и суммарных перемещений; распределение деформаций по элементам модели; эпюры распределения внутренних усилий; значение коэффициента запаса устойчивости и формы потери устойчивости; распределение коэффициентов запаса и числа циклов по критерию усталостной прочности; распределение коэффициентов запаса по критериям текучести и прочности; распределение температурных полей и термонапряжений; координаты центра тяжести, вес, объем, длина, площадь поверхности, моменты инерции модели, а также моменты инерции, статические моменты и площади поперечных сечений; реакции в цилиндрической опоре аппарата, а также суммарные реакции, приведенные к центру тяжести модели газосепаратора.

#### Литература

1. Чичеров, Л. Г. Расчет и конструирование нефтепромышленного оборудования [Текст] / Л. Г. Чичеров, Г. В. Молчанов, А. М. Рабинович. — М.: Недра, 1987. — 422 с.
2. Краснокутский, А. Прочностной анализ с помощью программы ПАССАТ [Текст] / А. Краснокутский, А. Тимошкин // Cad Master. — № 3. — 2006. — С. 86–89. — Режим доступа: URL: [http://www.truboprovod.ru/articles/CadMaster2006\\_03\\_Passat.pdf](http://www.truboprovod.ru/articles/CadMaster2006_03_Passat.pdf).
3. Юсупов Ильгиз. Использование модуля прочностного анализа APM Structure 3D для расчета строительных конструкций в условиях сурового климата [Текст] / Ильгиз Юсупов // САПР и графика. — № 8. — 2000.
4. Стремнев, А. Прочностные анализы в Autodesk Inventor [Текст] / Александр Стремнев // САПР и графика. — № 5. — 2010. — Режим доступа: URL: <http://pointcad.ru/about/article/362/818/>.
5. Магомедов, А. Интегрированный конечно-элементный анализ в КОМПАС-3D [Текст] / Александр Магомедов, Андрей Алехин // Машиностроение и смежные отрасли. — № 8(60). — 2010. — Режим доступа: URL: [http://kompas.ru/source/articles/Observer\\_08.2010\\_APM.pdf](http://kompas.ru/source/articles/Observer_08.2010_APM.pdf).
6. Кочина, М. Л. Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния роговицы глаза с использованием системы инженерного анализа ANSYS [Текст] / М. Л. Кочина, В. Г. Калиманов // Клиническая информатика и Телемедицина. — 2009. — Т. 5, вып. 6. — С. 26–30.
7. Савинова, Н. Опыт проведения исследований корпусных деталей дробильного оборудования в среде прочностного анализа APM Structure3D [Текст] / Наталья Савинова // САПР и графика. — № 3. — 2005. — Режим доступа: URL: <http://www.saprg.ru/article.aspx?id=7066&iid=289>.
8. Бандурин, М. А. Моделирование напряженно-деформированного состояния оросительного лотка-оболочки [Текст] / М. А. Бандурин // Научный журнал КубГАУ. — № 24(8). — 2006. — Режим доступа: URL: <http://ej.kubagro.ru/2006/08/pdf/33.pdf>.
9. Bakouline, N. Variation parametric research technique of variable by step width shollo shells with finite deflections [Text] / N. Bakouline, O. Ignatiev, V. Karpov // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. — Volume 1. — Issue 3. — 2000. — pp. 1–6.
10. Doneil, L. N. A new theory for buckling of thin cylinders under axial compression and bending [Text] / L. N. Doneil // Trans. ASME. — 1934. — pp. 56.

#### МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТА МІЦІСНО-ЕЛЕМЕНТНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ІНЕРЦІЙНО-ФІЛЬТРУЮЧОГО ГАЗОСЕПАРАТОРА

В статті розглянуті основні програмні продукти для моделювання напружено-деформованого стану оболонок. Проведено дослідження міцності та стійкості інерційно-фільтруючого газосепаратора і отримані результати, які показують вплив різноманітних концентраторів напруги на коефіцієнт стійкості.

**Ключові слова:** моделювання, міцність, інерційно-фільтруючий сепаратор, розрахунок.

*Мустафа Макки Аль-Раммахи Мохаммед Али, аспірант, кафедра процесів і обладнання хімічних і нафтопереробних підприємств, Сумської державної університету, e-mail: engmustafa@ukr.net.*

*Мустафа Маккі Ал-Раммахі Мохаммед Али, аспірант, кафедра процесів і обладнання хімічних і нафтопереробних підприємств, Сумський державний університет.*

*Mustafa Makki Al-Rammahi Mohammed Ali, Sumy State University, e-mail: engmustafa@ukr.net*

УДК 004.89

**Левыкин В. М.,  
Халецкая О. Н.**

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ СТРУКТУРЫ БИЗНЕС ПРОЦЕССОВ

Данная работа посвящена разработке и исследованию модели структуры бизнес процессов. Рассмотрены существующие модели структуры бизнес процессов, экспертным путем выделены преимущества и недостатки. На основании экспертных оценок построена новая комбинированная модель структуры бизнес процессов, которая дает более точную оценку ее адекватности за счет использования данных моделей.

**Ключевые слова:** модель структуры, бизнес процесс, комбинированная модель, критерии эффективности.

### 1. Введение

В настоящее время ИТ-организации начинают активно реализовывать проекты по созданию бизнес-моделей. Данная активность не является данью некой новой «техноло-

гической» моде — для нее существуют вполне объяснимые причины, связанные с действием совокупности объективных экономический и организационно-правовых факторов.

Во-первых, наличие документированной бизнес-архитектуры предприятия является обязательным условием

его сертификации по международным стандартам ISO 9001:2000. Более того, в настоящее время в ряде развитых зарубежных стран приняты стандарты, определяющие требования к структуре и порядку построения бизнес-архитектуры. Во-вторых, в условиях все возрастающих инвестиций в информационно-технологическую инфраструктуру организации предварительное моделирование ожидаемых изменений в бизнес-процессах и оценки эффектов является одним из основных инструментов обоснования и оптимизации расходов на модернизацию [1].

Моделирование деятельности предприятия в виде бизнес-процессов позволяет составить представление о производственной деятельности предприятия, взаимодействии его подразделений между собой и с внешней средой. Полученные модели позволяют оценить существующие бизнес-процессы, найти их слабые места и создать новые, оптимизированные модели, реализации которых на практике позволят сократить трудовые, финансовые затраты и затраты рабочего времени.

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Вопросам моделирования бизнес-процессов посвящены работы Д. А. Марка, К. МакГоуэна, Д. Марко и др. Значительный вклад в развитие теории реинжиниринга и оптимизации бизнес-процессов внесли М. Хаммер, Д. Харрингтон, Э. Эсселинг, Х. Ван Нимвеген. Также разработкой данной темы занимались Репин В. В., Елиферов В. Г. Проблемам обеспечения данными процессов оперативного управления предприятием и принятия управленческих решений посвящены работы таких авторов как К. Друри, Ч. Хорнгрен, Дж. Фостер, М. Х. Жебрак и др. Следует также отметить значительное количество публикаций на темы оптимизации бизнес-процессов и информационного обеспечения на сайтах компаний, специализирующихся на разработке и внедрении программных решений для управления предприятием, таких как 1С, Галактика, Docsvision [2].

В то же время, при значительной теоретической базе и широких возможностях современных информационных технологий, практические внедрения программных решений далеко не всегда приносят ожидаемый экономический эффект, что вызвано недостаточной разработанностью некоторых вопросов анализа действующих бизнес-процессов, формулировки требований к их оптимизации, оценке затрат на внедрение.

Необходимо исследовать существующие модели структуры бизнес процессов (БП) и на основании экспертных оценок построить новую комбинированную модель.

## 3. Цель и задачи исследования

Основной целью исследования является разработка более точной модели структуры бизнес процессов, которую можно будет использовать в рамках существующих информационных систем (ИС) управления БП.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- исследование существующих моделей, используемых при построении модели структуры БП;
- исследование применения существующих моделей;
- формирование критериев эффективности;
- разработка комбинированной модели.

## 4. Экспериментальные данные и их обработка

Процесс — совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих видов деятельности, которая преобразует входы в выходы. Любая деятельность или совокупность видов деятельности, которая использует ресурсы для преобразования входов в выходы, может рассматриваться как процесс.

Бизнес-процесс — это структурированная, целенаправленная совокупность взаимосвязанных видов деятельности, которая по определенной технологии преобразует входы и ресурсы в выходы (продукты), представляющие ценность для потребителя. (Международный стандарт ISO 9000).

Типовая структура БП представляется стандартной цепочкой управленческого цикла, который состоит из следующих этапов:

— **этап 1 «Планирование»:** На данной этапе собирается информация, проводится ее анализ и разрабатывается план действий.

— **этап 2 «Организация»:** После разработки плана нужно обеспечить его реализацию — довести мероприятия до сотрудников, замотивировать и обеспечить сотрудников необходимыми для реализации плана ресурсами.

— **этап 3 «Учет»:** По истечении установленного периода нужно собрать фактическую информацию о выполнении запланированных работ и достигнутых результатов.

— **этап 4 «Контроль»:** После проведения учета план сопоставляется с фактической информацией и проводится анализ план-фактных отклонений.

— **этап 5 «Регулирование»:** На последнем пятом этапе принимается решение о последующих действиях — корректировки плана, поощрении или наказании сотрудников, которые эти планы реализовывали.

Рассмотрена методика Business Process Management (BPM). BPM — одна из современных управленческих методик, основанная на совокупности идеологии и программного обеспечения управления БП. BPM-система изначально предназначена для реализации принципов процессного управления бизнесом в компании. На рынке реализовано множество информационных систем, каждая из которых определенным образом создана для полного управления бизнес-процессами: стратегией, проектированием, внедрением, контролем.

— Business Process Analyze: один из самых успешных рынков поддерживающего инструментария в области BPM является сектор информационных систем класса Business Process Analyze. Так или иначе, описание бизнес-процессов идет в большинстве крупных российских и зарубежных организаций.

— Business Process Management System (BPMS): если БП описаны, то по логике цикла управления процессами они должны быть автоматизированы соответствующим инструментарием.

— Process Mining: из инновационных направлений наиболее активно сейчас развивается Process Mining, основанное на идее реверсивного восстановления модели бизнес-процессов на базе лог-файлов информационных систем [3–10].

Выделяют следующие виды моделей БП: визуальная модель — способ создания модели путем манипулирова-

ния графическими объектами; аналитическая модель — составление модели с помощью математических выражений; имитационная модель — модель, описывающая процессы так, как они проходили бы в действительности. Перечисленные модели на данный момент широко используются, но они имеют ряд недостатков.

Точность модели будет определяться использованием в процессе моделирования преимуществ указанных моделей с учетом их недостатков, то есть необходимо разработать комбинированную модель.

Критериями, описывающими степень эффективности использования модели БП являются: соответствие (*conf*) модели описываемому БП; возможные (*dev*) отклонения модели; степень (*probl*) использования модели; степень (*gen*) обобщенности БП; непротиворечивость (*cons*); ясность и понятность заказчику (*perspicuity*); полнота или вариативность (*compl*); достаточность для формирования требований к системе (*suff*). Проведем символизацию данных критериев путем создания обобщенного формализованного описания разрабатываемой модели:

$$T(M) = \langle \text{conf}, \text{dev}, \text{probl}, \text{gen}, \text{cons}, \text{persp}, \text{compl}, \text{suff} \rangle,$$

где *conf* — conformity, *dev* — deviation, *probl* — problems, *gen* — generality, *cons* — consistency, *persp* — perspicuity, *compl* — completeness, *suff* — sufficiency.

Построим дерево целей с учетом экспертных оценок вводимых весовых коэффициентов, которое представлено на рис. 1.

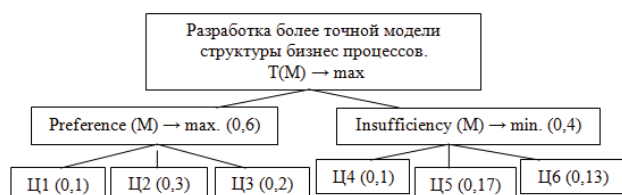


Рис. 1. Дерево целей

Ц1 — Preference (визуальная M) → max, Ц2 — Preference (аналитическая M) → max, Ц3 — Preference (имитационная M) → max, Ц4 — Insufficiency (визуальная M) → min, Ц5 — Insufficiency (аналитическая M) → min, Ц6 — Insufficiency (имитационная M) → min

В соответствии с деревом целей имеем:

$$T(M) = \left\{ 0,6 * \frac{(\text{conf} + \text{gen} + \text{cons} + \text{persp} + \text{compl} + \text{suff})}{6} + 0,4 * \frac{(\text{dev} + \text{probl})}{2} \right\}.$$

Составим уравнение комбинированной модели с учетом весовых коэффициентов для визуальной, аналитической и имитационной моделей соответственно:

$$T(M) = f \left\{ 0,1 * \frac{(\text{conf} + \text{gen} + \text{cons} + \text{persp} + \text{compl} + \text{suff})}{6} + 0,1 * \frac{(\text{dev} + \text{probl})}{2} \right\} + f \left\{ 0,3 * \frac{(\text{conf} + \text{gen} + \text{cons} + \text{persp} + \text{compl} + \text{suff})}{6} + 0,17 * \frac{(\text{dev} + \text{probl})}{2} \right\} + f \left\{ 0,2 * \frac{(\text{conf} + \text{gen} + \text{cons} + \text{persp} + \text{compl} + \text{suff})}{6} + 0,13 * \frac{(\text{dev} + \text{probl})}{2} \right\}.$$

Любое из значений параметров модели является допустимым, так как ограничения на параметры не накладываются. Все параметры модели находятся в диапазоне [0, 1].

## 5. Практическая значимость работы

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения предложений, рекомендаций и разработок, являющихся результатом работы, для оптимизации бизнес процессов ИТ-организаций, что будет способствовать сокращению расходов на получение информации, сокращению времени на ее обработку и повышению качества данных для обеспечения успешного функционирования организации.

## 6. Выводы

Таким образом, мы получили новую модель структуры бизнес процессов, которая дает более точную оценку за счет использования данных моделей.

## Литература

1. Репин, В. В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес процессов [Текст] / В. В. Репин, В. Г. Елиферов. — 2004. — 384 с.
2. Попова, А. А. Повышение качества данных для принятия управленческих решений [Текст] / А. А. Попова. — М. : ИМЦ «НВШ-СПб». — 2009. — 288 с.
3. Спицнадель, В. Н. Теория и практика принятия оптимальных решений [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Спицнадель. — СПб. : Бизнес-пресса. — 2002. — 400 с.
4. Кельтон, В. Имитационное моделирование. Классика CS. [Текст] / В. Кельтон. — П. : БХВ, 2004. — 848 с.
5. Боггс, У. UML и Rational Rose [Текст] / У. Боггс. — М. : Лори. — 2008. — 600 с.
6. Мамиконов, А. Г. Принятие решений и информация [Текст] / А. Г. Мамиконов. — М. : Сов. радио, 1983. — 183 с.
7. Токарев, В. Л. Интегрированная система поддержки принятия решений по управлению, прогнозированию и диагностике [Текст] / В. Л. Токарев. — 2000. — С. 21–28.
8. Павлов, А. А. Информационные технологии и алгоритмизация в управлении [Текст] / Павлов А. А. — К. : Техника. — 2002. — 344 с.
9. Маклаков, С. В. Создание информационных систем с All-Fusion Modeling Suite [Текст] / С. В. Маклаков. — М. : Издательство Диалог МИФИ. — 2007. — 400 с.
10. Ядыков, С. Эффективность информационных систем [Текст] / С. Ядыков // Консультант. — 2010. — № 5.

## РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ СТРУКТУРИ БІЗНЕС ПРОЦЕСІВ

Дана робота присвячена розробці і дослідженню моделі структури бізнес процесів. Розглянуто існуючі моделі структури бізнес процесів, експертним шляхом виділені переваги та недоліки. На підставі експертних оцінок побудована нова комбінована модель структури бізнес процесів, яка дає більш точну оцінку її адекватності за рахунок використання даних моделей.

**Ключові слова:** модель структури, бізнес процес, комбінована модель, критерії ефективності.

**Левькин Виктор Макарович**, доктор технических наук, профессор, кафедра информационных управляющих систем, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, e-mail: levynkin@kture.kharkov.ua.

*Халецька Ольга Николаевна, кафедра інформаційних управляючих систем, Харківський національний університет радіоелектроніки,  
e-mail: olyakhaletska@gmail.com.*

*Левикін Віктор Макарович, доктор технічних наук, професор, кафедра інформаційних управляючих систем, Харківський національний університет радіоелектроніки.*

*Халецька Ольга Николаевна, кафедра інформаційних управляючих систем, Харківський національний університет радіоелектроніки.*

*Levykin Viktor, Kharkiv National University of Radioelectronics,  
e-mail: levykin@kture.kharkov.ua.  
Khaletskaia Olga, Kharkiv National University of Radioelectronics,  
e-mail: olyakhaletska@gmail.com*

УДК 66.096.5

**Безносик Ю. О.,  
Логвин В. О.,  
Корінчук К. О.**

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СПАЛЕННЯ НИЗЬКОЯКІСНОГО ВУГІЛЛЯ У НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОМУ КИПЛЯЧОМУ ШАРІ

Перспективним методом спалювання низькоякісних високозольних та низькокалорійних палив з низьким рівнем токсичних речовин є спалювання в низькотемпературному псевдозрідженому шарі. У роботі наведені результати проведених експериментів на спеціальній лабораторній установці по спалюванню низькоякісних палив (довгополум'яне вугілля і антрацитовий штиб) в низькотемпературному киплячому шарі.

**Ключові слова:** низькотемпературний киплячий шар, довгополуменеве вугілля, антрацитовий штиб, оксиди сірки, оксиди азоту.

### 1. Вступ

Стратегічною задачею для України є зниження споживання природного газу, що імпортується до України та перехід на місцеві види палива. Так, у 2010–2014 рр. Державна цільова економічна програма модернізації комунальної теплоенергетики [1] затверджена постановою КМУ № 1216 від 4 листопада 2009 р. [2] передбачає скорочення споживання природного газу до 30 %. Одним із перспективних напрямів вирішення цієї проблеми є впровадження технології спалювання твердого палива в низькотемпературному киплячому шарі (НТШ). Перевагою спалення вугілля у низькотемпературному киплячому шарі, в порівнянні з традиційним в енергетиці пилевугільним спалюванням, є можливість використання низькоякісних сортів палив, в тому числі низькоякісного вугілля, та зниження викидів токсичних речовин, таких як оксиди сірки ( $\text{SO}_2$ ) та оксиди азоту ( $\text{NO}_x$ ) [3]. Разом з тим, спалення твердого палива у псевдозрідженому шарі залишається технологічно складним процесом та потребує додаткових досліджень: методів розпалу топок з НТКШ, режимів роботи топки з НТКШ для різних видів палив, недостатню дослідженого температурного режиму спалення палив та визначення кількісних характеристик викидів шкідливих речовин.

### 2. Лабораторна установка для проведення досліджень зі спалення палива у НТКШ

Для проведення дослідів з НТКШ у лабораторному відділі ТФПК ІТТФ НАНУ було розроблено лабораторну установку НТШ, яка наведена на рис. 1.

Технологія роботи лабораторного стенду полягає в наступному: підведення дуттьового повітря для зрідження здійснюється за допомогою насоса, регулювання витрати повітря здійснюється з допомогою автотрансформатора. Для вимірювання витрати повітря використовується ротаметр РМ-25Г. За допомогою дифманометра вимірюється тиск перед решіткою. Повітря після ротаметра потрапляє у камеру змішування і проходить через повітродозвідну решітку, діаметр отворів якої складає 1 мм. На решітку через кварцову камеру, яка є камерою згорання, засипається матеріал фракцією більше 1 мм, що підлягає зрідженню. Для розігріву інертного матеріалу використовується газ. Витяжний вентилятор та зонти призначені для виведення продуктів спалювання. Діаметр камери згорання складає  $59 \cdot 10^{-3}$  м.

Технічні характеристики лабораторної установки представлені у табл. 1.



**Рис. 1.** Лабораторна установка НТКШ

**Таблиця 1**

Характеристики лабораторної установки НТКШ

Витрати повітря	Швидкість повітря	Тиск перед решіткою	Комплекс
$G, \text{ м}^3/\text{год}$	$w_n, \text{ м/с}$	$\Delta P_z, \text{ мм в. ст.}$	$w_n^2 + \rho/2$
9,2	0,94	3	0,5
10,4	1,06	3,5	0,7



Закінчення табл. 1

Витрати повітря	Швидкість повітря	Тиск перед решіткою	Комплекс
$G, \text{ м}^3/\text{год}$	$w_{\text{п}}, \text{ м/с}$	$\Delta P_{\text{р}}, \text{ мм в. ст.}$	$w_{\text{п}}^2 \cdot \rho/2$
11,8	1,2	4	0,9
13,6	1,38	5	1,2
15,4	1,57	7,5	1,5
17,2	1,75	8,5	1,9
18,8	1,91	10,5	2,2

### 3. Проведення досліджень зі спалення палива у НТКШ

За інертний матеріал був обраний шамот фракцією 1–2 мм, хоч по характеристикам псевдозрідження шамот поступався котловому шлаку (рис. 2). В ході експериментів з котловим шлаком було виявлено, що цей матеріал має здатність до агломерації при підвищенні температури за 1330 К.

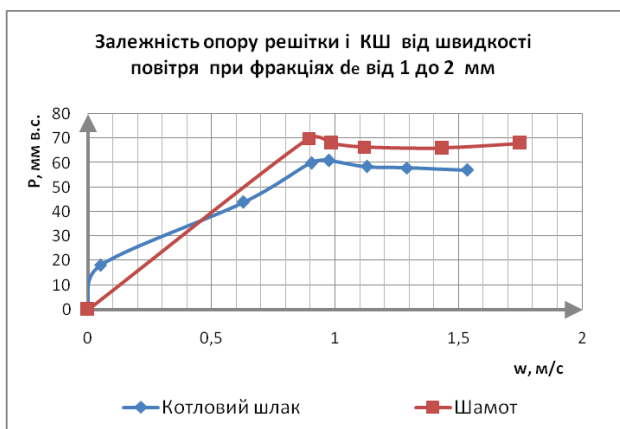


Рис. 2. Залежність опору решітки і КШ від швидкості повітря при фракціях від 1 до 2 мм

Для визначення температурних режимів горіння вугілля марки Д та АШ на лабораторній установці проводились експерименти за схемою: періодично засипався інертний матеріал у камеру горіння, який розігрівався до температури 1237 К за допомогою горіння пропан-бутанової суміші. Після цього припиняється подача газу та періодично подається порційно вугілля. Відбувається різке зниження температури, після чого виділяються летючі речовини та вугілля починає горіти. Температура підвищується до 1173 К, після чого знову знижується до 1073 К, при якій необхідно провести повторну засипку вугілля для недопущення загасання.

На рис. 3 і 4 наведені температурні режими спалювання вугілля марки Д і АШ, які свідчать, що стабільне горіння вугілля марки Д має нижчу температуру горіння ніж марки АШ на рахунок більш в'язкої структури антрацитового штибу і набагато меншої кількості летючих горючих. При спалюванні вугілля марки Д швидкість повітря складала 0,63 м/с, теплова потужність – 3,4 кВт, діаметр частинок – 1–5 мм. При спалюванні вугілля марки АШ теплова потужність складала 2,76 кВт, діаметр частинок – 1–5 мм.

Порівняння залежностей опору решітки і КШ від швидкості повітря сумішей котлового шлаку та вугілля

марки Д при температурах 288 та 1123 К показують, що при однакових швидкостях псевдозрідження ( $w$ ) опір решітки та КШ ( $\Delta P$ ) при температурі 1123 К у середньому у 0,8 разів менший від опору решітки та КШ при температурах 288 К (рис. 5). Висота шару ( $H$ ) при температурах 1123 К більша в середньому в два рази ніж висота шару при температурах 288 К.

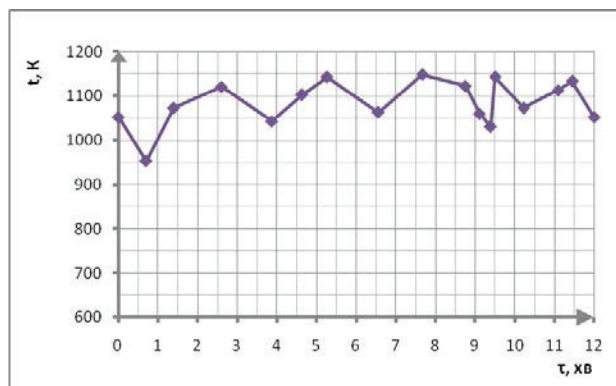


Рис. 3. Температурний режим горіння вугілля марки Д

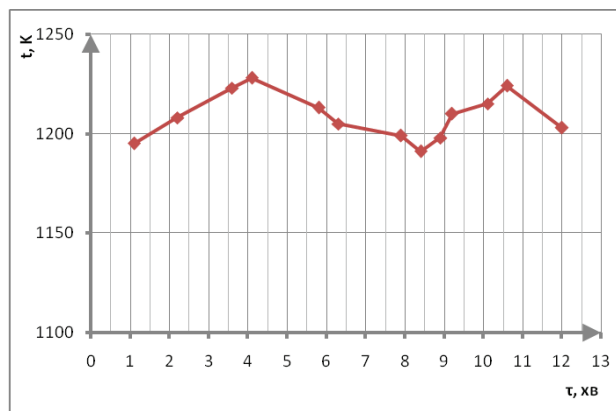


Рис. 4. Температурний режим горіння вугілля марки АШ

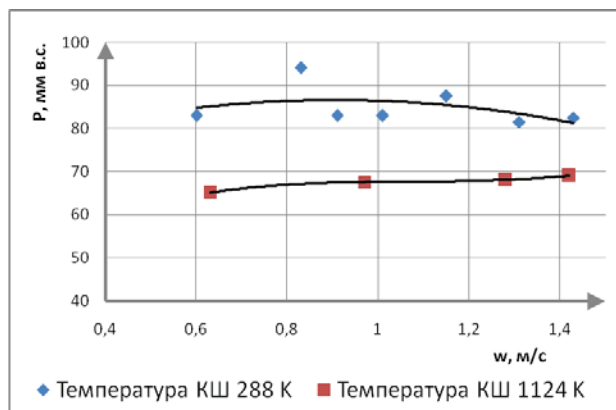


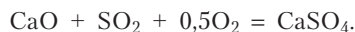
Рис. 5. Залежність опору решітки та КШ від швидкості повітря при різних температурах для суміші шамоту (90 %) та вугілля марки Д (10 %)

### 4. Викиди забруднюючих речовин при спалюванні палива у НТКШ

Перевагою спалення вугілля у низькотемпературному киплячому шарі, в порівнянні з традиційним в енергетиці пилевугільним спалюванням, є зниження

викидів токсичних речовин, таких як оксиди сірки ( $\text{SO}_2$ ) і оксиди азоту ( $\text{NO}_x$ ).

У якості поглиначів діоксиду сірки в теплогенеруючих установках з киплячим шаром використовують вапняк ( $\text{CaCO}_3$ ) або доломіт ( $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ ). При спалюванні вугілля в КШ з температурою 800–900 °С діоксид сірки зв'язується з оксидом кальцію:



При цьому утворюється нешкідливий практично нерозчинний у воді гіпс, який видаляється з топки разом із золю.

У ході експериментальних досліджень підтверджена залежність концентрації  $\text{NO}_x$  від температур спалювання вугілля (довгополуменеве вугілля, фракцією 1–5 мм) (рис. 6).

Відомо, що при спалюванні твердих палив рівень вмісту  $\text{NO}_x$  залежить від вмісту кисню в димових газах і температури процесу. Зі збільшенням вмісту кисню в димових газах від 1–10 % рівень  $\text{NO}_x$  збільшується в 3–6 разів [4, 5]. При спалюванні вугілля в КШ утворення  $\text{NO}_x$  стає помітним при температурах вище 1000 °С [6–8]. Отже, низький рівень температур при спалюванні твердих палив у киплячому шарі практично повністю виключає можливість утворення оксидів з атмосферного повітря.

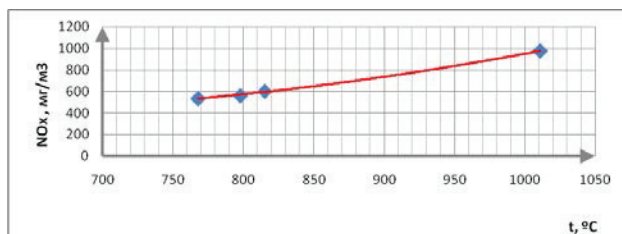


Рис. 6. Залежність вмісту  $\text{NO}_x$  у продуктах згорання від температури спалювання довгополуменевого вугілля

Одним із перспективних методів зменшення викидів  $\text{NO}_x$  у топках з НТКШ є введення в зону горіння вологи у вигляді пари, що інтенсифікує процес горіння, та суттєво знижує рівень викидів оксидів азоту [9–10].

## 5. Висновки

В ході експериментальних досліджень були отримані наступні результати:

- було визначено, що при спаленні АШ число псевдозрідження при мінімальному опорі соплової повітродіподільної решітки має бути в межах 1,8–3,5;
- було визначені необхідні характеристики низькоякісного вугілля для ефективного спалювання в НТКШ: вологовміст не більше 8 %, середній діаметр частинок вугілля – 1–5 мм; зольність антрацитового штибу до 30 %;
- було визначено, що механічне недопалювання складає 20–30 %, що потребує розробки системи пилезоловлювання з поверненням частинок палива у топку;
- було визначено температурний діапазон регулювання подачі вугілля марки А, АШ та вугілля марки Д. Для АШ він визначається з інтервалом температур 910–950 °С, для марки Д 750–850 °С.

Отримані результати можливо використовувати у створенні енергозощаджувальних технологій та обладнання спалювання низькоякісних палив у КШ та при реконструкції та модернізації існуючого обладнання для спалювання твердого низькоякісного палива у КШ з метою підвищення ефективності спалювання та зменшення викидів забруднюючих речовин та підвищення екологічної безпеки.

## Література

1. Долінський, А. Державна цільова економічна програма модернізації комунальної теплоенергетики на 2010–2014 рр. Офіційне видання [Текст] / А. Долінський, Б. Басок, Є. Базєєв. – К.: Вісн. НАН України, 2009. – 35 с.
2. Постанова Кабінету міністрів України № 1216 «Про затвердження Державної цільової економічної програми модернізації комунальної теплоенергетики на 2010–2014 роки».
3. Носков, А. С. Воздействие ТЭС на окружающую среду и способы снижения наносимого ущерба [Текст] / А. С. Носков, М. А. Савинкина, Л. Я. Анищенко // Ин-т катализа СО АН СССР. – Новосибирск. Изд. ПИИТБ СО АН СССР, 1990. – 136 с.
4. Отс, А. А. Процессы в парогенераторах при сжигании сланцев и канско-ачинских углей [Текст] / А. А. Отс. – М.: Энергия, 1977. – 312 с.
5. Martens, F. The effect of coal type on the CO conversion and  $\text{NO}_x$  reduction in the freeboard [Текст] / F. Martens, C. Van Koppen, D. Boersma // The Institute of Energy 3-rd International Fluidised Combustion Conference Proc. – London, 16–17 October 1984. – Disc: 19/158 – 19/165.
6. Бородуля, В. А. Сжигание твердого топлива в псевдооживленном слое. [Текст] / В. А. Бородуля, Л. М. Виноградов. – Минск: Наука и техника, 1980. – 190 с.
7. Расчеты аппаратов кипящего слоя: Справочник [Текст]: под ред. И. П. Мухленова, Б. С. Сажина, В. Ф. Фролова. – Л.: Химия, 1986. – 352 с.
8. Тодос, О. М. Аппараты с кипящим зернистым слоем: Гидравлические и тепловые основы работы [Текст] / О. М. Тодос, О. Б. Титович. – Л.: Химия, 1981. – 296 с.
9. Bugaeva, L. N. An application of expert system to choice, simulation and development of gases purification processes [Текст] / Bugaeva L. N., Beznosik Yu. A., Statjukha G. A., Kvitka A. A. // J. Computers Chem. Engng. – Vol. 20, Suppl. – pp. 401–402.
10. Beznosik, Y. An intelligent system for designing waste gas purification processes from nitrogen oxides [Текст]: 2-nd Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction (Proceedings of PRESS'99) / Beznosik Y., Bugaeva L., Kenig E., Gorak A., Kraslawski A., Astrelin I. // Hungarian Chemical Society. – May 31 – June 2, 1999, Budapest, Hungary. – pp. 169–174.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СЖИГАНИЯ НИЗКОКАЧЕСТВЕННОГО ТОПЛИВА В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ КИПЯЩЕМ СЛОЕ

Перспективным методом сжигания низкокачественных высокозольных и низкокалорийных топлив с низким уровнем токсических веществ является сжигание в низкотемпературном псевдооживленном слое. В работе приведены результаты проведенных экспериментов на специальной лабораторной установке по сжиганию низкокачественных топлив (длиннопламенный уголь и антрацитовый штыб) в низкотемпературном кипящем слое.

**Ключевые слова:** низкотемпературный кипящий слой, длиннопламенный уголь, антрацитовый штыб, оксиды серы, оксиды азота.

*Безносик Юрій Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», e-mail: yu\_beznosyk@ukr.net.*

*Логвин Валерій Олександрович, аспірант, кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», e-mail: logvyn\_valerii@mail.ru.*

*Корінчук Катерина Олексіївна, аспірант, відділ теплофізичних процесів в котлах, Інститут технічної теплофізики НАНУ, e-mail: engecology@gmail.com.*

*Безносик Юрій Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».*

*Логвин Валерій Олександрович, аспірант, кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».*  
*Корінчук Катерина Олексіївна, аспірант, відділ теплофізичних процесів в котлах, Інститут технічної теплофізики НАНУ.*

*Beznosyk Yuriy, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», e-mail: yu\_beznosyk@ukr.net.*

*Logvyn Valeriy, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», e-mail: logvyn\_valerii@mail.ru.*

*Kotinchuk Kateryna, Institute of Engineering Thermophysics of NASU, e-mail: engecology@gmail.com*

УДК 629.4.075

**Самородов В. Б.,  
Бондаренко А. І.**

## РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗГОНУ ТРАКТОРА-АНАЛОГА «БЕЛАРУС 3022 ДВ» З ГІДРООБ'ЄМНО-МЕХАНІЧНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ

У роботі визначено вплив законів зміни параметрів регулювання гідروоб'ємної передачі, робочих об'ємів гідромотора на основні параметри трансмісії та буксування коліс трактора при змінній силі тяги на гаку та розгоні на тяговому діапазоні, проведено порівняльний аналіз буксування коліс трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» з гідрооб'ємно-механічною трансмісією з трактором, що має еквівалентні параметри, але механічну трансмісію. Також в роботі розглянуто та проаналізовано розгін трактора при виконанні транспортних робіт.

**Ключові слова:** розгін, колісний трактор, гідрооб'ємно-механічна трансмісія, буксування, динаміка, тяговий режим.

### 1. Вступ

За даними досліджень тільки близько 12 % площі полів не підверглися дії рушіїв, а сумарна площа слідів рушіїв більш ніж в два рази перевищує площу поля. Недобір урожаю з цієї причини досягає за різними даними від 20 до 40 %. Найбільш помітним і ключовим чинником в ущільненні ґрунту є буксування. Особливо підвищене буксування спостерігається при роботі колісних тракторів на м'яких і вологих ґрунтах.

Останнім часом почали широко використовуватися трактори з гідрооб'ємно-механічними трансмісіями (ГОМТ) і, відповідно, постало питання пов'язане з можливістю зниження буксування коліс даних тракторів в порівнянні з тракторами, що мають еквівалентні параметри, але механічну трансмісію.

### 2. Аналіз останніх досягнень і публікацій

В роботах [1–7] визначені переваги та недоліки ГОМТ, області їх застосування, оцінено доцільність використання ГОМТ на сільськогосподарських машинах, визначені кінематичні, силові та енергетичні параметри ГОМТ, що розроблена для тракторів «Беларус 3022 ДВ» з потужністю двигуна 300–350 к. с. з диференціалом на виході і двома керованими гідроагрегатами та створена Індустріальною групою «Українська промислова енергетична компанія» в тісному

творчому контакті з НТУ «ХПІ» і ТОВ «Українське бюро трансмісій і шасі».

В роботах [8–10] наведена математична модель двигуна внутрішнього згоряння, модель ГОМТ трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ», опис взаємодії коліс з опорною поверхнею, фізичні та математичні моделі процесу розгону колісних тракторів при русі переднім та заднім ходом. Саме матеріали з робіт [8–10] і будуть використовуватися для моделювання процесу розгону трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» з ГОМТ.

### 3. Мета і постановка завдання

Метою даної роботи є аналіз результатів моделювання процесу розгону трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» з ГОМТ.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- визначити вплив законів зміни параметрів регулювання гідрооб'ємної передачі (ГОП), робочих об'ємів гідромоторів на основні параметри трансмісії та буксування коліс трактора при змінній силі тяги на гаку та розгоні на тяговому діапазоні;
- провести порівняльний аналіз буксування коліс трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» з ГОМТ з трактором, що має еквівалентні параметри, але механічну трансмісію;
- розглянути та проаналізувати розгін трактора при виконанні транспортних робіт.

#### 4. Результати моделювання процесу розгону трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» з ГОМТ

Для моделювання процесу розгону колісного трактора та перехідних процесів в ГОМТ створена програмна реалізація, що розроблена в системі Matlab за допомогою підсистеми моделювання динамічних процесів Simulink (рис. 1).

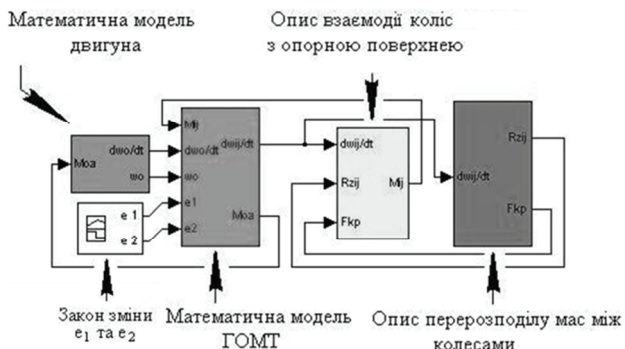


Рис. 1. Програмна реалізація процесу розгону трактора

Програмна реалізація процесу розгону колісного трактора (рис. 1) дозволяє моделювати рух переднім та заднім ходом, з причепом та без нього при різних кутах підйому дорожньої поверхні, різних трансмісіях (заміняється блок «математична модель ГОМТ»), різних двигунах (заміняється блок «математична модель двигуна»), різною силою тяги на гаку і т. п. Блок «закон змін  $e_1$  та  $e_2$ » дозволяє варіювати швидкість руху трактора, часом розгону до заданої швидкості.

Результати моделювання розгону трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» (двигун потужністю 300–350 к. с., максимальні оберти колінчастого валу двигуна 2100 об/хв., радіус передніх коліс  $r_{i1}=0,703$  м, радіус задніх коліс  $r_{i2}=0,923$  м; маса трактора 16000 кг) на тяговому діапазоні руху при законі зміни коефіцієнта  $\epsilon_r(t)$ , що характеризує положення органу керування подачею палива (рис. 2), та при різних законах зміни  $e_1(t), e_2(t)$  (рис. 3), які задаються з допомогою блоку Simulink – Signal Builder, різних робочих об'ємах гідромотора  $Q_m$  (від 250 до 350 см<sup>3</sup>), змінній силі тяги на гаку  $F_{kr}$ , представлені на рис. 4–13 (при законах зміни  $e_1(t), e_2(t)$  з рис. 3,а та зміною сили тяги на гаку  $F_{kr} \in [0; 49,5]$  кН по лінійному закону в діапазоні часу  $t \in [10; 100]$  секунд на рис. 4–8; при законах зміни  $e_1(t), e_2(t)$  з рис. 3,б та зміною сили тяги на гаку  $F_{kr} \in [0; 49,5]$  кН по лінійному закону в діапазоні часу  $t \in [10; 25]$  секунд на рис. 9–13).

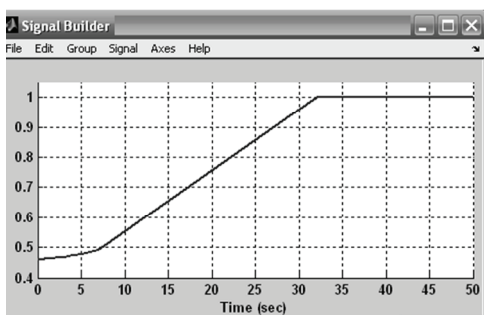


Рис. 2. Закон зміни коефіцієнта  $\epsilon_r(t)$  (залежність коефіцієнта, що характеризує положення органу керування подачею палива  $\epsilon_r$  від часу  $t$ )

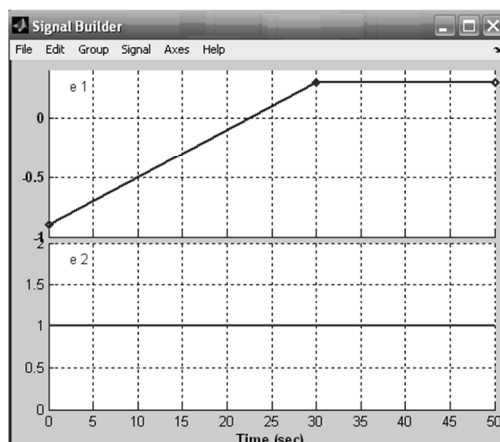
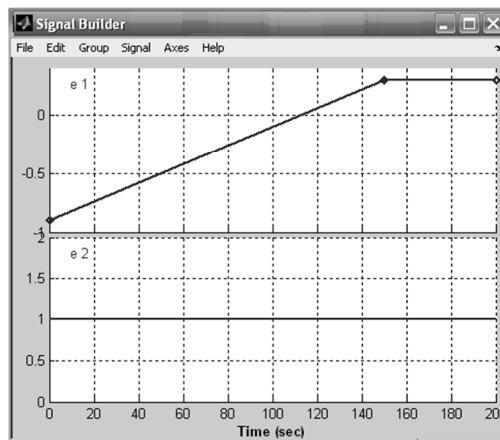


Рис. 3. Закони зміни відносних параметрів регулювання ГОП  $e_1(t), e_2(t)$  (залежність параметрів регулювання ГОП  $e_1, e_2$  від часу  $t$ )  
а — повільний розгін; б — прискорений розгін

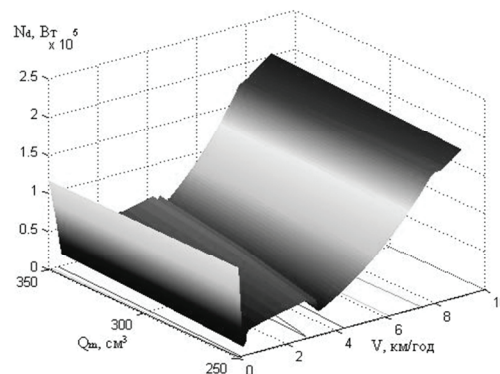
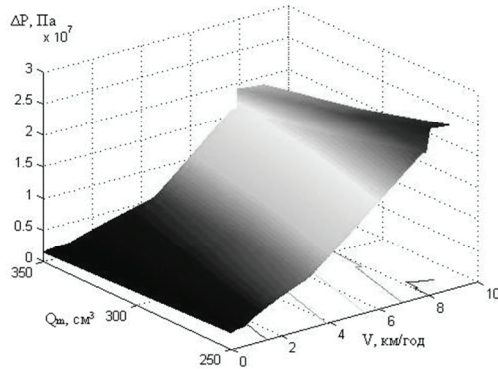
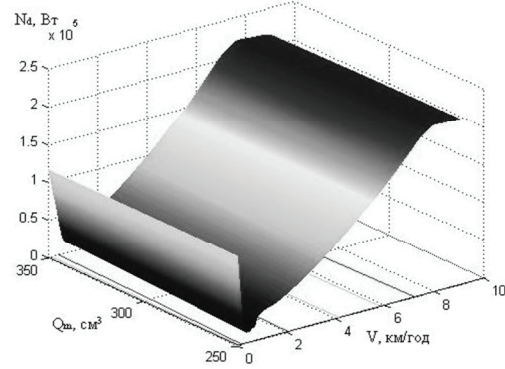


Рис. 4. Поверхня потужності двигуна  $N_d$  в координатах робочих об'ємів гідромотора  $Q_m$  та швидкості трактора  $V$  при законах зміни  $e_1(t), e_2(t)$  з рис. 3,а

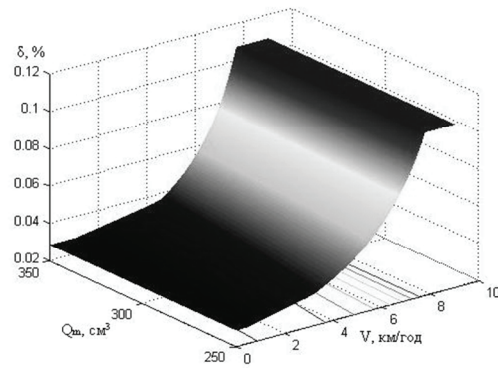
Моделювання розгону трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» на транспортному та тяговому діапазонах руху при коефіцієнті опору коченню  $f=0,05$  відбувається без урахування буксування в зв'язку з тим, що цей параметр не суттєво впливає на параметри ГОМТ та динаміку розгону трактора при експлуатації без сили тяги на гаку, при прямолінійному русі, та за відсутності нахилу дорожньої поверхні.



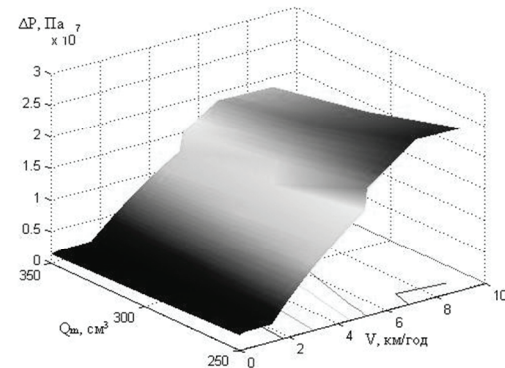
**Рис. 5.** Поверхня перепаду робочого тиску в ГОП  $\Delta p$  в координатах робочих об'ємів гідромотора  $Q_m$  та швидкості трактора  $V$  при законах зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 3,а



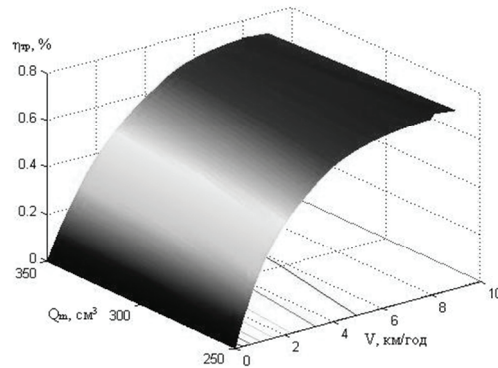
**Рис. 9.** Поверхня потужності двигуна  $N_d$  в координатах робочих об'ємів гідромотора  $Q_m$  та швидкості трактора  $V$  при законах зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 3,б



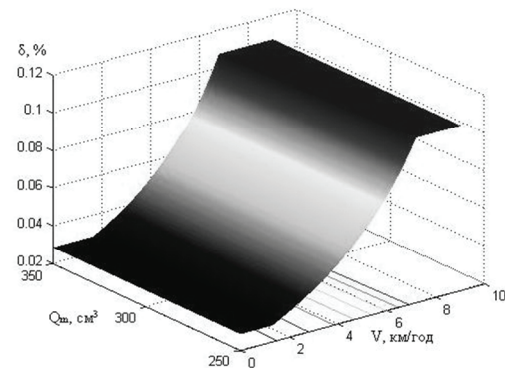
**Рис. 6.** Поверхня буксування передніх коліс  $\delta$  в координатах робочих об'ємів гідромотора  $Q_m$  та швидкості трактора  $V$  при законах зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 3,а



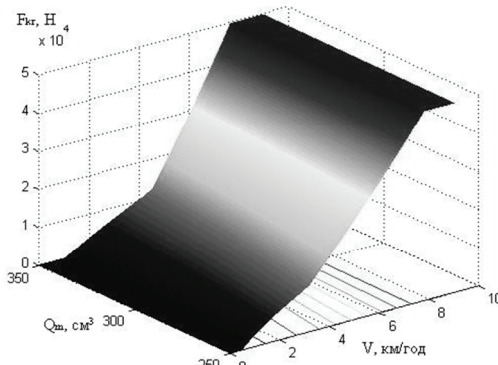
**Рис. 10.** Поверхня перепаду робочого тиску в ГОП  $\Delta p$  в координатах робочих об'ємів гідромотора  $Q_m$  та швидкості трактора  $V$  при законах зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 3,б



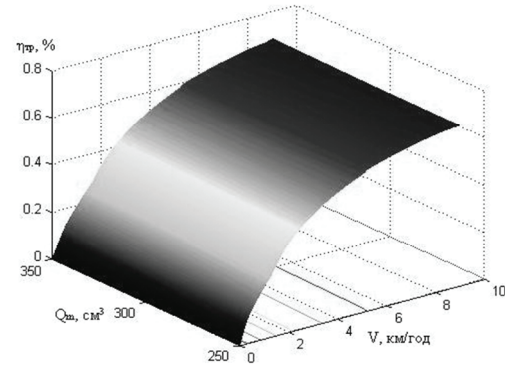
**Рис. 7.** Поверхня коефіцієнта корисної дії (ККД) трансмісії  $\eta_{тр}$  в координатах робочих об'ємів гідромотора  $Q_m$  та швидкості трактора  $V$  при законах зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 3,а



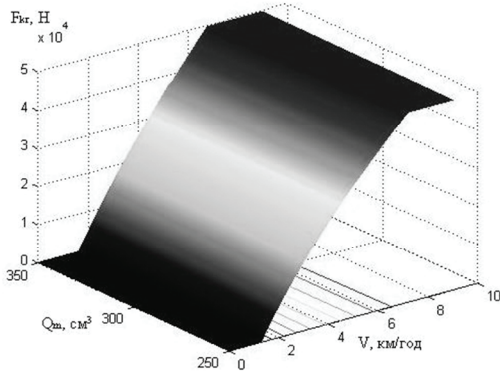
**Рис. 11.** Поверхня буксування передніх коліс  $\delta$  в координатах робочих об'ємів гідромотора  $Q_m$  та швидкості трактора  $V$  при законах зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 3,б



**Рис. 8.** Поверхня сили тяги на гаку  $F_{kr}$  в координатах робочих об'ємів гідромотора  $Q_m$  та швидкості трактора  $V$  при законах зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 3,а

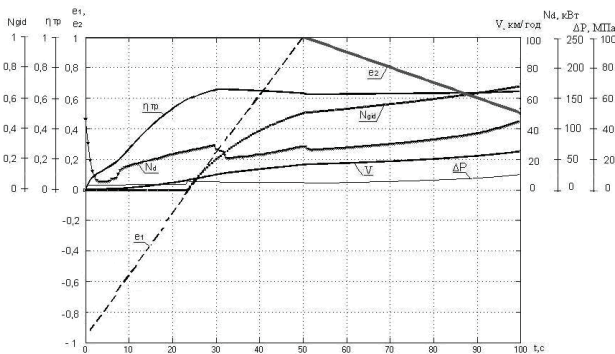


**Рис. 12.** Поверхня ККД трансмісії  $\eta_{тр}$  в координатах робочих об'ємів гідромотора  $Q_m$  та швидкості трактора  $V$  при законах зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 3,б

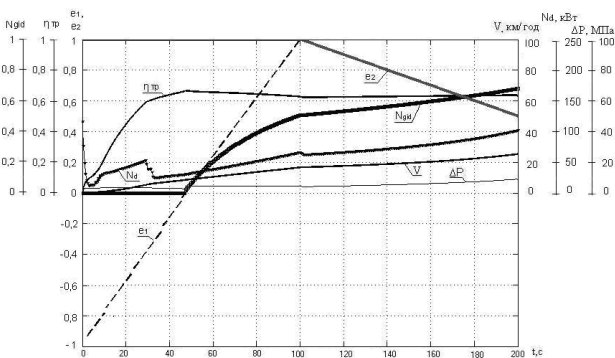


**Рис. 13.** Поверхня сили тяги на гачу  $F_{kr}$  в координатах робочих об'ємів гідромотора  $Q_m$  та швидкості трактора  $V$  при законах зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 3,б

Результати моделювання розгону трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» на транспортному та тяговому діапазонах руху при  $f=0,05$  і різних законах зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  представлені на рис. 14–17.

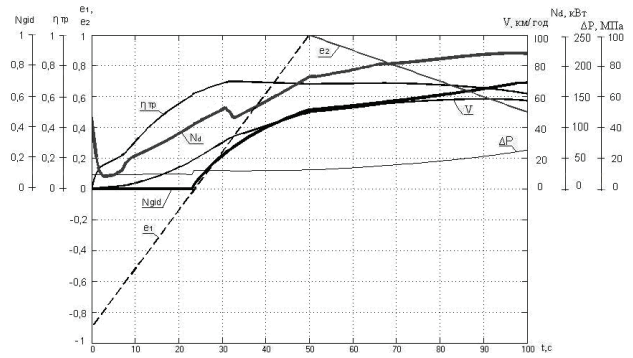


**Рис. 14.** Результати аналізу ГОМТ трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» на тяговому діапазоні руху, час розгону 100 с. (залежність основних параметрів трансмісії  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $N_{gid}$ ,  $\eta_{TP}$ ,  $\Delta P$ , швидкості трактора  $V$  та потужності двигуна  $N_d$  від часу  $t$ )

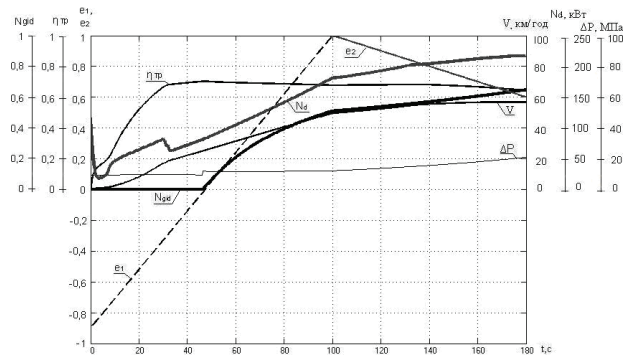


**Рис. 15.** Результати аналізу ГОМТ трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» на тяговому діапазоні руху, час розгону 200 с (залежність основних параметрів трансмісії  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $N_{gid}$ ,  $\eta_{TP}$ ,  $\Delta P$ , швидкості трактора  $V$  та потужності двигуна  $N_d$  від часу  $t$ )

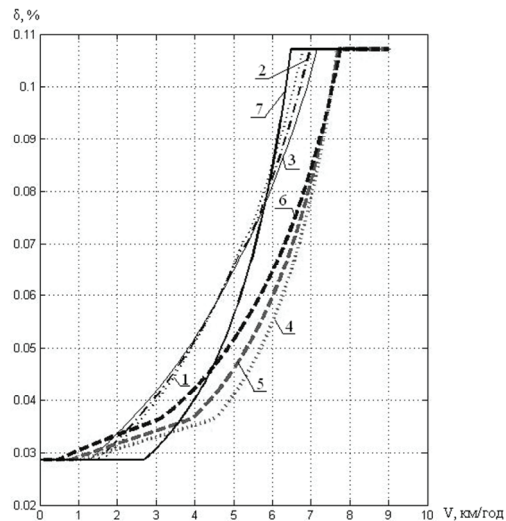
На рис. 18 наведено буксування передніх коліс трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» при різних робочих об'ємах гідромотора та змінній силі тяги на гачу (лінії 1–6), буксування тих же коліс трактора з механічною трансмісією і еквівалентними параметрами (лінія 7).



**Рис. 16.** Результати аналізу ГОМТ трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» на транспортному діапазоні руху, час розгону 100 с (залежність основних параметрів трансмісії  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $N_{gid}$ ,  $\eta_{TP}$ ,  $\Delta P$ , швидкості трактора  $V$  та потужності двигуна  $N_d$  від часу  $t$ )



**Рис. 17.** Результати аналізу ГОМТ трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» на транспортному діапазоні руху, час розгону 180 с (залежність основних параметрів трансмісії  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $N_{gid}$ ,  $\eta_{TP}$ ,  $\Delta P$ , швидкості трактора  $V$  та потужності двигуна  $N_d$  від часу  $t$ )



**Рис. 18.** Залежність буксування передніх коліс  $\delta$  від швидкості руху трактора  $V$ : 1 — робочий об'єм гідромотора  $350 \text{ см}^3$ , закон зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 3,б; 2 — робочий об'єм гідромотора  $300 \text{ см}^3$ , закон зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 3,б; 3 — робочий об'єм гідромотора  $250 \text{ см}^3$ , закон зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 3,б; 4 — робочий об'єм гідромотора  $350 \text{ см}^3$ , закон зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 3,а; 5 — робочий об'єм гідромотора  $300 \text{ см}^3$ , закон зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 3,а; 6 — робочий об'єм гідромотора  $250 \text{ см}^3$ , закон зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 3,а; 7 — трактор з механічною трансмісією

В результаті моделювання розгону трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» на тяговому діапазоні руху було встановлено:

— при використанні гідромотора максимальним об'ємом  $350 \text{ см}^3$  замість  $250 \text{ см}^3$  спостерігається, в залежності від закону зміни  $e_1(t)$ , зниження  $\Delta p_{\max}$  на 28,11 %; зміна  $N_{d\max}$  в діапазоні — 1,80–5,80 %, зміна  $\eta_{\text{ТР}\max}$  в діапазоні — 1,8–5,5 %; сила тяги на гаку  $F_{kr\max}$  та буксування коліс  $\delta$  суттєво не змінюються;

— при застосуванні закону зміни відносних параметрів регулювання ГОП  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 3,а замість рис. 3,б спостерігається, в залежності від максимального об'єму гідромотора, зниження  $\Delta p_{\max}$  на 0,67–2,72 %,  $N_{d\max}$  на 5,76–13,78 %, підвищення  $\eta_{\text{ТР}\max}$  на 4,22–10,02 %, буксування коліс  $\delta$  від 0 % до більш ніж 100 %; сила тяги на гаку  $F_{kr\max}$  суттєво не змінюється;

— використання ГОМТ замість механічної трансмісії при певному законі зміни відносного параметру регулювання ГОП  $e_1(t)$  призводить до зниження буксування коліс. Чим менше інтенсивність зміни параметру регулювання  $e_1(t)$ , тим менше буксування.

В результаті моделювання розгону трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» на тяговому діапазоні руху при  $f=0,05$  та застосуванні закону зміни відносних параметрів регулювання ГОП  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 15 замість рис. 14 спостерігається зниження  $\Delta p_{\max}$  на 1,10 %,  $N_{d\max}$  на 9,20 %; значення  $\eta_{\text{ТР}\max}$  та потужності у відсотках, що передається через гідравлічну гілку до вихідної потужності із замкнутого контуру, майже не змінюються.

В результаті моделювання розгону трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» на транспортному діапазоні руху при  $f=0,05$  та застосуванні закону зміни відносних параметрів регулювання ГОП  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  з рис. 17 замість рис. 16 спостерігається зниження  $\Delta p_{\max}$  на 20,10 %,  $N_{d\max}$  на 1,30 %, значення  $\eta_{\text{ТР}\max}$  та потужності у відсотках, що передається через гідравлічну гілку до вихідної потужності із замкнутого контуру, майже не змінюються.

## 5. Висновки

1. Підвищення інтенсивності зміни параметрів регулювання  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  призводить до збільшення буксування коліс, перепаду робочого тиску в ГОП, потужності двигуна за рахунок збільшення дії сили опору, прискоренню трактора.
2. Збільшення робочого об'єму гідромотора призводить до зменшення перепаду робочого тиску в ГОП.
3. Розрахунково-теоретичним шляхом підтверджена гіпотеза, що однією з переваг ГОМТ є забезпечення меншого буксування, ніж при ступінчастих трансмісіях на аналогічних режимах роботи. Чим менше інтенсивність зміни параметрів регулювання  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$ , тим яскравіше проявляється різниця в значенні буксування.

## Література

1. Самородов, В. Б. Критический обзор работ в области тракторных гидрообъемно-механических трансмиссий [Текст] : сб. научн. трудов. / В. Б. Самородов, А. В. Рогов, М. Б. Бурлыга, Б. В. Самородов // Вестник НТУ «ХПИ». Тематический выпуск: «Автомобиле- и тракторостроение». — 2003. — № 4. — С. 3–19.
2. Щельцын, Н. А. Современные бесступенчатые трансмиссии с.-х. тракторов [Текст] / Н. А. Щельцын, Л. А. Фрумкин, И. В. Иванов // «Тракторы и сельхозмашины». — 2011. — № 11. — С. 18–26.

3. Рогов, А. В. Развитие методов расчета систем «двигатель — трансмиссия» автомобилей и тракторов [Текст] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.02 «Автомобілі та трактори» / А. В. Рогов. — Харків, 2006. — 24 с.
4. Айтцетмюллер, Х. Функциональные свойства и экономичность тракторной и специальной техники с трансмиссиями VDC [Текст] / Х. Айтцетмюллер // Механика машин, механизмов и материалов. — 2009. — № 1(6). — С. 20–24.
5. Самородов, В. Б. Тенденції та перспективи застосування в автомобіле- і тракторобудуванні безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісій [Текст] : сб. научн. трудов / В. Б. Самородов, А. І. Бондаренко // Автомобильный транспорт. — 2012. — № 30. — С. 13–22.
6. Самородов, В. Б. Безступінчасті гідрооб'ємно-механічні трансмісії як невід'ємний елемент сучасних тракторів [Текст] : зб. наук. пр. / В. Б. Самородов, В. В. Єпіфанов, А. І. Бондаренко // Вісник СевНТУ. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. — 2012. — № 135. — С. 244–247.
7. Самородов, В. Б. Аналіз безступінчастих двопотокових гідрооб'ємно-механічних тракторних трансмісій: вибір і обґрунтування перспективних схем [Текст] : зб. наук. праць / В. Б. Самородов, О. В. Григоров, А. І. Бондаренко // Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Тематичний випуск: Транспортне машинобудування. — 2012. — № 20. — С. 24–46.
8. Самородов, В. Б. Динаміка процесу розгону колісного трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» з гідрооб'ємно-механічною трансмісією [Текст] / В. Б. Самородов, А. І. Бондаренко // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2012. — Т. 6, № 7(60). — С. 15–19.
9. Самородов, В. Б. Динаміка процесу розгону колісних тракторів серії Fendt 900 Vario [Текст] / В. Б. Самородов, А. І. Бондаренко // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2013. — Т. 1, № 3(61). — С. 4–11.
10. Чудаков, Д. А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля [Текст] / Д. А. Чудаков. — М.: «Колос», 1972. — 384 с.

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗГОНА ТРАКТОРА-АНАЛОГА «БЕЛАРУС 3022 ДВ» С ГИДРООБЪЕМНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ

В работе определено влияние законов изменения параметров регулирования гидрообъемной передачи, рабочих объемов гидромотора на основные параметры трансмиссии и буксование колес трактора при переменной силе тяги на крюке и разгоне на тяговом диапазоне, проведен сравнительный анализ буксования колес трактора-аналога «Беларус 3022 ДВ» с гидрообъемно-механической трансмиссией с трактором, который имеет эквивалентные параметры, но механическую трансмиссию. Также в работе рассмотрен и проанализирован разгон трактора при выполнении транспортных работ.

**Ключевые слова:** разгон, колесный трактор, гидрообъемно-механическая трансмиссия, буксование, динамика, тяговый режим.

*Самородов Вадим Борисович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Автомобіле- і тракторобудування», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».*

*Бондаренко Анатолій Ігорович, кандидат технічних наук, кафедра «Автомобіле- і тракторобудування», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», e-mail: anatoliybon@rambler.ru.*

*Самородов Вадим Борисович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобиле- и тракторостроения», Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».*

*Бондаренко Анатолий Игоревич, кандидат технических наук, кафедра «Автомобиле- и тракторостроения», Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».*

*Samorodov Vadim, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute».*

*Bondarenko Anatoliy, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», e-mail: anatoliybon@rambler.ru*

Радивилова Т. А.,  
Бушманов В. С.

## АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ АТАК НА DNS-СЕРВЕР И МЕТОДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ DNSSEC ПРИ ЗАЩИТЕ DNS-СЕРВЕРА

*Проведен подробный анализ уязвимостей и атак, осуществляемых на DNS-сервер. Описан принцип работы DNSSEC и варианты его настройки и использования. Осуществлены, проанализированы и описаны атаки на DNS-сервер без использования DNSSEC и при его использовании. Проведены исследования защищенности DNS-сервера и влияние DNSSEC на уровень его защищенности. Проведено исследование влияния использования DNSSEC на нагрузку сети.*

**Ключевые слова:** DNS-сервер, DNSSEC, домен, шифрование, цифровая подпись, атаки, уязвимости.

### 1. Введение

DNSSEC (DomainNameSystemSecurityExtensions) представляет собой группу спецификаций из InternetEngineeringTaskForce (IETF), которые обеспечивают проверку подлинности происхождения DNS (DomainNameSystem) данных, отрицание существования данных при проверке их подлинности и целостности (не обеспечивает доступность и конфиденциальность данных) [1].

Целью DNSSEC является защита DNS посредством использования цифровых подписей. DNSSEC по сути представляет собой собрание новых компонентов, добавленных во взаимодействие между клиентом и сервером DNS, которое поможет повысить безопасность основных протоколов DNS.

Корректное функционирование DNS является критически важным для сети предприятия, подсоединенной к Интернету, и для Интернета в целом. Действительно, если злоумышленнику удастся сделать так, чтобы атакуемый хост получил из DNS сфальсифицированную информацию, то хост будет отправлять данные на ложный IP-адрес (InternetProtocol). В лучшем случае результатом будет отказ в обслуживании, в худшем — злоумышленник получит возможность перехвата трафика со всеми вытекающими последствиями [1, 3].

Принцип работы DNSSEC можно сравнить с цифровой подписью. Используется два типа ключей, закрытым ключом данные подписываются, а открытым сверяются. Но главное отличие в том, что — одним подписывается зона (ZSK, zonesigningkey), другим подписывается набор ключей (KSK, keysigningkey). Сделано это из следующих соображений: зона может быть достаточно большой, чтобы удалось подобрать закрытый ключ ZSK, поэтому его необходимо чаще менять, и можно сделать его менее длинным, чтобы зоны подписывались быстрее; открытый ключ KSK используется для небольших объемов данных, поэтому его можно сделать длиннее и реже изменять. Тем более, что хэш от открытой части KSK требуется отправить в родительскую зону, что слишком часто делать не целесообразно [3–5].

Вся информация о защищенном домене в системе DNSSEC определенным образом зашифрована, поэтому может быть изменена только при помощи закрытого

ключа шифрования. В процессе защищенного делегирования домена генерируется пара ключей. Информация о ключах хранится на первичном DNS-сервере. Закрытый ключ используется для подписи зоны после каждого изменения. Цифровая подпись закрытого ключа (DS-запись) передается администратору родительской зоны и подписывается его закрытым ключом. Таким образом, организуется цепочка доверия. Зная открытый ключ администратора родительской зоны, можно проверить «валидность» открытого ключа любой из дочерних зон [6–8].

Каждый узел в дереве DNS связан с некоторым открытым ключом. Каждое сообщение от DNS-серверов подписывается под соответствующим закрытым ключом. Эти ключи используются для генерации сертификатов или подписей, которые сохраняют идентификационные данные о каждом домене верхнего уровня на соответствующий открытый ключ.

Такие криптографические подписи обеспечивают целостность за счет вычисления криптографического хэша (т. е. уникальной контрольной суммы) данных и, затем, защиты вычисленной величины от несанкционированных изменений посредством ее шифрования. Хэш шифруется с помощью личного ключа из пары ключей, чтобы любой желающий мог воспользоваться открытым ключом для его дешифровки. Если дешифрованное получателем значение хэша совпадает с вычисленным, то данные достоверны (не подвергались несанкционированному изменению).

Цифровые подписи хранятся в зоне DNS в новых записях ресурсов RRSIG (подпись записи ресурса). Когда сопоставитель выдает запрос на имя, в ответе возвращаются одна или несколько RRSIG-записей. Для проверки подписи используется открытый криптографический ключ, который хранится в DNSKEY-записи ресурса. В ходе проверки DNS-сервер извлекает DNSKEY-запись.

KSK означает ключ подписи ключа (ключ долгосрочного пользования), а ZSK означает ключ подписи зоны (ключ кратковременного пользования).

В случае асимметричной криптографии или шифрования с открытым ключом, используемой в DNSSEC, атакующему необходимо определить, посредством прямого перебора или других методов, закрытую половину в паре открытый-закрытый ключ, используемой



для создания подписи, подтверждающей достоверность DNS-записи. Это позволит ему обойти защиту DNSSEC. DNSSEC предотвращает эти попытки взлома, используя ключ кратковременного пользования — ключ подписи зоны (ZSK) — для регулярного вычисления подписей DNS-записей и ключ долговременного пользования — ключ подписи ключа (KSK) — для вычисления подписи ZSK, дающей возможность проверки. Ключ ZSK часто изменяется, чтобы атакующему было тяжелее «угадать» его, в то время, как более длинный ключ KSK изменяется гораздо реже (лучше всего — раз в год). Так как ключ KSK подписывает ключ ZSK, который подписывает DNS-записи, для проверки DNS-записи в зоне необходимо знать только ключ KSK. Ключ KSK в форме записи DelegationSigner (DS) передается выше по дереву записей — родительской зоне. Родительская зона (например, корень) подписывает дочернюю запись DS (например, .org) своим ключом ZSK, который подписывается своим ключом KSK [3–9].

Это значит, что если DNSSEC полностью приняла ключ KSK для корневой зоны, то она становится частью цепочки проверки для каждого проверяемого доменного имени DNSSEC (или разрабатываемого приложения).

## 2. Уязвимости DNS

DNS-протокол может работать как поверх TCP (TransmissionControlProtocol), так и поверх UDP (UserDatagramProtocol), причем в 99 % случаев используется именно UDP — как более быстрый, менее ресурсоемкий, но, в тоже время, и менее защищенный. Чтобы послать подложный пакет, который будет воспринят жертвой как правильный, достаточно угадать (подобрать) идентификатор последовательности и номер порта-отправителя [3, 7, 10].

В простейшем случае злоумышленник может отправить подложный DNS-ответ с подложным IP-адресом некоторого узла, на который жертва пытается зайти. Сложность реализации атак подобного рода в том, что рабочие станции кэшируют DNS запросы. Более того, система не принимает DNS-ответов, которые не запрашивались. Хакер должен дожидаться момента, когда жертва пошлет DNS-запрос, и сгенерировать подложный ответ прежде, чем это сделает настоящий DNS-сервер. На самом деле, обе проблемы имеют решение. DNS-кэш обычно невелик, а потому, послав жертве HTML-письмо с кучей картинок, лежащих на внешних серверах с разными доменными именами, хакер может вытеснить из кэша все старые записи. После чего, последняя ссылка в письме, ведущая на сервер обновлений, гарантированно пошлет обозначенный запрос в Сеть. Предшествующая ей ссылка на Web-сервер, подконтрольная хакеру, подскажет точное время, когда следует начинать генерацию подложных пакетов. Если хотя бы один из них будет воспринят как правильный, в DNS-кэш попадет «левый» адрес сервера с обновлениями, имеющий все шансы «дожить» до очередной сессии обновлений [2, 11].

Атаки на DNS можно условно разделить на два вида:

- Пассивные — атакующий получает необходимую информацию без заметного влияния на систему; система при этом продолжает функционировать как прежде.
- Активные — атакующий реализует некоторое воздействие на систему, в результате которого из-

меняется ее поведение. Такое изменение может быть и неопределимым для атакуемой системы, но криптоаналитик в состоянии определить и использовать эту информацию.

## 3. Реализация атак на DNS

Тестовая среда представляет собой два сервера с развернутой операционной системой WindowsServer 2008R2 и клиентским ПК на базе WindowsXP. Тестирование защиты DNS сервера проводится путем организации разного рода атак при стандартной защите DNS сервера и при дополнительно развернутой системе защиты DNSSEC.

**3.1. Пример 1. Организация MITM-атак с помощью «dsniff».** Служба DNS использует простые UDP-пакеты, обмен которыми происходит через порт 53. Так как UDP является протоколом, не ориентированным на установление соединений, то можно подменить информацию его пакетов.

В состав пакета «dsniff» (<http://www.monkey.org/~dugsong/dsniff>), входит средство под названием «dnsspoof» [6]. Эта программа содержит в себе простой анализатор пакетов, который отслеживает запросы DNS относительно информации записей «A» или «PTR». При использовании параметра -f, запущенная на компьютере хакера программа «dnsspoof» будет выполнять чтение локального файла, который записан в стандартном формате /etc/hosts, и будет отвечать на все перехваченные «A» или «PTR» DNS-запросы.

```
testb$ host www.victim.com
www.victim.com has address 192.168.1.25
c rackerbox# cat /etc/dnssniff.hosts
crackerbox# dnssniff -f /etc/dnssniff.hosts
testb$ host www.victim.com
www.victim.com has address 192.168.1.3
```

Если параметр -f не указан, ответом на все «A» и «PTR» запросы DNS будет IP-адрес или имя хоста, на котором запущена «dnsspoof». Это приведет к тому, что все запросы на поиск IP-адресов будут проходить через хост нарушителя, т. е. можно выполнять перехват трафика, маршрутизацию или изменение данных, еще до того, как они попадут по действительному адресу назначения.

Суть атаки заключается в том, что если пакет от «dnsspoof» поступит раньше, чем пакет от реального DNS-сервера, то предпочтение получит первый, фальшивый пакет, а действительный ответ будет отброшен. Поэтому успех работы программы «dnsspoof» зависит от скорости передачи пакета запросившему узлу. Так как «dnsspoof» не нуждается в выполнении поиска действительной информации по запросу, то вероятнее всего, что ее пакет поступит первым.

**3.2. Пример 2. DNShijacking.** Данная атака также часто используется для изменения принципа работы систем DNS. В данном случае не вносятся никаких изменений в кэш DNS клиента, но производятся изменения в настройках, после которых все запросы разрешения имен адресуются личному DNS-серверу взломщика. Обычно данная атака ставит своей целью не похищение данных, а сбор статистической информации с компьютера клиента. Все запросы разрешения имен, отправляемые

серверу взломщика, выполняются корректно, но при этом взломщик получает информацию о сайтах, посещаемых клиентом.

Пакет для проведения атаки «DNSHijacker» представляет собой сочетание sniffer & DNS spoofed [4].

Рассмотрим пример проведения атаки.

1. Злоумышленник запускает набор для проведения атаки «DNSHijacker».

```
./dnshijacker -i eth0 -v -f ftable
```

2. Злоумышленник прослушивает DNS запросы исходящие от жертвы к DNS серверу.

3. Жертва отправляет запрос DNS серверу на получение адреса www.xxxxx.com.

```
13:59:20.042628 192.168.1.2732839 > 192.168.1.60.  
domain: [udp sum ok] 24959+ A? www.xxxxx.com [[domain]  
(DF) (ttl 64, id 30800, len 61)
```

Запрос содержит в себе следующие части:

1. 192.168.1.27: адрес Web-сайта.
2. 192.168.1.60: IP адрес внутреннего DNS.
3. 24949:DNSID запроса отправленного жертвой на внутренний DNS.
4. (DF):Флаг.
5. Time to live64.
6. IPID 30800.
7. length61.

Внутренний DNS сервер пытается обработать ответ, не найдя запроса в своей базе, он посылает запрос к вышестоящему DNS-серверу.

4. «Dnshijackertool» отправляет ответ с подмененной информацией об IP адресе DNS сервера и IP-адресе запрашиваемого ресурса, до того как внутренний DNS сервер получит ответ.

Результатом данной атаки является перенаправление жертвы на подделанный веб-ресурс.

### 3.3. Пример 3. Подмена DNS ID (DNS ID Spoofing).

Заголовок пакета DNS-протокола содержит идентификационное поле для соответствия запросов и ответов. Целью подмены DNS ID является посылка своего ответа на DNS-запрос до того, как ответит настоящий DNS-сервер. ID — это единственный способ различить различные запросы DNS. Серверы DNS используют ID, чтобы определить каков был первоначальный запрос. Для выполнения этого, нужно спрогнозировать идентификатор запроса. Локально это реализуется простым прослушиванием сетевого трафика, но удаленно выполнить эту задачу можно путем проверки всех доступных значений идентификационного поля (общее количество возможных значений составляет 65535), или же посылкой нескольких сотен DNS-запросов в правильном порядке. Очевидно, что этот метод не очень надежен. Еще одной задачей для злоумышленника является то, что он должен иметь возможность прослушивать пакеты, идущие от произвольного DNS, для чего злоумышленник должен контролировать DNS-сервер, который является авторитетным для этой зоны.

Для этого типа атаки будет использован пакет «ADMIDtools», который обычно используется для тестирования уровня защиты DNS [5].

Утилита «ADMkill» прослушивает ответы, отправляемые DNS сервером, и отправляет неверные ответы с подделанным IP-адресом уполномоченного сервера имен.

Для проведения атаки, нужно угадать DNSID. Инструмент «dnshijackertool» может быть использован для прослушивания DNS трафика, после чего злоумышленник может оценить диапазон ID для запросов сервера имен [4]. Атакующий должен выполнить следующие действия:

1. Злоумышленник посылает DNS-запрос на разрешение имени www.test.com целевому серверу ns.dnstest.com.

2. Целевой DNS-сервер перенаправляет полученный запрос к серверу доменанс.test.com.

3. Злоумышленник прослушивает запросы, получаемые ns.test.com и определяет ID.

4. Злоумышленник посылает DNS-запрос на разрешение имени www.victim.com серверу ns.dnstest.com. И сразу же шлет группу фальсифицированных DNS-ответов (передавая в качестве IP-адреса, один из адресов злоумышленника — 10.0.0.1) на свой же запрос с подмененным IP-адресом источника на адрес одного из DNS-серверов victim.com. В каждом ответе ID увеличивается на 1 по сравнению с идентификатором, полученным во время второго этапа атаки, для увеличения вероятности нахождения правильного номера ID. Сервер ns.dnstest.com мог ответить на запросы других клиентов и, соответственно, увеличить свой DNS ID. Для этого может быть использована утилита «ADMkill», которая будет отправлять серию подделанных ответов с IP-адресом с заданным диапазоном ID (т.е. мы отправляем пакеты с ID от 27300 до 27330):

```
# ./ADMkillDNS 10.0.0.1 192.168.1.60 ns2.victim.com  
27300 27330
```

В результате такой атаки по подложным IP-адресам будет ходить не отдельный клиент-жертва, а все пользователи будут обращаться к машине злоумышленника.

## 4. DNSSEC и нагрузка на сеть

Как уже упоминалось выше, в основе протокола DNSSEC лежит метод цифровой подписи ответов на запросы, в результате чего пакеты DNSSEC несут больше информации, что увеличивает нагрузку на память, процессор и полосу пропускания сервера. Внедрение DNSSEC увеличивает объем передаваемых данных, за счет использования цифровой подписи. Для того, чтобы это проверить, были прослушаны запросы отправляемые пользователями. Проанализировав их можно однозначно сделать вывод, что объем трафика увеличивается при развернутом DNSSEC почти на 20 %. Также следует знать, что если пакет превысит 512 байт, то могут возникнуть проблемы с его приемом. Конечно, у этой проблемы есть решение. Согласно протоколу DNS клиент должен сообщить об этом серверу, который, в свою очередь, постарается уместить ответ в установленные 512 байт. При этом часть информативных данных может быть обрезана. В случае, если даже необходимая информация не помещается, сервер сообщает об этом клиенту установкой бита «обрезания» (truncationbit). Однако, сжатие не безгранично, и если после него размер пакета все еще большой, то клиент автоматически

переключится из транспортного протокола UDP в TCP, в котором нет подобных ограничений [12]. Некоторые маршрутизаторы или устройства безопасности могут работать на правиле об ограничении пакета в 512 байт, что в свою очередь требует переконфигурации.

## 5. Выводы

В этой статье были исследованы и реализованы атаки на сервер имен, в результате чего было выяснено, что оригинальный DNS стандарт не заботится о безопасности. При проведении атак на сервер с развернутым DNSSEC методы, которые использовались при атаке на «чистый» DNS, оказались безуспешными. Причиной этого является то, что в основе протокола DNSSEC лежит метод цифровой подписи ответов на запросы. В ходе анализа проведенных атак, было выяснено, что DNSSEC может бороться с таким уязвимостями DNS как «отравление кэша» или «человек посередине». Это объясняется тем, что DNSSEC защищает DNS путем проверки подлинности и целостности системы DNS-сообщений. Атаки, ориентированные на DNS сообщения, невозможны при использовании DNSSEC, так как клиенты проверяют цифровую подпись предоставляемую в ответ. Расширения безопасности DNS SecurityExtensions защищают клиентов и сервера от атак, при которых модифицируется кэш DNS, путем подписывания записи с использованием шифрования с открытым ключом.

В ходе работы было выявлено, что внедрение DNSSEC увеличивает объем передаваемых данных, нагрузку на память, процессор и полосу пропускания сервера на 20 %, что не является критичным, с учетом уровня осуществляемой безопасности.

## Литература

1. Мамаев, М. А. Технологии защиты информации в Интернете [Текст] / М. А. Мамаев, С. К. Петренко. — СПб.: Питер, 2002. — 243 с.
2. Карпов, Г. А. Атака на ДНС [Электронный ресурс] / Г. А. Карпов. — Режим доступа: \www/ URL: <http://www.hackzone.ru/articles/dns-poison.html>. — Загл. с экрана.
3. Arends, R. L. DNSSEC Introduction and Requirement [Text] / R. L. Arends, R. U. Austein // RFC 4033. — 2005. — 47 p.
4. DNS ID Hacking — ADM Crew [Электронный ресурс] — Режим доступа: \www/ URL: <http://packetstorm.securify.com/groups/ADM/ADM-DNS-SPOOF/ADMID.txt> — Загл. с экрана.
5. Abley, J., Larson, M. DNSSEC for the Root Zone — Update [Text] / J. Abley, M. Larson // IETF 78, Maastricht, Нидерланды. — 2010. — 44 p.
6. Waterman, S. UPI Analysis: Owning the keys to the Internet. [Электронный ресурс] / S. Waterman. — Режим доступа: \www/ URL: <http://www.mail-archive.com/osint@yahoogroups.com/msg39697.html> — Загл. с экрана.
7. Kerner, S. M. ORG the Most Secure Domain? [Электронный ресурс] / S. M. Kerner. — Режим доступа: \www/ URL: <http://www.internetnews.com/security/article.php/3774131/ORG+the+Most+Secure+Domain.htm> — Загл. с экрана.
8. Singel, R. Feds Start Moving on Net Security Hole. [Text] / R. Singel. — Wired News (CondéNet). — 2006. — 76 p.
9. Eklund-Löwinder, Anne-Marie. Swedish ISP TCD Song Adopts DNSSEC. [Text] / Eklund-Löwinder, Anne-Marie // DNS-wg mailing list, RIPE NCC. — 2012. — 8 p.
10. Andrews, M., Weiler, S. The DNSSEC Lookaside Validation (DLV) DNS Resource Record. [Text] // M. Andrews, S. Weiler // RFC 4431. — 2006. — 22 p.
11. Metzger, Perry, Simpson, W. A. and Vixie, P. Improving TCP security with robust cookies. [Text] / P. Metzger, W. A. Simpson, P. Vixie // 26th Large Installation System Administration Conference (LISA'12), volume 34, № 6. — 2009. — pp. 86–97.

## АНАЛІЗ ОСНОВНИХ АТАК НА DNS-СЕРВЕР І МЕТОДИ ВИКОРИСТАННЯ DNSSEC ПРИ ЗАХИСТІ DNS-СЕРВЕРА

Проведено ґрунтовний аналіз вразливостей і атак, які здійснюються на DNS-сервер. Описано принцип роботи DNSSEC і варіанти його налаштування і використання. Здійснені, проаналізовані та описані атаки на DNS-сервер без використання DNSSEC і при його використанні. Проведено дослідження захищеності DNS-сервера і вплив DNSSEC на рівень його захищеності. Проведено дослідження впливу використання DNSSEC на навантаження мережі.

**Ключові слова:** DNS-сервер, DNSSEC, домен, шифрування, цифровий підпис, атаки, уразливості.

*Радівілова Тамара Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра телекомунікаційних систем, Харківський національний університет радіоелектроніки, e-mail: lmd@kture.kharkov.ua.*

*Бушманов Віктор Сергійович, кафедра телекомунікаційних систем, Харківський національний університет радіоелектроніки, e-mail: bu6manov@gmail.com.*

*Радівілова Тамара Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра телекомунікаційних систем, Харківський національний університет радіоелектроніки.*

*Бушманов Віктор Сергійович, кафедра телекомунікаційних систем, Харківський національний університет радіоелектроніки.*

*Radivilova Tamara, Kharkiv National University of Radioelectronics, e-mail: lmd@kture.kharkov.ua.*

*Bushmanov Viktor, Kharkiv National University of Radioelectronics, e-mail: bu6manov@gmail.com*

Фидровская Н. Н.,  
Варченко И. С.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В КАНАТЕ, ИЗОГНУТОМ НА БАРАБАНЕ

В статье рассматриваются вопросы напряженного состояния каната, изогнутого на барабанах, в условиях многослойной навивки. Получены уравнения поперечных усилий. Приведены влияния слоев навивки каната, коэффициента трения, количества навиваемых витков на поперечную нагрузку. Для определения усилий в канате, который навивается на барабан, рассматривается система уравнений Кирхгофа с учетом сил трения.

**Ключевые слова:** канатный барабан, подъемный канат, многослойная навивка, обечайка, реборда, поперечные усилия.

### 1. Постановка проблемы

Многослойная навивка имеет место в различных видах грузоподъемных машин: на лебедках буровых и траловых установок, кранов, на барабанах шахтных проходческих и подъемных машин. Но, несмотря на это, многие вопросы, связанные с применением многослойной навивки канатов на барабаны, и до настоящего времени не получили достаточно полного разрешения, что значительно усложняет применение многослойной навивки.

Один из таких вопросов, которые требуют уточнения, является давление каната на лобовину барабана. Вопросами многослойной навивки занимались такие выдающиеся ученые как М. М. Федоров [1], Б. С. Ковальский [2], Ю. Е. Почтовенко [3] и другие [4–8].

### 2. Результаты исследований

Для определения усилий в канате, который навивается на барабан (рис. 1), рассмотрим систему уравнений Кирхгофа с учетом сил трения:

$$\begin{cases} \frac{dP_n}{dS} + \omega_t P_b - \omega_b P_t = -f_n; \\ \frac{dP_b}{dS} + \omega_n P_t - \omega_t P_n = -f_b; \\ \frac{dP_t}{dS} + \omega_b P_n - \omega_n P_b = -\mu f_n, \end{cases} \quad (1)$$

где  $P_b$  и  $P_n$  — поперечные силы;  $P_t$  — осевое усилие;  $f_n$  и  $f_b$  соответственно нормальная контактная и поперечная нагрузки;  $\mu$  — коэффициент трения;  $S$  — ось элемента каната;  $\omega_t$  — кручение;  $\omega_n$  и  $\omega_b$  — кривизны, определяются по формулам:

$$\begin{cases} \omega_t = -\frac{1}{2} v \sin 2\alpha \cos \varphi + \frac{1}{2} \frac{\sin 2\alpha}{r}; \\ \omega_n = -v \cos \alpha \sin \varphi - \frac{d\alpha}{dS}; \\ \omega_b = -v \cos \alpha \sin \varphi - \frac{d\alpha}{dS}, \end{cases} \quad (2)$$

где  $r$  и  $\varphi$  — полярные координаты оси проволоки в поперечном сечении каната.

$$v = \frac{1}{\rho},$$

$\rho$  — радиус кривизны изогнутой по винтовой линии оси каната.

$$\rho = \frac{R}{\sin^2 \beta},$$

$R$  и  $\beta$  — соответственно радиус, и угол наклона винтовой оси каната;  $\alpha$  — угол свивки элементов спирального каната.

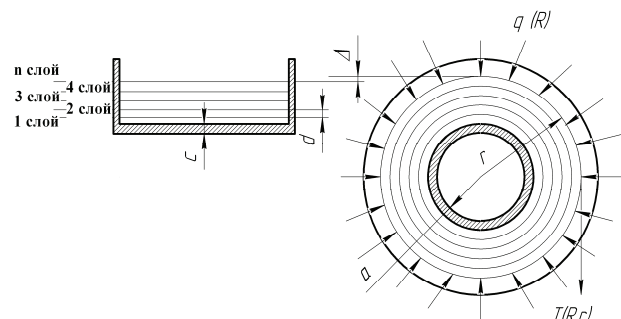


Рис. 1. Нагрузки, действующие на барабан при многослойной навивке

Нагрузки:

$$\begin{cases} f_n = -vr \cos \alpha \cos \varphi f_n^{(0)} + v \cos \alpha f_n^{(0)}, \\ f_b = v \sin \varphi f_b^{(0)}, \end{cases} \quad (3)$$

$$\frac{d\alpha}{dS} = \frac{\sin \alpha}{r} - \tau \cos \alpha,$$

где  $\tau = \frac{\sin 2\beta}{2r_0}$ .

Вклинивание происходит по спирали в четных или не четных слоях (рис. 2.)

Полагая, что  $P_t = T_0 e^{-2\mu\beta}$  [5] и учитывая, что при  $\varphi = \frac{\pi}{2}$   $f_n \rightarrow 0$ , мы можем решить систему уравнений (1).

Получаем зависимость для поперечных сил и поперечной нагрузки:

$$P_b = \frac{T_0 e^{-k\mu\beta} \left( \omega_b + \frac{k^2 \mu^2}{R^2 \omega_t} \right)}{\omega_t - k\mu \frac{\omega_n}{R\omega_b}}. \quad (4)$$

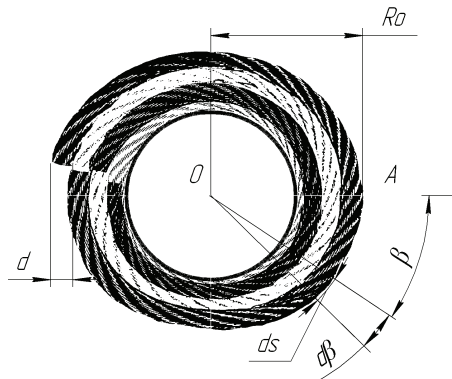


Рис. 2. Вклинивающиеся витки каната при переходе в верхний слой

$$P_b = \frac{T_0 e^{-k\mu\beta}}{w_b} \left[ \frac{k\mu}{R} + \frac{w_n \left( w_b + \frac{k^2 \mu^2}{R^2 w_b} \right)}{w_t - k\mu \frac{w_n}{R w_b}} \right] \quad (5)$$

$$f_b = T_0 e^{-k\mu\beta} \left\{ w_n - \frac{w_t}{w_b} \left[ \frac{k\mu}{R} + \frac{w_n \left( w_b + \frac{k^2 \mu^2}{R^2 w_b} \right)}{w_t - k\mu \frac{w_n}{R w_b}} \right] - \frac{k\mu \left( w_b + \frac{k^2 \mu^2}{R^2 w_b} \right)}{R \left( w_t - k\mu \frac{w_n}{R w_b} \right)} \right\} \quad (6)$$

Исходя из аналогичного уравнения определяющего силу распирающую реборду Тер-Каспоряна:

$$f_{\text{рас}} = 2\pi P \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos \alpha \cdot d\alpha}{\text{ctg}(\alpha - \varphi) + \text{tg} \varphi} \quad (7)$$

Определяем усилие в каждом положении каната при заземлении (рис. 3).

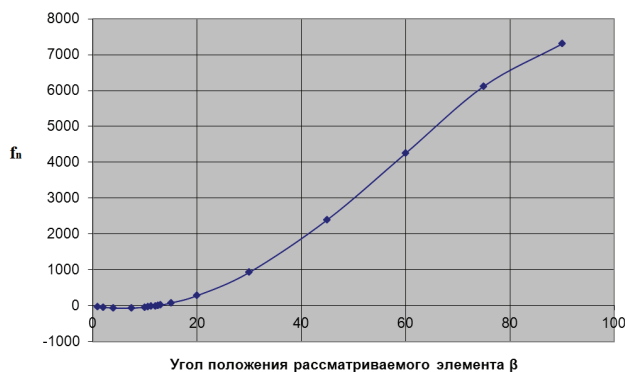


Рис. 3. Влияние угла  $\beta$  на вклинивающую силу

Проанализировав полученные формулы, получаем следующие закономерности:

- распределение усилий в реборде протекает по спирали от четных или не четных слоев каната;
- возрастание усилий исходя из слоев навивки в обечайке происходит по экспоненциальному закону.

### 3. Выводы

Полученные усилия поперечных усилий и поперечной нагрузки позволяет оценить нагрузки, которые создает

канат на реборде барабана при многослойной навивке. Выведен закон распределения усилий, на реборде исходя из слоев навивки.

### Литература

1. Ковальский, Б. С. Барабаны грузоподъемных машин [Текст] / Б. С. Ковальский, С. В. Кожин. — Харьков: ХВКИУ, 1969. — 164 с.
2. Ковальский, Б. С. Нагрузка барабана подъемной машины витками каната [Текст] / Б. С. Ковальский // Доклады АН СССР. — 1950. — № 6. — С. 779–782.
3. Почтовенко, Ю. Е. Некоторые вопросы теории многослойной навивки канатов на барабаны шахтных подъемных машин [Текст] / Ю. Е. Почтовенко // Горный журнал. — 1963. — № 8. — С. 20–23.
4. Фидровская, Н. Н. Распределение усилий в каната при навивке его на барабан [Текст] / Н. Н. Фидровская // Науковий вісник будівництва ХДТУБА, 2006. — № 35. — С. 262–266.
5. Ковальский, Б. С. Устойчивость обечайки барабана грузоподъемной машины [Текст] / Б. С. Ковальский, Н. Н. Фидровская // Деп. Укр НИИНТИ. — 1985. — № 2284. — С. 11.
6. Григоров, О. В. Вантажопідйомні машини [Текст] / О. В. Григоров, Н. О. Петренко. — Харків : НТУ «ХП», 2006. — 300 с.
7. Фидровская, Н. Н. Динамічні зусилля в канаті при багатошаровій навивці [Текст] / Н. Н. Фидровская, І. С. Варченко // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2010. — Т. 2, № 5(44). — С. 58–61.
8. Тер-Каспорян, А. А. Усилия распирающие реборду барабана при многослойной навивке каната [Текст] / А. А. Тер-Каспорян // Азербайджанское нефтяное хозяйство. — 1955. — XI. — С. 19–21.

### ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЬ В КАНАТІ, ЗІГНУТОМУ НА БАРАБАНАНІ

У статті розглядаються питання напруженого стану каната, зігнутого на барабані, в умовах багатошарової навивки. Отримано рівняння поперечних зусиль. Наведено вплив шарів навивки каната, коефіцієнта тертя, кількість навитих витків на поперечне навантаження. Для визначення зусиль в канаті, який намотується на барабан, розглядається система рівнянь Кірхгофа з урахуванням сил тертя.

**Ключові слова:** канатний барабан, підйомний канат, багатошарова навивка, обечайка, реборда, поперечні зусилля.

**Фидровская Наталья Николаевна**, доктор технических наук, доцент, кафедра «Металлорежущего оборудования и транспортных систем», Украинская инженерно-педагогическая академия, e-mail: kafedra@petsm.uipa.kharkov.ua.

**Варченко Иван Сергеевич**, ассистент, кафедра «Металлорежущего оборудования и транспортных систем», Украинская инженерно-педагогическая академия, e-mail: kafedra@petsm.uipa.kharkov.ua.

**Фидровська Наталія Миколаївна**, доктор технічних наук, доцент, кафедра «Металоріжущого обладнання і транспортних систем», Українська інженерно-педагогічна академія.

**Варченко Іван Сергійович**, асистент, кафедра «Металоріжущого обладнання і транспортних систем», Українська інженерно-педагогічна академія.

**Fidrovskaya Natalia**, Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, e-mail: kafedra@petsm.uipa.kharkov.ua.

**Varchenko Ivan**, Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, e-mail: kafedra@petsm.uipa.kharkov.ua

Вавілов Є. В.

# ТЕХНОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СИТУАЦІЙ ДЛЯ СИСТЕМ З ГЕНЕТИЧНИМИ ПРИНЦИПАМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ

Приводяться етапи виконання завдання побудови прогнозу на основі використання генетичних алгоритмів, які можуть бути реалізовані засобами нейронних мереж із застосуванням аналітичних методів, експертних систем, методів математичної статистики, нечіткої логіки та статистики об'єктів нечислової природи.

**Ключові слова:** прогнозування, генетичний алгоритм, якість, альтернатива.

## 1. Вступ

На сьогоднішній день прогнозування займає чільні місця у багатьох галузях життєдіяльності людини. До них, наприклад, можна віднести: бізнес, демографію, економіку, медицину, управління та менеджмент, педагогіку, політику, промислове виробництво, соціологію, фондові ринки і т. д. Необхідність прогнозів різних рівнів потребує надзвичайно велике коло осіб — від школярів до керівників держав, не кажучи про потреби організацій та підприємств. Ситуація пояснюється цілою низкою факторів. Лише найважливіші з них — це зростання обсягів інформаційної складової суспільства, ріст ризиків при прийнятті управлінських рішень, складність та суперечливість подій сучасного буття, непостійність всляких життєвих процесів, науково-технічний прогрес в загалом та ін.

Методи «м'яких» обчислень, які базуються на нейронних мережах, генетичних алгоритмах та на нечіткій логіці, існують досить давно. Втім відзначимо, що навести істотні приклади їх регулярного використання з метою прогнозування різноманітних ситуацій досить важко. Це пояснюється складністю алгоритмів прогнозування, нечіткою постановкою завдання та їх великою різноманітністю. Втім, як показав аналіз літературних першоджерел, незалежно від сфери застосування систем прогнозування, є можливість виділення опорних точок для реалізації будь-якого алгоритму [1–4]. Можемо це показати у деякому узагальненому вигляді стосовно проблеми, яка винесена у заголовок статті.

## 2. Аналіз досліджень та публікацій

Науці відомо більше, ніж 150 методів прогнозування. Найпростішими є прийоми усереднення, найскладнішими — програмно-апаратні системи прийняття управлінських рішень. Зазначимо, що практикою застосування трендових моделей та експертних оцінок сьогодні складно кого-небудь здивувати, то нові досягнення наукової думки на стику інформатики, кібернетики, математики та статистики, залишаються недостатньо затребуваними суспільством. В той же час питанням прогностичних розробок в інноваційній діяльності досліджені в багатьох наукових працях відомих вітчизняних вчених. Це В. Гранатуров, В. Івантер, І. Кочура, Й. Шумпеттер, Л. Федулова, Н. Казакова, О. Козаченко, О. Мартьянова, П. Друкер, Ю. Мокогон та ін. Зарубіжні вчені цій проблемі також приділяли достатню увагу. Однак їх

роботи присвячені, в основному, узагальненим проблемам прогнозування інноваційних процесів, а такі прикладні питання, як розробка організаційних процесів при прогнозуванні вимагають подальшого удосконалення [5–7].

## 3. Формування мети за завдань

Постановкою проблеми є виділення основоположних етапів технології прогнозування ситуацій для систем з нечіткою логікою, включаючи генетичні принципи функціонування.

## 4. Результати досліджень

Прогнозування в управлінні та необхідність його вдосконалення на основі використання сучасних засобів, у сьогодні набули великої актуальності. Це визвано тим, що широке застосування отримала ситуаційна методологія передбачення. Її центральна ідея — це положення про те, що будь-яка соціальна структура, політика або технологічне виробництво є відкритими системами. Вони пристосовуються до свого постійно змінного різноманітного зовнішнього та внутрішнього середовища. При цьому головні причини того, що відбувається всередині таких систем, лежать поза ними. У цьому сенсі вирішальними для ефективного управління ними є такі поняття, як адаптація та зовнішнє середовище. У свою чергу, сама адаптація може бути двох основних типів: ситуативна адаптація при зміні умов зовнішнього середовища, і перспективна випереджаюча адаптація, яка базується на виявленні та завчасному врахуванні тенденцій зміни зовнішнього середовища. У цьому випадку управління у все більшій мірі повинне будуватися по типу так званого випереджаючого управління — *proactive management*. Втім, як було сказано вище, методів випереджувального управління існує досить велика кількість. Всі вони містять (у залежності від завдань, які необхідно вирішити) різну кількість етапів досягнення мети. Аналіз показав, що не зважаючи на це, є можливість виділити основні, так звані базові етапи. Приведемо їх як етапи рішення завдання побудови прогнозу. Їх сукупність ми назвали технологією [8, 9].

Перший етап, це формування запиту. Запит від користувача, якщо реалізація системи це припускає, або від автоматичної чи автоматизованої системи, надходить на вхід системи прогнозування. Тут запит проходить первинну обробку, включаючи фільтрацію, виправлення

помилки, за необхідністю — автоматичне заповнення стандартних полів і т. п.

Другий етап — перетворення вхідних даних за принципами, які передбачені внутрішньосистемними методами побудови системи прогнозування. Як правило, це відповідає інтерпретації даних, які отримані із запиту, у внутрішньосистемну мову. На цьому етапі може передбачатися формування додаткових параметрів завдання у вигляді остаточної відповіді, критеріїв точності та типу оцінки якості. Крім того, повинна бути забезпечена можливість завдання періоду прогнозування та його меж.

На третьому етапі передбачається проведення аналізу даних. На цьому етапі аналізується вся початкова інформація з метою відбору найсуттєвіших даних, які й будуть використовуватися при побудові прогнозу. Зазначений етап є найважливішим, так як саме впродовж його проводиться безпосередній вибір конкретного методу прогнозування. Значачимо, що аналіз даних може проводитися як автоматично, так і за участю користувача.

Четвертий етап передбачає вибір алгоритму. При цьому, на основі даних, які отримані на основі виконання попереднього етапу, вибирається один або декілька найбільш підходящих алгоритмів, які можуть бути застосовані для вирішення конкретного завдання. Вони можуть базуватися на використанні нейронної мережі, генетичного алгоритму, методів математичної статистики та статистики об'єктів нечислової природи, експертної системи, нечіткої логіки і т. п. Результатом виконання четвертого етапу є набір даних, які тут же повинні бути перетворені до потрібної форми та надані на вхід відповідного алгоритму.

Завданням п'ятого етапу є технологія застосування алгоритму та побудова прогнозу. Логічно, що результатом етапу є побудова прогнозу. Втім, якщо на попередньому етапі був вибраний достатньо прогресивний алгоритм, то може бути можливим варіант, коли в результаті будується кілька альтернативних прогнозів. З них може бути обраний найбільш точний та якісний, що відповідає встановленим критеріям, наприклад, в технічному завданні.

Шостий етап є доцільним в тому випадку, коли на попередньому етапі було сформовано кілька прогнозів. У такому випадку смислом шостого етапу є композиція прогнозів. Ця ситуація може виникнути не тільки тоді, коли обраний алгоритм дав кілька рішень, а й у випадку, коли застосовувалися різні алгоритми прогнозування. Т. ч., на шостому етапі підсумковий прогноз може бути отриманий або шляхом вибору алгоритму прогнозу, який дає кращу точність, або шляхом композиції результатів усіх прогнозів. Як показав аналіз літературних джерел, саме композиції дають найкращий результат у зв'язку з тим, що у цьому випадку похибки різних методів компенсують один одного.

Оцінка якості результатів прогнозування проводиться на сьомому етапі. Відомо всього два методи оцінки якості та точності для систем побудови прогнозів: прогнозування на основі минулих періодів часу та дослідна експлуатація. У першому випадку, крім основного прогнозу, обов'язковою вимогою є побудова «тестового прогнозу», який може бути заснований навіть не на всіх наявних даних, а на так званій навчальній вибірці з якої виключені кілька останніх точок. Цей метод відомий як метод тестової вибірки. Згідно до нього система прогнозування як би «не має уявлення» про існування зазначених останніх та

найбільш свіжих даних. Вона розраховує для «тестового прогнозу» значення, відповідні інтервалам часу, на які припадає тестова вибірка, оцінюючи якість прогнозу на основі різниці між фактичними та прогнозними значеннями показника. Далі система передбачає 2 можливих варіанти роботи. Перший: якщо «тестовий прогноз» задовольняє критеріям якості, тобто якщо дані, отримані «тестовим прогнозом», є досить близькими до тестової вибірки, то система приймає той факт, що й отримані дані основного прогнозу будуть задовольняти вимогам точності. У цьому випадку результат основного прогнозу передається до наступного блоку. Другий варіант: якщо вимоги до якісних показників відносно результатів «тестового прогнозу» не досягнуті, то основний прогноз вважається неточним. При цьому всі дані разом з інформацією про те, що обраний алгоритм дав неточне рішення, знову надходять у блок аналізу даних.

У тих випадках, коли якість оцінюється шляхом дослідної експлуатації, то прогноз вважається точним та передається в наступний блок. Надалі прогнозні значення порівнюються з фактичними значеннями, отриманими в ході експлуатації системи користувачем. При цьому обов'язковим є ведення обліку похибок та помилок прогнозування, та їх врахування при подальших прогнозах.

На останньому, восьмому етапі, передбачається формування відповіді. При цьому дані, отримані в попередніх блоках, та результати підсумкового прогнозу надходять до останнього блоку, де на їх основі, після інтерпретації у мову запиту, формується відповідь системи.

Як видно з викладеного, приведене трактування процесу прогнозування, не суперечить тим положенням, які викладені у літературі [1–10]. Т. ч. ми можемо їх вважати достатньо адекватними та такими, що є універсальними як при використанні у звичайних системах прогнозування, так і у таких, що базуються на генетичних алгоритмах. По своїй ролі в управлінні, по своєрідності змісту та по спільності форм і методів реалізації зазначених етапів у прогнозуванні, суть їх залишається зрозумілою та забезпечує виконання найважливіших його функцій. Прогнозування на їх основі залишається максимально значимим і може розгортатися достатньо інтенсивно при визначенні точних його цілей.

## 5. Висновок

Розглянуті етапи прогнозування, які можуть бути реалізовані засобами нейронних мереж із застосуванням аналітичних методів, експертних систем, методів математичної статистики, нечіткої логіки та статистики об'єктів нечислової природи [10], дають можливість незалежно від сфери застосування систем прогнозування, отримати необхідні дані щодо стану досліджуваної соціальної, економічної або технічної системи. Т. ч., до ситуаційної методології прогнозування можна внести пункт про те, що вона може містити приведені етапи, які не суперечить загально прийнятим уявленням.

## Література

1. Казакова, Н. Ф. Принципиальные задачи классификации и анализа моделей для программно-прогностического контроля мультисервисных телекоммуникационных сетей [Текст] / Н. Ф. Казакова, Н. М. Билык, Г. А. Гундериц // Вестник национального университета кораблестроения. — Николаев: НУК. — 2010. — № 2(431). — С. 125–132.

2. Lichtenthaler, E. Managing technology intelligence processes in situations of radical technological change [Текст] / E. Lichtenthaler // Technological Forecasting and Social Change. — 2007. — Vol. 74. — Iss. 8. — pp. 1109–1136.
3. Cheng, A.-C. A fuzzy multiple criteria comparison of technology forecasting methods for predicting the new materials development [Текст] / A.-C. Cheng, C.-J. Chen, C.-Y. Chen // Technological Forecasting and Social Change. — 2008. — Vol. 75. — Iss. 1. — pp. 131–141.
4. Udvardia, F. Management situations and the engineering mindset [Текст] / F. Udvardia // Technological Forecasting and Social Change. — 1986. — Vol. 29. — Iss. 4. — Pp. 387–397.
5. Казакова, Н. Ф. Визначення показників для вирішення завдань прогностичного контролю мультисервісних телекомунікаційних мереж [Текст] / Н. Ф. Казакова, О. О. Скопа // Сучасний захист інформації. — К. : ДУІКТ. — 2010. — № 4. — С. 55–61.
6. Lin, C.-C. Combining forecasts for technology forecasting and decision making [Текст] / C.-C. Lin, Y.-H. Tang, J. Shyu, Y.-M. Li // Journal of Technology Management in China. — 2010. — Vol. 5. — Iss. 1. — pp. 69–83.
7. Alan, L. Forecasting and management of technology [Текст] : монографія / L. Alan, A. Porter, T. Roper, T. Mason, F. Roscini, J. Banks, F. Wiederholt. — Wiley, 2011. — 352 с. — ISBN 1118048210, 9781118048214.
8. Казакова, Н. Ф. Застосування програмно реалізованого прогностичного контролю для вирішення практичних завдань забезпечення якості надання послуг у захищених інформаційних мережах [Текст] / Н. Ф. Казакова // Сучасна спеціальна техніка. — К. : Державний НДІ МВС України. — 2012. — № 29. — С. 86–95.
9. Ayres, R. Technological forecasting and long-range planning [Текст] : монографія / R. Ayres. — McGraw-Hill, 1969. — 237 с.
10. Phillips, F. Market-Oriented Technology Management: Innovating for Profit in Entrepreneurial Times [Текст] : монографія / F. Phillips. — Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Singapore; Tokyo: Springer, 2001. — 417 с. — ISBN 3540412581.

#### ТЕХНОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СИТУАЦИЙ ДЛЯ СИСТЕМ С ГЕНЕТИЧЕСКИМИ ПРИНЦИПАМИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Приводятся этапы решения задачи построения прогноза на основе использования генетических алгоритмов, которые могут быть реализованы средствами нейронных сетей с применением аналитических методов, экспертных систем, методов математической статистики, нечеткой логики и статистики объектов нечисловой природы.

**Ключевые слова:** прогнозирование, генетический алгоритм, качество, альтернатива.

*Вавілов Євген Віталійович, аспірант, Одеський національний університет ім. І. І. Мечнікова, e-mail: [intelevgen@gmail.com](mailto:intelevgen@gmail.com).*

*Вавілов Евгений Витальевич, аспирант, Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова.*

*Vavilov Yevhen, Odessa I. I. Mechnikov National University, e-mail: [intelevgen@gmail.com](mailto:intelevgen@gmail.com)*

УДК 621.311.22-52

**Грабовський О. В.,  
Казакова Н. Ф.**

## СКРОЧЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ НАДІЙНОСТІ ІВС ЗА РАХУНОК ЇЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ НАДМІРНОСТІ

*Показується, що в інформаційно-вимірвальній системі існує функціональна надмірність технічних та програмних ресурсів, яка використовується для підвищення захищеності системи від збоїв та відмов. Використання такої властивості, за певних умов дозволяє скоротити обсяги робіт з випробувань надійності. За рахунок цього прискорюється процедура випробувань. Приводиться коефіцієнт функціональної надмірності, який при спеціальних умовах технічної документації може бути використаний, як основа для скорочення випробувань.*

**Ключові слова:** надмірність, надійність, вимірювання, коефіцієнт, інформаційно-вимірвальна система.

### 1. Вступ

Роль надійності в світі, у всякому разі, у розвинених країнах, зростає, хоча спрямованість досліджень поступово змінюється у бік використання методів оцінки показників надійності для швидкого отримання інформації про якість розробок. У повній мірі це відноситься до технологій проведення та визначення надійності всіляких систем контролю якості, включаючи інформаційно-вимірвальні системи (ІВС).

Як правило, метою багатьох випробувань на надійність ІВС є знаходження фактичних значень показників надійності та, при необхідності, параметрів законів розподілу таких випадкових величин, як час безвідмовної роботи, напрацювання між відмовами, час відновлення

та ін. Мета контрольних випробувань — перевірка відповідності фактичних значень показників надійності вимогам стандартів, технічних завдань та технічних умов, тобто ухвалення рішення типу «так/ні» про відповідність або невідповідність надійності системи вимогам, встановленим у технічній документації. Процедура таких випробувань є досить складною та займає багато часу. Втім є досить багато шляхів, які дозволяють її скоротити у часі та спростити. Серед них — прискорення випробувань за рахунок функціональної надмірності ІВС.

Функціональна надмірність ресурсів ІВС досягається дублюванням функцій або внесенням додаткових функцій в програмно-апаратні ресурси обчислювальної системи для підвищення її захищеності від збоїв та відмов, наприклад періодичне тестування та відновлення,



а також самотестування і самовідновлення компонентів вимірювальної системи. Використовуючи ці властивості, можемо скоротити обсяги робіт по визначенню надійності тим самим прискоривши процедуру випробувань.

## 2. Аналіз досліджень та публікацій

У загальному життєвому циклі технічних систем, який має на увазі проектування, серійне виробництво, експлуатацію та утилізацію, випробуванням надійності відводиться особлива роль. В багатьох випадках виявляється, що більша частина загальних витрат приходить саме на проведення випробувань, а це — при створенні складних технічних систем — значно впливає на їх фінансування. У зв'язку з цим обґрунтування необхідних обсягів випробувань та пошук шляхів їх скорочення має істотне практичне значення. Цій проблемі вперше почали приділяти увагу вчені до яких відносяться Р. Судаков [1], Л. Большев [2], Г. Карташов [3] та ін., включаючи такого видатного спеціаліста у згаданій області, як І. Ушакова. Згодом нові рішення проблеми та розвиток багатьох положень, був відображений у працях інших дослідників, наприклад, [4, 5]. Крім того, проблемою також займалася значна кількість зарубіжних науковців (див., наприклад, посилання у [6, 7] та [8–14]). Роботи [4, 5] покладені в основу проведеного дослідження.

## 3. Формування мети за завдань

Як напрям для подальшого дослідження перспективним представляється один з шляхів підвищення ефективності випробувань у вигляді скорочення процедури за рахунок функціональної надмірності ІВС.

## 4. Результати досліджень

Позначимо подію, яка полягає у виникненні відмови ІВС в цілому, як  $\bar{B}$ . Тоді  $B$  — це подія, яка полягає в тому, що ІВС виконає покладені на неї функції. Припустимо, що з метою реалізації події  $B$ , в технічній документації, наприклад, у технічному завданні на розробку ІВС, обумовлено  $B$  деяких умов  $A_i$ . Зокрема, подія  $A_i$  може складатися в умові допускового типу, наприклад,  $A_i = \{a_i \leq \xi_i \leq b_i\}$ , тобто в даному випадку  $A_i$  полягає в тому, щоб деяка випадкова величина  $\xi_i$  перебувала у фіксованому допуску  $[a_i, b_i]$ , де  $a_i, b_i$  — його межі. Якщо  $\xi_i$  виходить за зазначені межі, тобто  $\xi_i \notin [a_i, b_i]$ , то подія може супроводжуватися виходом ІВС з ладу. Проте, може бути й так, що при  $\xi_i \in [a_i, b_i]$  з ймовірністю, рівною 1, відмови системи не відбувається.

Позначимо через  $P(A_i) = R_i$  ймовірність виконання  $i$ -ї умови документації. Будемо вважати, що документація складена достатньо повно у тому смислі, що при виході ІВС з ладу, відбувається хоча б одна з подій  $\bar{A}_i$ , тобто  $\bar{B} \subset \bigcup_{i=1}^N \bar{A}_i$ . Тоді:

$$\bar{B} = \bar{B} \cap \left( \bigcup_{i=1}^N \bar{A}_i \right) = \bigcup_{i=1}^N (\bar{B} \cap \bar{A}_i),$$

$$\text{де } B = \bigcap_{i=1}^N \overline{\bar{A}_i} \cap \bar{B} = \bigcap_{i=1}^N (A_i \cup B) = \bigcap_{i=1}^N D_i, \quad D_i \triangleq A_i \cup B.$$

Це означає, що

$$P(B) = (1 - P(\bar{D}_1)) (1 - P(\bar{D}_2 | D_1)) \dots \left( 1 - P\left(\bar{D}_N \mid \left(\bigcap_{k=1}^{N-1} D_k\right)\right) \right), \quad (1)$$

де  $P(\bar{D}_1) = P(\bar{A}_1 \cap \bar{B}) \triangleq q_1(1 - k_1)$ ,  $q_1 = P(\bar{A}_1)$  — ймовірність невиконання першої умови документації. Це може бути, наприклад,  $q_1$  — ймовірність виходу  $\xi_1$  за допуск  $[a_1, b_1]$ ;  $P(\bar{B} | \bar{A}_1)$  — ймовірність відмови ІВС при невиконанні вказаної умови;  $k_1 = 1 - P(\bar{B} | \bar{A}_1)$ .

Розглянемо випадок, коли ймовірність безвідмовної роботи ІВС

$$L = P(B) = P\left(\bigcap_{i=1}^N D_i\right), \quad D_i = A_i \cup B. \quad (2)$$

задовольняє співвідношенню:

$$L = P(B) \geq \prod_{i=1}^N P(D_i) \triangleq \eta = \prod_{i=1}^N R'_i, \quad R'_i = P(D_i). \quad (3)$$

Зокрема, (2) виконується для незалежних, а також для позитивно зв'язаних подій  $D_i$ ,  $i = \overline{1, N}$  [1, 6]. У випадку, який розглядається,  $\eta$  представляє з себе оцінку знизу для показника надійності  $L = P(B)$  системи в цілому та може бути представлена у простій формі:

$$\eta = \prod_{i=1}^N P(D_i) = \prod_{i=1}^N R'_i, \quad (4)$$

де  $R'_i = 1 - q_i(1 - k_i) = P(D_i)$ ;  $q_i = P(\bar{A}_i)$  — ймовірність невиконання  $i$ -ї умови документації, наприклад  $q_i$  — ймовірність виходу  $\xi_i$  за допуск  $[a_i, b_i]$ , а число  $k_i = 1 - P(\bar{B} | \bar{A}_i) = P(B | \bar{A}_i)$  є коефіцієнтом функціональної надмірності системи по  $i$ -му умові документації. При всіх  $k_i = 0$  з (4) витікає, що  $\eta = \prod_{i=1}^N R_i$ ,  $k_i = 0$ ,  $i = \overline{1, N}$ ,  $R_i = 1 - q_i$ .

Рівність  $k_i = 0$  відповідає випадку, коли при невиконанні  $i$ -ї умови система не виконає покладені на неї функції, тобто  $P(\bar{B} | \bar{A}_i) = 1$ . Якщо  $i$ -а умова документації грає настільки незначну роль в системі в цілому, що факт виникнення події  $\bar{A}_i$  не впливає на  $\bar{B}$ , то  $P(\bar{B} | \bar{A}_i) = P(B)$  і, таким чином  $0 \leq k_i \leq \{P(B) = L\}$ .

Коефіцієнти  $k_i$  надмірності системи по кожній з  $N$  умов, обумовлених в технічній документації, можуть бути знайдені шляхом статистичного моделювання процесу функціонування ІВС, який описується, наприклад, сукупністю диференціальних рівнянь, які приведені в [7].

## 5. Висновки

Сформулюємо висновки, використовуючи рівняння (1)...(5).

1) На стадії проектування для кожної з  $N$  умов  $A_i$ , які обумовлені в технічній документації і мають, наприклад, вид

$$a_i \leq \xi_i \leq b_i, \quad i = \overline{1, N}, \quad (7)$$

в результаті статистичного моделювання процесу виконання завдання системою в цілому, за допомогою (5) повинні бути розраховані коефіцієнти  $k_i$  функціональної надмірності. При наступних розглядах коефіцієнти  $k_i$  можуть вважатися відомими і фіксованими.

2) Кількісною мірою виконання  $i$ -ї умови служить ймовірність  $R_i = P(A_i)$  її виконання. При цьому  $R_i$  невідома і підлягає оцінюванню за результатами випробувань.

В силу співвідношень (3) та (4), за критерій виконання  $i$ -ї умови з позиції системного розгляду, приймається ймовірність

$$R'_i = 1 - q_i h_i, \quad q_i = 1 - R_i, \quad h_i = 1 - k_i. \quad (8)$$

3) Виходячи з необхідного значення  $L_T$  для ймовірності  $L = P(B)$  виконання завдання системи в цілому і заданого для неї допустимого ризику замовника  $\beta_d$ , визначаються вимоги  $R'_{Ti}$  до кожної з ймовірностей  $R'_i = P(D_i)$  і допустимий ризик замовника  $\beta_{di}$ .

4) Вимоги по надійності і реалізації  $i$ -ї умови вважаються виконаними, якщо  $\gamma$ -нижня границя  $\underline{R}'_{iy} = \underline{R}_{iy}$  при  $\gamma = 1 - \beta_{di}$  задовольняє співвідношенню

$$\underline{R}'_{iy} \geq R'_{Ti}, \quad \gamma = 1 - \beta_{di}. \quad (9)$$

Так як коефіцієнт  $k_i$  надмірності системи по  $i$ -й умові технічної документації вважається в нашому розгляді фіксованим числом з діапазону  $[0, L]$ , то  $\underline{R}'_{iy} = 1 - (1 - k_i)(1 - \underline{R}_{iy})$ , де  $\underline{R}_{iy}$  — статистика, що є  $\gamma$ -нижньою границею для ймовірності  $R_i = 1 - q_i$ . У зв'язку з цим, співвідношення (9) можна переписати у вигляді

$$\underline{R}'_{iy} > R'_{Ti} = \frac{R_{Ti}^* - k_i}{1 - k_i}, \quad \gamma = 1 - \beta_{di},$$

отримавши тим самим вимоги до функціонування ІВС, яка перевіряється в умовах скорочення випробувань її надійності за рахунок функціональної надмірності.

### Література

1. Судаков, Р. С. Избыточность и объем испытаний технических систем и их элементов : монография / Р. С. Судаков. — М. : Знание, 1980. — 188 с.
2. Большев, Л. Н. О построении доверительных пределов [Текст] / Л. Н. Большев // Теория вероятности и ее применения. — М. : МВТУ, 1965. — Т. 10, № 1. — С. 191–192.
3. Карташов, Г. Д. Принципы расходования ресурса и их использование для оценки надёжности : монография / Г. Д. Карташов. — М. : Знание, 1984. — 90 с.
4. Казакова, Н. Ф. Скорочення обсягів контрольних випробувань в інформаційних системах за рахунок їх функціональної надмірності [Текст] / Н. Ф. Казакова, Н. М. Согіна // Моделювання та інформаційні технології. — К. : ШІМЕ НАН України. — 2008. — № 49. — С. 34–40.
5. Скопа, О. О. Вплив функціональної надмірності резервованих систем телекомунікацій на скорочення обсягів їх випробувань на надійність [Текст] / О. О. Скопа, Н. Ф. Казакова, О. С. Мурін // Наукові праці ДонНТУ. — Донецьк : РВА ДонНТУ. — 2003. — № 58. — С. 115–121.
6. Судаков, Р. В. Аналитическое решение задачи планирования объемов испытаний элементов сложных систем [Текст] / Р. В. Судаков // Сборник трудов Вильнюсского университета. — Вильнюс : ВУ. — 1982. — № 4. — С. 25–30.
7. Волков, Е. Б. Основы теории надежности ракетных двигателей : монография / Е. Б. Волков, Р. В. Судаков, Т. А. Сырыцын. — М. : Машиностроение, 1974. — 400 с.
8. McLean, H. HASS & HASA Explained: Accelerated Reliability Techniques. Milwaukee : монография / H. McLean. — ASQ Quality Press. — 2000. — 152 с.
9. Tseng, S. Step-Stress Accelerated Degradation Analysis For Highly Reliable Products [Текст] / S. Tseng // Journal of Quality Technology. — 2000. — Vol. 32. — № 3. — С. 209–216.
10. Baldwin, K. Accelerated corrosion tests for aerospace materials: current limitations and future trends [Текст] / K. Baldwin, C. Smith // Aircraft Engineering and Aerospace Technology. — 1999. — Vol. 71. — № 3. — С. 239–244.
11. Yang, G. Accelerated degradation-tests with tightened critical values [Текст] / G. Yang, K. Yang // IEEE Trans. Reliability. — 2002. — Vol. 51. — № 4. — С. 463–468.
12. Khamis, I. Comparison between constant and step-stress tests for Weibull models [Текст] / I. Khamis // International Journal of Quality and Reliability Management. — 1996. — Vol. 14. — № 1. — С. 74–81.
13. Khamis, I. An alternative to the Weibull step-stress model [Текст] / I. Khamis, J. Higgins // International Journal of Quality and Reliability Management. — 1999. — Vol. 16. — № 2. — С. 158–165.
14. Xu, H. Commentary: the Khamis/Higgins model [Текст] / H. Xu, Y. Tang // IEEE Trans. Reliability. — 2003. — Vol. 52. — № 1. — С. 4–6.

### СОКРАЩЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НАДЕЖНОСТИ ИКС ЗА СЧЕТ ЕЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ

Показывается, что в информационно-измерительной системе существует функциональная избыточность технических и программных ресурсов, которая используется для повышения защищенности системы от сбоев и отказов. Использование такого свойства, при определенных условиях позволяет сократить объемы работ по испытаниям надежности. За счет этого ускоряется процедура испытаний. Приводится коэффициент функциональной избыточности, который при специальных условиях технической документации может быть использован, как основа для сокращения испытаний.

**Ключевые слова:** избыточность, надежность, измерения, коэффициент, информационно-измерительная система.

*Грбовський Олег Вікторович, здобувач кафедри Інформаційно-вимірювальних технологій, Одеська державна академія технічного регулювання та якості, e-mail: odivot@mail.ru.*

*Казакова Надія Феліксівна, кандидат технічних наук, доцент, докторант кафедри Інформаційних систем в економіці, Одеський національний економічний університет, e-mail: kaz2003@ukr.net.*

*Грбовський Олег Вікторович, соискатель кафедры Информационно-измерительных систем, Одесская государственная академия технического регулирования и качества.*

*Казакова Надежда Феликсовна, кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры Информационных систем в экономике, Одесский национальный экономический университет.*

*Grabov's'kyu Oleg, Odessa State Academy of Technical Regulation and Quality, e-mail: odivot@mail.ru.*

*Kazakova Nadiya, Odessa National Economic University, e-mail: kaz2003@ukr.net*

Ларін В. Ю.

## ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕДПОЛЬОТНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ ДВИГУНІВ БЕСПІЛОТНИХ ЛІТАКІВ

У статті наведено процедури технології передпольотної діагностики стану двигунів безпілотних літальних апаратів, яка передбачає первинну процедуру створення акустичного та вібраційного паспорту двигуна, що дозволить суттєво скоротити час виявлення несправностей при безпосередньо передпольотній підготовці літака.

**Ключові слова:** безпілотний літальний апарат, двигун, віброакустичний сигнал, інформативні частоти, система ознак.

### 1. Актуальність дослідження

Сектор безпілотної авіації є одним із таких, що найбільш активно розвиваються. Серед шляхів підвищення ефективності безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є подальше удосконалення апаратури та алгоритмів систем автоматичного керування та навігаційних систем, що дозволить підвищити точність виконання поставлених перед БПЛА складних завдань. Не менш вагомим фактором розвитку сектору безпілотної авіації є розроблення безпілотних повітряних суден низької вартості (так званих low-cost систем). Фактор зниження собівартості безпілотного літака застосовують до усіх його складових частин: безпосередньо літака та його навігаційної системи і системи автоматичного керування, які разом реалізують функцію автопілоту. Це стосується також і такого важливого пристрою як двигун літака.

В сучасних безпілотних літаках застосовують переважно економічні високонадійні електродвигуни [1].

Але двигун, як будь який механічний агрегат підлягає дії шкідливих факторів: зношування, погіршення електромагнітних властивостей та інших. Окрім того, двигун є потужним джерелом акустичних, електромагнітних, вібраційних завад, які здатні впливати на функціонування навігаційного обладнання. Через те діагностика його стану є вельми актуальним завданням.

### 2. Мета дослідження

Метою запропонованого дослідження є визначення процедур розпізнавання електромагнітного портрету двигуна безпілотного літака та на основі цього портрету визначення вібраційних й акустичних образів двигуна безпілотного літального апарату для реалізації експрес-діагностики його стану при перед польотної підготовці.

### 3. Аналіз літературних джерел

Двигун безпілотного літального апарату повинен бути достатньо легким з точки зору ваги, економічним та надійним у роботі, адже припинення його функціонування призведе до падіння і відповідно руйнування всього літального апарату. На рис. 1 наведено двигун фірми AXI [2] який можна використовувати для безпілотних літаків.

При діагностиці електромеханічних об'єктів використовують цифрову обробку сигналу, що заснована на спектральному аналізі.

Описано методи діагностики технічних об'єктів заснований на визначенні ексцесу, пік-фактора [3]. Розпізнавання стану об'єкта й вузла здійснюється на основі зіставлення інформативних частот з порогом. Недоліком цього способу є те, що дефекти виявляються тільки на певній стадії, аналізується тільки вібросигнал і не використовуються інтелектуальні технології (нейромережі, нечітка логіка, генетичні алгоритми), а також показники якості для оцінки проведеного аналізу.



Рис. 1. Двигун AXI 4312/20

### 4. Завдання дослідження

Таким чином, завдання діагностики полягає у створенні процедур технології діагностики двигуна, яка передбачає вдосконалення розпізнавання акустичних образів та вібраційних сигналів за рахунок використання нейромереж, нечіткої логіки, генетичного алгоритму, експертної системи. Дана технологія забезпечує підвищення точності, надійності й швидкодії діагностики стану двигунів.

### 5. Викладення основного матеріалу

Як ознаки акустичного або вібраційного сигналу для діагностики вузлів двигуна обираються інформативні частоти [4], що отримані за наступною методикою [5].

**Процедура 1** — Обчислення множини частот дефектації  $K_j, K_{jr}$

$$K_1 = \bigcup_{r=1}^4 K_{1r}, \quad K_{11} \subset \left\{ l \cdot \frac{f_1}{m} \right\}, \quad K_{12} \subset \left\{ l \cdot \frac{f_4}{m} \right\},$$

$$K_{13} \subset \left\{ l \cdot \frac{f_5}{m} \right\}, \quad K_{14} \subset \left\{ l \cdot \frac{f_6}{m} \right\}, \quad K_2 \subset \left\{ l \cdot \frac{f_1}{m} \right\},$$

$$K_3 \subset \left\{ l \cdot \frac{f_7}{m} \right\}, \quad K_4 \subset \left\{ l \cdot \frac{f_8}{m} \right\}, \quad l, m \in \aleph,$$

де  $\aleph$  — множина натуральних чисел,  $f_i$  — інформативні частоти (табл. 1),  $r$  — номер класу деталей вузлів,  $j$  —

номер класу вузла,  $l$  – номер гармоніки ( $m=1$ ) або субгармоніки ( $m > 1$ ),

$$j = \begin{cases} 1, & \text{підшипник ковзання;} \\ 2, & \text{підшипник ковзання;} \\ 3, & \text{редуктор/зубчата муфта;} \\ 4, & \text{лопатковий апарат;} \end{cases}$$

$$r = \begin{cases} 1, & \text{зборка вузла;} \\ 2, & \text{зовнішнє кільце;} \\ 3, & \text{внутрішнє кільце;} \\ 4, & \text{тіла качення.} \end{cases}$$

**Процедура 2** – Обчислення спектра  $A^{up}(k)$  акустичного сигналу  $x^p(n)$  для кожної  $p$ -й реалізації експерименту на вузлах за допомогою:

– прямого дискретного перетворення Фур'є (ДПФ)

$$X^p(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x^p(n) e^{-j(2\pi/N)nk}, \quad k \in \overline{0, N-1},$$

$$A^p(k) = |X^p(k)|, \quad k \in \overline{0, N-1},$$

де  $N$  – довжина сигналу;

– прямого дискретного вейвлет перетворення (ДВП) [6]

$$d_{lm} = a_0^{1/2} \sum_{n=0}^{N/2^{l-1}-1} c_{l-1,n} g_{n+2m},$$

$$c_{lm} = a_0^{1/2} \sum_{n=0}^{N/2^{l-1}-1} c_{l-1,n} h_{n+2m}, \quad c_{0n} = x^p(n),$$

$$A^{2^l p}(k) = \begin{cases} c_{lm}, & k = m \wedge m \in \overline{0, N/2^{l-1}-1}; \\ d_{lm}, & k = N/2^l + m \wedge m \in \overline{0, N/2^{l-1}-1} \wedge l \in \overline{1, L}, \end{cases}$$

$$m \in \overline{0, N/2^{l-1}-1},$$

де  $c_{lm}$ ,  $d_{lm}$  – коефіцієнти ДВП, які апроксимують і деталізують,  $L$  – кількість рівнів розкладання.

**Процедура 3** – Локалізація максимумів у спектрі  $A^{up}(k)$

$$\hat{A}^{up}(k) = \begin{cases} A^{up}(k), & A^{up}(k-1) < A^{up}(k) > A^{up}(k+1); \\ 0, & \text{інакше,} \end{cases}$$

$$u \in \overline{1, 2}.$$

**Процедура 4** – Граничні обмеження в спектрі  $\hat{A}^{up}(k)$

$$\bar{A}^{up}(k) = \begin{cases} \hat{A}^{up}(k), & \hat{A}^{up}(k) > T; \\ 0, & \text{інакше,} \end{cases}$$

$$T = \frac{\sum_{k=0}^N \hat{A}^{up}(k)}{\sum_{k=0}^N |\text{sign}(\hat{A}^{up}(k))|} \quad \text{– поріг, } u \in \overline{1, 2}.$$

**Процедура 5** – Обмеження по множинам частот дефектації

– для вузлів

$$q^{up}(k) = \begin{cases} \bar{A}^{up}(k), & \bar{A}^{up}(k) > 0 \wedge k \in K_j; \\ 0, & \text{інакше,} \end{cases} \quad u \in \overline{1, 2};$$

– для деталей вузлів

$$q^{up}(k) = \begin{cases} \bar{A}^{up}(k), & \bar{A}^{up}(k) > 0 \wedge k \in K_{jr}; \\ 0, & \text{інакше,} \end{cases} \quad u \in \overline{1, 2}.$$

У результаті формуються наступні системи ознак вузла й деталі вузла

$$Q^{up} = (q^{up}(0), \dots, q^{up}(N-1)).$$

Визначення частот вузлів та їхніх елементів наведено у табл. 1.

**Таблиця 1**

Визначення інформативних частот вузлів й їхніх елементів

Частота	Методи визначення частот
обертання робочого органа $f_1$ , Цц	$f_1 = \frac{\beta_1}{60}$ , де $\beta_1$ – частота обертання робочого органа в об/хв
обертання сепаратора щодо зовнішнього кільця $f_2$ , Цц	$f_2 = \frac{\left(1 - \frac{\beta_5}{D_0} \cos \phi\right)}{2} f_1$ , $\phi = \beta_2 \frac{\pi}{180}$ , $D_0 = \frac{\beta_3 + \beta_4}{2}$ , де $\beta_2$ – кут контакту тіл обертання з підшипником у градусах, $\beta_3$ – посадковий розмір зовнішнього кільця в мм, $\beta_4$ – посадковий розмір внутрішнього кільця в мм, $\beta_5$ – діаметр тіла качення в мм
обертання сепаратора щодо внутрішнього кільця $f_3$ , Цц	$f_3 = \frac{\left(1 + \frac{\beta_5}{D_0} \cos \phi\right)}{2} f_1$ , $\phi = \beta_2 \frac{\pi}{180}$ , $D_0 = \frac{\beta_3 + \beta_4}{2}$
перекочування тіл качення по зовнішньому кільцю $f_4$ , Цц	$f_4 = f_2 \cdot \beta_6$ , де $\beta_6$ – кількість тіл качення
перекочування тіл качення по внутрішньому кільцю $f_5$ , Цц	$f_5 = f_3 \cdot \beta_6$
обертання тіл качення навколо своєї осі $f_6$ , Цц	$f_6 = \frac{D_0}{\beta_5} \left(1 - \frac{\beta_5^2}{D_0^2} \cos^2 \phi\right) f_1$ , $\phi = \beta_2 \frac{\pi}{180}$ , $D_0 = \frac{\beta_3 + \beta_4}{2}$
зубчастого зачеплення $f_7$ , Цц	$f_7 = f_1 \cdot \beta_7$ , де $\beta_7$ – кількість зубів зубчатої муфти або редуктора
обертання лопаткового апарата $f_8$ , Цц	$f_8 = f_1 \cdot \beta_8$ , де $\beta_8$ – кількість лопаток

Як ознаки акустичного або вібраційного сигналу довжиною  $N$  для діагностики об'єкта вибирають середньоквадратичне значення, пік-фактор й ексцес [7], які виділяють за допомогою наступної методики [5]:

**Процедура 6** — Обчислення спектра  $B^p(k)$  акустичного сигналу  $x^p(n)$  для кожної  $p$ -ї навчальної реалізації вузлів за допомогою прямого ДПФ:

$$X^p(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x^p(n) e^{-j(2\pi/N)nk}, \quad k \in \overline{0, N-1},$$

$$B^p(k) = |X^p(k)|, \quad k \in \overline{0, N-1},$$

де  $N$  — довжина сигналу.

**Процедура 7** — Виділення смуги спектра сигналу на основі частотних діапазонів для об'єкта  $[k1, k2]$  та його вузла  $[k1_j, k2_j]$ :

$$\tilde{B}^p(k) = \begin{cases} B^p(k), & k1 \leq k \leq k2 \\ 0, & \text{інакше,} \end{cases}$$

$$k1 = \min_j(k1_j), \quad k2 = \max_j(k2_j),$$

$$\tilde{B}_j^p(k) = \begin{cases} B^p(k), & k1_j \leq k \leq k2_j \\ 0, & \text{інакше.} \end{cases}$$

**Процедура 8** — Обчислення зворотного перетворення Фур'є:

$$\tilde{B}^p(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \tilde{B}^p(k) e^{j(2\pi/N)nk}, \quad n \in \overline{0, N-1},$$

$$\tilde{B}_j^p(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \tilde{B}_j^p(k) e^{j(2\pi/N)nk}, \quad n \in \overline{0, N-1}.$$

**Процедура 9** — Обчислення середньоквадратичного значення (СКЗ), пік-фактору й експесу:

— для об'єктів

$$q^{3p}(0) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} (\tilde{B}^p(n))^2},$$

$$q^{3p}(1) = \frac{\max_{n \in \overline{0, N-1}} \tilde{B}^p(n)}{\tilde{B}^p(1)},$$

$$q^{3p}(2) = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} - 3,$$

$$\mu_4 = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \left( \tilde{B}^p(n) - \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \tilde{B}^p(n) \right)^4,$$

$$\mu_2^2 = \left( \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \left( \tilde{B}^p(n) - \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \tilde{B}^p(n) \right) \right)^2,$$

— для вузлів об'єктів

$$q^{3p}(0) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} (\tilde{B}_j^p(n))^2},$$

$$q^{3p}(1) = \frac{\max_{n \in \overline{0, N-1}} \tilde{B}_j^p(n)}{\tilde{B}_j^p(1)},$$

$$q^{3p}(2) = \frac{\mu_{4j}}{\mu_{2j}^2} - 3,$$

$$\mu_{4j} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \left( \tilde{B}_j^p(n) - \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \tilde{B}_j^p(n) \right)^4,$$

$$\mu_{2j}^2 = \left( \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \left( \tilde{B}_j^p(n) - \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \tilde{B}_j^p(n) \right) \right)^2.$$

У результаті формують наступні системи ознак об'єкта й вузлів об'єкта

$$Q^{3p} = (q^{3p}(0), q^{3p}(1), q^{3p}(2)).$$

Вектори ознак  $Q^{up}$  формують для кожної  $i$ -ї зони вібрації [7]

$$i = \begin{cases} 1, & \text{зона А;} \\ 2, & \text{зона В;} \\ 3, & \text{зона С;} \\ 4, & \text{зона D.} \end{cases}$$

Розпізнавання стану об'єкта й вузла виробляють на основі відповідної нечіткої мережі [5, 8], яка обчислює номер зони вібрації й представлена у вигляді

$$f_u(\mathbf{x}) = \arg \max_i \min_k \left( \exp \left[ - \left( \frac{x_k - m_{uik}}{\sigma_{uik}} \right)^2 \right] \right), \quad i \in \overline{1, 4}, \quad k \in \overline{1, N},$$

де  $m_{uik}$  — математичне очікування чисельного значення  $k$ -ї компоненти  $u$ -го вектора ознак для об'єкта або вузла в  $i$ -ї зони вібрації,

$$m_{uik} = \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P q^{up}(k), \quad k \in \overline{1, N},$$

$\sigma_{uik}$  — середньоквадратичне відхилення чисельного значення  $k$ -ї компоненти вектора ознак для об'єкта або вузла в  $i$ -ї зони вібрації,

$$\sigma_{uik} = \sqrt{\frac{1}{P} \sum_{p=1}^P (q^{up}(k))^2 - (m_{uik})^2}, \quad k \in \overline{1, N},$$

$x_k$  —  $k$ -а компонента вектора ознак.

Обирають наступні показники якості розпізнавання акустичних [9] або вібраційних сигналів:

1. Критерій швидкодії, що для даного випадку означає вибір такої кількості нейронів першого й другого шару, що доставляють мінімум часу розпізнавання по нейромережі.

$$F = T \rightarrow \min_{N^{(1)}, N^{(2)}}.$$

2. Критерій надійності, що для даного випадку означає вибір таких значень компонент еталонів, які доставляють максимум імовірності правильного розпізнавання (відносини кількості неправильно розпізнаних станів вузла або деталі по моделі (нейромережі) до їхньої загальної кількості).

$$F = \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P I(f_u(x_p), d_p) \rightarrow \max_{m_{ui}, \sigma_{ui}},$$

$$I(a, b) = \begin{cases} 1, & a = b; \\ 0, & a \neq b, \end{cases}$$

де  $d_p$  — бажані виходи,  $P$  — кількість тестових реалізацій.

3. Критерій точності, що для даного випадку означає вибір таких значень компонент еталонів, які доставляють мінімум середньоквадратичної помилки (різниця виходу по нейромережі та бажаного виходу).

$$F = \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P (f_u(x_p) - d_p)^2 \rightarrow \min_{m_{ui}, \sigma_{ui}}$$

Для зменшення трудомісткості адаптації чисельних значень компонент векторів  $m_{ui}$ ,  $\sigma_{ui}$  у роботі використовують генетичний алгоритм, що містить у собі наступні блоки [10]:

1. Подання особин і створення вихідної популяції — як особина популяції з речовинними генами, виступають чисельні значення компонентів еталонів.

2. Фітнес-функція — критерій надійності.

3. Оператор репродукції — пропорційний відбір.

4. Оператор кросинговеру — дискретна рекомбінація.

5. Оператор мутації — алгоритм імітації опалювання.

6. Оператор редукції — селекційна схема.

Далі формують набір правил експертної системи для чого використовують результати нейромережевого розпізнавання стану об'єктів і вузлів і представляють у вигляді:

$$i \in M_d \wedge f_u(\mathbf{x}) = i \rightarrow q = 1 \wedge \Pi_i = E_i,$$

$$i \notin M_d \wedge f_u(\mathbf{x}) = i \rightarrow q = 0,$$

де  $\Pi_i$  — паспорт об'єкта або його вузла в  $i$ -й зоні;  $M_d$  — множина номерів припустимих зон вібрації,  $M_d = \{1, 2\}$ ;  $q$  — стан об'єкта або його вузла ( $q = 1$  — об'єкт або вузол справний,  $q = 0$  — об'єкт або вузол не справний).

Застосування даної технології забезпечує підвищення точності, надійності й швидкодії діагностики стану двигунів.

Таким чином, після прийняття рішення про встановлення на літак двигуна за допомогою вказаних процедур інтелектуальної діагностики на дослідних стендах формують акустичний або вібраційний паспорт двигуна, який буде вважатися еталоном. У подальшому, при перед польотних випробуваннях зіставляють поточні вібраційні та акустичні дані за даними паспорта об'єкта та діагностують наявність порушень у його роботі.

## 6. Висновки

Первинними процедурами технології передпольотної діагностики передбачено вимірювання для кожного вузла акустичних та (або) вібраційних сигналів, які характеризують його технічний номінальний стан. Далі настає черга процедур перетворення сигналів у вектори ознак за допомогою дискретного Фур'є- або вейвлет-перетворення; і на основі отриманих векторів ознак формування еталонів, які використовують як усереднену характеристику його технічного стану. Після цього використовують процедури адаптації структури нечіткої нейромережі, за допомогою якої розпізнають стан об'єкта. Далі виконують обчислення за допомогою генетичного алгоритму параметрів нейромережі й уточнення значення еталонів з урахуванням заданих показників якості. потім задають правила бази знань експертної системи, за допомогою яких визначають номінальний стан вузлів й об'єкта в цілому й формують їх паспорт. На стадії експлуатації двигуна вимірюють і перетворюють акустичний або

вібраційний сигнал до вектора ознак; який зіставляють із паспортними даними вузлів й об'єктів за допомогою нейромережі; після чого на основі застосування правил експертної системи за результатами розпізнавання приймають рішення про стан об'єкта.

Крім того, отримані дані акустичних та вібраційних паспортів можуть бути використані при аналізі впливу роботи двигуна на показники навігаційних перетворювачів, зокрема на показання, наприклад, магнітометричного датчика курсу. Ці дані можуть використовуватися для інтелектуальної фільтрації завад корисного сигналу курсового перетворювача.

## Література

1. Mahmood, M. M. UAV Autopilot Design for the AUVSI, UAS International Competition [Текст] / M. M. Mahmood, M. S. Chowdhury // Proceedings of the ASME IDETC/CIE 2009. — 2009. — pp. 1–9.
2. AXI model motors [Електронний ресурс] / RCEcho. — Режим доступу: \www/ URL : http://www.rcecho.com/AXI/?page=2. — 15.03.2013.
3. Jain, A. K. Statistical pattern recognition: a review [Текст] / A. K. Jain, R. P. W. Duin, J. Mao // IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell. — 2000. — Vol. 22. — pp. 4–37.
4. Shannon, B. J. A comparative study of filter bank spacing for speech recognition [Текст] / B. J. Shannon, K. K. Paliwal // Proc. of Microelectronics engineering research conference. — Brisbane, 2003. — pp. 310–312.
5. Федоров, Е. Е. Методики інтелектуальної діагностики [Текст] / Е. Е. Федоров. — Донецьк: изд-во «Ноулідж», 2010. — 303 с.
6. Daubechies, I. Ten lectures on wavelets [Текст] / I. Daubechies. — Philadelphia, SIAM. — 1992. — 343 p.
7. Kasuriya, S. Comparative Study of Continuous Hidden Markov Models (CHMM) and Artificial Neural Network (ANN) on Speaker Identification System [Текст] / S. Kasuriya, C. Wutiw-watchai, C. Tanprasert // Nectec Technical Journal. — 2001. — Vol. 3, № 12. — pp. 200–205.
8. Huang, S. Use of Neural Fuzzy Networks with Mixed Genetic / Gradient Algorithm in Automated Vehicle Control [Текст] / S. Huang, W. Ren // IEEE Transactions On Industrial Electronics. — 1999. — Vol. 46. — № 6. — pp. 1090–1102.
9. Reccione, M. C. The enhanced variable rate coder: Toll quality speech for CDMA [Текст] / M. C. Reccione // Int. J. of Speech Technology. — 1999. — № 2. — pp. 305–315.
10. Патент 67742 Україна, МПК МПК8 G01N 21/3 Спосіб інтелектуальної діагностики виробничих об'єктів. Федоров Є. Є., Ларін В. Ю., Харченко В. П., Купцова К. Ю., Чичикало Н. І. — № u201107221; Заявл. 09.06.2011; Опубл. 01.03.12, Бюл. № 5. — 10 с.

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕДПОЛЕТНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ БЕСПИЛОТНЫХ САМОЛЕТОВ

В статье описаны процедуры технологии предполетной диагностики состояния двигателей беспилотных летательных аппаратов, предусматривающей первичную процедуру создания акустического и вибрационного паспорта двигателя, что позволит существенно сократить время обнаружения неисправностей при предполетной подготовке самолета.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, двигатель, виброакустический сигнал, информативные частоты, система признаков.

*Ларін Віталій Юрійович, доктор технічних наук, професор, кафедра аеронавігаційних систем, Національний авіаційний університет, e-mail: vjlarin@gmail.com.*

*Ларин Виталий Юрьевич, доктор технических наук, профессор, кафедра аэронавигационных систем, Национальный авиационный университет.*

*Larin Vitaliy, National Aviation University, e-mail: vjlarin@gmail.com*

Погожих М. І.,  
Пак А. О.,  
Пак А. В.,  
Мольський О. С.

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМНОЇ ВОДИ КРОХМАЛІВ ТЕНЗОМЕТРИЧНИМ ТА ЕПР-МЕТОДАМИ

*Відзначена актуальність розвитку фундаментальних уявлень про форми, структуру та стан води в харчових системах. Методом ЕПР-спінних міток досліджено кінетику видалення вологи із модельних тіл із різних крохмалів з різною мольною концентрацією. Проведено тензометричні дослідження модельних тіл із різних крохмалів з різною мольною концентрацією.*

**Ключові слова:** системна вода, ЕПР метод, тензометричний метод.

### 1. Вступ

Вода є основою всіх живих організмів і складає більшу частину маси багатьох харчових продуктів. Будь-яку харчову сировину або продукти із неї можна представити як систему, що складається із води та сухих речовин. При цьому вода є одночасно і середовищем, і учасником біохімічних реакцій в продуктах харчування. Інформація про якісний та кількісний склад води, яка утримується системою, дає можливість спеціалістам технологам прогнозувати та науково обґрунтувати функціонально-технологічну роль того чи іншого компонента на предмет його взаємодії з водою харчової сировини або продуктів із неї.

### 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми у загальному вигляді

Вода, що утримується системою, або системна вода [1–3], має різні форми зв'язку та структуру. Під формою зв'язку в даному випадку розуміється частина від загальної кількості води, яка ідентифікується за феноменологічними ознаками її внутрішньо- та між-молекулярних зв'язків. Під структурою — частина загальної кількості води, що ідентифікується відносним просторовим розташуванням молей води відносно молей сухих речовин.

Практично під час будь-якої технологічної обробки харчової сировини або продуктів системна вода змінюється за своїм складом, тобто змінюються її форма та структура. Таким чином, отримання та аналіз інформації про системну воду представляє особливий інтерес для спеціалістів харчової промисловості.

Існує велика кількість різноманітних як термодинамічних, так і молекулярно-кінетичних методів дослідження системної води харчової сировини та продуктів, за допомогою яких отримана велика кількість інформації, але інтерпретація такої інформації не досить чітка [5, 6]. Наприклад, до сих пір в наукових колах стоїть питання яким чином класифікувати системну воду — за формами зв'язку або за значенням активності води. Навіть класифікуючи її за формами зв'язку, за інформацією отриманою різними способами одну і ту ж воду відносять до різних форм.

Таким чином, актуальним є розвиток фундаментальних уявлень про форми, структуру та стан системної води в харчових системах.

### 3. Завдання статті

Завдання поставлене в роботі полягає, по-перше, у наведенні кореляції між термодинамічними та молекулярно-кінетичними методами дослідження системної води харчових продуктів, по-друге, у отриманні нових даних про динамічну поведінку системної води крохмалів та крохмальутримуючої сировини під час зневоднення.

### 4. Дослідження системної води крохмалів методом ЕПР-спінних міток

Об'єктом дослідження було модельне колоїдне капілярно-пористе тіло із крохмалю [7–11]. Модельне тіло отримували наступним чином. Із крохмалю заварювали клейстер, який витримували у калориметричній камері з температурою  $-10...-15$  °С впродовж 24 годин, після чого об'єкт розморожували. Варіювання мольною концентрацією зразків проводилось шляхом використання різної кількості крохмалю під час заварювання клейстеру, а варіювання величиною молекул крохмалю — шляхом використання різних крохмалів. В дослідженнях використовували кукурудзяний ( $1 \cdot 10^6$  г/моль), пшеничний ( $2 \cdot 10^6$  г/моль) та картопляний ( $6 \cdot 10^6$  г/моль) крохмалі. Мольна концентрація досліджуваних зразків дорівнювала,  $\cdot 10^7$  (моль крохмалю)/(моль води): 1,1; 1,9; 4.

В якості спінової мітки під час ЕПР досліджень використовувався іон  $Mn^{2+}$  солі  $MnSO_4$ . Спінову мітку вводили в досліджувані зразки шляхом використання під час заварювання клейстеру розчину солі  $MnSO_4$ .

Під час досліджень зразки по черзі розміщали в резонатор ЕПР-спектрометра та висушували до рівноважного вологовмісту (6...8 %). В процесі сушіння безперервно реєстрували сигнал ЕПР.

Спектр ЕПР спініченого матеріалу складається з двох: спектр, який представляє собою 6 піків однакової ширини, та спектр, який складається із однієї широкої лінії. 6-піковий спектр — це спектр, який дає іон  $Mn^{2+}$  солі  $MnSO_4$ , коли сіль знаходиться в розчиненому стані; 1-піковий — відповідає кристалічному стану солі  $MnSO_4$ . Виходячи із цього вважається, що площа під 6-піковим сигналом ( $S_{6p}$ ) пропорційна кількості спінів електронів  $Mn^{2+}$ , які знаходяться в розчині, а площа під 1-піковим ( $S_{1p}$ ) — кількості спінів електронів  $Mn^{2+}$ , які випали в осад через недостатню кількість розчинника. Таким чином, розраховуючи площі під сигналами в процесі сушіння вологих зразків, можна дослідити процес

видалення розчинника із найближчого оточення мітки, тобто іона  $Mn^{2+}$ .

Приклад сигналу, отриманого під час сушіння модельного колоїдного капілярно-пористого тіла наведено на рис. 1.

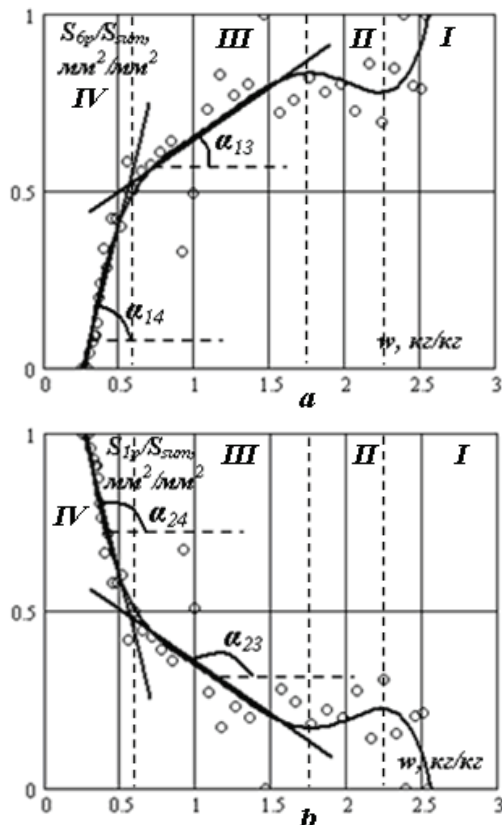


Рис. 1. Площа під 6-піковим (а) та 1-піковим (б) ЕПР-сигналом модельного тіла з мольною концентрацією  $1,1 \cdot 10^{-7}$  (моль крохмалю)/(моль води) під час сушіння

Зміни площі під 6-піковим та 1-піковим сигналами в процесі зневоднення для різних зразків за різних мольних концентрацій та молярних мас крохмалю мають однаковий характер. Так для 6-пікового сигналу: за зменшення вологовмісту, відносно початкового,  $S_{6p}$  зменшується до досягнення певних величин вологовмісту, за яких мають місце локальні мінімум та максимум кривої. При подальшому зменшенні вологовмісту локальних екстремумів не має. Для 1-пікового сигналу залежність зворотна.

Кожну із кривих можна розбити на 4 характерні ділянки.

На першій ділянці відбувається інтенсивне видалення вологи з поверхні матеріалу та нагрівання зразка сушильним агентом. Через зменшення кількості системної вологи, зменшується кількість солі, яка знаходиться в розчині, результатом чого є зменшення  $S_{6p}$  та збільшення  $S_{1p}$ .

На другій ділянці видалення вологи продовжується, але розчинна здатність системної вологи збільшується через підвищення температури і кількість розчиненої солі  $MnSO_4$ , а відповідно і іонів  $Mn^{2+}$  в розчині, зростає. В результаті цього  $S_{6p}$  збільшується, а  $S_{1p}$  — зменшується.

Третя ділянка відповідає видаленню вологи змочування:  $S_{6p}$  монотонно зменшується, а  $S_{1p}$  — монотонно збільшується.

На четвертій ділянці відбувається збільшення кута нахилу кривої до осі вологовмісту. Пояснюється це тим, що мітка, тобто іон  $Mn^{2+}$ , є найбільш чутливою до найближчого свого оточення, а оскільки характер кривих стає більш різким, то це свідчить про видалення вологи із макро та мікрокапілярів, а також частини вологи полімолекулярної сорбції.

Оскільки дослідження вологи проводиться у даному випадку непрямым способом, тобто досліджується стан та оточення мітки, то на перших двох ділянках аналіз експериментальних даних ускладнений зміною розчинності солі  $MnSO_4$ . Таким чином, дослідження системної вологи проводилось лише на третій та четвертій ділянках, при чому окремо для кожної ділянки, оскільки чутливість мітки на них різна.

ЕПР спектри отримувались під час сушіння вологих зразків, тобто досліджувалась кінетика процесу видалення вологи, тому кількість молів води на третій та четвертій ділянках можна визначити за формулами:

$$v_{w3}(\tau) = v_{w3}(\tau) \cdot A_{13}(v_{w3}) + v_{w3}(\tau) \cdot A_{23}(v_{w3}),$$

$$v_{w4}(\tau) = v_{w4}(\tau) \cdot A_{14}(v_{w4}) + v_{w4}(\tau) \cdot A_{24}(v_{w3}),$$

де  $A$  з індексом «1» відповідає частині вологи, яка є розчинником, а з індексом «2» частині води яка не розчиняє сіль  $MnSO_4$ .

Коефіцієнти  $A$  є тангенсами кута нахилу апроксимаційних прямих на відповідних ділянках кривих, які описують зміну площі під 6-піковим та 1-піковим ЕПР-сигналами під час сушіння вологого зразка:

$$A_{13} = \text{tg } \alpha_{13}; \quad A_{14} = \text{tg } \alpha_{14};$$

$$A_{23} = \text{tg } \alpha_{23}; \quad A_{24} = \text{tg } \alpha_{24}.$$

Приклад знаходження апроксимаційних прямих наведений на рис. 1.

На рис. 2 представлені залежності тангенсів кута нахилу на відповідних ділянках апроксимаційних кривих від мольної концентрації зразку для крохмалів з різною молярною масою. На рисунку наведено результати лише для зміни  $S_{6p}$  в процесі сушіння, оскільки зміна  $S_{1p}$  — зворотна.

З наведених на графіках даних видно, що тангенс кута нахилу як третьої, так і четвертої ділянок по мірі збільшення мольної концентрації зростає. По мірі збільшення кількості молекул крохмалю в одиниці об'єму зразка збільшується площа поверхні отриманого модельного тіла, в результаті чого збільшується кількість вологи моно та полімолекулярної сорбції, а також вологи мікро та макрокапілярів.

Необхідно відмітити, що на четвертій ділянці найбільший кут нахилу до осі, на якій відкладено мольну концентрацію, має модельне тіло з картопляного крохмалю, а найменший — із кукурудзяного. Чим більший кут нахилу має залежність, тим більше вологи моно та полімолекулярної сорбції може поглинути тіло за збільшення мольної концентрації крохмалю в ньому. Виходячи з цього, при збільшенні кількості молів картопляного крохмалю на моль води площа поверхні модельного тіла зростає у більшому ступені, ніж для модельних тіл із кукурудзяного та картопляного крохмалю (рис. 2,а).

На третій ділянці кривих картина зворотна: найбільший кут нахилу до осі, на якій відкладено мольну концентрацію, має модельне тіло з кукурудзяного кро-



хмалю, а найменший — із картопляного. Третя ділянка відповідає волозі мікро та макрокапілярів та частині вологи змочування, таким чином, чим більший кут нахилу має залежність, тим у більшому ступені відбувається розвиток пористості досліджуваного зразка у порівнянні з іншими. Під розвитком пористості мається на увазі збільшення відношення середнього радіуса пор об'єкту до найбільш імовірного, що є характеристикою властивостей тіла поглинати вологу. Таким чином, з рис. 2, *b* видно, що при збільшенні мольної концентрації кукурудзяного крохмалю в модельному тілі розвиток пористої структури відбувається у більшому ступені, ніж для зразків із пшеничного та картопляного крохмалів.

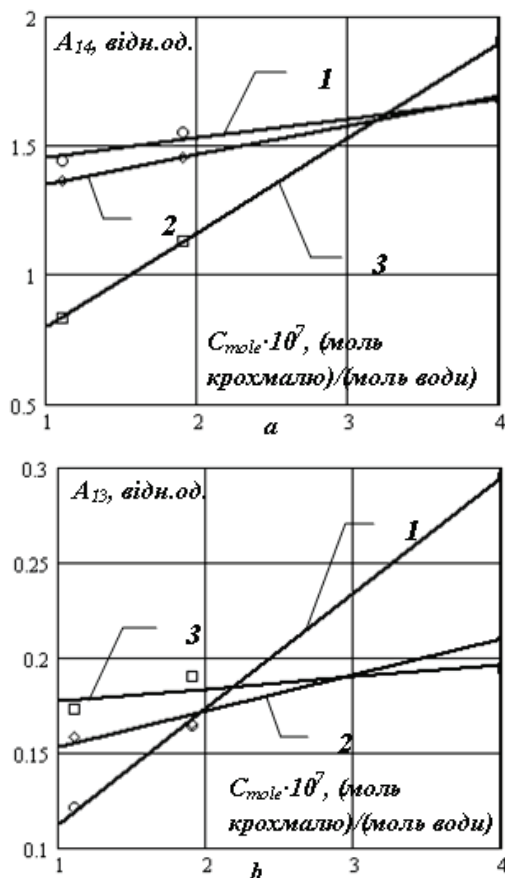


Рис. 2. Тангенси кута нахилу на четвертій (а) та третій (б) ділянках апроксимаційних кривих за різної мольної концентрації зразку для крохмалів: 1 — кукурудзяний; 2 — пшеничний; 3 — картопляний

Отримані результати свідчать про те, що чим більша молярна маса молекул крохмалю, тим більшу площу поверхні має модельне тіло, але в той самий час, збільшення розміру молекул крохмалю сприяє зменшенню пористості досліджуваних об'єктів.

### 5. Дослідження модельних тіл із крохмалю тензометричним методом

Тензометричні дослідження проводили з об'єктами описаними у попередньому пункті. Зразки розміщали у ексикаторі з відносною вологістю повітря в них від 10 до 90 % та витримували за температури 20...23 °С до досягнення ними постійної маси.

На рис. 3 наведено ізотерми сорбції для колоїдного капілярно-пористого модельного тіла із пшеничного крохмалю з різною мольною концентрацією.

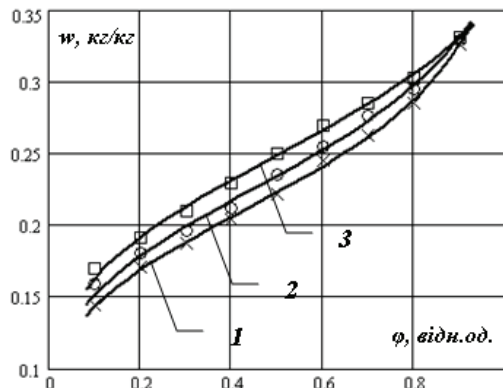


Рис. 3. Ізотерми сорбції для модельного тіла із пшеничного крохмалю з мольною концентрацією,  $\cdot 10^7$  (моль крохмалю)/(моль води): 1,1; 1,9; 4

Ізотерми сорбції для зразків з тими ж мольними концентраціями з картопляного та кукурудзяного крохмалів мають такий же характер, але інші значення рівноважного вологовмісту за однакових значень вологості в ексикаторі. Отримане свідчить про близькі гігроскопічні властивості досліджуваних об'єктів. Різниця у кількості поглинутої вологи свідчить про по різному розвинуту пористу структуру досліджуваних зразків. Даний висновок підтверджується результатами, наведеними нижче.

За ізотермами сорбції по методиці описаній у роботі [12] для модельних тіл були знайдені диференціальні функції розподілу пор за радіусами. Далі за отриманими диференціальними функціями пор по радіусам знаходили середній та найбільш імовірний радіуси пор. Їх значення для колоїдних капілярно-пористих модельних тіл із різних крохмалів з різною мольною концентрацією наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Середній ( $\bar{R}$ ) та найбільш імовірний ( $R_m$ ) радіуси пор досліджуваних зразків

Мольна концентрація, $\cdot 10^7$ (моль крохмалю)/(моль води)	$\bar{R} \cdot 10^7$ , м	$R_m \cdot 10^7$ , м
кукурудзяний крохмаль		
1,1	13,95	3,87
1,9	18,53	5,04
4,0	52,78	5,49
пшеничний крохмаль		
1,1	11,98	6,27
1,9	17,76	7,69
4,0	42,96	8,15
картопляний крохмаль		
1,1	13,38	4,34
1,9	18,99	4,63
4,0	21,98	4,77

Із даних наведених в таблиці видно, що за збільшення мольної концентрації крохмалю в зразках найбільш

імовірний радіус пор змінюється наступним чином: для кукурудзяного крохмалю збільшується — в 1,4 рази; для пшеничного — в 1,3 рази; а для картопляного — в 1,1 рази. Збільшення мольної концентрації крохмалю, а, відповідно, і кількості сухих речовин, супроводжується утворенням пор із різними радіусами, в результаті чого найбільш імовірний радіус пор збільшується. Для модельного тіла із картопляного крохмалю найбільш імовірний радіус змінюється порівняно з іншими у найменше число разів при однаковій зміні молярної концентрації крохмалю, таким чином, збільшення кількості пор відбувається за рахунок утворення пор з радіусом близьким до вихідного, а не за рахунок утворення радіусів з іншими розмірами. В результаті цього кількість води моно та полісорбції для нього зростає у більшому ступені порівняно із зразками із пшеничного та кукурудзяного крохмалю. Отримане пояснює більший кут нахилу залежності на четвертій ділянці (рис. 2,а) для модельного тіла із картопляного крохмалю у порівнянні з двома іншими зразками.

На рис. 4 наведено відношення середнього радіусу пор до найбільш імовірного за різної мольної концентрації крохмалю в модельних тілах.

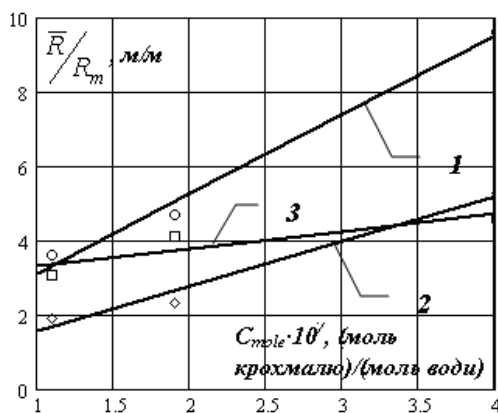


Рис. 4. Відношення середнього радіусу пор до найбільш імовірного за різної мольної концентрації крохмалю у зразку: 1 — кукурудзяний; 2 — пшеничний; 3 — картопляний

З рис. 4 видно, що дані відношення зростають по мірі збільшення мольної концентрації. При чому для модельного тіла із кукурудзяного крохмалю збільшення відношення середнього радіусу пор до найбільш імовірного зростає у більшому ступені, ніж для зразків із пшеничного та картопляного, що свідчить про більш розвинену пористу структуру даного модельного тіла. Отримане свідчить про те, що модельне тіло із кукурудзяного крохмалю у порівнянні з іншими зразками може поглинути найбільшу кількість води макро та мікрокапілярів та води змочування. Це доводить результати отриманні у попередньому пункті.

Необхідно відмітити, що отримані дані можна використовувати під час аналізу форм та структури води в крохмальутримуючій сировині та продуктах під час їх технологічної обробки.

## 6. Висновки

Аналізом літературних джерел встановлена актуальність розвитку фундаментальних уявлень про форми, структуру та стан води в харчових системах.

Методом ЕПР-спінових міток досліджено кінетику видалення води із колоїдних капілярно-пористих модельних тіл із крохмалю з варіюванням значень його молярної маси та молярної концентрації. Варіювання молярної маси проводилось шляхом використання різних крохмалів, а варіювання молярної маси — шляхом використання різної кількості крохмалю під час приготування модельного тіла.

Встановлено, що чим більша молярна маса молекул крохмалю, тим більшу площу поверхні має модельне тіло. Відзначено, збільшення розміру молекул крохмалю сприяє зменшенню пористості модельних тіл із крохмалю і, як наслідок, зміні їх властивостей поглинати воду.

Відмічено, що отримані дані можна використовувати під час аналізу форм та структури води в крохмальутримуючій сировині та продуктах під час їх технологічної обробки.

## Література

1. Погожих, М. І. Дослідження системної води крохмалю зернових культур методом ЕПР [Текст] / М. І. Погожих, А. О. Пак, А. В. Пак, М. В. Жеребкін // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2012. — Т. 5, № 6(59). — С. 62–66.
2. Погожих, М. І. Дослідження стану води швидковідновлюваної каші методом ЕПР-спінових міток [Текст] / М. І. Погожих, А. О. Пак, М. В. Жеребкін // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг [Текст] : Міжнародна науково-практична конференція, 18 жовтня 2012 р.: [присвячена 45-річчю ХДУХТ тези: у 2 ч.]. — Харків : ХДУХТ, 2012. — Ч. 1. — С. 425–427.
3. Пак, А. О. Дослідження впливу властивостей крохмалю на системну вод зернових культур [Текст] / А. О. Пак // Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2012. — Т. 6, № 3(8). — С. 9–10.
4. Moebius, K. High-field EPR spectroscopy on proteins and their model systems [Текст] / K. Moebius, A. Savitsky. — RSC Publishing, 2009. — 350 p. — ISBN: 0-8540-4368-3.
5. Lund, A. Principles and Applications of Electron Spin Resonance [Текст] / A. Lund, M. Shiotani. — Springer Verlag, 2008. — 367 p. — ISBN: 1-4020-5343-6.
6. Погожих, М. І. Дослідження стану води в області гігроскопічного вологовмісту харчової сировини методом ЕПР-спінових міток [Текст] / М. І. Погожих, І. С. Ромоданов, А. О. Пак // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: 36. наук. пр. — Харків : ХДУХТ, 2007. — Вип. 1(5). — С. 480–486.
7. Погожих, М. І. Дослідження стану води в області гігроскопічного вологовмісту харчової сировини методом ЕПР-спінових міток [Текст] : Програма і матеріали 73-ї наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 23–24 квітня 2007 р. / М. І. Погожих, А. О. Пак // Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті. — К. : НУХТ, 2007. — С. 148.
8. Погожих, Н. І. Исследование гигроскопических свойств среды для культивирования бактерий методом Фурье-анализа ЭПР-спектров [Текст] / Н. И. Погожих, А. О. Пак, Я. В. Толстова // Тезисы докладов VII-й международной научно-технической конференции, 21–22 мая 2009 г. — Могилев: УО МГУП, 2009. — С. 113.
9. Погожих, М. І. Аналіз стану води в полідисперсних системах методом ЕПР-спінових міток [Текст] : Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції присвяченої 20-річчю з дня заснування факультету обладнання та технічного сервісу, 18 листопада 2010 р. / М. І. Погожих, А. О. Пак // Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. — Харків, ХДУХТ: 2010. — С. 278–279.

10. Погожих, М. І. Використання методу ЕПР-спінових міток під час дослідження стану вологи в харчовій сировині [Текст] : Міжнародна науково-практична конференція, 19 травня 2011 р.: [тези: у 4 ч.] / М. І. Погожих, А. О. Пак // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг. — Харків : ХДУХТ, 2011. — Ч. 2. — С. 83–84.
11. Погожих, М. І. Методика дослідження стану вологи в капілярно-пористих колоїдних тілах методом ЕПР-спінових міток [Текст] / М. І. Погожих, І. С. Ромоданов, А. О. Пак // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2011. — Т. 2, № 6(50). — С. 22–24.
12. Потапов, В. О. Структурно-енергетичний метод аналізу ізотерм сорбції-десорбції харчової сировини [Текст] : зб. наук. пр. / В. О. Потапов // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі. — Харків : ХДУХТ, 2005. — Вип. 1. — С. 313–322.

#### ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМНОЙ ВОДЫ КРАХМАЛОВ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИМ И ЭПР-МЕТОДАМИ

Отмечена актуальность развития фундаментальных представлений о форме, структуре и состоянии воды в пищевых системах. Методом ЭПР-спиновых меток исследована кинетика удаления влаги из модельных тел из различных крахмалов с разной мольной концентрацией. Проведены тензометрические исследования модельных тел из различных крахмалов с разной мольной концентрацией.

**Ключевые слова:** системная вода, ЭПР метод, тензометрический метод.

*Погожих Микола Іванович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри енергетики та фізики, Харківський державний університет харчування та торгівлі, e-mail: drpogozhikh@mail.ru.*

*Пак Андрій Олегович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра енергетики та фізики, Харківський державний університет харчування та торгівлі, e-mail: pak\_andr@mail.ru.*

*Пак Аліна Володимирівна, кандидат технічних наук, кафедра товароведення в митній справі, Харківський державний університет харчування та торгівлі, e-mail: pak\_alyna@mail.ru.*

*Мольський Олександр Сергійович, факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі, e-mail: Molsky@gmail.com.*

*Погожих Николай Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой энергетики и физики, Харьковский государственный университет питания и торговли.*

*Пак Андрей Олегович, кандидат технических наук, доцент, кафедра энергетики и физики, Харьковский государственный университет питания и торговли.*

*Пак Алина Владимировна, кандидат технических наук, кафедра товароведения в таможенном деле, Харьковский государственный университет питания и торговли.*

*Мольский Александр Сергеевич, факультет оборудования и технического сервиса, Харьковский государственный университет питания и торговли.*

*Pogozhikh Micola, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, e-mail: drpogozhikh@mail.ru.*

*Pak Andrey, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, e-mail: pak\_andr@mail.ru.*

*Pak Alina, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, e-mail: pak\_alyna@mail.ru.*

*Molsky Alexander, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, e-mail: Molsky@gmail.com*

УДК 004.056

Петров А. О.

## АНАЛІЗ НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНОЇ ПРОБЛЕМИ РОЗРОБКИ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЗАХИСТОМ ІНФОРМАЦІЇ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

*Розглядаються аспекти розробки систем управління захистом інформації в комп'ютерних системах та мережах. Проведено дослідження технологій, методів і засобів, що дозволяють в реальному часі оцінювати ризик порушення інформаційної безпеки в комп'ютерних мережах корпоративних інформаційних систем, а також прогнозувати рівень захисту інформації при проектуванні систем захисту інформації.*

**Ключові слова:** управління захистом інформації, комп'ютерні мережі, корпоративні системи, системний аналіз, прогнозування.

### 1. Вступ

Наступив новий етап у розвитку обміну інформацією, що характеризується інтенсивним впровадженням сучасних інформаційних технологій, широким розповсюдженням комп'ютерних мереж, та створює нові можливості та якість інформаційного обміну [1].

Корпоративні інформаційні системи (КІС) стають сьогодні одним з головних інструментів управління

бізнесом, найважливішим засобом виробництва сучасного підприємства, використовуються в банківській, фінансовій сферах, у сфері державного управління. КІС включає в себе інфраструктуру та інформаційні сервіси.

Однак застосування інформаційних технологій неможливе без підвищеної уваги до питань інформаційної безпеки через наявність загроз захищеності інформації [2].

Для сучасного етапу розвитку теорії та практики забезпечення захисту інформації (ЗІ) характерна наступна

суперечлива ситуація: з одного боку, посилена увага до безпеки інформаційних об'єктів, істотно підвищення вимог щодо ЗІ, прийняття міжнародних стандартів у галузі інформаційної безпеки (ІБ), постійно зростаючі витрати на забезпечення захисту, з іншого — настільки ж неухильно зростаючий збиток, що заподіюється власникам інформаційних ресурсів, про що свідчать опубліковані регулярно дані про збитки світовій економіці від комп'ютерних атак [3–5].

Очевидно, що сучасні підходи до організації ЗІ не в повній мірі забезпечують виконання вимог щодо захисту інформації. Основні недоліки систем захисту інформації (СЗІ) визначаються сформованими жорсткими принципами побудови архітектури і застосуванням в основному оборонної стратегії захисту від відомих загроз. Критична ситуація у сфері ІБ посилюється у зв'язку з використанням глобальної мережі для зовнішніх і внутрішніх електронних транзакцій підприємства і постійною наявністю невідомих раніше типів деструктивних інформаційних впливів.

Тому для успішного використання сучасних інформаційних технологій необхідно ефективно управляти не тільки мережею, але і СЗІ, при цьому на рівні комп'ютерної мережі КІС автономно повинна працювати система, що реалізує управління складом подій інформаційної безпеки, планування модульного складу СЗІ та аудит. Оскільки об'єкт управління — СЗІ є досить складною організаційно-технічною системою, що функціонує в умовах невизначеності, суперечливості та неповноти знань про стан інформаційного середовища, управління такою системою повинне бути засноване на застосуванні системного аналізу, методів теорії прийняття рішень та необхідної інтелектуальної підтримки.

Разом з тим в області розробки методів захисту інформації в даний час практично відсутні дослідження, спрямовані на забезпечення автоматизованої підтримки управління ЗІ для вирішення проблеми забезпечення необхідного рівня захищеності інформації протягом усього періоду функціонування СЗІ.

Постійна розробка нових методів і засобів спеціальних програмно-технічних впливів призводить до тенденції постійного зростання кількості випадків успішної реалізації атак [6].

Ускладнення сучасних ІС веде до появи в них все більшої кількості мережевих пристроїв і різноманітних засобів захисту (ЗЗ) інформації, які генерують величезне число подій безпеки: десятки, а то й сотні тисяч повідомлень в день [7], розібратися в яких адміністратору безпеки фізично неможливо. Один міжмережевий екран може за день згенерувати більше 1 Гігабайта даних, сенсор система виявлення аномалій — до 50 тисяч повідомлень, причому з них до 95 % помилкових [8]. Крім того, порівняти сигнали про події безпеки від різних систем практично неможливо; в той же час, дії у відповідь на атаки повинні бути негайними.

## **2. Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями**

Очевидно, що технологічний процес істотно випереджує теоретичне осмислення того, що відбувається в області створення і застосування інформаційних технологій і використання нових комунікаційних мож-

ливостей. Отже, є підстави зробити припущення про неовну адекватність докладених зусиль при вирішенні існуючих завдань захисту інформації не тільки в практичному, але і в теоретичному аспекті [9].

Основні недоліки систем захисту інформації визначаються сформованими жорсткими принципами побудови архітектури [10] і застосуванням в основному оборонної або наступальної стратегії захисту від відомих і найбільш небезпечних загроз.

Для вирішення сформульованої вище проблеми і успішного використання сучасних інформаційних технологій необхідне ефективне і надійне управління не тільки мережами, але і системою захисту інформації, засобами мережевої безпеки [2, 12].

Таким чином, на сьогодні на перший план виходить завдання створення комплексної системи управління засобами мережної безпеки, яка охоплює всю інфраструктуру компанії і, незалежно від масштабу КІС дозволяє надавати керуючі впливи на інформаційну інфраструктуру.

## **3. Аналіз досліджень і публікацій, мета роботи**

Масштаби, застосування інформаційних технологій і проблема захисту від несанкціонованого доступу до циркулюючої в КІС інформації викликає зростання інтересу до теоретичних досліджень в області інформаційної безпеки [6, 21–25]. Основам комп'ютерної безпеки присвячені роботи [16, 22, 25]. У працях дослідників в області інформаційної безпеки, у статтях та монографіях обговорюються проблеми криптографії [16–18]; криптографічні методи і засоби отримали швидке і широке поширення. Проблема виявлення вторгнень розглядається в [13, 15, 19–23].

Як наголошується в ряді робіт [10–15], генеральним напрямком пошуку шляхів підвищення ефективності захисту інформації є неухильне підвищення системного підходу до проблеми захисту інформації, пізнання суті досліджуваної проблеми, декомпозиція СЗІ на підсистеми, виявлення всього різноманіття факторів і зв'язків, встановлення повного переліку загроз, що впливають на ІС, розробка і застосування якісних і кількісних показників, що характеризують СЗІ; створення засобів розв'язання наявних протиріч.

Відзначається, що для ефективного забезпечення безпеки інформації потрібне проведення досліджень, пов'язаних з адаптивною організацією СЗІ, створення методологічного базису, що дозволяє вирішувати проблему управління захистом інформації та її автоматизації [11–29].

Одним з перших, хто став розглядати завдання управління ЗІ, був Герасименко В. А. Як пише автор у своїй роботі [17], основою для управління ЗІ служать плати обробки інформації на об'єкті захисту, а на основі аналізу критичності обробки інформації обґрунтовуються вимоги до захисту. Виходячи з цих вимог, визначаються оптимальні набори засобів захисту, що забезпечують необхідний рівень захищеності. Відзначається, що обґрунтування таких наборів СРЗ є спільним завданням механізму управління ЗІ; для визначення дійсного рівня захищеності повинен здійснюватися відповідний контроль. Питання управління безпекою інформації розглядаються в [11], питання проектування СЗІ розглядаються

в [17]. На сьогодні існують два основні підходи до побудови системи захисту: продуктний і проектний [24]. У рамках продуктного підходу проводиться вибір засобів захисту інформації, з подальшим формуванням політики безпеки на основі реалізованих вибраними засобами захисту функцій. У рамках проектного підходу проводиться спочатку формування політики безпеки і далі на її основі здійснюється вибір засобів захисту. Як зазначається в [24], проектний підхід більш повний, системи, побудовані на його основі, більш оптимізовані, він більше підходить для гетерогенних мереж і дозволяє проектувати більш довготривалі рішення. У [18, 19] наводиться загальна методика вибору засобів захисту при використанні критерію оптимальності по мінімуму витрат, при заданій ефективності захисту. Методика заснована на оцінці ефективності виконання засобами захисту різних функцій. У [17] зазначається, що даний розрахунок ускладнений таким фактором, як складність виділення кількісного показника безпеки інформації; тому пропонується вибирати засоби захисту виходячи з вимог захисту. Аналогічний підхід пропонується в методиках, заснованих на стандартах. У роботах [11, 13] до основних макропроцесів управління віднесені оперативне управління та стратегічне планування використання засобів захисту. Оперативне управління — це динамічне управління в ході автоматизованої обробки інформації, коли використовуються лише засоби захисту, що входять до складу СЗІ.

У процесі оперативного управління здійснюється безперервне розпізнавання ситуацій, що відносяться до захисту інформації, та прийняття рішень на оперативне втручання у функціонування СЗІ, реалізація прийнятих рішень. Завдання прийняття рішень, на думку автора [51], може зводитися до вибору деякого рішення з наперед сформованої безлічі невеликого числа рішень.

Планування — процес вироблення програми оптимального використання засобів захисту в планований період обробки інформації. При цьому під оптимальністю розуміється досягнення максимальної захищеності при заданих витратах на захист або досягнення заданої захищеності при мінімальних витратах. У рамках розгляду завдань управління ЗІ зазначається, що проблема прийняття рішень є однією з найбільш складних і особливо важливою для автоматизації управління ЗІ.

Робота [20] присвячена розробці основ організаційного управління ЗІ. Автор зазначає, що реалізація зростаючих вимог до захищеності інформації в складних ІС стримується на сьогодні через відсутність відповідного науково-технічного забезпечення, що враховує як динаміку управління стратегіями інформаційного протиборства, так і динаміку середовища, в якому це протиборство здійснюється. На даний час концептуальний підхід до захисту інформації носить вступний характер і потребує конкретизації стосовно складних розподілених ІС, з урахуванням реальних процесів інформаційного протиборства. При цьому стримуючим фактором у становленні теорії організаційного управління ЗІ і використанні її результатів на практиці є відсутність системних науково-методичних досліджень.

У роботах [13, 14] наводиться формалізований опис методів синтезу оптимальних стратегій організаційного управління ЗІ в ігрових моделях прийняття рішень, а також управління квантуванням пакетів, при передачі категоризованої інформації, управління відновленням

цілісності інформації (алгоритм вибору оптимальної стратегії резервування), методи оцінювання захищеності інформації в умовах впливу вірусних програм.

У роботі [15] управління розглядається в основному як організаційне. Завдання управління вирішуються адміністративною групою: адміністратор безпеки, менеджер безпеки і оператори. Поняття управління ЗІ визначається як контроль за розподілом інформації в ІС, забезпечення функціонування засобів і механізмів захисту, фіксація виконуваних функцій, фіксація подій, пов'язаних з порушенням захисту, періодичне внесення змін до бази даних захисту.

Основні науково-теоретичні проблеми синтезу адаптованих систем забезпечення інформаційної безпеки та їх застосування в корпоративних інформаційних системах розглядаються в роботах [6, 7, 10, 19]. У роботі [22] розглядаються принципи синтезу систем забезпечення ІБ, які закладають основу для автоматизації циклу забезпечення ІБ, адаптуючи систему до всіляких штатних і нештатних ситуацій. У роботі [7] наводиться багатокритеріальна модель оцінки і метод вибору мережевих екранів на основі непарних множин, синтез підсистем аналізу захищеності і виявлення загроз, ігровий метод прийняття рішень по боротьбі із загрозами.

Проблемі адаптивного управління процесами захисту інформації в автоматизованих системах присвячені роботи [24, 25], в яких наводяться результати розробки підсистем адаптивного управління ЗІ, що використовує в основному контурі неявну модель налаштування об'єкта управління, приводиться метод визначення раціонального складу і структури СЗІ на етапі проектування, заснований на теоремі про мінімакс, що використовує безрозмірний показник ступеня досяжності варіантом СЗІ характеристик «еталонної» системи захисту, метод зміни структури і модифікації СЗІ в процесі експлуатації, що використовує критерій максимуму приросту показника захищеності в умовах вартісних обмежень. Слід зазначити складність формування «еталонної» системи захисту на різних етапах життєвого циклу СЗІ.

Метою статті є аналіз методологічних основ управління захистом інформації корпоративної інформаційної системи для вирішення науково-практичної проблеми забезпечення необхідного рівня захищеності інформації протягом життєвого циклу системи захисту інформації в умовах невизначеності інформаційних впливів з використанням методів оцінки ІБ.

#### 4. Основна частина, результати

Ефективність системи оперативного управління ЗІ багато в чому залежить від застосовуваних методів аналізу отриманої інформації, для ідентифікації атаки і методів прийняття рішень з управління подіями безпеки.

Відомо, що в подібних системах використовуються наступні методи ідентифікації атак: статистичний метод експертних систем, нейромережевий.

Основна перевага статистичного методу — це використання добре розробленого апарата математичної статистики і його адаптація: до поведінки інформаційного суб'єкта. При використанні цього методу для всіх суб'єктів системи визначаються профілі. Будь-яке відхилення профілю від еталонного вважається несанкціонованою діяльністю. Статистичні методи універсальні, для проведення аналізу не потрібні знання про можливі

атаки, проте при їх використанні дуже важко задати граничні значення, що відслідковують характеристики, щоб адекватно ідентифікувати аномальну діяльність; вони непридатні до невідомих раніше атак.

Експертна система складається з набору правил, які охоплюють знання експерта. Використання експертних систем являє собою поширений метод ідентифікації атак, при якому інформація про атаки формується у вигляді правил. Ці правила можуть бути записані у вигляді послідовності дій. При виконанні правила приймається рішення про наявність несанкціонованої діяльності. База даних повинна містити сценарії більшості відомих на сьогодні атак, а також вимагає постійного оновлення. Перевагою такого підходу є практично повна відсутність помилок. З недоліків основним є неможливість відображення невідомих атак. При цьому навіть невелика зміна вже відомої атаки може стати серйозною перешкодою для функціонування системи.

Більшість сучасних методів виявлення атак використовують форму аналізу контрольованого простору на основі правил або статистичного підходу. Через велику різноманітність атак і їх методів навіть постійні оновлення бази даних правил експертної системи не дають гарантії точної ідентифікації всього діапазону атак.

Кожен з описаних методів володіє перевагами і недоліками. Загальний недолік полягає в тому, що системи управління ЗІ, в яких реалізовані описані технології та методи ідентифікації атак, є продуктами зарубіжних компаній, вони запатентовані, коди їх програм невідомі; методи прийняття рішень по формуванню командної інформації також невідомі.

Зазначимо, що методичні та технологічні основи створення інтелектуальних засобів попередження комп'ютерних атак в КІС поки знаходяться в початковій стадії розвитку. На сьогодні потрібні комплексні рішення і практична реалізація засобів оцінки підозрілої активності та різних подій у мережі, підготовки даних для прийняття рішень по управлінню засобами безпеки та мережевим обладнанням для своєчасного реагування на мінливі умови середовища функціонування в режимі реального часу.

При створенні інфраструктури КІС на базі сучасних комп'ютерних мереж неминує виникати питання про захищеність цієї інфраструктури від загроз безпеки інформації. Ці питання на сьогодні розглядаються значним числом авторів [1–28].

Вибір формалізованих заходів (критеріїв) оцінки рівня захищеності відноситься до числа концептуальних завдань створення захищених систем. Формалізованими заходами зазвичай називають способи оцінки «сили» яких-небудь характеристик реальних систем, які засновані на використанні числових шкал — використання критеріїв оцінки рівня захищеності, яка вперше була запропонована в Помаранчевій книзі стосовно операційних систем і СУБД.

При наявності шкали порівняння систем зводиться до порівняння відповідних їм числових показників. Криптографія та радіоелектронна захист володіють такими заходами, що не можна сказати про область ЗІ від несанкціонованого доступу (НСД).

Теоретично формальну оцінку рівня захищеності системи від НСД можна звести до обчислення інтенсивності атак на систему, ймовірності реалізації атаки в заданий проміжок часу і т. д. Однак подібні апо-

стеріорні критерії мають низьку практичну цінність, так як для оцінки ймовірності характеристик реальних атак необхідно враховувати складний комплекс факторів: технологію обробки даних, умови застосування систем, кваліфікацію користувачів і т. д. Більше того, повний перелік атак на систему неможливо навіть точно визначити. Апостеріорні критерії представляють, в основному, академічний інтерес.

Для практичної оцінки рівня захищеності систем слід використовувати апріорні критерії. Вони засновані на зіставленні системи з набором еталонних профілів сервісів захисту, що забезпечують при певних умовах деякий рівень безпеки інформації. Якщо системи А і В мають однакові рівні захищеності, то вони реалізують однаковий набір механізмів захисту та всі механізми мають однакову «силу». Система А домінує за рівнем захищеності, якщо системою А реалізуються механізми, відсутні в системі В, або «сила», принаймні, одного з механізмів у системі А, вища, ніж для аналогічного механізму системи В.

З викладеного випливає, що загальний показник захищеності інформації для ресурсу інформаційної системи (ІС) в цілому може бути отриманий із значень приватних ймовірностей успішності різних загроз. Разом з тим, в даній роботі не розкривається детально методика визначення рівня захищеності, фактично, в ній міститься тільки загальна постановка задачі розробки такої методики, яка ще вимагає свого рішення.

На сьогодні поширення набули підходи до аналізу ризиків, органічно пов'язані з рівнем захищеності. Фактично, знаючи ризики, можна визначити рівень захищеності системи, і навпаки. Наявність системи керування ризиками порушення інформаційної безпеки є обов'язковою умовою організації режиму ІБ на підприємстві.

Основоположними роботами, присвяченими дослідженню питання управління ризиками, є [13, 17], відповідно до яких аналіз ризиків рекомендується проводити у випадках:

- поновлення КІС або істотних змін у її структурі;
- переходу на нові ІТ побудови КІС;
- організації нових підключень в компанії; підключення до глобальних мереж;
- зміни в стратегії і тактиці ведення бізнесу; перевірки ефективності СЗІ.

У даних роботах наводяться наступні етапи управління ризиками: оцінка можливих втрат; аналіз потенційних загроз і вразливих місць системи, які впливають на оцінку можливих втрат; вибір оптимальних за ціною заходів і засобів захисту, які скорочують ризик до прийняттого рівня.

При розгляді кожного з цих етапів більш детально наводиться список дій, які повинні бути виконані для їх реалізації, тобто по суті, пропонується послідовність необхідних дій, реалізація яких може бути можлива при використанні спеціальних засобів аналізу ризику.

Під «управлінням ризиками» будемо розуміти вибір комплексу необхідних контрзаходів, що забезпечують достатній рівень захищеності ІС відповідно до виконаних аналізом ризиків. На всіх стадіях життєвого циклу ІС при виробленні рекомендацій щодо управління ризиками має бути запропонований комплекс адекватних контрзаходів по окремим аспектам безпеки: внесення змін в політику ІБ; зміни в посадових інструкціях

і регламентах обслуговування; застосування додаткових програмно-технічних засобів захисту.

При оцінюванні ризиків повинні враховуватися такі фактори, як: цінність ресурсів, оцінка значимості загроз, вразливостей, ефективність існуючих і планованих СРЗ. Якісно виконаний аналіз ризиків повинен дозволити провести порівняльну оцінку різних варіантів захисту, що особливо важливо, коли до ІС пред'являються підвищені вимоги в області ІБ.

У міжнародному стандарті ISO/IEC 15408 «Загальні критерії оцінки безпеки ІТ» вимоги по ІБ добре структуровані і сформульовані для великого числа класів ІС. З практичної точки зору, істотним є те, що в документі формулюються тільки критерії оцінки і не містяться методики її проведення.

Аналіз зарубіжних і сучасних вітчизняних стандартів в області управління ризиками ІБ показав, що положення описаних вище стандартів не містять важливих деталей, які необхідно конкретизувати на практиці, і їх успішне застосування для управління ризиками вимагає додаткових методик оцінювання, враховують різні кількісні та якісні показники [20–28].

Відзначимо, що проблема створення наукової методології забезпечення заданого рівня захищеності протягом усього періоду експлуатації ІС є важливою і актуальною. Рішення проблеми забезпечення заданого рівня захищеності пов'язано з послідовним вирішенням двох приватних завдань:

- кількісного оцінювання рівня захищеності;
- прийняття рішення про необхідність зміни властивостей і параметрів СЗІ з метою підтримки заданого рівня захищеності.

Необхідність отримання кількісних значень рівня захищеності інформації викликана тим, що для прийняття обґрунтованого рішення про необхідність проведення заходів по ЗІ потрібен аналіз динаміки зміни рівня захищеності ІС в залежності від зміни як умов функціонування, так і параметрів СЗІ.

Інструментальні засоби оцінки рівня захищеності (ризиків порушення ІБ) повинні бути засновані на сучасних базах даних і знань в області ЗІ, дозволяти будувати структурні об'єктно-орієнтовані моделі ІС, а також моделі ризиків окремих сегментів КІС. Рішення проблеми забезпечення заданого рівня захищеності пов'язано з послідовним вирішенням двох приватних завдань: кількісного оцінювання рівня захищеності та автоматизованого прийняття рішення про необхідність перерозподілу ресурсів або зміни параметрів СЗІ.

Враховуючи, що ІС є досить складним технічним об'єктом, а процес захисту інформації характеризується великою кількістю і різноманітними факторів, що впливають на його результат, вплив яких часто не вдається однозначно виявити і описати строго математично, проблема захисту інформації відноситься до числа складних слабоструктурованих і слабосформульованих проблем.

У науці є досвід щодо вирішення слабосформульованих проблем — це системний підхід до їх вирішення та системний аналіз об'єктів дослідження. У системному аналізі акцентується увага на труднощах формулювань завдань, на способах подолання цих труднощів. З практичної сторони системний аналіз є теорія і практика поліпшуючого втручання в проблемну ситуацію. Застосування методів системного аналізу до дослідження проблеми ЗІ диктується вимогами практи-

ки, яка поставила фахівців із захисту інформації перед необхідністю проектувати складні системи захисту інформації, вивчати процеси, управляти ними в умовах невизначеності, неповноти інформації, дефіциту часу і обмеженості ресурсів. Специфічною особливістю існуючих на даний момент методик системного аналізу є те, що вони використовують закономірності побудови, функціонування і розвитку систем, формування варіантів структури системи і вибір найкращого варіанта. Методи системного аналізу — декомпозиція, аналіз і синтез системи, що знімає або ослаблює проблему практики.

Отже, перший етап системного аналізу пов'язаний з формулюванням проблеми. Необхідність системного аналізу виникає, коли проблема не тільки існує, але і вимагає вирішення.

У системному аналізі систему, в діяльності якої проявилася проблема, називають проблемомісткою. У даному випадку це система захисту інформації. Проблемомісткою СЗІ пов'язана з іншими системами і входить як частина в деяку надсистему. Сама СЗІ в свою чергу складається з частин-підсистем, причетних до даної проблеми.

Застосування системного підходу до вирішення проблеми забезпечення повноти та ефективності реалізації функцій СЗІ на різних етапах її життєвого циклу викликає необхідність розробки керуючої системи, покликаної не тільки забезпечити раціональні ресурсні, фінансові та часові характеристики, але і підвищити ступінь наукової обґрунтованості та оперативності прийнятих управлінських рішень. При цьому проектування, модернізація і забезпечення ефективного функціонування СЗІ є не тривіальними завданнями. Очевидно, що й керування ЗІ так само не є тривіальною задачею.

Модель проблемної ситуації в ЗІ містить сукупність трьох взаємодіючих систем: проблемомісткою системи — СЗІ; проблемовирішуючої системи, тобто системи, яка розробляється для того, щоб вплинути на процеси захисту інформації таким чином, щоб проблема зникла або ослабла; навколишнього, або істотного середовища, з якою взаємодіє СЗІ.

У відповідності з методом декомпозиції системного аналізу стосовно проблеми ЗІ наведемо модель входів СЗІ в КІС, яка включає входи: від вищестоящої системи (головної організації, установи, підприємства), від нижчестоящих систем (філій), від істотного середовища, від проблемовирішуючої керуючої системи (рис. 1).

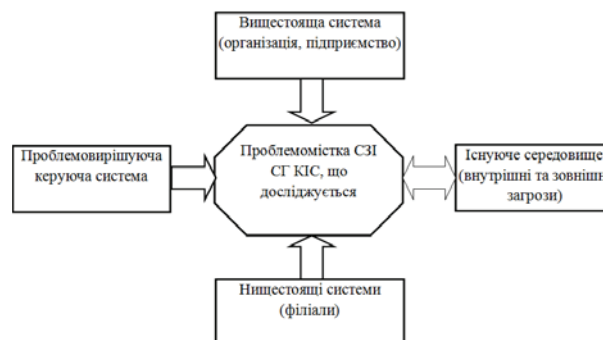


Рис. 1. Схема входів СЗІ

Проблемомісткою СЗІ є об'єктом дослідження, а в якості цільової виступає керуюча проблемовирішуюча система. Дана модель дозволяє не тільки підвищити повноту набору цілей, але й структурувати їх сукупність, що

згодом дозволить здійснити постановку задач прийняття раціональних рішень з управління ЗІ.

Метою вищестоящої системи: організації, державного чи комерційного підприємства, — є підвищення ефективності процесу інформатизації, яка на сьогодні недостатня через щорічний збиток від злочинів у сфері ІТ, вчинених з використанням засобів обчислювальної техніки.

Для проблемомісткої системи головне — вирішити проблему, цілі проблемовирішуючої системи пов'язані з раціональним витрачанням ресурсів на вирішення проблеми. Цілі істотного середовища та СЗІ протилежні.

Спільною метою захисту інформації є запобігання або зниження шкоди, що завдається власнику, власнику чи користувачу системи внаслідок реалізації загроз безпеки інформації. Приватними цілями захисту інформації, що забезпечують досягнення загальної мети, є:

- забезпечення правового режиму використання масивів, даних і програм обробки інформації;
- запобігання несанкціонованого знищення, спотворення, копіювання інформації, блокування доступу до інформації;
- збереження можливості управління процесом обробки та використання інформації в умовах несанкціонованих (програмно-технічних) впливів на інформацію, що захищається.
- запобігання витоку інформації технічними каналами.

Таким чином, існує необхідність вирішення проблеми забезпечення заданого рівня захищеності, яка пов'язана з послідовним вирішенням двох приватних завдань: кількісного оцінювання рівня захищеності та автоматизованого прийняття рішення про необхідність перерозподілу ресурсів СЗІ або зміни властивостей і параметрів з метою підтримки заданого рівня захищеності інформації.

Тому показником ефективності досягнення мети ЗІ будемо вважати рівень захищеності інформації ( $\phi$ ) на об'єкті захисту, або відносний ризик порушення інформаційної безпеки ( $R$ ). Значення  $j$  задається замовником залежно від максимального рівня критичності оброблюваної на об'єкті захисту інформації, і може приймати значення від 0,9 до 1. Час актуальності мети визначається планами обробки інформації на об'єкті захисту. У практиці системного аналізу в якості глобального об'єкта декомпозиції береться досліджувана проблема і проблемомістка система. В якості підстав декомпозиції беруться моделі проблемовирішуючої системи. Для цілей аналізу проблеми захисту інформації необхідна модель СЗІ. В якості фрейма для неї можна використовувати модель діяльності, надавши відповідну інтерпретацію компонентам, які входять до моделі (рис. 2).

Для аналізу процесів ЗІ необхідні моделі, які деталізують компоненти: об'єкт захисту, середовище, комплекс засобів захисту. Метод декомпозиції є одним із способів спрощення складної СЗІ. Він полягає в постійно наростаючій деталізації базових моделей системи захисту, в розкладанні складного цілого на все більш дрібні та прості частини. Після розробки фреймової моделі необхідно у відповідності з методом декомпозиції системного аналізу здійснити багаторівневий процес від початкової декомпозиції (рис. 2) до завершального рівня.

Застосування технології системного проектування до побудови моделі керуючої системи дозволить визначити її підсистеми, компоненти і способи їх з'єд-

нання, задати обмеження, при яких система повинна функціонувати, вибрати найбільш ефективне поєднання людей (експертів, спеціалістів ІБ, аналітиків), ЕОМ і програмного забезпечення.

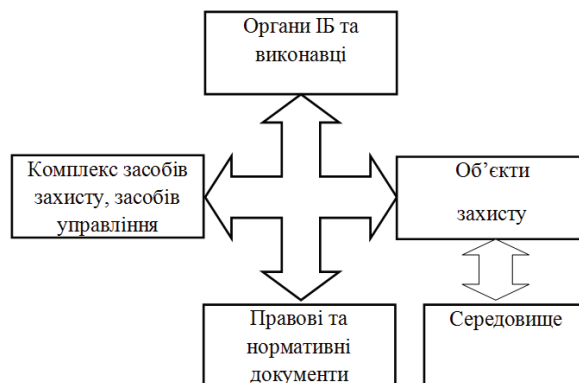


Рис. 2. Схема компонентів СЗІ

Модель входів організаційно-технічної системи рекомендує визначити, що розуміти під терміном «істотне середовище». Функціонування СЗІ пов'язано з процесами інформаційного протистояння, спрямоване на протидію зовнішнім і внутрішнім загрозам. Тому в даному випадку під істотним середовищем розуміється безліч потенційно можливих загроз інформаційному середовищу СГ КІС, зовнішніх і внутрішніх.

Таким чином, рішення актуальної науково-технічної проблеми управління СЗІ в КІС пов'язано з необхідністю розробки комплексу науково-обґрунтованих і практично-застосовних методів і методологій в рамках створення теорії інтелектуального забезпечення безпеки.

## 5. Висновки

1. Незважаючи на інтенсивні дослідження в області розробки методів і систем захисту інформації, на сьогодні практично відсутні наукові публікації про результати теоретичних досліджень зі створення методології побудови інтелектуальних засобів підтримки прийняття рішень з управління захистом інформації, що потребує комплексного вирішення низки наукових завдань, спрямованих на створення науково обґрунтованих і практично застосовних моделей і методів теорії інтелектуального забезпечення управління процесами захисту інформації на основі системного аналізу.

2. Суть управління ЗІ полягає в ухваленні рішення на вироблення стратегії захисту на всіх етапах життєвого циклу СЗІ. Зростаючі вимоги щодо розроблення та впровадження технології управління ЗІ суперечать існуючому на сьогодні стану нормативно-методичної бази, яка не дозволяє адекватно вирішувати завдання вибору раціонального модульного складу СЗІ. Існуючі керівні документи і стандарти визначають функціональні вимоги відносно засобів захисту і не пропонують методик порівняльного аналізу різних наборів засобів захисту інформації, сертифікованих за одним класом, з метою виявлення найбільш раціонального цілісного варіанту СЗІ.

3. Найбільш перспективними на сьогодні є дослідження та розробка технологій, методів і засобів, що дозволяють в реальному часі оцінювати ризик порушення



інформаційної безпеки в комп'ютерних мережах КІС, а також прогнозувати рівень захисту інформації при проектуванні СЗІ. При цьому показник рівня захисту повинен формуватися з мінімальним залученням експертів на основі відомостей про інформаційну цінність ресурсів, що потребують захисту, даних про технічні характеристики застосовуваних або планованих засобів захисту, з урахуванням безлічі реальних загроз і особливостей функціонування конкретного об'єкта захисту.

4. Одна з основних проблем створення систем управління ЗІ — забезпечення автоматизованої підтримки прийняття рішень з управління захистом інформації протягом усього періоду функціонування інформаційної системи і при зміні умов інформаційного середовища, що викликає потребу в інфраструктурному програмному забезпеченні, в якому повинні бути реалізовані моделі та математичні методи прийняття рішень. Інструментальні програмні комплекси, що використовують можливості комп'ютерів для реалізації результатів досліджень у вигляді моделей, дозволять підвищити точність і ефективність прийняття рішень, реалізувати інтелектуальний потенціал особи, що приймає рішення, оскільки процес прийняття рішень будується на основі аналізу і прогнозу із застосуванням математичного апарату.

#### Література

- Смирнов, А. К. Информационная глобализация: вызовы и возможности [Текст] / А. К. Смирнов. — М.: Издательский дом «Парад», 2005. — 392 с.
- Галицкий, А. В. Защита информации в сети — анализ технологий и синтез решений [Текст] / А. В. Галицкий, С. Д. Рябко, В. Ф. Шаньгин. — М.: ДМК Пресс, 2011. — 616 с.
- Тихонов, В. А. Информационная безопасность: концептуальные, правовые, организационные и технические аспекты [Текст]: учебное пособие / В. А. Тихонов, В. В. Райх. — М.: Гелиос АРВ, 2006. — 528 с.
- Доктрина інформаційної безпеки України. Затверджено Указом Президента України від 8 липня 2009 року № 514/2009.
- Бородакий, Ю. В. Интеллектуальные системы обеспечения информационной безопасности [Текст]: материалы конф. / Ю. В. Бородакий, Г. В. Куликов // VII Междунар. научно-практич. конф. — Известия ТРТУ. Тематический выпуск. — Таганрог: ТРТУ, 2009. — С. 32–33.
- Шишкин, В. М. К проблеме экспертизы безопасности сложных информационных систем [Текст]: материалы конф. / В. М. Шишкин // Международ. научно-практич. конф. «Информационная безопасность». — Таганрог: ТРТУ, 2011. — С. 15–18.
- Бородакий Ю. В. Интеллектуальные системы обеспечения информационной безопасности [Текст]: материалы конф. // Известия ТРТУ. Тематический выпуск. — Таганрог: ТРТУ. — 2010. — № 4. — С. 65–69.
- Остапенко, А. Г. Противодействие вредоносному программному обеспечению в информационно-телекоммуникационных системах [Текст] / А. Г. Остапенко, С. В. Скрьль, А. Г. Остапенко, С. В. Скрьль // Информация и безопасность. — 2000. — № 2. — С. 91–92. — Режим доступа: \www/ URL: <http://www.technoserv.ru>.
- Девянин, П. Н. Теоретические основы компьютерной безопасности. [Текст] / П. Н. Девянин. — М.: Радио и связь, 2010. — 304 с.
- ДСТУ 3396.2-97 — «Защита информации. Техническая защита информации. Термины и определения».
- Гордейчик, С. В. Сравнительный анализ сканеров безопасности [Электронный ресурс] / С. В. Гордейчик, В. Б. Лепихин // Часть 2. Функциональные возможности сканеров безопасности. — Режим доступа: \www/ URL: <http://www.ptsecurity.ru/download/SecScanFN.zip>.
- Гордейчик, С. В. Безопасность беспроводных сетей [Текст] / С. В. Гордейчик, В. В. Дубровин. — М.: Горячая линия-Телеком, 2008. — 288 с.
- ГОСТ 50922-96. Защита информации. Основные термины и определения. — Режим доступа: \www/ URL: [http://just.siberia.net/50922\\_96.htm](http://just.siberia.net/50922_96.htm).
- Джон Грин. Защита сети при помощи программной НАС-технологии. Четыре продукта предлагают разные подходы [Текст] / Джон Грин // Windows IT Pro. — 2007. — № 7.
- Кузнецов, Н. А. Информационная безопасность систем организационного управления. Теоретические основы. — 2 т. [Текст] / Н. А. Кузнецов, В. В. Кульба, Е. А. Микрин. — М.: Наука, 2006.
- Лукацкий, А. В. Обнаружение атак [Текст] / А. В. Лукацкий. — СПб.: БХВ — Петербург, 2009. — 608 с.
- Герасименко, В. А. Сущность и пути перевода процессов защиты информации на интенсивные способы [Текст] / В. А. Герасименко, А. А. Малюк // Безопасность информационных технологий. — 1998. — № 4.
- Скиба, В. Ю. Руководство по защите от внутренних угроз информационной безопасности [Текст] / В. Ю. Скиба, В. А. Курбатов. — СПб.: Питер, 2008. — 320 с.
- Климов, С. М. Методы и интеллектуальные средства предупреждения и обнаружения компьютерных атак на критически важные сегменты информационно-телекоммуникационных систем [Текст]: материалы конф. / С. М. Климов // Международ. научно-практич. конф. «Информационная безопасность». — Известия ТРТУ. — 2009. — № 4(48). — С. 74–82.
- Симонов, С. В. Анализ рисков в информационных системах. Практические советы [Текст] / С. В. Симонов // Конфидент. — 2011. — № 2.
- Алгулиев, Р. М. Методы синтеза адаптивных систем обеспечения информационной безопасности корпоративных [Текст] / Р. М. Алгулиев. — М.: УРСС, 2001. — 248 с.
- Бабенко, Л. К. Новые технологии электронного бизнеса и безопасности [Текст] / Л. К. Бабенко, В. А. Быков, О. Б. Макаревич, О. Б. Спиридонов. — М.: Гелиос АРВ, 2011. — 374 с.
- Воробьев, А. А. Теоретико-игровой подход к оцениванию качества системы защиты информации от несанкционированного доступа в АС [Текст] / А. А. Воробьев // Информатика-машиностроение. — 2009. — № 3. — С. 12–17.
- Доценко, С. М. Аналитические информационные технологии и обеспечение безопасности корпоративных сетей [Текст] / С. М. Доценко // Конфидент. — 2010. — № 2. — С. 16–21. — Режим доступа: \www/ URL: <http://www.confident.ru>.
- Остапенко, А. Г. Противодействие вредоносному программному обеспечению в информационно-телекоммуникационных системах [Текст] / А. Г. Остапенко, С. В. Скрьль, А. Г. Остапенко, С. В. Скрьль // Информация и безопасность. — 2010. — № 2. — С. 91–92.
- Нестеренко, В. А. Статистические методы обнаружения нарушений безопасности в сети [Текст] / В. А. Нестеренко // Информационные процессы. — 2006. — т. 6. — Вып. 3. — С. 208–217.
- Симонов, С. В. Анализ рисков, управление рисками / У СП «Компьюлинк» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: \www/ URL: <http://www.compulink.ru>.
- Тарасюк, М. В. Защищенные информационные технологии. Проектирование и применение [Текст] / М. В. Тарасюк. — М.: СОЛОН — Пресс, 2004. — 192 с.

**АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЗАЩИТОЙ ИНФОРМАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ И СЕТЯХ**

Рассматриваются аспекты разработки систем управления защитой информации в компьютерных системах и сетях. Проведены исследования технологий, методов и средств, позволяющих в реальном времени оценивать риск нарушения информационной безопасности в компьютерных сетях корпоративных информационных систем, а также прогнозировать уровень защиты информации при проектировании систем защиты информации.

**Ключевые слова:** управление защитой информации, компьютерные сети, корпоративные системы, системный анализ, прогнозирование.

*Петров Антон Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности информационных систем, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, e-mail: antonpr@mail.ru.*

*Петров Антон Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности информационных систем, Восточноукраїнський національний університет ім. В. Даля.*

*Petrov Anton, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, e-mail: antonpr@mail.ru*

УДК 004

**Новоселов С. П.,  
Рак Е. В.**

## **МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ТАБЛИЦЫ МАРШРУТИЗАЦИИ ДЛЯ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ**

*В работе описывается предлагаемый алгоритм маршрутизации для беспроводной сенсорной сети, а также результаты исследований, проведенных с использованием разработанных интеллектуальных датчиков (компонентов сенсорной сети). Предложенное решение может быть реализовано для построения сенсорных сетей с числом компонентов до 32 устройств, построенных на недорогих микроконтроллерах с малым объемом памяти программ и данных.*

**Ключевые слова:** сенсорная сеть, датчик, алгоритм, таблица маршрутизации.

### **1. Введение**

В настоящее время беспроводные сенсорные сети находят все большее применение в системах промышленной автоматизации для решения задач мониторинга и управления. Их основным достоинством является гибкая архитектура и минимальные затраты при их установке и эксплуатации.

Важной особенностью беспроводных сенсорных сетей является их самоорганизация. Каждый отдельно расположенный узел группируется с таким же узлом, расположенным в радиусе действия антенны и, таким образом, образуется сеть для передачи данных. Объединенные в беспроводную сенсорную сеть датчики образуют территориально-распределенную самоорганизующуюся систему сбора, обработки и передачи информации.

### **2. Анализ литературных источников и постановка проблемы**

Проведя анализ литературы по данной теме можно выделить основные проблемы, возникающие при проектировании беспроводных сенсорных сетей [1].

Конфигурация сенсорной сети должна иметь возможность видоизменяться (самоорганизующаяся сеть) в зависимости от текущего положения в пространстве, возможностей электропотребления, деталей решаемых задач. Поскольку сенсорные узлы взаимодействуют с окружающей средой, они должны иметь возможность динамически приспосабливаться к решению конкретной задачи. Мобильность узлов, их отказы, критичные из-

менения во внешней среде требуют высокой степени динамичности от сенсорной сети в целом. Поэтому, топология конкретной сенсорной сети или ее части может изменяться многократно в течение срока ее функционирования. Фрагменты беспроводной сенсорной сети в связи с этим нуждаются в современных алгоритмах, которые должны быть робастными и адекватными к изменяющимся условиям.

Сенсорные узлы конструируются так, чтобы потреблять как можно меньше энергии, поскольку они могут функционировать в недружественной внешней среде и замена источника питания может быть невозможна как таковая. Поэтому, сенсорный узел может выйти из строя как по причине критической ситуации во внешней среде, так и вследствие потери возможности энергоснабжения. Однако, как уже отмечалось выше, сенсорная сеть содержит тысячи сенсорных узлов и наиболее важным свойством сенсорной сети в целом должно быть выполнение сетью своих функций даже при выходе из строя какого-то максимально возможного числа сенсорных узлов. В связи с этим, необходимо создавать такие алгоритмы управления сенсорными узлами, чтобы минимизировать энергопотребление. Число пакетов информации, передаваемых, принимаемых, обрабатываемых каждым сенсорным узлом должно быть таким, чтобы расход энергии был минимизирован.

Другой проблемой при построении беспроводных сенсорных сетей является то, что расстояние, на которое сенсорный узел передает информацию, может быть существенно меньше, чем в традиционных радиосистемах. Мощность передатчика должна быть мала (это способ-

ствуется и низкому энергопотреблению) и архитектура беспроводной сенсорной сети должна тогда представлять собой сеть с распределенными интеллектуальными ресурсами.

Одним из самых известных механизмов, обеспечивающих функционирование сенсорных сетей, является алгоритм LEACH (Low Energy Adaptive Cluster Hierarchy). Алгоритм LEACH предусматривает вероятностный выбор сенсорного узла на роль головного в начале функционирования сенсорной сети, а впоследствии ротацию на основе энергетических характеристик сенсорных узлов. Подобное решение, естественно, продлевает длительность функционирования сенсорных узлов и сети в целом, но, как будет показано далее, по результатам моделирования не решает задачи обеспечения лучшего покрытия в течение достаточно длительного времени. И это, в общем-то, естественно, поскольку при создании LEACH такая задача и не ставилась.

Существует достаточно много алгоритмов, которые в той или иной степени пытаются улучшить LEACH. Такие алгоритмы, основаны на максимуме остаточной энергии, местоположении узла-кандидата в головной кластерный узел по отношению к другим узлам. Алгоритм HEED (Hybrid Energy – Efficient Distribution) использует гибридный критерий для выбора головного узла на основе анализа остаточной энергии и расположения близлежащих узлов. Все эти алгоритмы, как и LEACH, направлены в первую очередь на максимизацию.

### 3. Цель исследования

Основной целью данной работы является разработка алгоритма построения таблицы маршрутизации, способного адаптировать ее в зависимости от изменения конфигурации сети.

### 4. Разработка алгоритма маршрутизации

Предлагаемый алгоритм был разработан для проведения исследований работы сенсорной сети, построенной с использованием интеллектуальных датчиков.

Рассмотрим структуру типового узла сенсорной сети (рис. 1).

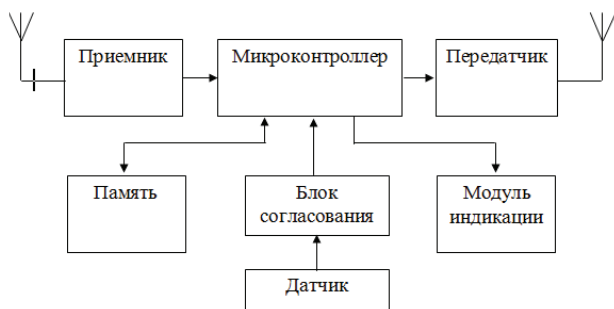


Рис. 1. Структура компонента сенсорной сети

В состав сенсорной сети входят: маломощные приемник и передатчик, микроконтроллер, модуль памяти, модуль индикации, блок согласования, датчик.

В состав какого-либо компонента сенсорной сети может входить датчик, предназначенный для измерения одного из параметров (температуры, напряжения, тока, скорости вращения рабочего инструмента и т. д.).

Для подключения такого датчика к микроконтроллеру, как правило, используется блок согласования.

Модуль индикации чаще всего выполнен на одном или нескольких светодиодах и предназначенный для индикации текущего состояния устройства.

Модуль памяти служит для хранения таблицы маршрутизации. Память имеет следующую структуру:

- список устройств, которые соседствуют с данным модулем (соседние устройства (СУ));
- список всех устройств, которые входят в состав сети (точки маршрутизации (ТМ)).

Рассмотрим подробно предлагаемый алгоритм построения таблицы маршрутизации.

На рис. 2 приведена структура сенсорной сети, состоящая из пяти компонентов.

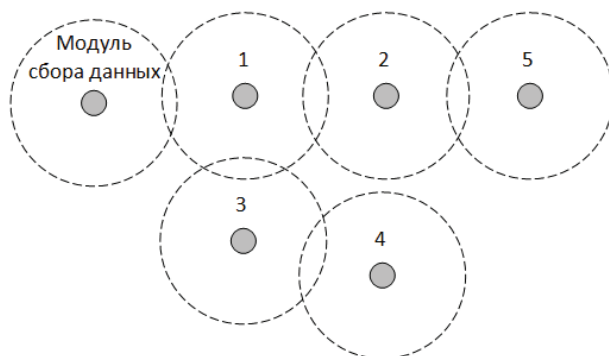


Рис. 2. Структура сенсорной сети

Предлагаемый алгоритм построения таблицы маршрутизации состоит из двух этапов:

1. Поиск соседних устройств и заполнение списка СУ.
2. Построение или модернизация таблицы маршрутизации.

На рис. 3 приведен алгоритм реализации первого этапа.

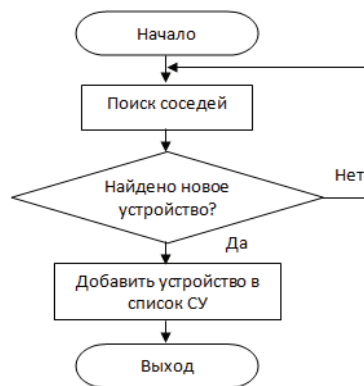


Рис. 3. Алгоритм формирования списка соседних устройств

При построении таблицы маршрутизации можно выделить следующие основные шаги:

**Шаг 1.** Выбор номера устройства из таблицы СУ.

**Шаг 2.** Запрос на получение списка соседних устройств у выбранного устройства.

**Шаг 3.** Выбор первого номера из полученного списка.

**Шаг 4.** Поиск выбранного номера в таблице маршрутизации.

**Шаг 5.** Если номера нет, то добавляем его в таблицу маршрутизации.

**Шаг 6.** Если есть, то пропускаем и переходим к следующему элементу.

На рис. 4 приведен алгоритм построения таблицы маршрутизации.

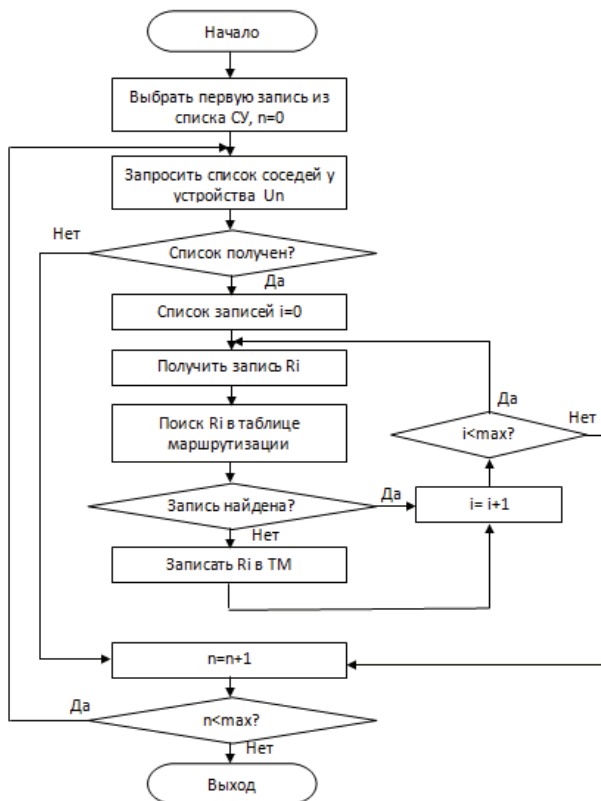


Рис. 4. Алгоритм построения таблицы маршрутизации

На рис. 5 приведен пример заполнения списка соседних устройств и таблицы маршрутизации для сети, показанной на рис. 2.

Список соседних устройств

Номер устройства	Соседние устройства
1	2, 3
2	1, 5
3	1, 4
4	3
5	2

Таблица маршрутизации

Номер устройства	Маршрут
1	1
5	2
4	3
3	4
2	5

Рис. 5. Пример заполнения списка соседних устройств и таблицы маршрутизации

Имея таблицу маршрутизации, можно построить трассу до любого необходимого устройства в сети. Для этого необходимо выполнить следующую последовательность шагов:

1. Получаем номер получателя.
2. Сначала просматривают список соседей если, в нем устройства нет, то просматривают список ТМ (второй столбец).
3. Если нашли в ТМ, то записываем номер отправителя (первый столбец).
4. Повторяем поиск для номера из первого столбца.
5. Поиск продолжается, пока номер получателя не будет найден в списке соседей.

## 5. Выводы

Разработанный алгоритм построения таблицы маршрутизации реализован в макете, построенном по структурной схеме, приведенной на рис. 1. В качестве микроконтроллера выбрано устройство PIC12F683 фирмы Microchip. Экспериментальные исследования показали, что предложенное решение может быть реализовано на недорогих устройствах с малым объемом памяти программ и данных.

## Литература

1. Салим, А. А. Э. А. Автореферат диссертации на соискание научной степени кандидата технических наук. Разработка алгоритмов выбора головного узла в кластерных беспроводных сенсорных сетях [Текст] / А. А. Э. А. Салим. — СПб.: Библиогр.: (6 назв.), 2010. — 106 с.
2. Кудряшов, С. В. Оптимальная маршрутизация информационных потоков в беспроводных сенсорных сетях [Текст] / Кудряшов С. В. — М.: Известия РАН, 2008. —150 с.
3. Акимов, Е. В. Сравнение топологий беспроводных сенсорных сетей (БСС) [Текст] / Акимов Е. В. — Вестник компьютерных и информационных технологий. — М.: Машиностроение, 2008. — № 8. — 240 с.
4. Mainwaring, A. Proc. of the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications [Text] / A. Mainwaring, D. Culler, J. Polastre et al. — Atlanta. ACM. — 2002. — p. 88.
5. Barenco Abbas, C. J. A Proposal of a Wireless Sensor Network Routing Protocol [Text] / C. J. Barenco Abbas, R. Gonzalez, N. Cardenas, L. J. Garcia Villalba. — Telecommun. Syst. — 2008. — Т. 38. — pp. 61–68.
6. Ruiz, P. M. Beacon-Less Geographic Routing Made Practical: Challenges, Design Guidelines and Protocols. IEEE Commun [Text] / J. A. Sanchez, P. M. Ruiz, M. Martin-Perez. — 2009. — Т. 47. — pp. 85–91.
7. Meyer, G. G. Intelligent products: A survey. In Comput. Ind [Text] / G. G. Meyer, K. Främling, J. Holmström. — 2009. — Т. 60. — pp. 154–165.
8. Azzedine Boukerche. Algorithms and protocols for wireless, mobile ad hoc networks [Text] / Azzedine Boukerche. — 2009 — p. 495.

## МЕТОД ПОБУДОВИ ТАБЛИЦІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ДЛЯ БЕЗПРОВІДНОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

У роботі описується алгоритм маршрутизації, що пропонується для побудови бездротової сенсорної мережі, а також результати досліджень, проведених з використанням розроблених інтелектуальних датчиків (компонентів сенсорної мережі). Запропоноване рішення може бути реалізовано для побудови сенсорних мереж з числом компонентів до 32 пристроїв, побудованих на недорогих мікроконтролерах з малим об'ємом пам'яті програм і даних.

**Ключові слова:** сенсорна мережа, датчик, алгоритм, таблиця маршрутизації.

**Новоселов Сергей Павлович**, кандидат технических наук, доцент, кафедра технологии и автоматизации производства РЭС и ЭВС, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, e-mail: nsoft72@mail.ru.

**Рак Евгений Владимирович**, кафедра технологии и автоматизации производства РЭС и ЭВС, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, e-mail: evgeniy.rak@mail.ru.

**Новоселов Сергей Павлович**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра технологій та автоматизації виробництва РЕЗ та ЕОЗ, Харківський національний університет радіоелектроніки.  
**Рак Євгеній Володимирович**, кафедра технологій та автоматизації виробництва РЕЗ та ЕОЗ, Харківський національний університет радіоелектроніки.

**Novoselov Sergey**, Kharkiv National University of Radioelectronics, e-mail: nsoft72@mail.ru.

**Rak Evgeniy**, Kharkiv National University of Radioelectronics, e-mail: evgeniy.rak@mail.ru.

Сикорский А. А.,  
Миронюк А. В.,  
Свидерский В. А.

## РЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ВОДНЫХ СУСПЕНЗИЙ КАОЛИНА В ПРИСУТСТВИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

В работе рассмотрены особенности реологического поведения водных суспензий отечественных каолинов разных месторождений, в присутствии поверхностно-активных веществ анионного и неионогенного типов. Определено, что прочность коагуляционной структуры при введении поверхностно-активных веществ уменьшается, причем более существенно для каолина с более развитой поверхностью.

**Ключевые слова:** каолин, суспензия, тиксотропия, вязкость, ПАВ, псевдопластичность, дилатантность, адсорбция.

### 1. Вступление

Каолинит-содержащие материалы являются перспективными функциональными наполнителями для лакокрасочной промышленности, а также широко используются в других отраслях: керамической и целлюлозно-бумажной. В основном, каолиновые материалы перерабатываются в виде водных суспензий, что вызывает необходимость регулирования реологических свойств последних. На данный момент в литературе имеется достаточное, для формулирования общих закономерностей течения, количество данных о реологическом поведении каолиновых материалов различных месторождений [1], [2], [3]. Предлагаемые методы изменения шведовских и бингамовских пределов сдвига и вязкостей сводятся к изменению ионной силы дисперсионной среды каолиновых суспензий путем введения в систему электролитов [4]. В то же время, при производстве лакокрасочных композиций такой вариант регулирования реологических свойств неприемлем ввиду возможности снижения стабильности полимерных эмульсий. Одним из путей решения этой проблемы является использование в системе поверхностно-активных веществ, способных изменять коагуляционную структуру суспензии каолина путем адсорбции на поверхности его частиц и изменения характера межчастичного контакта.

Целью работы является установление влияния поверхностно-активных веществ различной природы на реологическое поведение водных суспензий каолина.

### 2. Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования выбраны каолины марок КС-1 глуховецкого и просянского месторождений. Эти материалы значительно отличаются по минеральному и химическому составу (табл. 1), а следовательно, и по активности поверхности [5]. Данный факт позволяет проследить взаимосвязь между общей активностью материала и эффективностью изменения реологических свойств его водных суспензий в присутствии ПАВов.

В качестве поверхностно-активных модификаторов используются полиакрилат аммония (анионный) и сополимер акрил-силоксанового типа (неионогенный). Эти модификаторы были выбраны исходя из их сравнитель-

ной доступности и утвердившейся практики использования в лакокрасочной промышленности [6] в отличие, например от четвертичных аммониевых оснований [7].

Таблица 1

Химический состав каолинов

Компоненты	Каолин	
	Просянский	Глуховецкий
SiO <sub>2</sub>	45,81	46,39
TiO <sub>2</sub>	0,72	1,14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	39,24	34,83
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,13	0,97
FeO	—	0,07
MgO	0,31	1,47
CaO	0,52	0,29
Na <sub>2</sub> O	—	0,10
K <sub>2</sub> O	—	0,15
H <sub>2</sub> O	0,13	0,19
П.П.П.	13,50	13,31
Сумма	100,36	98,72

Для исследования свойств наполнителей и их водных систем были использованы электронная микроскопия (микроскоп РЭМ SELMI 106), реометрия (вискозиметр Rheotest 2), сорбционные измерения (метод БЭТ, адсорбент — аргон), метод Дерягина для определения геометрической удельной поверхности (прибор Т-3).

Суспензии для исследования приготавливались с использованием лабораторной мешалки (120 об/мин, мощность 0,5 кВт) и отстаивались в герметично закрытой емкости на протяжении 24 часов. После этого в суспензии вводилось необходимое количество исследуемого ПАВа и осуществлялось повторное перемешивание. Таким образом, была достигнута сначала полная гидратация (набухание) каолиновых материалов, а затем модификация поверхности их частичек.

### 3. Результаты и обсуждение

Установлено что каолин просянского месторождения обладает более развитой удельной поверхностью, а следовательно и более высоким содержанием частиц мелкой фракции чем каолин глуховецкого (табл. 2). Это обуславливает отличие в физико-химических и поверхностных свойствах материалов. Поверхность просянского каолина более активна по отношению к газообразной воде, а также и жидкому диоктилфталату.

Таблица 2

Характеристики каолинов

Характеристика	Каолин	
	Просянский	Глуховецкий
Удельная поверхность (БЭТ), м <sup>2</sup> /г	15,1	11,6
Удельная геометрическая поверхность (Т-3), м <sup>2</sup> /г	1,60	1,59
Влагопоглощение, мг/г	134	124
Маслоемкость г/100г	43,8	41
Угол смачивания водой, град.	43	47
Истинная плотность г/см <sup>3</sup>	2,35	2,42

Учитывая тот факт, что геометрическая удельная поверхность материалов одинакова, а истинная — у просянского выше в 1,4 раза, а также разницу плотностей можно сделать заключение о более высокой агрегированности просянского каолина по отношению к глуховецкому. Это хорошо видно на фотографиях (рис. 1). Оба материала достаточно сильно агрегированны, однако средний размер крупных агрегатов Просянского каолина лежит в пределах 3–4 мкм, а Глуховецкого — 6–8 мкм. У последнего материала содержание частиц, не включенных в крупные агрегаты выше, чем у первого.

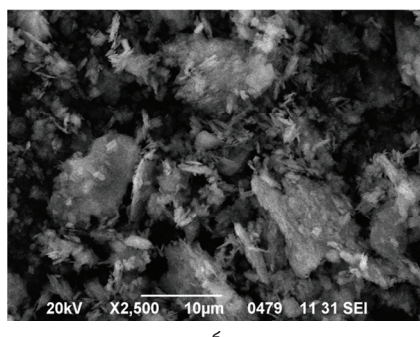
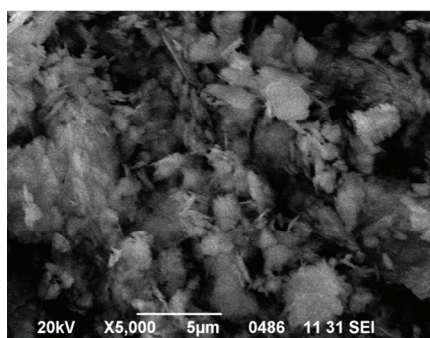


Рис. 1. Структура частиц каолинов: а — просянского; б — глуховецкого

Реологические кривые водных суспензий (концентрация 50 масс. %) этих материалов указывают на формирование более прочной коагуляционной структуры у просянского каолина (рис. 2), что выражается как в высоких, по сравнению с глуховецким, значениях пределов текучести, так и в степени тиксотропности структуры.

Значения статических пределов текучести составляют 1,8 и 5,6 Па для суспензий глуховецкого и просянского каолинов, динамических — 19,3 и 26,6 Па соответственно. Шведовская вязкость — 2,62 и 2,60 Па·с соответственно, бингамовская — 23,4 и 48,7 мПа·с для суспензий глуховецкого и просянского каолинов.

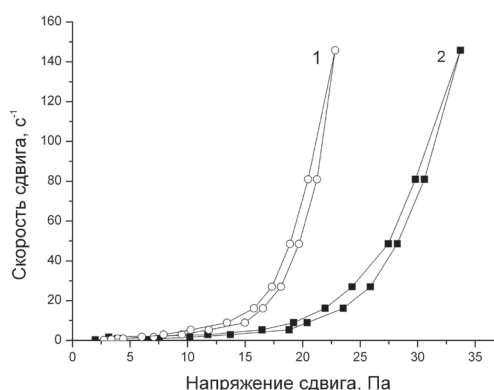


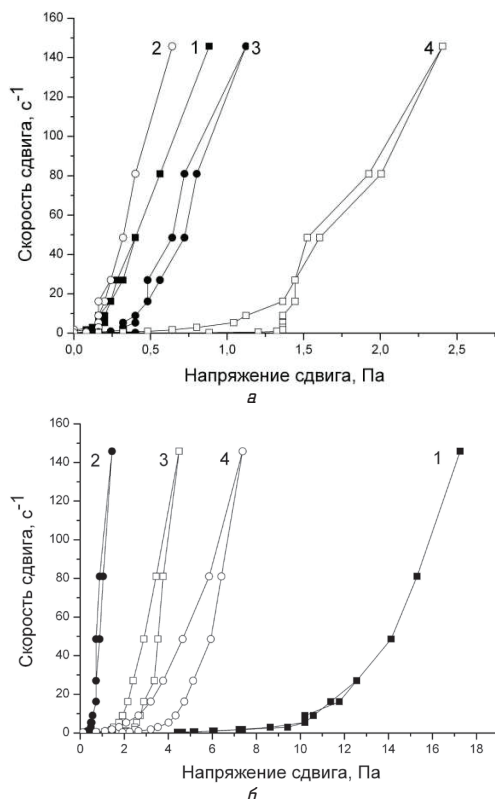
Рис. 2. Реологические кривые водных суспензий каолинов: 1 — глуховецкого; 2 — просянского

Влияние поверхностно активных веществ на коагуляционную структуру каолиновых водных суспензий определяется их способностью к замещению противоионов в двойном электрическом слое на поверхности частиц [8]. Известно, что базальные плоскости каолинита имеют отрицательный заряд, а грани характеризуются как наличием положительно заряженных центров, так и отрицательных. За счет наличия положительно заряженных центров возможен контакт типа плоскость-грань [9], [10]. Степень этих контактов определяет прочность коагуляционной структуры. Таким образом, уменьшая количество положительно заряженных активных центров возможно уменьшить силу контакта, то есть и прочность структуры в целом.

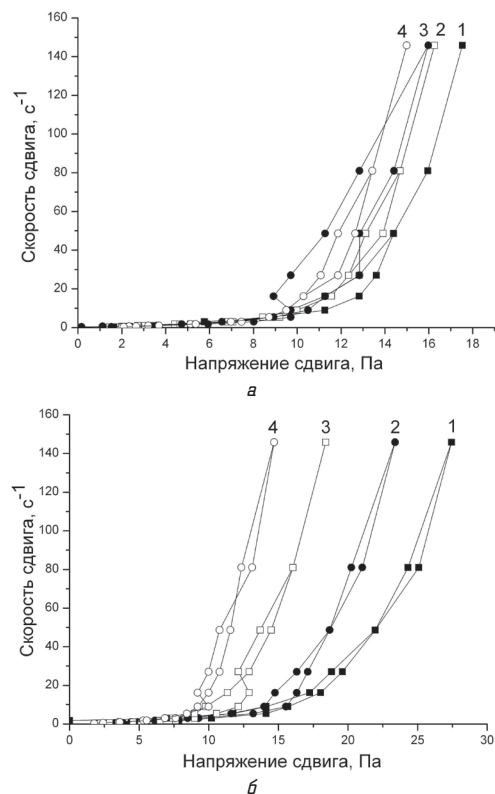
Установлено, что при использовании полиакрилата аммония прочность структуры сильно уменьшается. Это происходит при строго определенной концентрации, при превышении или уменьшении которой прочность структуры снова возрастает (рис. 3).

Для глуховецкого каолина эта концентрация составляет 1,5 масс. %, а для просянского — 0,5 масс. % в выбранном диапазоне варьирования. Следует заметить, что при скоростях сдвига более 40 с<sup>-1</sup> у глуховецкого каолина наблюдается переход их псевдопластического в дилатантный режим течения на всех концентрациях ПАВ, в то время как у просянского этот переход заметен только на концентрации 0,5 масс. %.

В случае использования неионогенного ПАВ происходит монотонное уменьшение стабильности структуры. Степень уменьшения стабильности при этом существенно ниже, чем в случае анионоактивного материала (рис. 4).



**Рис. 3.** Реологические кривые водных суспензий каолина в присутствии полиакрилата аммония в концентрациях: *а* — глуховецкого каолина; *б* — просянского 1 — 0,5 масс. %; 2 — 1,5 масс. %; 3 — 3 масс. %; 4 — 5 масс. %



**Рис. 4.** Реологические кривые водных суспензий каолина в присутствии неионогенного полимера акрил-силоксанового типа: *а* — глуховецкого каолина; *б* — просянского 1 — 0,5 масс. %; 2 — 1,5 масс. %; 3 — 3 масс. %; 4 — 5 масс. %

#### 4. Выводы и рекомендации

Таким образом, установлено, что в присутствии ПАВ различных типов прочность коагуляционной структуры каолинов снижается. При увеличении развитости поверхности материалов, их чувствительность к введению поверхностно-активных веществ увеличивается. Наиболее существенное влияние на коагуляционную структуру каолинита оказывают анионоактивные (ионогенные) поверхностно-активные вещества.

Результаты работы могут быть использованы в технологии изготовления лакокрасочных материалов, целлюлозной и керамической промышленности. В дальнейшем планируется исследовать эффект стабилизации модифицированных суспензий каолина для достижения максимального содержания твердой фазы в дисперсии при сохранении ее седиментационной устойчивости при транспортировке и переработке.

#### Литература

1. Konta, J. Clay and Man: Clay Raw Materials in the Service of Man [Text] / J. Konta. — Applied Clay Science. — 1995. — Vol. 10. — pp. 275–335.
2. Lawrence, W. G. Ceramic Science for the Potter [Text] / W. G. Lawrence. — 1st Edn., Canada: Chilton Book Company. — 1972.
3. Ryan, W. Properties of Ceramic Raw Materials [Text] / W. Ryan. — 2nd Edn., England: Pergamon Press. — 1978.
4. He, M. Slurry Rheology in WET Ultrafine Grinding of Industrial Minerals [Text] / M. He, Y. Wang, and E. Forsberg // Review, Powder Technology. — 2004. — Vol. 147. — pp. 94–112.
5. Franco, F. The Effect of Ultrasound on the Particle Size and Structural Disorder of a Well-Ordered Kaolinite [Text] / F. Franco, L. A. Perez-Maqueda, and J. L. Perez-Rodriguez // Journal of Colloid and Interface Science. — 2004. — Vol. 274. — pp. 107–117.
6. Tombácz, E. Colloidal Behavior of Aqueous Montmorillonite Suspension: the Specific Role of pH in the Presence of Indifferent Electrolytes [Text] / E. Tombácz, and M. Szekeres // Applied Clay Science. — 2004. — Vol. 27. — pp. 75–94.
7. Yuan, J. The Importance of Crystal Morphology on the Viscosity of Concentrated Suspensions of Kaolinite [Text] / J. Yuan, and H. H. Hurray // Applied Clay Science. — 1997. — Vol. 12. — pp. 209–219.
8. Diz, H. M. M. The Mechanism of Deflocculation of Kaolinite by Polyanions [Text] / H. M. M. Diz and B. Rand // British Ceramic Transaction Journal. — 1990. — Vol. 89. — pp. 77–82.
9. Ryan, W. White wares: Production, Testing and Quality Control [Text] / W. Ryan and C. Radford // 2nd. Edn., England. — The Institute of Materials. — 1997.
10. Williams, D. J. A. Colloid Stability and Rheology of Kaolinite Suspensions [Text] / D. J. A. Williams and K. P. Williams // British Ceramic Transaction Journal. — 1982. — Vol. 81. — pp. 78–83.

#### РЕОЛОГІЧНА ПОВЕДІНКА ВОДНИХ СУСПЕНЗІЙ КАОЛІНУ В ПРИСУТНОСТІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН

В роботі розглянуті особливості реологічної поведінки водних суспензій вітчизняних каолінів різних родовищ, в присутності поверхнево-активних речовин аніонного та неионогенного типів. Визначено, що міцність коагуляційної структури при введенні поверхнево-активних речовин зменшується, причому більш суттєво для каоліну з більш розвинутою поверхнею.

**Ключові слова:** каолін, суспензія, тиксотропія, в'язкість, ПАР, псевдопластичність, дилатантність, адсорбція.

**Сикорський Олександр Олександрович**, аспірант, кафедра хімічної технології композиційних матеріалів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», **e-mail: alexey.sikorskiy@ukr.net**.

**Мироноук Олександр Володимирович**, кандидат технічних наук, асистент, кафедра хімічної технології композиційних матеріалів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», **e-mail: airshape@ukr.net**.

**Свидерський Валентин Анатолійович**, доктор технічних наук, професор, кафедра хімічної технології композиційних матеріалів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», **e-mail: xtkm-users@kpi.ua**.

**Сикорський Олександр Олександрович**, аспірант, кафедра хімічної технології композиційних матеріалів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».

**Мироноук Олександр Володимирович**, кандидат технічних наук, асистент, кафедра хімічної технології композиційних матеріалів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».

**Свидерський Валентин Анатолійович**, доктор технічних наук, професор, кафедра хімічної технології композиційних матеріалів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».

**Sikorsky Oleksiy**, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», **e-mail: alexey.sikorskiy@ukr.net**.

**Myronyuk Oleksiy**, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», **e-mail: airshape@ukr.net**.

**Sviderski Valentin**, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», **e-mail: xtkm-users@kpi.ua**





## MODELING OF STRESS-STRAIN STATE AND STRENGTH-ELEMENT ANALYSIS OF CONSTRUCTION OF INERTIAL-FILTER GAS TANK

page 3–5

The estimation of strength and stability of a device is an important task at the development stage of any new equipment, which is an inertial-filter gas tank. The purpose of the article is to study the structural strength of the tank with the help of modern computer modeling. For the experiment the module APM FEM made by «AS-CON» was selected, which permits to recalculate automatically the stress-strain state when changing the geometry of a three-dimensional solid model.

We have calculated the distribution of equivalent stresses and their components, as well as the principal stresses; the distribution of linear, angular and total displacements; the distribution of strains on the model elements; diagrams of the distribution of internal forces; the value of the coefficient of the stability factor and form of stability loss; the distribution of safety factors and the number of cycles according to the criterion of fatigue strength.

The strength analysis of the module APM FEM helps solve linear problems of the stress-strain state (static analysis), static strength of assembly, stability, thermoelasticity, and stationary heat conductivity. The dynamic analysis permits to determine the frequencies and forms of the natural oscillations, including models with a pre-load.

**Keywords:** modeling, strength, inertial-filter tank, calculation.

### References

1. Chicherov, L. G., Molchanov, G. V., Rabinovich, A. M. (1987). Calculation and design of oil field equipments. Moscow: Nedra, 422 p.
2. Andrey Krasnokutsky, Aleksey Timoshkin (2006). Strength analysis using PASSAT. Journal Cad Master, № 3, pp. 86–89. Access mode: [http://www.truboprovod.ru/articles/CadMaster2006\\_03\\_Passat.pdf](http://www.truboprovod.ru/articles/CadMaster2006_03_Passat.pdf).
3. Ilgiz Yusupov. (2000). Using the module APM Structure 3D strength analysis for design of structures in severs climatic environments. Journal «CAPR and Graphics», № 8.
4. Alexander Stremnev. (2010). Strength analysis in Autodesk Inventor. Journal «CAPR and Graphics», № 5. Access mode: <http://pointcad.ru/about/article/362/818/>.
5. Alexander Magomedov, Andrey Alekhine. (2010). Integrated finite element analysis in KOMPAS-3D. Journal «Mechanical engineering and related industries». № 8(60). Access mode: [http://kompas.ru/source/articles/Observer\\_08.2010\\_APM.pdf](http://kompas.ru/source/articles/Observer_08.2010_APM.pdf).
6. Cochin, M. L., Kalimanov, V. G. (2009). The results of simulation of stress-strain states of the cornea eyes with using of engineering analysis ANSYS. Clinical Informatics and Telemedicine, V. 5, № (6), pp. 26–30.
7. Natalia Savinova (2005). Experience of conducting researches of body parts crushing equipment in the medium strength analysis of work station Structure 3D. Journal «CAD and graphics», № 3. Access mode: <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=7066&iid=289>.
8. Bandurin, M. A. (2006). Modelling of the stress-strain state of an irrigation tray wrapper. Scientific Journal» KubGAU», № 24(8). Access mode: <http://ej.kubagro.ru/2006/08/pdf/33.pdf>.
9. Bakouline, N., Ignatiev, O., Karpov, V. (2000). Variation parametric research technique of variable by step width shallow shells with finite deflections. International Journal for «Computational Civil and Structural Engineering», Voulume 1, Issue 3, pp. 1–6.
10. Doneil, L. N. (1934). A new theory for buckling of thin cylinders under axial compression and bending. Trans. ASME., p. 56.

## DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE MODEL OF BUSINESS STRUCTURE PROCESSES

page 5–8

This work is dedicated to development and research of the model of business structure processes. The existing model of the structure of business processes is examined; advantages and disadvantages are selected in an expert way.

The main purpose of this study is to develop a more accurate model of the structure of business processes, which can be used in existing information systems for managing business processes.

The goal is ensured by resolving the following tasks: study of the existing models used in the creation of the model of the structure of business processes; study of the application of existing models; formation of the performance criteria; development of a combined model.

Business Process Management method — one of modern management techniques based on the totality of the ideology and the software business process management — is also examined in the study.

The practical significance of the study is in the possibility of application of proposals, recommendations and developments resulting from this study, to optimize business processes of the Internet Technology organizations, which would reduce the costs of obtaining information, time to process it and the quality of data to ensure the success of the organization.

Thus, on the basis of expert assessments, a new combined model of the structure of business processes that gives a more accurate assessment is built.

**Keywords:** model structure, business process, combined model, performance criteria.

### References

1. Repin, V. V. (2004). The process approach to management. Business Process Modeling. Moscow, USSR: Metallurgy. 384 p.
2. Popova, A. A. (2009). Improving the quality of data for decision-making and optimize the cost of their formation on the basis of the process approach. IMC «NVSH-SPb». 288 p.
3. Spitsnadel, V. N. (2002). The theory and practice of optimal solutions. St. Business Press. 400 p.
4. Kelton, W. (2004). Simulation. Classic CS. P.: BHV. 848 p.
5. Boggs, W. (2008). UML and Rational Rose. Moscow: Laurie. 600 p.
6. Mamikonov, A. G. (1983). Decision and Information. Moscow: Sovetskoe Radio. 183 p.
7. Tokarev, V. L. (2000). Integrated decision support system for the management, forecasting and diagnosis. pp. 21–28.
8. Pavlov, A. A. (2002). Information technology and management algorithmization. K.: Tehnika. 344 p.
9. Maklakov, S. V. (2007). Information systems with AllFusion Modeling Suite Rev. and add. M.: Publishing Dialog MIFI. 400 p.
10. Yadykov, C. (2010). Effectiveness of information systems. Consultant, № 5.

## RESEARCH OF LOW QUALITY FUEL BURNING IN LOW-TEMPERATURE FLUIDIZED BED

page 8–11

The use of local low-quality fuels for heating and hot water supply by burning in a low temperature fluidized bed is a promising method in Ukraine. The burning in the low-temperature fluidized bed differs from the traditional burning by high power efficiency of fuel use and low level of air pollutants. The article provides the results of the experiments conducted on the developed laboratory unit for burning the low-quality fuels (candle coal and anthracite culm) in low-temperature fluidized bed. The article indicates fluidization characteristics, temperature range of control of the studied fuels, and NO<sub>x</sub> emissions from fuel burning. The research results can be used in heat supply systems in Ukraine. The results can form the basis for the creation of systems for fuel burning in the low-temperature fluidized bed.

**Keywords:** low-temperature fluidized bed, candle coal, anthracite culm, sulfur oxides, nitrogen oxides.

### References

1. Dolinskii, A., Basok, B., Baseev, E. (2009). State goal economical program for modernization of municipal heat-power engineering for 2010–2014. Official issue. K.: Bulletin of NASU, 35 p.
2. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 1216 «About confirmation of State goal economical program for modernization of municipal heat-power engineering for 2010–2014».
3. Noskov, A. S., Savinkina, M. A., Anischenko L. Y. (1990). Influence of TES on the environment and ways to lower damage caused. Catalysis Institute of SB of AS of USSR — Novosibirsk. 136 p.
4. Ots, A. A. (1977) Processes in steam generators when burning shales and Kansk-Achinsk coals. M.: Energy. 312 p.

5. Martens, F., Van Koppen, C., Boersma, D. (1984). The effect of coal type on the CO conversion and NOx reduction in the freeboard. The Institute of Energy 3rd International Fluidised Combustion Conference Proc. London, 16–17 October 1984. 19/158 – 19/165.
6. Borodulya, V. A., Vinogradov, L. M. (1980). Burning solid fuel in a fluidized bed. – Minsk: Science and technics, 190 p.
7. Mukhlenov, I. P., Sazhin, B. S., Frolov, V. F. (1986) Calculating of boiling bed apparatuses: Reference book. L.: Chemistry. 352 p.
8. Todos, O. M., Titovich, O. B. (1981) Apparatus with boiling granular bed: Hydraulic and heat basics of functioning. L.: Chemistry. 296 p.
9. Bugaeva L. N., Beznosik Yu. A., Statjukha G. A., Kvitka A. A. (1996). An application of expert system to choice, simulation and development of gases purification processes. J. Computers Chem. Engng, Vol. 20, Suppl. pp. 401–402.
10. Beznosik Y., Bugaeva L., Kenig E., Gorak A., Kraslawski A., Astrelin I. (1999) An intelligent system for designing waste gas purification processes from nitrogen oxides. 2-nd Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction (Proceedings of PRESS'99) Hungarian Chemical Society. May 31 – June 2, 1999, Budapest, Hungary. pp. 169–174.
6. Samorodov, V., Epifanov, V., Bondarenko, A. (2012). Hydrostatic-mechanical transmission as inalienable element of modern tractors. Announcer SevNTU. Collection of scientific labours. Series: Machine building and transport. № 135, p. 244–247.
7. Samorodov, V., Grigorov, O., Bondarenko, A. (2012). Analysis of hydrostatic-mechanical tractor transmissions: choice and ground of perspective charts. Announcer of national technical university the «Kharkov polytechnic institute»: collection of scientific labours. Thematic issue: Transport machine building. № 20, p. 24–46.
8. Samorodov, V., Bondarenko, A. (2012). Dynamics of process of acceleration of the wheel tractor-analogue of «Belarus 3022 DV» with hydrovolumetric mechanical transmission. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(7(60)), 15–19.
9. Samorodov, V., Bondarenko, A. (2013). Dynamics of process of acceleration of wheeled tractors Fendt 900 Vario. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 1(3(61)), 4–11.
10. Chudakov, D. (1972). Bases of theory and calculation of tractor and car. Moscow: «Ear». 384 p.

### RESULTS OF MODELING OF PROCESS OF ACCELERATION OF TRACTOR-ANALOGUE «BELARUS 3022 DV» WITH HYDROVOLUMETRIC-MECHANICAL TRANSMISSION

page 11–15

The improvement of performance of a wheeled tractor during technological operations by reducing energy losses when slipping, and the effect of the hydrovolumetric-mechanical transmission on slipping are urgent issues of great practical importance. That is why there is a need to study and analyze the process of acceleration of a wheeled tractor «Belarus 3022 DV» with hydrovolumetric-mechanical transmission. The article determined the impact of laws of variation of regulation characteristics of the hydrovolumetric transmission, and of hydraulic motors working volumes on key parameters of transmission and slipping of tractor's wheels with variable traction force on a hook and acceleration on traction range. There is a comparative analysis of the slipping of wheels of the tractor «Belarus 3022 DV» with hydrovolumetric-mechanical transmission with a tractor that has equivalent parameters, and mechanical transmission. The article presents the changes in engine power, in the operating pressure drop in the hydrovolumetric transmission, in the slipping of front wheels, in the efficiency of transmission, in the traction power on the hook on the operating volume of hydraulic motors and speed of the tractor with various laws of variation of regulation characteristics of hydrovolumetric transmission. In addition, the article discusses and analyzes the acceleration of tractor during transport operations.

**Keywords:** acceleration, wheeled tractor, hydrovolumetric-mechanical transmission, slipping, dynamics, traction mode.

#### References

1. Samorodov, V., Rogov, A., Burlyga, M., Samorodov, B. (2003). The critical review of works in area of tractor hydrostatic-mechanical transmission. Announcer of national technical university the «Kharkov polytechnic institute»: collection of scientific labours. Thematic issue: «Car- and tractor buildings». № 4, p. 3–19.
2. Schelcyn, N., Frumkin, L., Ivanov, I. (2011). The modern transmissions for agriculture tractors. Traktors and agriculture machine. № 11, p. 18–26.
3. Rogov, A. (2006). Developing calculating methods of system «engine-transmission» for automobiles and tractors: abstract of thesis of dissertation on the competition of graduate degree candidate of technical science: sp. Kharkiv. 24 p.
4. Aytcetmyuller, Kh. (2009). Functional properties and economy of tractor and special technique with the transmissions of VDC. Mechanics of machines, mechanisms and materials. № 1(6), p. 20–24.
5. Samorodov, V., Bondarenko, A. (2012). Tendencies and prospects of application in car- and tractor building of hydrostatic-mechanical transmission. Car transport. Collection of scientific labours. № 30, p. 13–22.
1. Mamayev M., Petrenko S. (2002). Technologies of protection information on the Internet. St. Petersburg, 243.
2. Karpov A. (02.06.2007). Attack on the DNS. Mode of access: <http://www.hackzone.ru/articles/dns-poison.html>.
3. R. L. Arends, R. U. Austein. (2005). DNSSEC Introduction and Requirement. RFC 4033, 47.
4. DNS ID Hacking – ADM Crew. (2010). Mode of access: <http://packetstorm.security.com/groups/ADM/ADM-DNS-SPOOF/ADM-MID.txt>.
5. Abley, J., Larson, M. (2010). DNSSEC for the Root Zone – Update. IETF 78, Maastricht, the Netherlands, 44.
6. Waterman, S. (23.04.2007). UPI Analysis: Owning the keys to the Internet. Mode of access: <http://www.mail-archive.com/osint@yahogroups.com/msg39697.html>.
7. Kerner, S. M. (27.09-2008). ORG the Most Secure Domain? Mode of access: <http://www.internetnews.com/security/article.php/3774131/ORG+the+Most+Secure+Domain.htm>.
8. Singel, R. (08.10.2006). Feds Start Moving on Net Security Hole. Wired News (CondéNet). 76.
9. Eklund-Löwinder, Anne-Marie. (12.02.2012). Swedish ISP TCD Song Adopts DNSSEC. DNS-wg mailing list. RIPE NCC, 8.
10. Andrews, M., Weiler, S. (2006). The DNSSEC Lookaside Validation (DLV) DNS Resource Record. RFC 4431, 22.
11. Metzger, Perry, Simpson, W. A. and Vixie, P. (17.12.2009). Improving TCP security with robust cookies. 26th Large Installation System Administration Conference (LISA'12). Volume 34, № 6, 86–97.

### ANALYSIS OF MAIN ATTACKS ON DNS-SERVER AND METHODS OF USE DNSSEC FOR PROTECTION DNS-SERVER

page 16–19

A detailed analysis of survival capability of DNS-servers were realized. The principle of operation DNSSEC and basic attacks that are implemented on the DNS-server were describe. Testing protection of DNS-server conducted through the organization of various kinds of attacks with a standard DNS-server protection and protection system DNSSEC, which has been additionally installed. Organization MITM-attacks was carried out; spoofing of DNS packet ID field was conducted; the attacks were conducted, when the name resolution requests were addressed to the cracker's DNS-server. The methods, that were used when attacking the standard DNS-server, proved unsuccessful during the attacks on the server which deployed DNSSEC. In analyzing the attack, it was found that DNSSEC can compete with DNS survival capability as «cache poisoning» or «man in the middle». The analysis of influence of DNSSEC introduction on efficiency and the network load were realized. It was revealed that the introduction of DNSSEC increases the amount of transmitted data, the load on the memory, CPU and bandwidth of the servers by 20%, but this value is not critical.

**Keywords:** DNS-server, DNSSEC, domain, encryption, digital signature, attacks, survival capability.

#### References

**SOME EFFORTS IN THE ROPE, BENT ON DRUMS**

page 20–21

The question of the war stress which is curved on the drum in multi-winding conditions are provided in the article. The transverse forces equations are obtained. The equation of the axial load which depends on the friction coefficient, the radius of the drum and the layers of the rope winding are given here too. The efforts in the rope which are determined by the system of Kirchhoff's equation with the friction are analyzer. The tension of the rope wound coils by Euler's equation with the friction coefficient of 0,13 is considered. The diagram of the dependence between the angle of the given element and the force wedging according to Ter-Kasporyan's equation is built. The angel of the maximum and minimum force wedging is defined in this diagram. The circumference of the flange, where the wedging takes place, is installed. The characteristics of the wedged force efforts during the formation of the highest layer is given.

**Keywords:** cable drum, hoisting rope, multi-layer winding, boiler shell, bead, lateral forces.

**References**

1. Kovalskiy, B. S. (1969). Barabany gruzopodyemnykh mashin. Khar'kov: KVVIU. 164 p.
2. Kovalskiy, B. S. (1950). Nagruzka barabana podyemnoy mashiny vitkami Kanata. Doklady AN SSSR. № 6, pp. 779–782.
3. Pochtovenko, Yu. Ye. Nekotoryye voprosy teorii mnogoslnoyny navivki kanatov na barabany shakhtnykh podyemnykh mashin. Gornyy zhurnal, № 8, pp. 20–23.
4. Fidrovs'kaya, N. N. (2006). Raspredeleniye usilii v kanata pri navivki yego na baraban. Naukoviy visnik budivnitstva KDTUBA, № 35, pp. 262–266.
5. Kovalskiy, B. S., Fidrovs'kaya, N. N. (1985). Ustoychivost obechayki barabana gruzopodyemnoy mashiny Dep. Ukr NIINTI, № 2284, p. 11.
6. Grigorov, O. V. (2006). Vantazhopidyomni mashini. Kharkiv: NTU «KhPI». 300 p.
7. Fidrovs'kaya, N. N., Varchenko I. S. (2010). Dynamic force in rope at multilayered coiling. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 2(5(44)), 58–61.
8. Ter-Kasporyan, A. A (1955) Efforts bursting drum flange with multi-layer coiling rope. Azerbaijani oil industry, XI, pp. 19–21.
9. predictive control of multi-telecommunication networks. Bulletin of the National University of Shipbuilding, 2(431), 125–132 (in russian).
10. Lichtenthaler, E. (2007). Managing technology intelligence processes in situations of radical technological change. Technological Forecasting and Social Change, Vol. 74, Iss. 8, 1109–1136.
11. Cheng, A.-C., Chen, C.-J., Chen, C.-Y. (2008). A fuzzy multiple criteria comparison of technology forecasting methods for predicting the new materials development. Technological Forecasting and Social Change, Vol. 75, Iss. 1, 131–141.
12. Udvardia, F. (1986). Management situations and the engineering mindset. Technological Forecasting and Social Change, Vol. 29, Iss. 4, 387–397.
13. Kazakova, N. F., Skopa, O. O. (2010). Definition of parameters for solving predictive control multiservice telecommunication networks. The modern Data Protection, 4, 55–61 (in ukrainian).
14. Lin, C.-C., Tang, Y.-H., Shyu, J., Li, Y.-M. (2010). Combining forecasts for technology forecasting and decision making. Journal of Technology Management in China, Vol. 5, Iss. 1, 69–83.
15. Alan, L., Porter, A., Roper, T., Mason, T., Rossini, F., Banks, J. Wiederholt, F. (2011). Forecasting and management of technology. Wiley, 352, ISBN 1118048210, 9781118048214.
16. Kazakova, N. F. (2012). Application software implemented predictive control to solve practical problems of quality assurance services in secure information networks. Contemporary special-purpose machinery, 29, 86–95 (in ukrainian).
17. Ayres, R. (1969). Technological forecasting and long-range plannin. McGraw-Hill, 237.
18. Phillips, F. (2001). Market-Oriented Technology Management: Innovating for Profit in Entrepreneurial Times. Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Singapore; Tokyo: Springer, 417, ISBN 3540412581.

**TECHNOLOGY OF FORECASTING OF SITUATIONS FOR SYSTEMS WITH GENETIC PRINCIPLES OF WORK**

page 22–24

Forecasting in the management and the need for its improvement using modern tools, including neural networks using analytical methods, expert systems, the method of mathematical statistics, fuzzy logic and statistics of nonnumerical objects, has become very important due to the situational methodology widely spread in the last decades. The central idea is the proposition that any social body, the production or manufacturing process is an open system. It adapts to the diverse internal and external environment. In this case, the main causes of what is happening within such system are beyond it. Therefore, such concepts as adaptation and the environment are critical to the effective management. In turn, the adaptation itself can be of two main types: situational, when changing environmental conditions, and promising proactive adaptation, based on the detection and early consideration of changing trends in the environment. In this case, control is based mainly on the so-called early control – proactive management. On the basis of what is stated above, the article shows that, genetic algorithms can be used for the proactive management, as it is not contrary to main stages of the theory of forecasting. The article summarizes the essence of the stages. As a result, it was concluded that the phased forecast based on the use of modern means, as a basis can contain eight main stages of situational methodology of forecasting.

**Keywords:** forecasting, genetic algorithm, quality, alternative.

**References**

1. Kazakova, N. F., Bilyk, N. M., Gunderich G. A. (2010). Fundamental problems of classification and analysis of models for software and

**REDUCTION OF RELIABILITY TESTINGS OF DATA-MEASURING SYSTEM DUE TO ITS FUNCTIONAL REDUNDANCY**

page 24–26

The article considers one of the ways of improvement of efficiency of testings of reliability of data-measuring system in the form of reduction of the total procedure due to its functional redundancy. The research is required because the bulk of the total expenditure falls on tests, and this significantly affects the amount of funding when creating complex engineering systems. To solve this problem we have calculated the ratio of functional redundancy of the system and the probability of failure-free operation for different values of influencing factors. It is shown that a quantitative measure of performance of a certain condition for the reliability of the system is the possibility of its implementation. We presented the criterion of its performance from the perspective of systematic review. We considered the questions of the risk to reduce the reliability testing procedures. We highlighted the limit requirements for the operation of data-measuring system, which is checked in conditions of reduction of testings of its reliability due to functional redundancy.

**Keywords:** redundancy, reliability, measurement, ratio, data-measuring system.

**References**

1. Sudakov, R. S. (1980). Redundancy and the amount of testing of technical systems and their components, Moskow : Znanie, 188 (in russian).
2. Bol'shev, L. N. (1965). Construction of Confidence Limits. Probability theory and its applications, Vol. 10, Iss. 1, 191–192 (in russian).
3. Kartashov, G. D. (1984). The principles used up resources and use them to assess the reliability. – Moskow : Znanie, 90 (in russian).
4. Kazakova, N. F. (2008). Reduction of control tests in information systems due to their functional redundancy. Simulation and Information Technology, 49, 34–40 (in ukrainian).
5. Skopa, O. O., Kazakova, N. F., Murin, O. S. (2003). Effect of functional redundancy redundant telecommunications systems to reduce the amount of their reliability tests. Proceedings of Donetsk National Technical University, 58, 115–121 (in ukrainian).

6. Sudakov, R. V. (1982). Analytical solution for test planning volume elements of complex systems. Proceedings of the University of Vilnius, 4, 25–30 (in russian).
7. Volkov, E. B., Sudakov, R. V., Syrcyn, T. A. (1974). Fundamentals of reliability theory of rocket engines. Moscow : Mashinostroenie, 1974, 400 (in russian).
8. McLean, H. (2000). HALT, HASS & HASA Explained: Accelerated Reliability Techniques. Milwaukee, ASQ Quality Press, 152.
9. Tseng, S. (2000). Step-Stress Accelerated Degradation Analysis For Highly Reliable Products. Journal of Quality Technology, Vol. 32, Iss. 3, p.p. 209–216.
10. Baldwin, K., Smith, C. (1999). Accelerated corrosion tests for aerospace materials: current limitations and future trends. Aircraft Engineering and Aerospace Technology, Vol. 71, Iss. 3, p.p. 239–244.
11. Yang, G., Yang, K. (2002). Accelerated degradation-tests with tightened critical values. IEEE Trans. Reliability, Vol. 51, Iss. 4, p.p. 463–468.
12. Khamis, I. (1996). Comparison between constant and step-stress tests for Weibull models. International Journal of Quality and Reliability Management, Vol. 14, Iss. 1, p.p. 74–81.
13. Khamis, I., Higgins, J. (1999). An alternative to the Weibull step-stress model. International Journal of Quality and Reliability Management, Vol. 16, Iss. 2, p.p. 158–165.
14. Xu, H., Tang, Y. (2003). Commentary: the Khamis/Higgins model. IEEE Trans. Reliability, Vol. 52, Iss. 1, p.p. 4–6.

**TECHNOLOGY OF PREFLIGHT INTELLECTUAL ENGINE DIAGNOSTICS OF UNMANNED AIRCRAFT**

page 27–30

The article relates to the question of unmanned aviation, and aims to develop the technology of preflight intellectual diagnostics of engines of unmanned aircraft. On the basis of mathematical tools of fuzzy logic and artificial neural networks the signals converted using the discrete Fourier or wavelet transformations make up an attribute vector of a diagnosed engine. On the basis of the attribute vectors we form the information standards, which are the averaged characteristic of the state of the object. After that, we adapt the structure of the fuzzy neural network, which based on the analysis of the engine state by comparing the current data with the data of acoustic and vibration certificates, indicates a fault in a particular engine mount. The promising area is the use of data of vibration and acoustic certificates to correct the readings of course magnetometric sensors of navigation system of the unmanned aircraft with the engine diagnosed.

**Keywords:** unmanned aircraft, engine, vibroacoustic signal, informative frequencies, attribute system.

**References**

1. Mahmood, M. M., Chowdhury, M. S. (2009). UAV Autopilot Design for the AUVSI, UAS International Competition. Proceedings of the ASME IDETC/CIE. pp. 1–9.
2. AXI model motors. Available: <http://www.rcecho.com/AXI/?page=2>. Last accessed 15 march 2013.
3. Jain, A. K., Duin, R. P. W., Mao, J. (2000). Statistical pattern recognition: a review. IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell. Vol. 22, pp. 4–37.
4. Shannon, B. J., Paliwal, K. K. (2003). A comparative study of filter bank spacing for speech recognition. Proc. of Microelectronics engineering research conference. Brisbane. pp. 310–312.
5. Fedorov, E. E. (2010). Metodiki intelektualnoi diagnostiki [The methods of intellectual diagnostics]. Donetsk: Noulidzh. 303 p.
6. Daubechies, I. (1992). Ten lectures on wavelets. Philadelphia: SIAM. 343 p.
7. Kasuriya, S., Wutiwwatchai, C., Tanprasert, C. (2001). Comparative Study of Continuous Hidden Markov Models (CHMM) and Artificial Neural Network (ANN) on Speaker Identification System. Nectec Technical Journal. Vol. 3, № 12, pp. 200–205.
8. Huang, S., Ren, W. (1999). Use of Neural Fuzzy Networks with Mixed Genetic/ Gradient Algorithm in Automated Vehicle Control. IEEE Transactions On Industrial Electronics. Vol. 46, № 6, pp. 1090–1102.
9. Reccione, M. C. (1999). The enhanced variable rate coder: Toll quality speech for CDMA. Int. J. of Speech Technology. № 2, pp. 305–315.

10. Fedorov, E. E., Larin, V. U., Kharchenko, V. P., Kuptsova, K. U., Chichikalo, N. I. Patent 67742 Ukraine IPC8 G01N 21/3 The method of intellectual diagnostics of industrial objects [Sposib intelektualnoi diagnostiki vyrobnychkykh obektiv]. № u201107221; Request 09.06.2011; Published 01.03.12, Bull. № 5. 10 p.

**STUDY OF SYSTEM WATER OF STARCHES BY TENSOMETRIC AND EPR-METHODS**

page 31–35

System water has different forms of bond and structure. During any technological processing of food products, system water changes its composition, i. e. its form and structure.

There is a large variety of both thermodynamic and molecular-kinetic methods of study of system water of food products, due to which we have acquired a large amount of information. However, the interpretation of the information is not sufficiently clear.

The purpose of the study is to present correlation between the thermodynamic and molecular-kinetic methods of study of system water of food products, and to obtain new data on the dynamic behavior of system water of starches and starch-containing materials during the dehydration.

Applying the method of EPR-spin signs, we studied the kinetics of moisture removal from colloidal capillary-porous models of starch with varying values of its molar mass and concentration. The molar mass was varied using different starches and the molar concentration — using different amounts of starch during the preparation of the model. We have obtained the dependences of the amount of moisture, which acts as a salt solvent, and amount of moisture, which does not solve salt, during the drying of models.

It was found that the larger the molar mass of the starch molecules, the larger the surface area of a model. It was noted that the increase of starch molecules reduces the porosity of models of starch and, consequently, changes their properties to absorb water.

It was noted that the data can be used to analyze the form and structure of moisture in starch-containing materials and products during their processing.

**Keywords:** system water, EPR method, tensometric method.

**References**

1. Pogozhikh, M. I., Pak, A. O., Pak, A. V., Zherebkin, M. V. (2012). The investigations of system water of grain starch by EPR method. East-European Journal of advanced technologies, № 5/6(59), 62–66.
2. Pogozhikh, M. I., Pak, A. O., Zherebkin, M. V. (2012). Investigation of moisture quick-cooking kasha by EPR method. Advanced equipment and technology of food production, catering, hotel industry and trade. Economic strategy and perspectives of the development of trade and services: Materials of International Scientific Conference, Kharkiv : KSUFT, 425–427.
3. Pak, A. O. (2012). The investigation of influence of starch properties on system water. Technology Audit And Production Reserves, 6(3(8)), 9–10.
4. Moebius, K., Savitsky, A. (2009). High-field EPR spectroscopy on proteins and their model systems. RSC Publishing, 350 p., ISBN: 0-8540-4368-3.
5. Lund, A., Shiotani, M. (2008). Principles and Applications of Electron Spin Resonance. Springer Verlag, 367 p., ISBN: 1-4020-5343-6.
6. Pogozhikh, M. I., Romodanov, I. S., Pak, A. O. (2007). Investigations of state of water in hygroscopic range of moisture content of food raw material by EPR method of spin marks. Progressivni tehnika ta tehnologii harchovih virobniectv restorannogo gospodarstva i trgovli. — Progressive engineering and technology of food production of restaurant enterprises and trade, Kharkiv : KSUFT, 1(5), 480–486.
7. Pogozhikh, M. I., Pak, A. O. (2007). Investigations of state of water in hygroscopic range of moisture content of food raw material by EPR method of spin marks. Scientific achievements of young people — solving the problems of human nutrition in the XXI Century: The materials of 73-th Scientific Conference of young scientists, graduate and students, Kyiv, NUFT, 148.
8. Pogozhikh, M. I., Pak, A. O., Tolstova, Y. V. (2009). Investigations of hygroscopic properties of the nutrient medium for the cultivation of bacteria by Fourier analysis of the EPR spectra. Abstracts of the VII-th International Scientific and Technical Conference, Mogilev: MSUF, 113.

9. Pogozhikh, M. I., Pak, A. O. (2010). Analysis of moisture in poly-disperse systems by EPR method. Abstracts of the All-Ukrainian Scientific Conference, Kharkiv: KSUFT, 278–279.
10. Pogozhikh, M. I., Pak, A. O. (2011). Using EPR spin labels during the investigation of moisture in the food raw materials. Advanced equipment and technology of food production, catering, hotel industry and trade. Economic strategy and perspectives of the development of trade and services : Materials of International Scientific Conference, Kharkiv: KSUFT, 83–84.
11. Pogozhikh, M. I., Romodanov, I. S., Pak, A. O. (2011). Methodology of investigation of state of capillary porous colloidal bodies water by EPR method of spin marks. — East-European Journal of advanced technologies, № 2/6(50), 22–24.
12. Potapov, V. O. (2005) Structure-energy analysis method sorption-desorption isotherms of food materials. Progresivni tehnika ta tehnologii harchovih virobniactv restorannogo gospodarstva i tor-givli. — Progressive engineering and technology of food production of restaurant enterprises and trade, Kharkiv: KSUFT, 1, 313–322.

### ANALYSIS OF RESEARCH AND THEORETICAL PROBLEM OF DEVELOPMENT OF INFORMATION SECURITY CONTROL SYSTEMS IN COMPUTER SYSTEMS AND NETWORKS

page 35–42

The article presents the aspects of development of information security control systems in computer systems and networks. We have studied the technologies, methods and tools that enable real-time evaluation of threats to information security in computer networks of corporate information systems, and prediction of the level of information security, when designing the information security systems. We have determined the essence of information security control that consists in deciding on a strategy of security at all stages of the life cycle of information security system. We have studied the most promising technologies, methods and tools that enable real-time evaluation of threats to information security in computer networks of corporate information systems, and prediction of the level of information security when designing systems with minimal involvement of experts based on information value of resources. Special attention is devoted to the one of major problems of creation of information security control systems, i.e. provision of automated decision support of information security control, infrastructure software of decision support.

**Keywords:** information security control, computer networks, corporate systems, system analysis, prediction.

#### References

1. Smirnov A. K. (2005). Information Globalization: Challenges and opportunities. Moscow: Publishing House «Parade», 392.
2. Chee, A. V. (2011). Security in networks — analysis and synthesis technology solutions. Moscow: DMK Press, 616.
3. Tikhonov, V., Reich, V. Security: conceptual, legal, organizational and technical aspects: the manual. M.: Helios ART, 2006. 528.
4. Doctrine informatsiynoi BEZPEKA Ukrainy. Decree of the President of Ukraine Zatverdzheno Vid 8 Lipno 2009 rok № 514/2009.
5. Borodaky, V., Kulikov, V. (2009) Intelligent Information Security Management System. Materials of VII International scientific and practical conference, pp. 32–33.
6. Shishkin, V. M. (2011). The problem of safety examination of complex information systems. Materials of International scientific and practical conference «Information Security», pp. 15–18.
7. Borodaky V. (2010). Intelligent Information Security Management System: Taganrog. Iss. 4. pp. 65–69.
8. Ostapenko, A. G., Skryl, S. S. (2000). Antimalware in information and telecommunication systems. Information and Security. Iss. № 2. pp. 91–92.
9. Devyanin, P. N. (2010). Theoretical foundations of computer security. Moscow: Radio and communication, 304 p.
10. DSTU 3396.2-97 (1997) «Information Security. Technical protection of information. Terms and definitions».
11. Gordeychik, S. V., Lepikhin, V. B. Comparative analysis of security scanners. Part 2. Functionality of security scanners. Access mode: <http://www.ptsecurity.ru/download/SecScanFN.zip>.
12. Gordeychik, S. V., Dubrovin, V. V. (2007) Wireless Security. Moscow: Hotline Telecom, 288 p.
13. GOST 50922-96. Privacy Policy. Basic terms and definitions. Access mode: [http://just.siberia.net/50922\\_96.htm](http://just.siberia.net/50922_96.htm)
14. John Green. (2007) Protect your network with NAC-programming technology. Four products offer different approaches. Windows IT Pro iss. № 7.
15. Kuznetsov, N. A. (2006). Information security systems of organizational control. Theoretical foundations. Moscow: Nauka.
16. Lukatsky, A. V. (2009). Attack detection. St.: BHV — Petersburg, 608 p.
17. Gerasimenko, V. A., Maluk, A. A. (1998). Nature and the way of transfer of information security processes to intensive methods. Security Information Technology, iss. № 4.
18. Skiba, V. V., Kurbatov, V. A. (2008). Guidelines on the Protection of internal security threats. SPB, 320 p.
19. Klimov, S. M. (2009) Methods and intelligent means of prevention and detection of cyber attacks on critical segments of the information technology systems: International scientific and practical conf. «Information Security». Iss. № 4(48), pp. 74–82.
20. Simonov, S. V. (2011) Analysis of risks in information systems. Practical tips. Journal «Confident». Iss. № 2.
21. Alguliev, R. M. (2011) Methods for synthesis of information security systems enterprise. Moscow: URSS, 248 p.
22. Babenko, L. K., Bykov, V. A., Makarevich, O. B., Spiridonov, O. B. (2011) New technologies of e-business and security. Moscow: Helios ARVs, 374.
23. Vorobyev, A. A. (2009) Game-theoretic approach to the evaluation of the quality of data protection from unauthorized access to the AU. Informatics Engineering. № 3. pp. 12–17.
24. Dotsenko, S. M. (2010) Analytical information technology and security of corporate networks. Journal «Confident». Iss. № 2. pp. 16–21. Access mode: <http://www.confident.ru>.
25. Ostapenko, A. G., Skryl, S. (2010) Antimalware in information and telecommunication systems. Information and Security, № 2. pp. 91–92.
26. Nesterenko, V. A. (2006) Statistical methods for detecting security breaches in the network. Information Processes. Vol. 6. Iss. 3. pp. 208–217.
27. Simonov, S. V. (2008) Risk analysis and management. Access mode: <http://www.compulink.ru>
28. Tarasyuk, M. V. (2004). Secure IT. Design and application. M.: SO-LON Press, 192.

### THE METHOD OF CONSTRUCTING THE ROUTING TABLES FOR WIRELESS SENSOR NETWORKS

page 42–44

The paper describes the proposed routing algorithm, and the results of studies carried out using the developed intelligent sensors (sensor network components).

The main purpose of this work is to develop an algorithm for constructing the routing table, the ability to adapt it according to the network configuration changes.

An algorithm for constructing the routing table is implemented in the model, built on the block diagram shown in Figure 1. As selected the PIC12F683 microcontroller company Microchip. Experimental studies have shown that the proposed solution can be implemented on low-cost devices with a small amount of code and data memory.

**Keywords:** sensor network, the sensor, the algorithm, the routing table.

#### References

1. Salim, A. A. E. A. (2010). Abstract of a dissertation for the degree of Doctor of Science. Development of algorithms for selecting the head node in a cluster of wireless sensor networks. St. Petersburg, Russia: Bibliography.
2. Kudryashov, S. V. (2008) Optimal routing of information flows in wireless sensor networks. Moscow, Russia: Izvestiya.
3. Akimov, E. V. (2008) Comparison of topologies of wireless sensor networks (FSU). — «Journal of Computer and Information Technology» № 8, 2008. Moscow, Russia: Mechanical Engineering.
4. Mainwaring, A., Culler, D., Polastre, J., et al. (2002) Proc. of the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications. Atlanta.
5. Barenco Abbas, C. J.; Gonzalez, R.; Cardenas, N.; Garcia Villalba, L. J. (2008) A Proposal of a Wireless Sensor Network Routing Protocol — Telecommun. Syst.

6. Sanchez, J. A.; Ruiz, P. M.; Martin-Perez, M. (2009). Beacon-Less Geographic Routing Made Practical Challenges, Design Guidelines and Protocols. *IEEE Commun.*
7. Meyer, G. G., Främling, K., Holmström, J. (2009) Intelligent products: A survey. In *Comput. Ind.*
8. Azzedine Boukerche. (2009) Algorithms and protocols for wireless, mobile ad hoc networks.

### RHEOLOGICAL BEHAVIOR OF KAOLINE WATER SUSPENSIONS IN PRESENCE OF SURFACTANTS

page 45–48

Despite the great number of works devoted to the rheological behavior of kaolin water suspensions, there are no general guidelines for regulation of coagulation interaction with the addition of an effective concentration of various surfactants to the system, which can be adsorbed on the surface of a mineral. The article presents the study of interaction of kaolin with different surface activity and surfactants of anionic and nonionic types, which is of interest from both scientific and practical point of view, since it will permit to control the viscosity of compositions. It was found that the addition of an anionic surfactant to a suspension reduces the structure strength, and it occurs with a certain concentration. When the concentration is increased or decreased, the structural strength rises again, and in case of a nonionic surfactant, one can observe a monotonic decrease in the stability of structure. In future we will study the effect of stabilization of the modified kaolin suspensions to maximize the content of solid phase in dispersion while maintaining its sedimentation stability during transportation and processing.

**Keywords:** kaolin, suspension, thixotropy, viscosity, surfactant, pseudoplasticity, dilatancy, adsorption.

#### References

1. Konta, J. (1995). Clay and Man: Clay Raw Materials in the Service of Man. *Applied Clay Science*, 10, 275–335.
2. Lawrence, W. G. (1972). *Ceramic Science for the Potter*. 1st Edn., Canada: Chilton Book Company.
3. Ryan, W. (1978). *Properties of Ceramic Raw Materials*. 2nd Edn., England: Pergamon Press.
4. He, M. Wang, Y. and Forsberg, E. (2004). Slurry Rheology in WET Ultrafine Grinding of Industrial Minerals. *Review, Powder Technology*, 147, 94–112.
5. Franco, F., Perez-Maqueda, L. A., and Perez-Rodríguez, J. L. (2004). The Effect of Ultrasound on the Particle Size and Structural Disorder of a Well-Ordered Kaolinite. *Journal of Colloid and Interface Science*, 274, 107–117.
6. Tombác, E. and Szekeres, M. (2004). Colloidal Behavior of Aqueous Montmorillonite Suspension: the Specific Role of pH in the Presence of Indifferent Electrolytes. *Applied Clay Science*, 27, 75–94.
7. Yuan, J. and Hurray, H. H. (1997). The Importance of Crystal Morphology on the Viscosity of Concentrated Suspensions of Kaolinite. *Applied Clay Science*, 12, 209–219.
8. Diz, H. M. M. and Rand, B. (1990). The Mechanism of Deflocculation of Kaolinite by Polyanions. *British Ceramic Transaction Journal*, 89, 77–82.
9. Ryan, W. and Radford, C. (1997). *White wares: Production, Testing and Quality Control*. 2nd. Edn., England, The Institute of Materials.
10. Williams, D. J. A. and Williams, K. P. (1982). Colloid Stability and Rheology of Kaolinite Suspensions. *British Ceramic Transaction Journal*, 81, 78–83.